مدیریت تعمیرو نگهداری

ایمان الیاسیان،کارشناس ارشد سازهI.ELYASIAN@GMAIL.COM

اهداف نگهداری و تعمیرات

۱- افزایش کارایی و بازدهی تجهیزات تولید

۲- جلوگیری از وقوع خرابیها و نقص ها

۳- افزایش قابلیت اطمینانهای سیستمهای عملیاتی

۴- کاهش از دست رفتن تولید ناشی از خرابی

به کلیه اقدامات لازم با هدف نگهداشتن تجهیزات در شرایط مطلوب که بر روی تجهیزات صورت می گیرد نگهداری و تعمیرات گفته می شود

فبل از سال ۱۹۵۰ ۲ نوع نگداری و تعمیرات به هنگام از کار افتادگی Breakdown Maintenance و تعمیرات و نگهداری اضطراری Emergency Maintenance وجود داشت در سالهای بین ۱۹۵۰ تا ۱۹۷۵ تعمیرات پیشگیرانه Preventive Maintenance و تعمیرات اصلاحی Corrective Maintenance

(۱-افزایش آماده به کار ۲- افزایش عمر مفید ۳-کاهش هزینه ها)

و درسالهای بین ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۰ تعمیرات پیشگویانه Predictive Maintenance تعمیرات براساس شرایط Condition Based Maintenance و تعمیرات موثر Proactive Maintenance (حذف علل و قوع خرابی از تمام منابع عیب) (۱-افزایش آماده به کار ۲- افزایش قابلیت اطمینان ۳- ایمنی بیشتر ۴- توجه به محیط زیست ۵- حفظ و ارتقای محصول ۶- افزایش عمر مفید ۷- اثر بخشی هزینه ها بیشتر)

وجود داشت و در سالهای اخیر و بعد از ۲۰۰۰ تعمیرات بهره ور فراگیر Total Productive Maintenanceو تعمیرات با قابلیت اطمینان Reliability-Centered Maintenance وجود دارد

انواع فعالیتهای تعمیراتی عبارتند از ۱- تعمیر Repair ۲-تعویض Change ۳- تنظیم Adjust ۴- سرویس Service ۵- تست Test ۶- تعمیرات اساسی Over Haul

۱- آنالیزعملکردی سیستم

۲- تعیین خرابطهای عملکردی،مودهای خرابی و سناریوهای خطر

۳- ارزیابی نتایج خرابی

۴- طراحی وظیفه تعمیر و نگهداری

EM(EMERGENCY MAINTENANCE) :نت اضطراری یاتعمیربعد از وقوع خرابی

(پس از وقوع یک خرابی و یا مشاهده نشانه هایی از عملکرد نامناسب دستگاه نسبت به انجام فعالیت نگهداری و تعمیراتی مناسب اقدام می گردد.)

PM(PREVNTIVE MAINTENANCE) :نت پیشگیرانه

(به جای آنکه بعد از وقوع اتفاق ،اقدام اصلاحی انجام گیرد،مکانیسمی ایجاد کنیم تا مشکلات به وقوع نپیوندد.(پیشگیری)

TPM(TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE):نت بهره ورفراگیر

TPM = PM + ZD

کار گروهی صفرگرائی نگرش پیشگیری

PM (Preventive Maintenance)

مخفف نت پیشگیرانه است. این کلمه اختصاری, برای اولین بار در شرکت جنرال الکتریک آمریکا ابداع شد.

فلسفه اجرایی اینست که به جای اینکه بر عیوب غلبه کنیم هیچ عیبی ایجاد نشود. (پیشگیری)

ZD (Zero Defect)

مخفف عیوب صفراست. این کلمه اختصاری برای اولین بار در شرکت مارتین آمریکا ابداع شد.

نگرش : انسانی که احساس مسئولیت داشته باشد هرگز اشتباهی انجام نمی دهد. (خرابی صفر, می تواند حاصل شود)

SG(Small group activities)

فقط با مشارکت و کمک همه کارکنان می توان به هدف سازمان برسیم

مقایسه نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه و نگهداری براساس وضعیت

زمانی که با بکارگیری استانداردهایPM و انجام بازرسی های برنامه ریزی شده و منظم سعی بر شناسایی عیوب تجهیزات پیش از وقوع شکست و خرابی بود، باز هم در مواردی وقوع شکست دیده شده و یا آنکه زمانی به عیب و نقص تجهیز پی برده می شدکه دستگاه به شرایط بحرانی رسیده بود و مجال برای کار تنگ شده بود. این وضعیت برای تجهیزات حساس که شکست آنها تعمیرات خاص، سنگین و پرهزینه را به همراه

داشت،گران تمام می شد. عیب کار درکجا نهفته بود؟ اتکا به سطوح بازرسی در روشPM برای پی بردن به عیب و نقص در فاصله زمانی طولانی تری پیش از وقوع خرابی در همه موارد امکان پذیر نبود. سطوح بازرسی درPM در سطح قوای حسی انسانی (شنیداری، بصری و لامسه) و یا ابزار ساده و ابتدایی خلاصه می شد. علاوه بر آن گاهی تجهیز در فاصله زمانی بسیار کوتاهی از حالت کارکرد نرمال به سمت شکست پیش می رفت که درPM چاره ای برای آن وجود نداشت. برای مثال در اثر پاره شدن مسیر روغن یا قطع مسیر به سرعت با افت فشار روغن مواجه شده و در نتیجه در یک فاصله زمانی کوتاه، تجهیز با شکست مواجه می شود. این چنین مشکلی تنها به یک طریق قابل شناسایی و پیشگیری بود: نگهداری بر اساس وضعیت آن هم بصورت لحظه ای و با قابلیت عملگرایی خودکار .

در اینجا برای مقایسه به تعریف این دو روش بار دیگر هر دو روش تعریف شده و سپس موارد اشتراک و اختلاف به تفکیک برشمرده خواهد شد .

نت پیشگیرانه: Preventive maintenance

نگهداری و تعمیر تجهیز پیش از وقوع خرابی با سرویس و روانکاری منظم و دوره ای و با انجام بازرسی های منظم که منجر به کشف عیب در مراحل اولیه و اقدام به تعمیر اصلاحی می گردد .

نت بر اساس وضعیت (پیشگویانه :Condition Base Monitoring CBM)

در این روش وضعیت تجهیز با اندازه گیری و نمودار کردن پارامترهای خاص و حیاتی تحت کنترل قرار می گیرد .ابزارهای بازرسی و آنالیزها در سطح بالاتری قرار دارند .

معمولاً در این روش از ارتعاش سنجی جهت کنترل تجهیزات دوار و از آنالیز روغن در تجهیزات رفت و برگشتی خصوصاً دیزل ها استفاده می شود

" RCM فرای‌ندی است که تعی‌ی‌ن می‌کند چه کارهای‌ی بای‌د انجام شود تا ای‌ن اطمی‌نان حاصل گردد که ی‌ک ماشی‌ن وظای‌ف خود را بدرستی انجام خواهد داد. "

RCM مخفف عبارت Reliability Centered Maintenance به معنی نت مبتنی بر قابلی‌ت اطمی‌نان ی‌ا نت قابلی‌ت اطمی‌نانی می باشد.

جان موبری (John Moubray) در مقدمه کتاب Reliability Centered Maintenance که ی‌کی از مراجع مهم در ای‌ن موضوع به حساب می آی‌د،RCM را چنی‌ن تعری‌ف می نمای‌د:

"فرآی‌ندی که بکار می رود تا تعی‌ی‌ن شود انجام چه فعالی‌تهای‌ی برای نگهداشتن دارای‌ی های فی‌زی‌کی در سطح مشخصی از کارآی‌ی (مطابق با نظر استفاده کنندگان از آنها) و حفظ کارکرد (function) آنها ضرورت دارد."

در واقع RCM یک روش مهندسی برای تعیین برنامه های نت در سطح یک سازمان است که قابلیت اطمینان را به عنوان مفهومی کلیدی لحاظ می نماید. یکی دیگر از ویژگیهای اصلی این روش، رویکرد کارکردمحور (function based) آن است. یعنی فرآیند آنالیز پس از تعیین محدوده کاری، از تعریف و مشخص کردن کارکردهای هر یک از سیستمها و تجهیزات مشمول در برنامه آغاز می شود. لذا اولین پرسشی که باید پاسخ دقیقی برای آن حاصل شود، این است:

۱. کارکردها و استانداردهای کارآیی هر یک از دارایی های فیزیکی با توجه به زمینه فعلی استفاده از آنها چیست؟

علت تأکید بر این موضوع با توجه به تعریفی که از RCM ارائه شد کاملاً مشخص است. در واقع هدف اصلی از انجام آنالیز RCM به دست آوردن برنامه تعمیراتی جامعی است که منجر به تداوم کارکرد دارایی های فیزیکی شود و این به معنی داشتن یک استراتژی مؤثر برای مدیریت و کنترل خرابی ها و علل ریشه ای آنهاست. بدیهی است برای نیل به چنین هدفی ابتدا می بایست کارکردهای سیستمها و تجهیزات مختلف تعیین گردند.

در ادامه و با یک روال منطقی، شش سوال دیگر مطرح می شوند:

۲.حالتهای محتمل که عدم توانایی دارایی های فیزیکی برای انجام کارکرد خود را در پی دارد، کدامند؟ (حالتها یا پتانسیلهای خرابی)

۳.علت رخ دادن هر کدام از حالتهای خرابی فوق چیست؟

۴.هر یک از این حالتهای خرابی اگر رخ دهند، چه نشانه ای از خود بروز خواهند داد؟

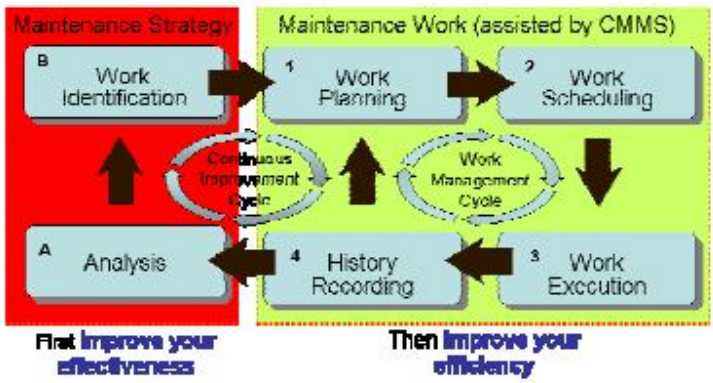
۵.همیت هر یک از حالتهای خرابی فوق چقدر است؟

۶.گر هیچ روش پیشگیرانه ای برای کنترل و مدیریت هر کدام از حالتهای خرابی فوق وجود نداشته باشد، چه پیامدی خواهد داشت؟

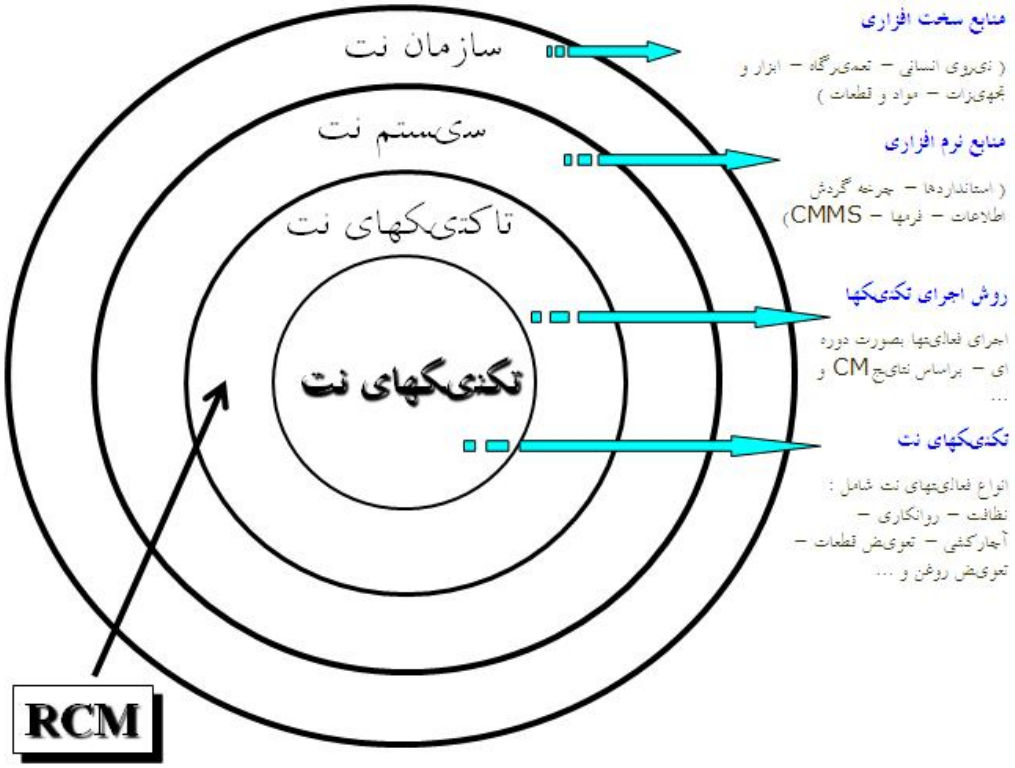
پاسخهایی که به این سؤالات داده می شود، ورودیهای مرحله مهمی از آنالیز RCM را فراهم می کند که طی آن، حالتهای خرابی بر حسب اهمیت و پیامد وقوع، دسته بندی شده و نهایتاً طبق الگوی تصمیم گیری RCM، اقدام تعمیراتی مشخصی به هر کدام اختصاص داده می شود

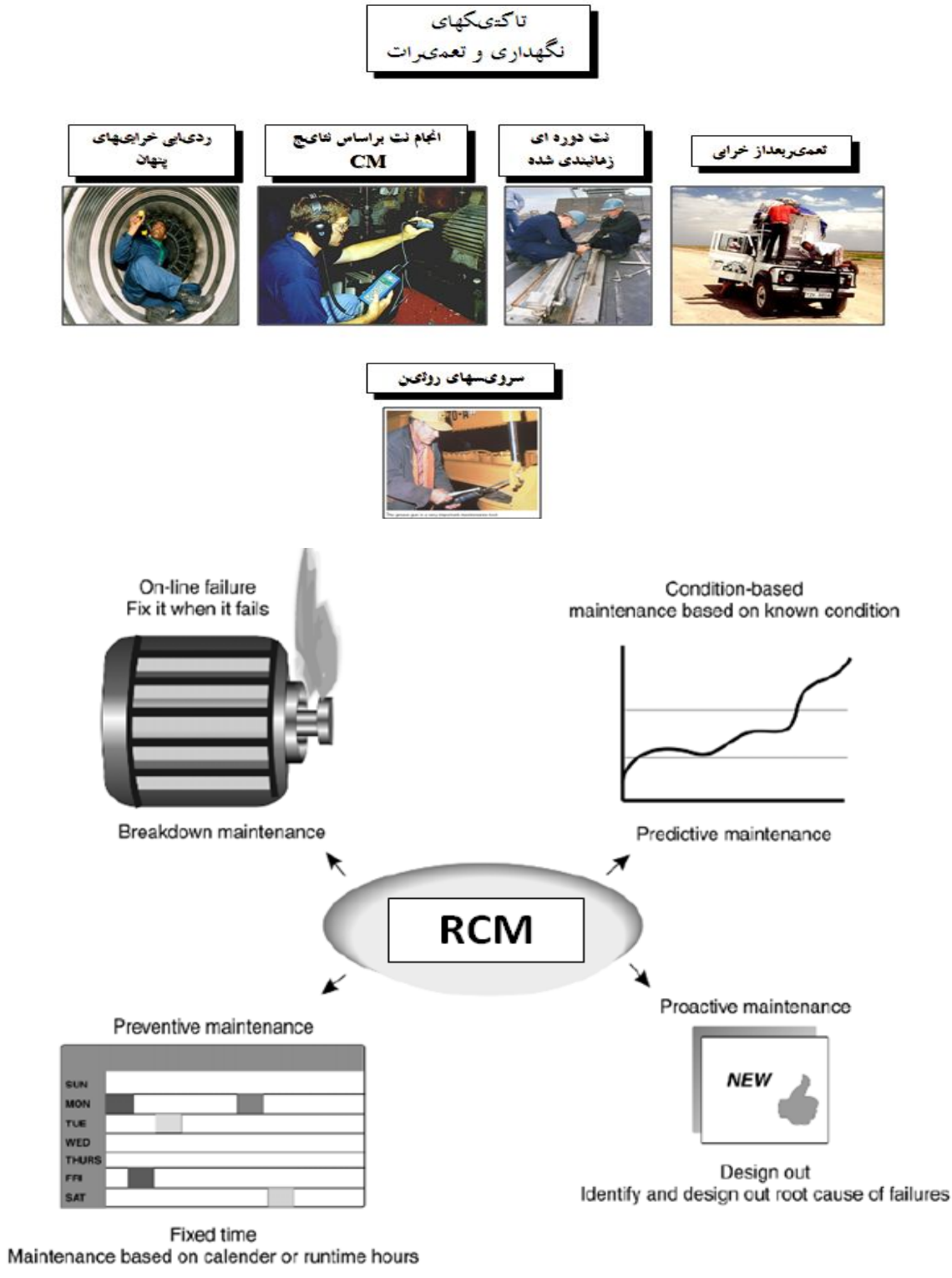
ریشه های تاریخی RCM به دهه ۷۰ میلادی و برنامه های نت صنایع هواپیمایی آمریکا بر می گردد. زمانی که هواپیمای بوئینگ ۷۴۷ طراحی شد، یک تیم مهندسی مامور شدند تا برنامه جامع نت پیشگیرانه را برای این هواپیما تدوین نمایند. پس از تدوین برنامه نت پیشگیرانه، ارزیابی انجام شده نشان داد که هزینه انجام این فعالیتها بسیار بالا و قابل مقایسه با هزینه ساخت هواپیما می باشد.

لذا تردی‌دهای جدی درباره لزوم انجام فعالی‌تهای PM مفصل بوجود آمد و گروهی تحت عنوان MSG تشکی‌ل شد تا برنامه بهی‌نه ای را برای نگهداری و تعمی‌رات ای‌ن هواپی‌ما طراحی نمای‌د. مطالعات تخصصی که توسط ای‌ن گروه انجام شد، نهای‌تاً منجر به تدوی‌ن برنامه ای شد که به نام MSG مشهور گردی‌د. MSG در واقع نسخه اولی‌ه از روشی بود که بعدها تحت عنوان RCM در صنعت مشهور گردی‌د.



The main functions of a CMMS

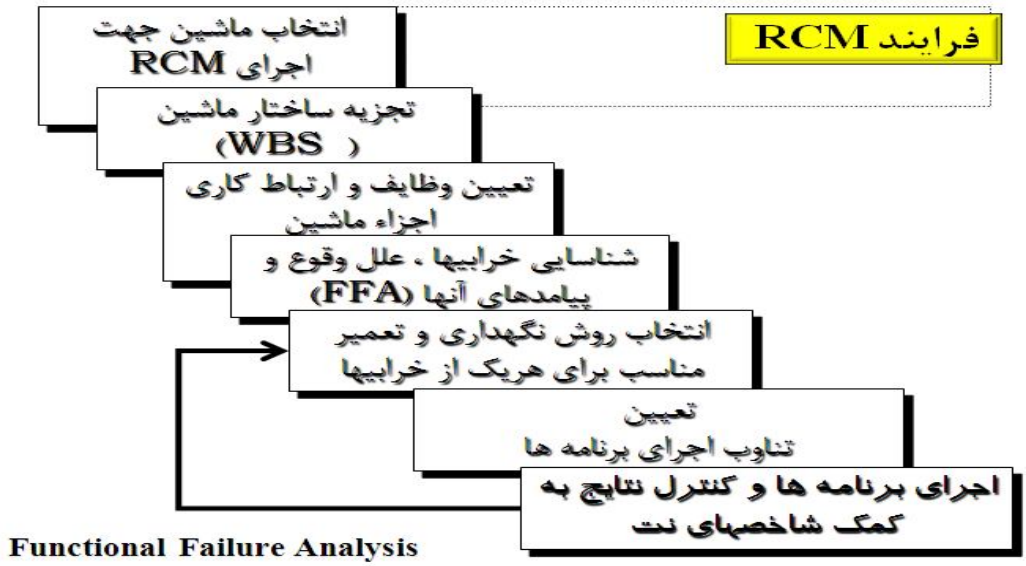




- Functions And performance standards
- Functional Failure

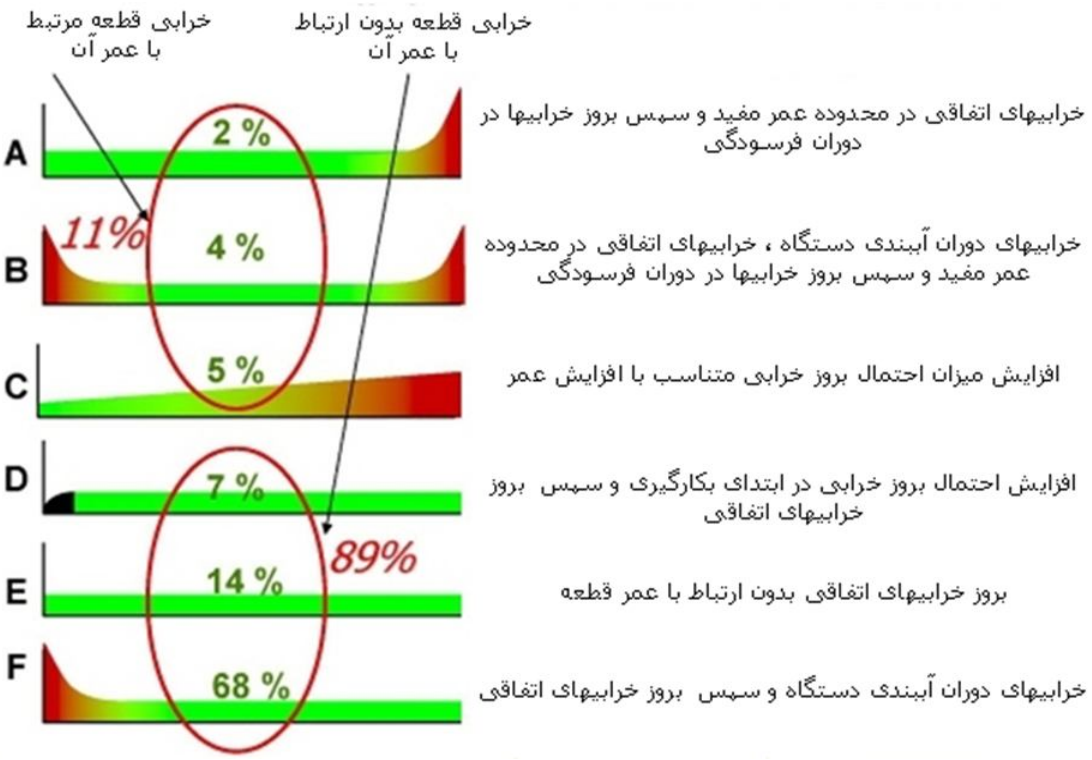
- Root Cause
- Failure Effects
- Consequence Assessment
- Maintenance Tactics
- Default Actions

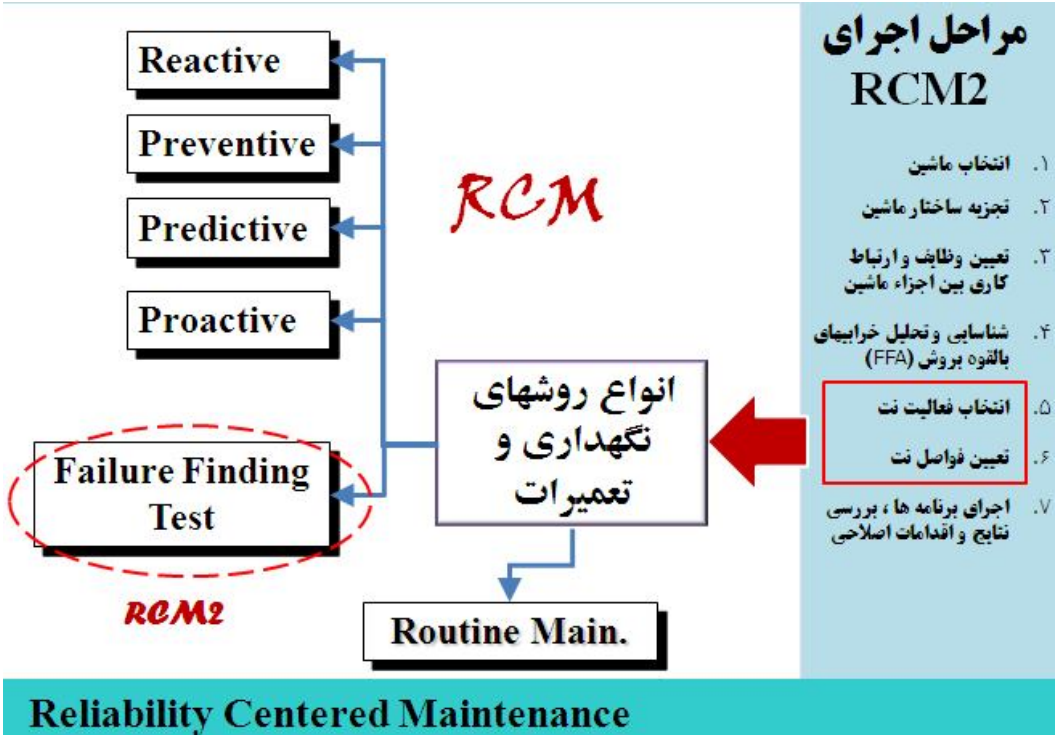
تعمیرات دوره ای (اورهال) ، راه حل مناسبی جهت کاهش خرابیها نبوده و اجرای آن در اغلب موارد منجر به افزایش هزینه های نت می گردد ، این روش تنها برای آندسته از خرابیهایی که با عمر تجهیزات در ارتباط میباشند موثر خواهد بود .در سال ۱۹۷۶ ، سازمان دفاع آمریکا قراردادی با متحدین شرکتهای خطوط هواپیمایی جهت انتشار چگونگی توسعه برنامه های نت منعقد نمود. نتیجه RCM بود. در سال ۱۹۷۸ ، سازمان دفاع امریکا ، اولین ویرایش گزارش RCM را برای استفاده عموم ، منتشر نمود. ویرایش دوم RCM (پس از گسترش تحقیقات آماری بر روی تعداد بیشتری از هواپیماها) در سال ۱۹۸۳ منتشر گردید .



۱- استفاده صحیح از تاکتیکهای نت براساس میزان قابلیت اطمینان مورد انتظار
۲- انجام نت فقط به اندازه ای که مورد نیاز است
۳- صرفه جویی در هزینه
۴- افزایش زمان آماده به کار بودن ماشین آلات

الگوهای ششگانه در زمینه ارتباط بین خرابی اجزاء ماشین و عمر آنها


خرابی قطعه مرتبط با عمر آن
خرابی قطعه بدون ارتباط با عمر آن
A
2 %
خرابیهای اتفاقی در محدوده عمر مفید و سپس بروز خرابیها در دوران فرسودگی
B
11%
4 %
خرابیهای دوران آبندی دستگاه ، خرابیهای اتفاقی در محدوده عمر مفید و سپس بروز خرابیها در دوران فرسودگی
C
5 %
افزایش میزان احتمال بروز خرابی متناسب با افزایش عمر
D
7 %
افزایش احتمال بروز خرابی در ابتدای بکارگیری و سپس بروز خرابیهای اتفاقی
89%
E
14 %
بروز خرابیهای اتفاقی بدون ارتباط با عمر قطعه
F
68 %
خرابیهای دوران آبندی دستگاه و سپس بروز خرابیهای اتفاقی


Reactive
Preventive
Predictive
Proactive
RCM
Failure Finding Test
RCM2
انواع روشهای نگهداری و تعمیرات
Routine Main.
مراحل اجرای RCM2
۱. انتخاب ماشین
۲. تجزیه ساختار ماشین
۳. تعیین وظایف و ارتباط کاری بین اجزاء ماشین
۴. شناسایی و تحلیل خرابیهای بالقوه بروش (FFA)
۵. انتخاب فعالیت نت
۶. تعیین فواصل نت
۷. اجرای برنامه ها ، بررسی نتایج و اقدامات اصلاحی
Reliability Centered Maintenance

تعمیر بعد از خرابی

FIX IT AFTER IT BREAKS

Run - to - Failure

Emergency Maintenance

Break Down Maintenance

Reactive Maintenance

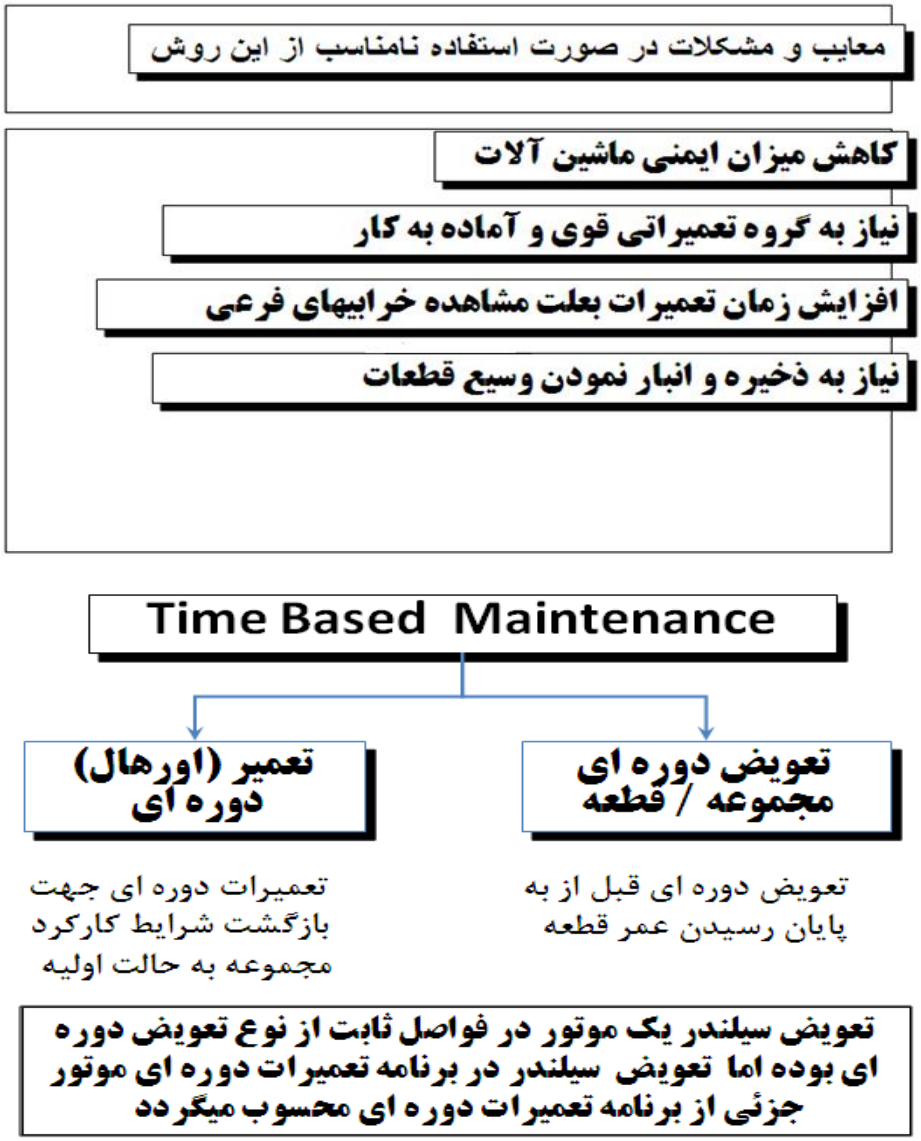
Operate To Failure

برای آن دسته از خرابیهایی که وقوع آنها :

- ✓ بر وضعیت ایمنی تاثیر گذار نباشد .
- ✓ منجر به توقف تولید و یا بروز ضایعات نگردد.
- ✓ هزینه تعمیر آنها پایین باشد .
- ✓ قطعات یدکی به میزان کافی در دسترس باشد.

انواع ابزارها و روشهای نت پیش بینانه PdM

۱-حرارت سنجی ۲-آنالیز روغن ۳- تشخیص نشتی ۴- تشخیص ترکهای مویین ۵- آنالیز ارتعاشات ۶- بررسی شدت صدا ۷- بررسی میزان خوردگی ۸- پایشگر دیگ بخار ۹- تحلیل گیر انفجار ۱۰- ایجاد کننده جریان الکتریکی ۱۱- پایشگر نیروی الکتریکی ۱۲- اندازه گیرفیبر نوری ۱۳- تشخیص دهنده قطعی کابل شبکه ۱۴- نور استروبروسکوپی ۱۵-آزمایش خستگی ۱۶- آزمایش نفوذ رنگ ۱۷- پرتو نگاری ۱۸- ضربه- پالس ۱۹- تجزیه و تحلیل مواد حاصل از فرسایش ۲۰-آزمایش خواص فیزیکی (غلظت،نقطه اشتعال) ۲۱-آزمایش خواص شیمیایی (اکسیدها،سولفاتها،خوردگی شیمیایی)



تعمیر (اورهال) دوره ای

- زمان اجرا باید زمانی باشدکه سرعت خرابی اجزاء روبه افزایش گذاشته باشد
- تعداد زیادی از قطعات مجموعه در زمان تعیین شده عمر خود را طی نموده باشند
- بازگشت وضعیت به شرایط عمر(قابل قبول) بعد از انجام تعمیرات می بایست امکان پذیر باشد

تعویض دوره ای مجموعه / قطعه

- قطعه مورد نظر می بایست باعث بروز یک خرابی بحرانی گردیده و یا تاثیر زیادی بر روی روند تولید داشته باشد

- ❑ میزان عمر قطعه قابل پیش بینی بوده و در زمان تعویض قسمت اعظم عمر خود را طی نموده باشد

برای آن دسته از اجزای ماشین که خرابی آنها وابسته به طول عمرشان میباشد (رابطه معقولی بین عمر قطعه و خرابی وجود داشته باشد)

فعالیت می بایستی احتمال بروز خرابی را کاهش دهد

هزینه انجام PM باید از کل هزینه انجام آن فعالیت بصورت اضطراری و پیامد آن کمتر باشد

اجرای برنامه های TBMمیتواند خود منجر به بروز خرابی گردد

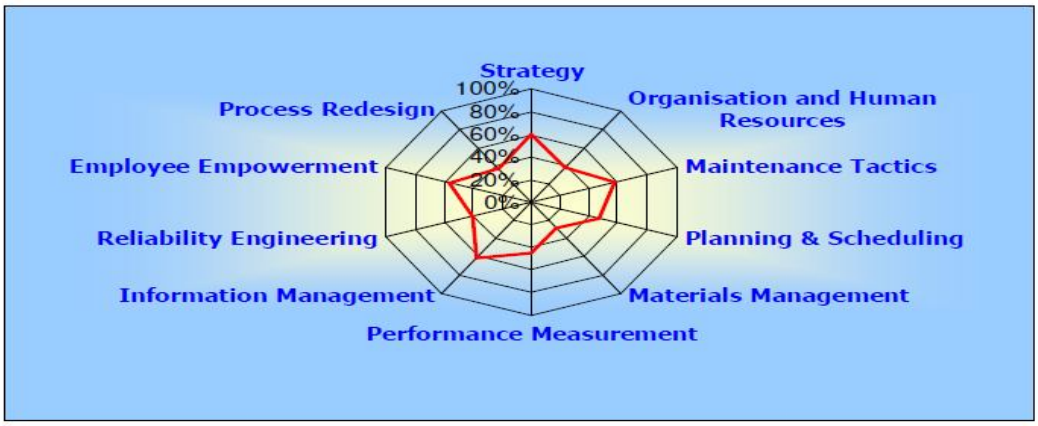
علت این موضوع عبارتند از :

- **احتمال بروز خطای انسانی در طول انجام کار**
- **نیاز به انجام تعمیر و تنظیمات کلی بعد از انجام تعمیر (Wear – in)**

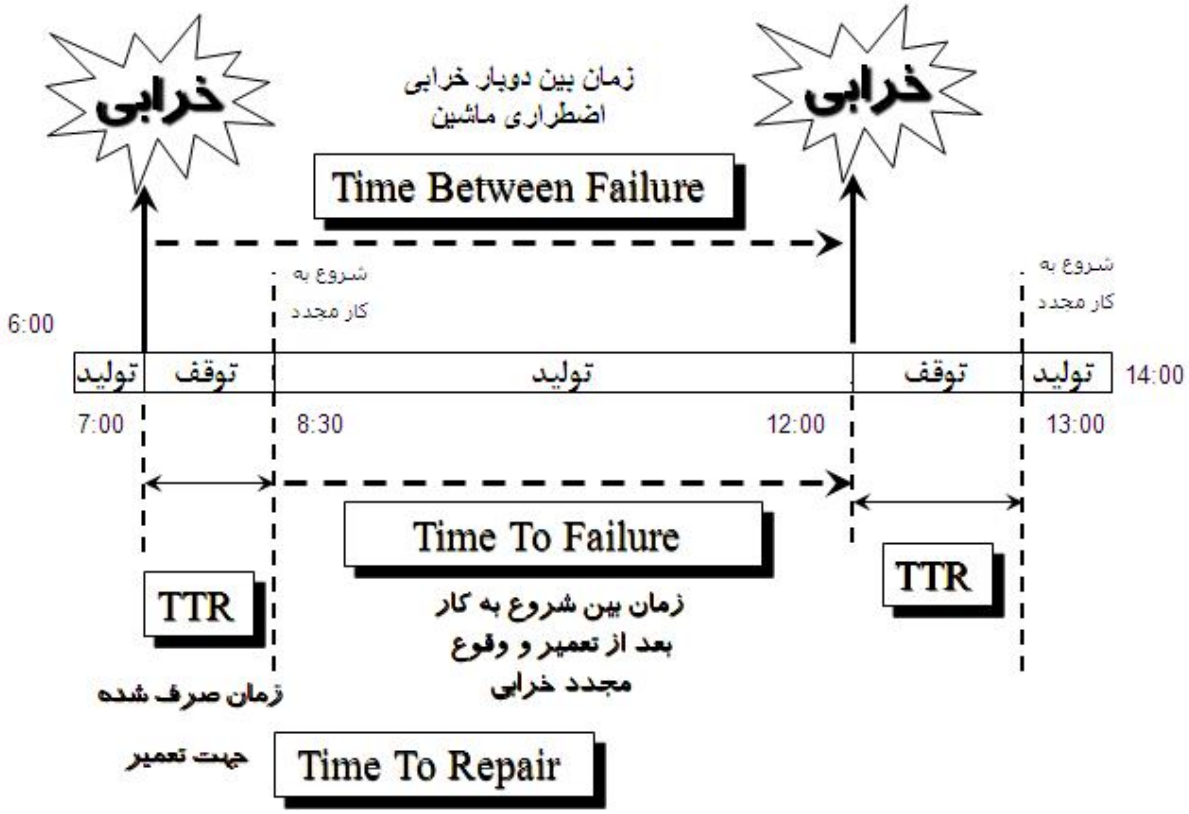
روشهای تعیین تناوب برنامه نت دوره ای

- اطلاعات سازنده ماشین
- نظرات و تجربیات متخصصین
- آنالیز آماری و استفاده از شاخص **MTTF**

در تعیین تناوب فعالیت در بار اول بصورت محافظه کارانه انجام و سپس براساس سوابق تناوب اصلاح گردد



Maintenance Effectiveness Assessment



MTBF– Mean Time Between Failure

متوسط زمان بین دوبار خرابی اضطراری

شاخص اندازه گیری عمر کاری ماشین ، سیستم ، مجموعه ، قطعه

$$MTBF = \frac{\text{جمع فواصل زمانی بین بروز خرابیها}}{\text{دفعات بروز خرابی} \quad - \quad ۱}$$

$$MTBF = \frac{\text{دوره زمانی مورد بررسی}}{\text{دفعات بروز خرابی}}$$

MTTF- Mean Time To Failure

متوسط زمان بین پایان یک تعمیر تا وقوع خرابی بعدی

شاخص اندازه گیری عمر کاری ماشین ، سیستم ، مجموعه ، قطعه

$$MTTF = \frac{\text{جمع فواصل زمان بین شروع به کار بعد از تعمیر و وقوع مجدد خرابی}}{\text{دفعات بروز خرابی} \quad - \quad ۱}$$

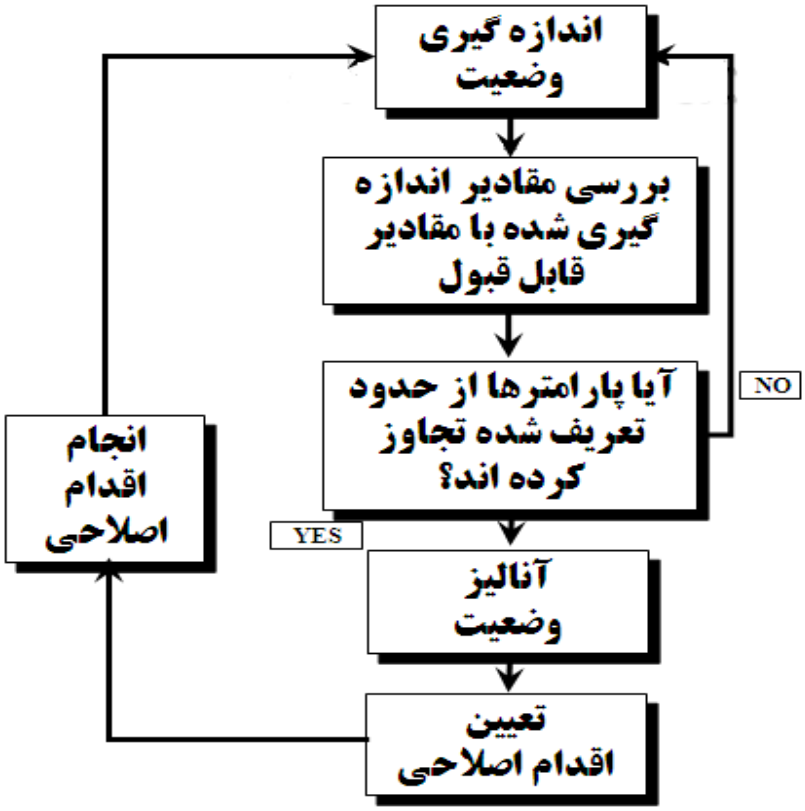
$$MTTF = \frac{\text{زمان توقف - دوره زمانی مورد بررسی}}{\text{دفعات بروز خرابی}}$$

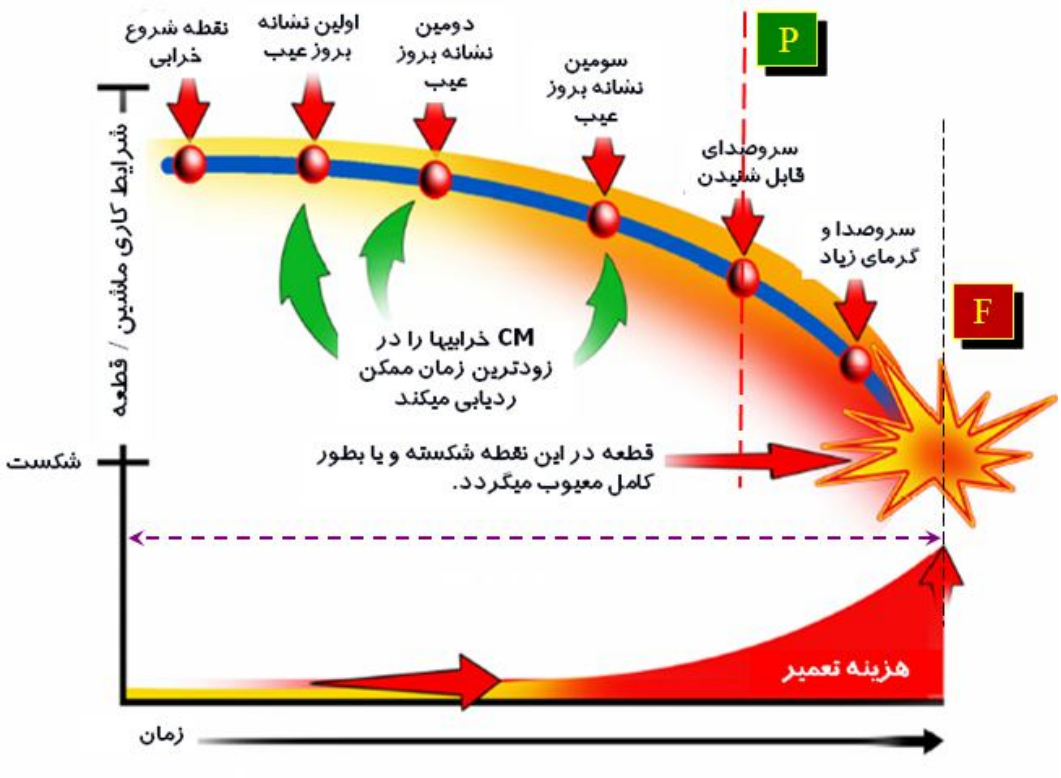
MTTR - Mean Time To Repair

متوسط زمان صرف شده جهت تعمیر

شاخص اندازه گیری قابلیت تعمیرپذیری اجزاء ماشین و میزان مهارت پرسنل مجری نت

$$MTTR = \frac{\text{جمع زمان صرف شده جهت تعمیرات}}{\text{دفعات بروز خرابی}}$$





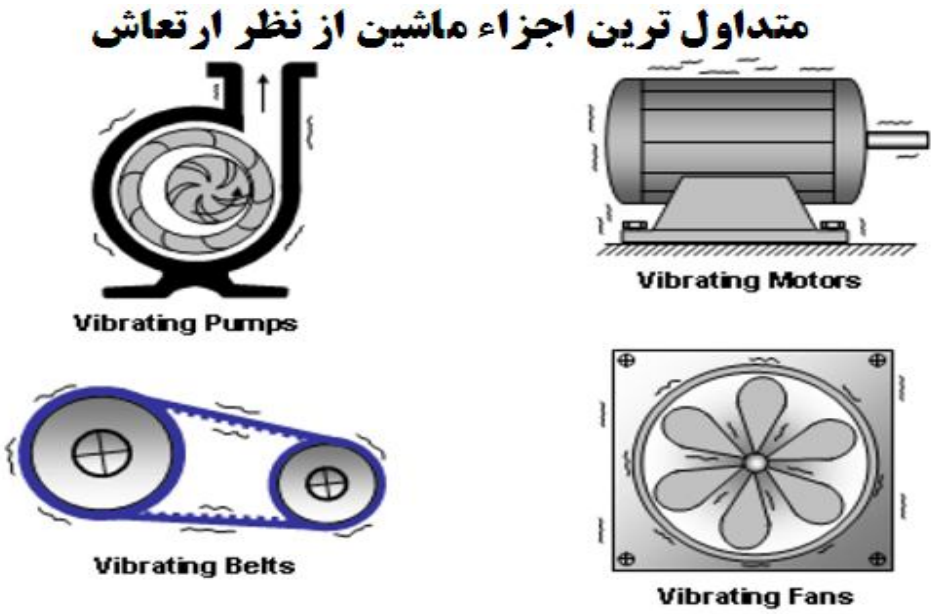
برخی از مزایای اجرای نت پیشگویانه

کاهش هزینه های نت	تا 50%
کاهش خرابی اضطراری	تا 55%
کاهش زمان تعمیرات	تا 30%
افزایش MTBF	تا 30%

Condition Based Maintenance

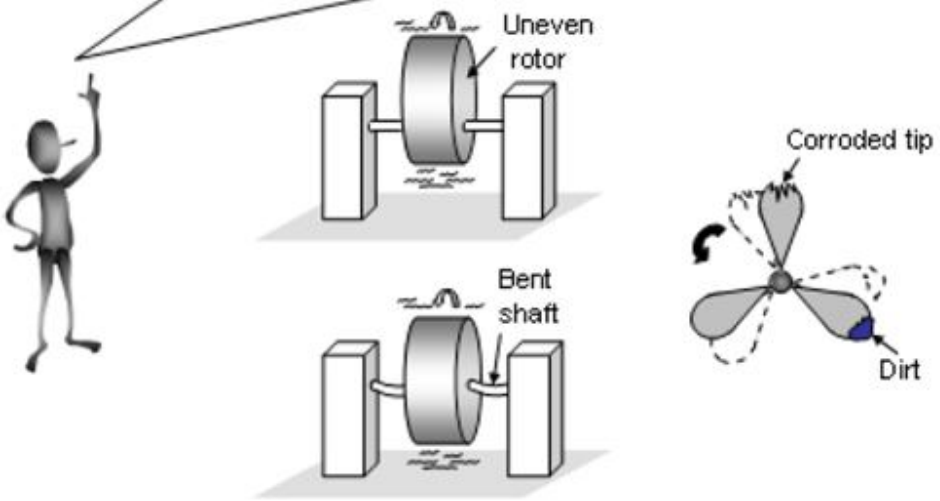
- **Vibration Analysis**
- **Thermal Analysis**

- **Oil Analysis**



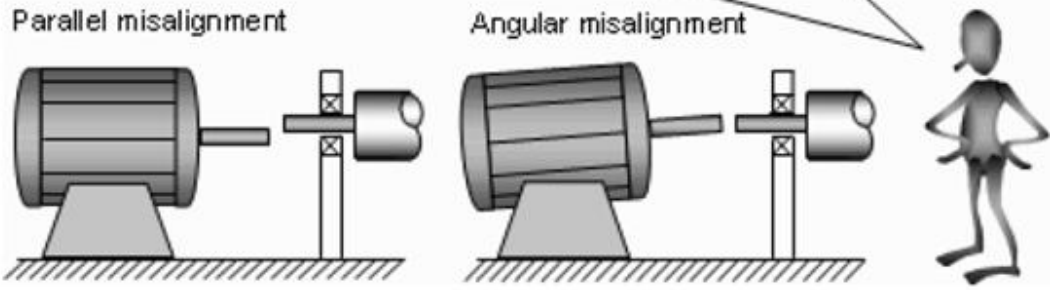
بالانس نبودن اجزاء

Imbalanced machine components contain 'heavy spots' which when rotated, exert a repeating force on the machine. Imbalance is often caused by machining errors, non-uniform material density, variation in bolt sizes, air cavities in cast parts, missing balance weights, incorrect balancing, uneven electric motor windings, and broken, deformed, corroded, or dirty fan blades.

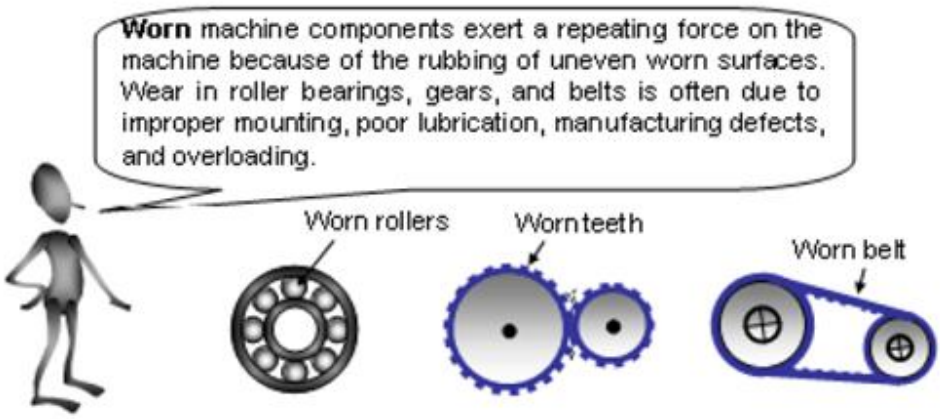


هم محورنبودن اجزاء ماشین

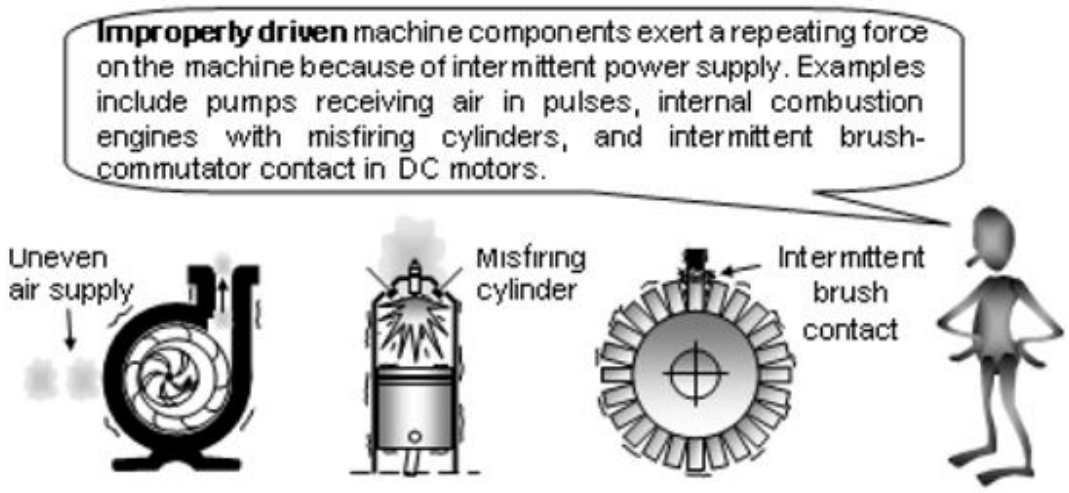
Misaligned machine components create "bending moments" which when rotated, exert a repeating force on the machine. Misalignment is often caused by inaccurate assembly, uneven floors, thermal expansion, distortions due to fastening torque, and improper mounting of couplings.



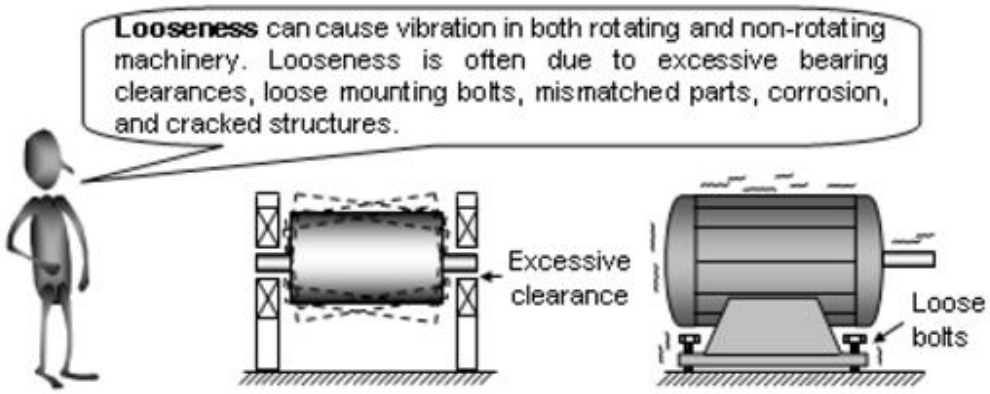
فرسایش و خوردگی اجزاء ماشین



عدم بهره برداری صحیح



شل شدن پیچ و مهره ها



تاثیر ارتعاش بر عمر بیرینگها

Impact of Vibration Reduction on Bearing Life

(Assuming Dynamic Load is the Major Force Component)

% Reduction in Vibration	% Increase in Bearing Life	
	Ball Bearings	Other Rolling Element Bearings
5	17	19
10	37	42
15	63	72
20	95	110
25	137	161
30	192	228
40	363	449
50	700	908

Source:L. Douglas Berry, Vibration Versus Bearing Life, Reliability, Vol. 2, Issue 4,November 1995

نه گام جهت اجرای موفق آنالیز روغن

گام اول : تعیین متولی و مسئولی برای اجرای برنامه

گام دوم : ثبت وضعیت فعلی

گام سوم : انتخاب آزمایشگاه مناسب

گام چهارم : **انتخاب ماشین جهت آنالیز**

گام پنجم : **انتخاب آزمایشات مورد نیاز**

گام ششم : **نمونه گیری از روغن**

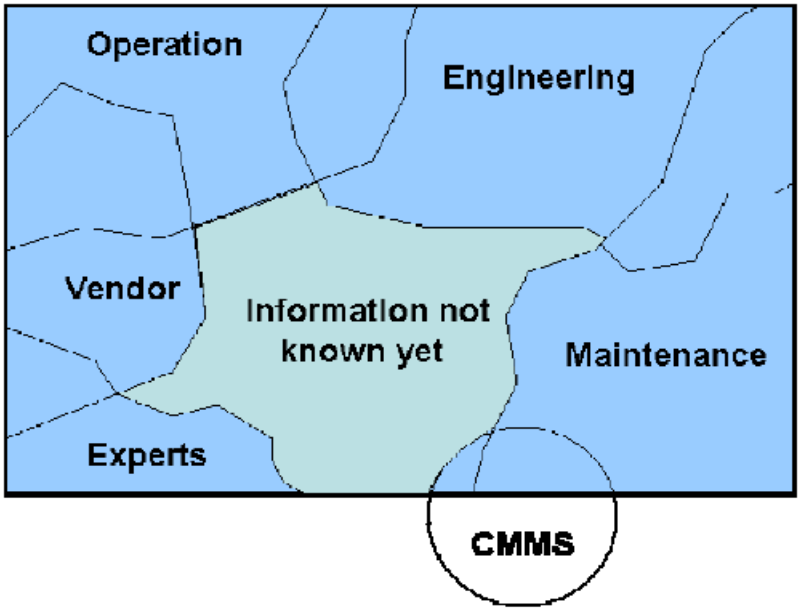
گام هفتم : **انجام آنالیز بر روی نمونه روغن**

گام هشتم : **تفسیر نتایج**

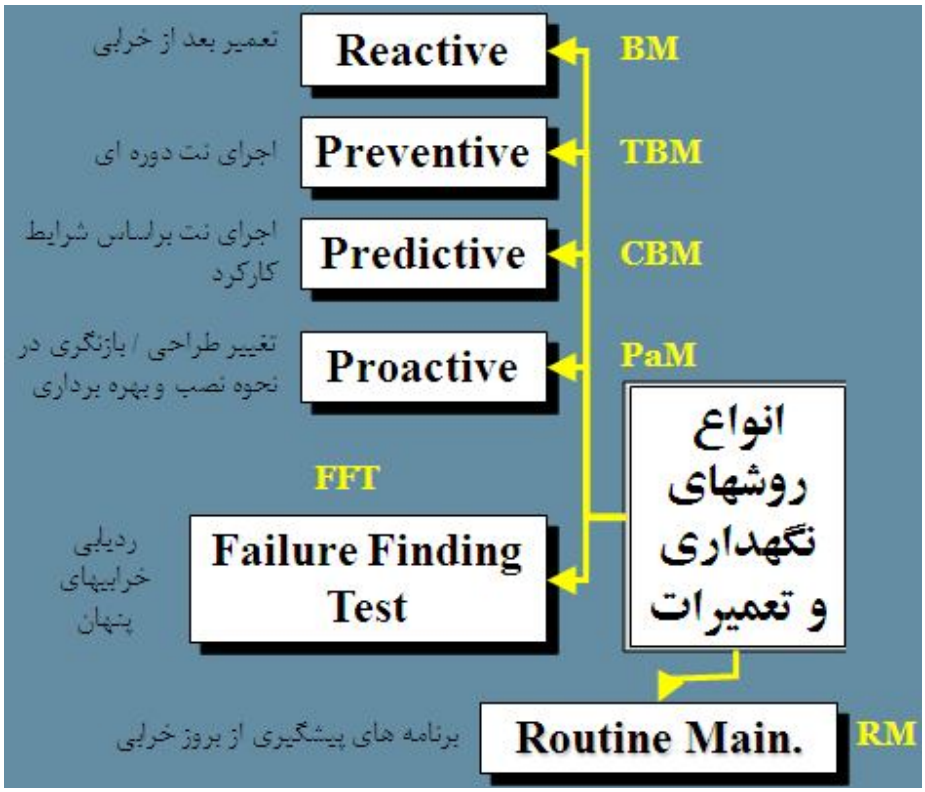
گام نهم : **پیگیری میزان کارائی برنامه آنالیز روغن**

- **انتخاب ماشین آلات و تجهیزات براساس سوابق نت و تجربیات پرسنل نت و تولید**

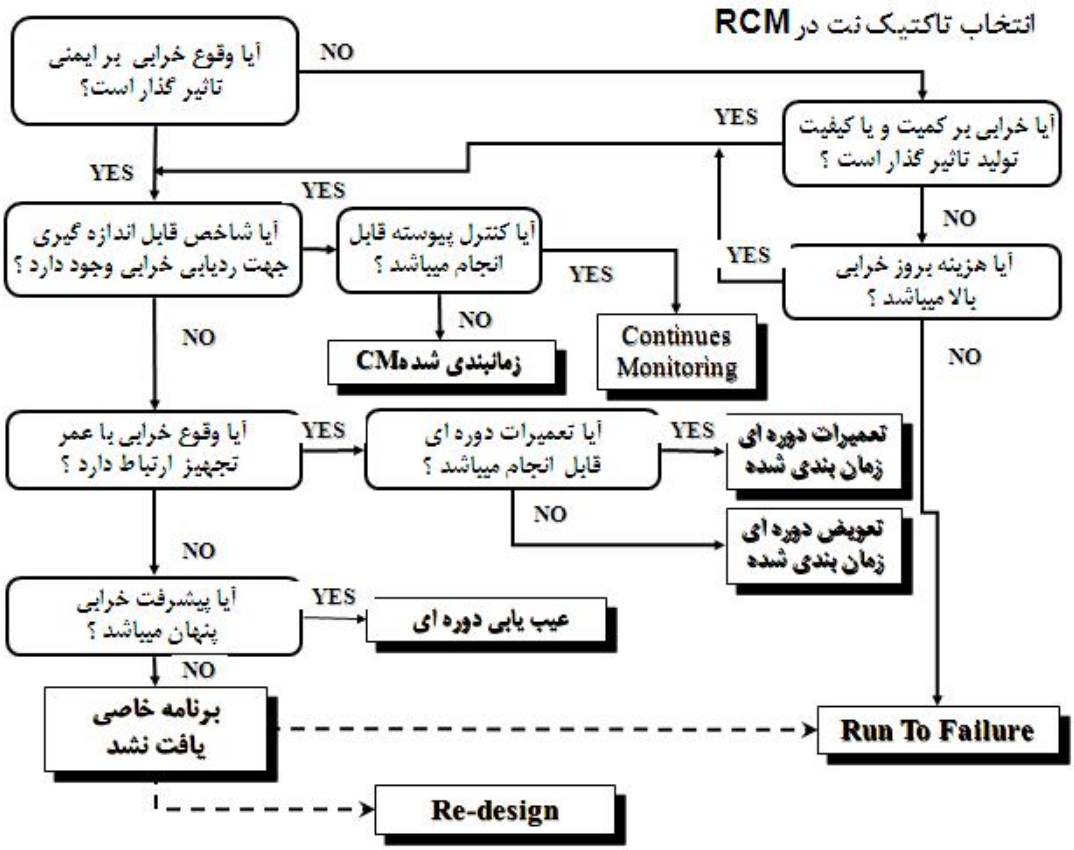
- **طراحی مجدد اجزاء ماشین باهدف حذف علل وقوع خرابیها**
- **بازنگری در طراحی ، نصب ونحوه بهره برداری از تجهیزات**



Computerized Maintenance Management Systems



اجرای بیش از حد نیاز فعالیتهای نت ، منجر به اتلاف زمان و پول گردیده و علل بالقوه در بروز خرابیهای پرهزینه نیز میباشد



Reliability **C**entered **M**aintenance

نگهداری و تعمیرات برپایه قابلیت اطمینان

۱. انتخاب ماشین
۲. .تجزیه ساختار ماشین
۳. ۳.تعیین وظایف واستانداردهای کارائی اجزاء
۴. ۴.شناسایی و تحلیل خرابیهای بالقوه
۵. انتخاب مناسب ترین روش نت
۶. تعیین تناوب اجرای برنامه نت
۷. اجرای برنامه ها ، بررسی نتایج و اقدامات اصلاحی

PERCENT OF PRODUCTION LINE AVAILABILITY
MAINTENANCE COST PER UNIT OF PRODUCTION
EMERGENCY PERCENTAGE
PERCENT OF EMERGENCY WORK TO PdM AND PM WORK

Equipment Availability
MAINTENANCE OVERTIME PERCENTAGE
EMERGENCY HOURS WORKED PERCENTAGE
PERCENT OF EQUIPMENT COVERED BY CM
PERCENT OF EMERGENCY WORK TO CM AND PM WORK

پانزده اصل در مدیریت نگهداری و تعمیرات

نگرش قدیم : هدف از اجرای نت ، حفاظت و نگهداری از ماشین آلات و تجهیزات می باشد

نت روتین در زمینه پیشگیری از بروز خرابیها میباشد

مهمترین تاثیر اجرای صحیح نت ، افزایش قابلیت دسترسی به ماشین آلات (بعبارت دیگر کاهش . توقفات) با کمترین هزینه ممکن است

احتمال وقوع خرابیها در بیشتر ماشین آلات با افزایش طول عمر آنها افزایش می یابد

برای اجرای یک برنامه نت موفق نیاز است که اطلاعات جامعی از نرخ خرابی ماشین آلات جهت ارزیابی وضعیت در دسترس باشد

انواع برنامه های نگهداری و تعمیرات :

Preventive – Predictive - Reactive

تناوب اجرای فعالیتهای CBM براساس تناوب وقوع خرابی (و یاخرابی قطعات مهم) میباشد

اگر برای یک فعالیت نت دو تکنیک مناسب وجود داشته باشد ، برنامه اورهال در دوره های ثابت معمولا ارزانتر و موثرتراز CBM میباشد

حوادثی که خرابیهای چندگانه برماشین آلات وارد میکنند معمولا نتیجه بدشانسی بوده واز این رو قابل کنترل نمیباشند

یک راه سریع برای بهبود کارائی ماشین آلات ، upgrade کردن آنها میباشد

تعیین خط مشی و برنامه های نت میبایستی توسط مدیر و برنامه ریزان نت و متخصین واجد شرایط انجام گیرد

خط مشی های عمومی نت برای انواع دارائی های فیزیکی یکسان است

واحد نگهداری و تعمیرات میتواند یک برنامه نت موفق را تدارک ببیند

سازندگان ماشینها در بهترین جایگاه جهت تهیه برنامه های نت برای ماشینهای قرار دارند

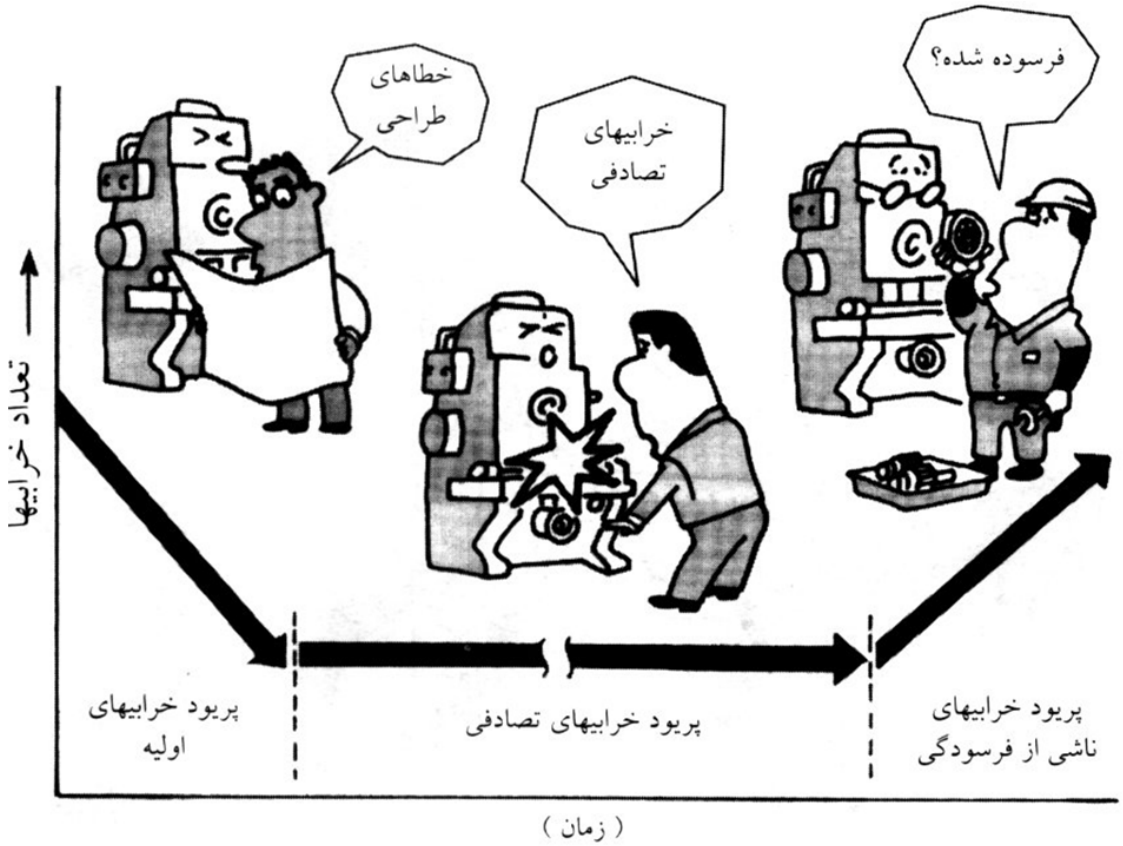
امکان رفع سریع مشکلات نت وجود دارد

نگرش جدید : هدف از اجرای نت ، حفظ کارکرد و میزان دقت ماشین آلات و تجهیزات است

نت روتین در زمینه اجتناب ، کاهش یا حذف اثرات خرابیها میباشد

اثرات اجرای نت به افزایش قابلیت دسترسی به ماشین آلات و کاهش هزینه ها محدود نبوده بلکه مواردی همچون افزایش ارزش افزوده تولید ، حفظ محیط زیست ، بازده انرژی ، کیفیت تولید ، افزایش ایمنی در محیط کار و رضایت مشتریان را نیز در برمیگیرد ۰

احتمال وقوع بسیاری از خرابیها ارتباطی با طول عمر ماشینها ندارد
تصمیم گیریها برای کاهش خرابیهای ماشین آلات و اجرای برنامه نت موفق برای آنها تقریبا در همه موارد براساس اطلاعات غیرکافی در زمینه نرخ خرابی انجام گرفته است
انواع برنامه های نگهداری و تعمیرات :
Detective Preventive – Predictive – Reactive
تناوب اجرای فعالیتهای CBM براساس منحنی PF تعیین میگردد
اگر برای یک فعالیت نت دو تکنیک مناسب وجود داشته باشد ، تقریبا در همه موارد فعالیتهای CBM ارزانتر و بسیار موثرتر از TBM در کل دور ه عمر ماشین میباشد
در سیستمهای تحت کنترل ، احتمال اینکه یک خرابی با عوارض چندگانه رخ بدهد بعنوان یک متغیر قابل کنترل میباشد
تقریبا در همه موارد تنها راه موثر و کم هزینه در بهبود کارائی ماشین آلات ، بهبود روشهای بهره برداری و نگهداری از آنها بوده و upgrade کردن آنها زمانی که اقدامات مذکور نتواند کارائی مورد نظر را تامین کند پیشنهاد میگردد
خط مشی و برنامه های نت میبایستی توسط نزدیکترین افراد به ماشینها تعیین گردیده و وظیفه مدیریت نیز فراهم نمودن شرایط و امکانات لازم جهت تصمیم گیری درست آنها میباشد
خط مشی های عمومی نت براساس نوع کار و وظیفه ماشین آلات متفاوت میباشد
واحد نت جهت تهیه یک برنامه نت کامل میبایستی از همکاری و همفکری مجریان نت و پرسنل تولید هرماشین استفاده نماید
سازندگان ماشینها میتوانند فقط یک نقش محدود (اما مهم) در برنامه نت ماشینها ایفا نمایند
مشکلات نت با انجام دو فعالیت اساسی رفع میگردد :
۱ - تغییر در نحوه تفکر پرسنل
۲- ترغیب آنها برای بکار بستن عقاید تغییر یافته جهت رفع مشکلات



پمپ فعال بدون دارا بودن مجموعه یدک

A

درصورت بروز خرابی ، عملکرد سیستم مختل میگردد

با تعمیرات دوره ای و برنامه های پیشگیری از بروز توقف اضطراری پیشگیری نمائیم

PM / PdM

پمپ فعال

B

درصورت خرابی پمپ B ، پمپ C فعال شده و پمپ B تعمیر میگردد

صبر کنیم تا خراب شود و سپس تعمیر نمائیم

Break down Maintenance

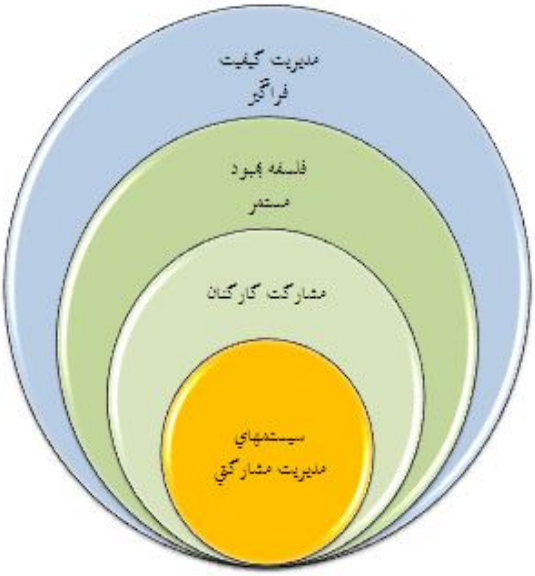
پمپ یدک

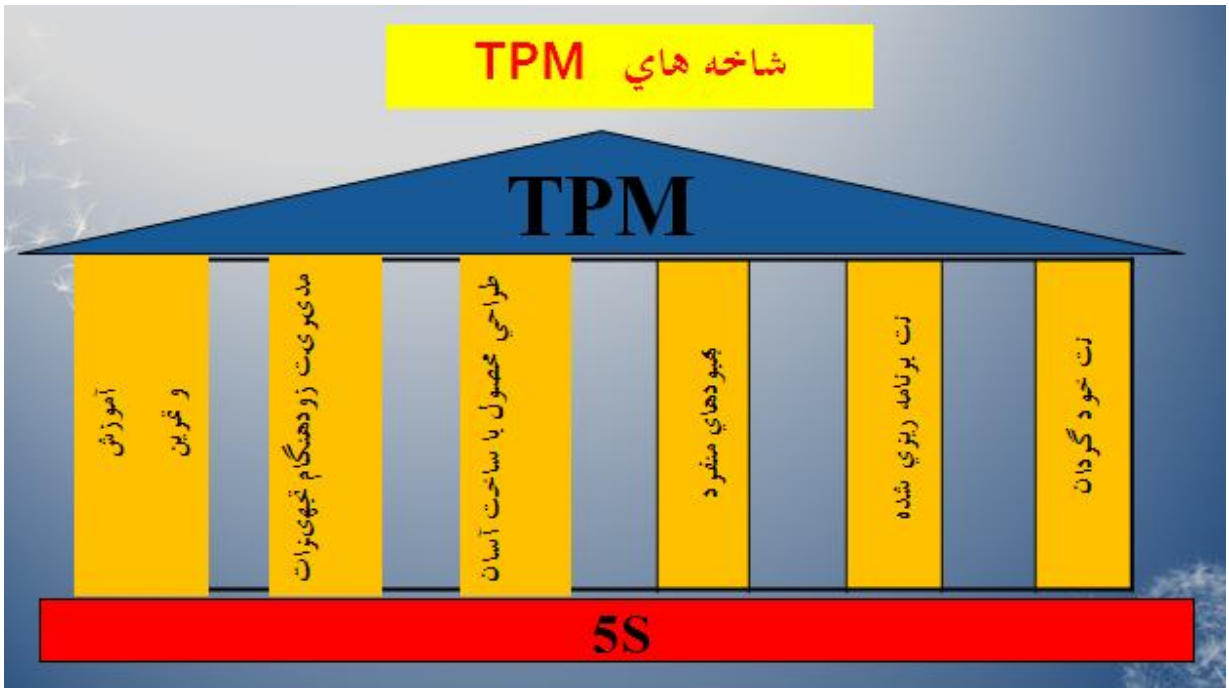
C

خرابی پمپ C تا زمانیکه پمپ B مشغول به کار است ، اختلالی در عملکرد سیستم ایجاد نمیکند

بصورت دوره ای عملکرد عادی پمپ را کنترل نمائیم

Failure Finding





۱-برقراری ایمنی ۲ ـ رسیدن به کارائی ۳ ـ حذف ضایعات

۴ ـ ارتقاء کیفیت ۵ ـ کاهش خرابی تجهیزات ۶ ـ افزایش بهره وری

۷ ـ ارتقاء روحیه کارکنان ۸ ـ جلب نظر مشتری

۱- MUDA (اتلافات)

۲- MURA (بی ثباتی ها)

۳- MURI (شرایط سخت کاری)

توقفات اضطراری

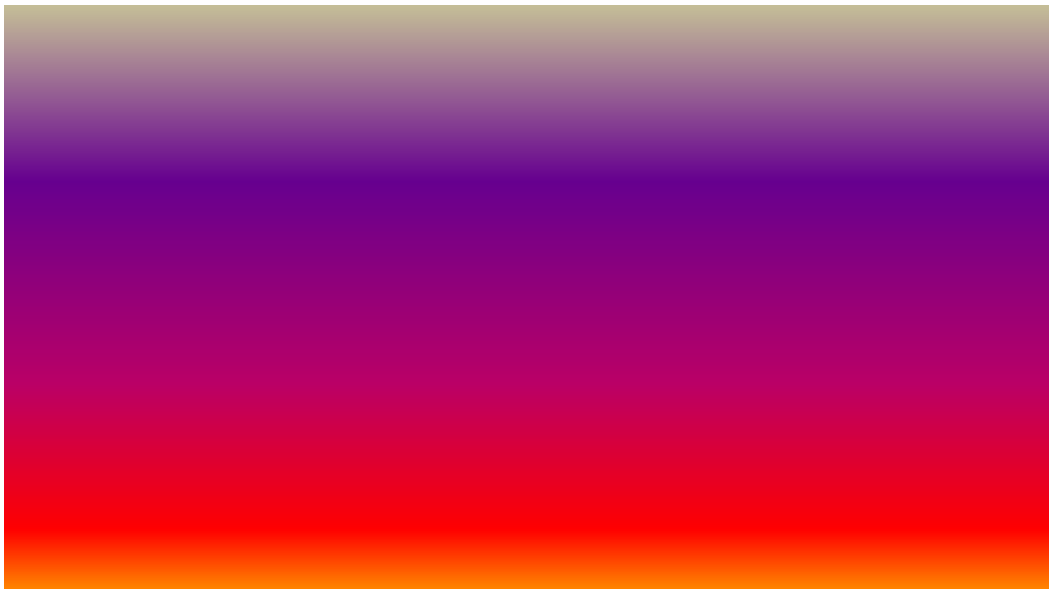
زمانهای آماده سازی و تنظیم

توقفات جزئی یا کوتاه مدت

کاهش سرعت

ضایعات آغاز فرآیند

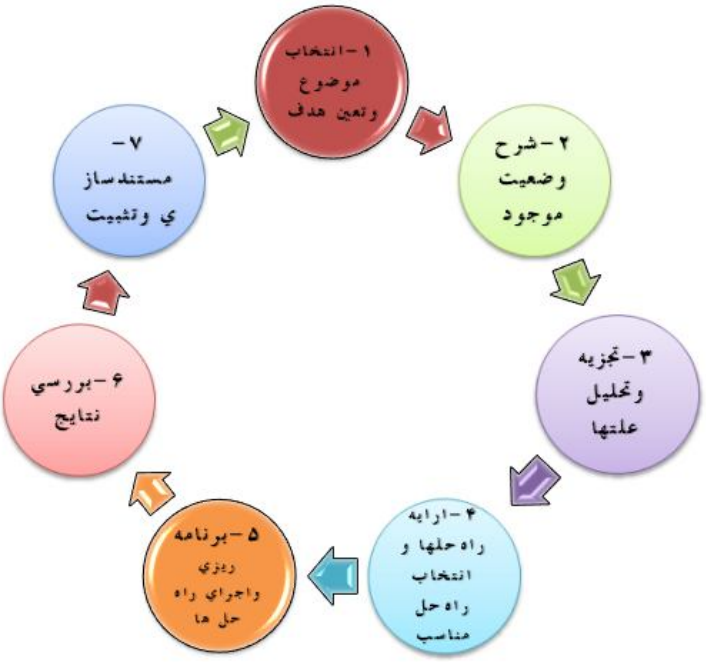
عیوب کیفی و دوباره کاریها

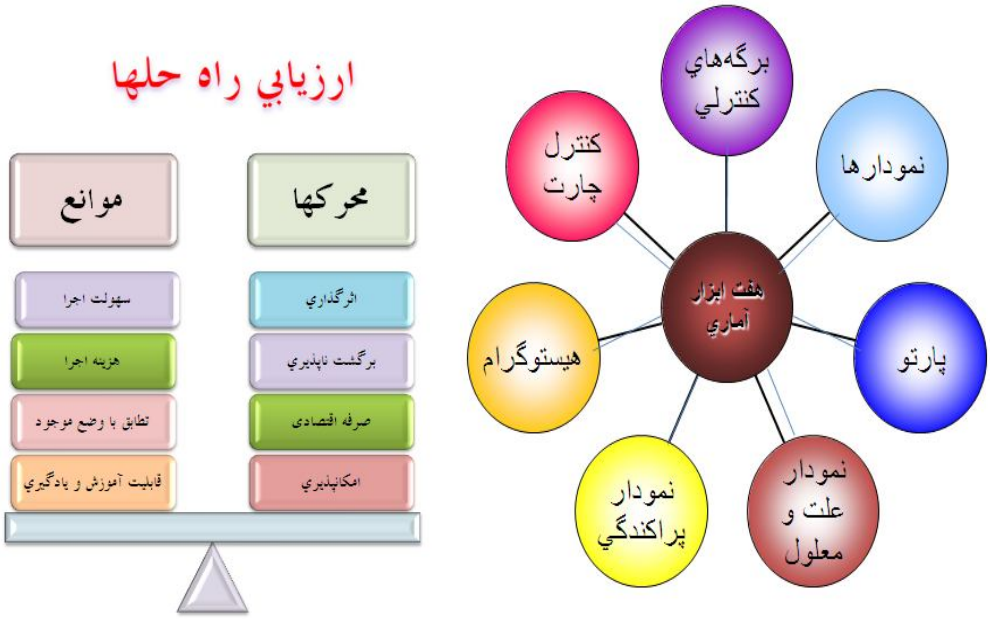


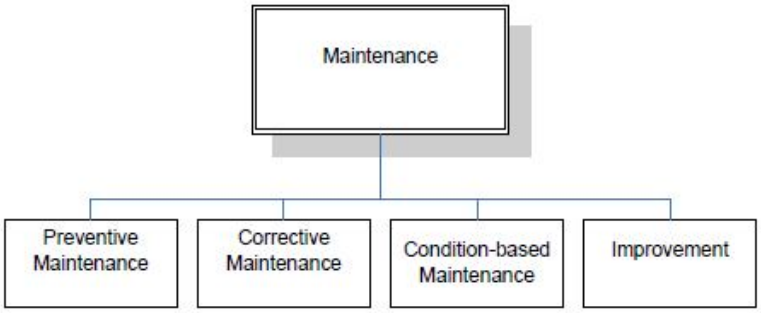
فلسفه بهبود مستمر

- ایجاد بهبودهای کوچک اما پیوسته
- ایجاد چالش‌های ذهنی مثبت برای کارکنان
- توجه دادن کارکنان به مسائل محیط کار
- استفاده از خلاقیتهای کارکنان برای حل مسائل
- شناسائی اتلافهای محیط کار و تلاش جهت حذف یا کاهش آنها
- مبارزه با روزمرگی و عادت به رویه‌های موجود

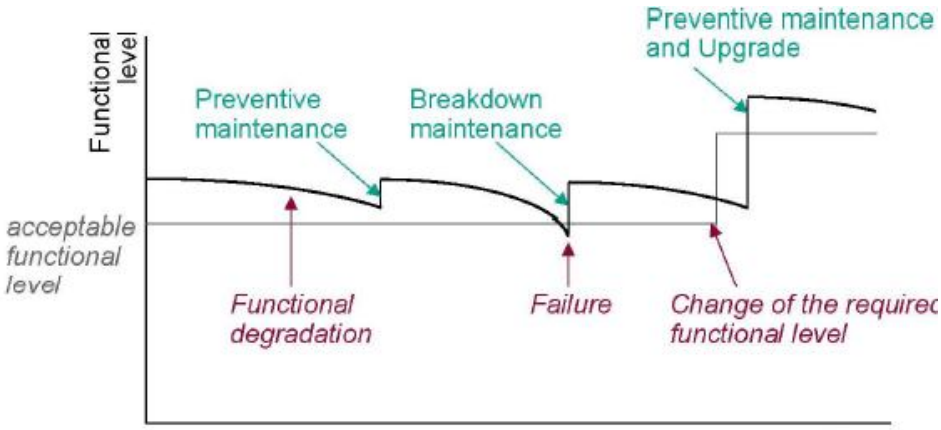
- افزایش انعطاف‌پذیری کارکنان و پتانسیل تغییرپذیری ایشان



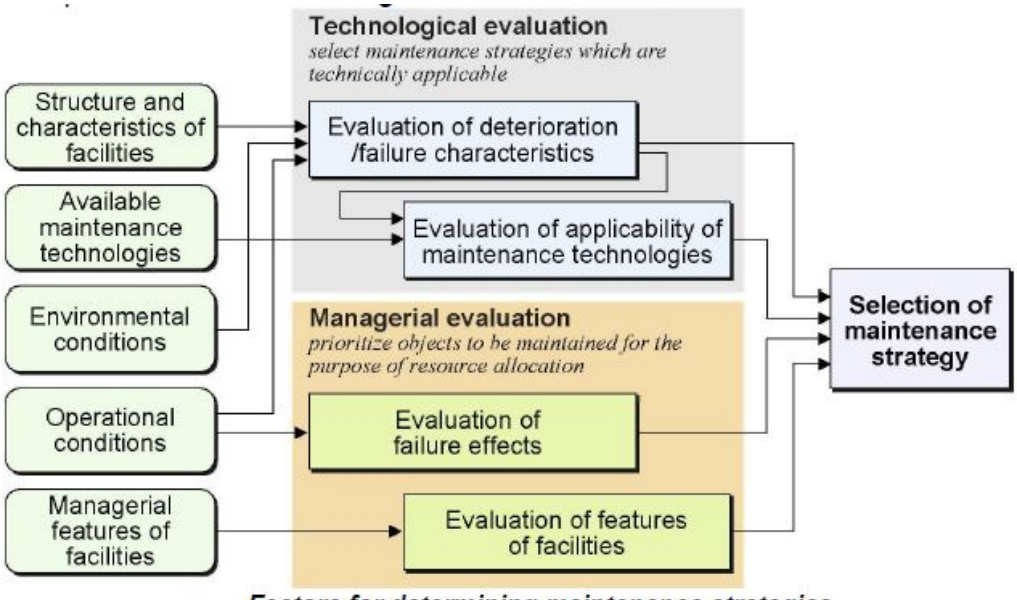




Classification of Maintenance



Maintenance activities



Factors for determining maintenance strategies

Procedure of maintenance strategy planning

- Technological principles.
- Elements.
- Arrangement of elements.
- Geometrical characteristics.
- Materials.
- Manufacturing methods.
- Tolerances.
- Surface quality.
- Strength.
- Stiffness.
- Hardness.
- Wear resistance.
- Corrosion resistance.
- Heat resistance.
- Electromagnetic properties.
- Dynamic properties etc.

IDENTIFICATION OF FAILURES, FAILURE MODES AND RISK SCENARIOS

تشخیص خرابی و مودهای خرابی و سناریوهای خطر بستگی به اصول فناوری، اجزا،آرایش اجزا ، خواص هندسی،مصالح ، روشهای ساخت،تلرانسها،کیفیت سطح،مقاومت، سفتی ، سختی ، مقاومت پوشش، مقاومت خوردگی،مقاومت حرارتی، خواص الکترومغناطیسی و خواص دینامیکی دارد

- Substances.
- Fields.
- Space resources.
- Time resources.
- Functional resources.
- Information that can be obtained from the system.
- Systemic Interactions.

- Change interactions.
- Differential resources.
- Inherent resources.
- Organizational resources.
- Small failures and disturbances.
- Hazardous elements.
- Control devices.
- Protection systems.

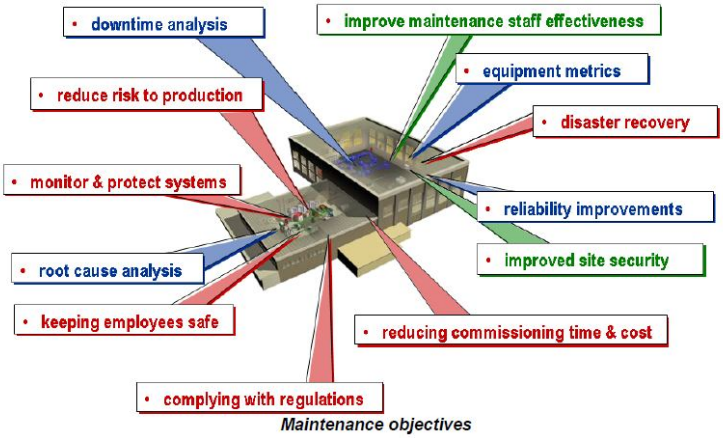
General Mechanisms of Failures checklist:

- Gradually increasing effects.
- Critical effects.
- Trigger mechanisms.
- Probabilistic effects.
- Sporadic effects.
- Failure as the result of a systemic effect.
- Creation of a new, harmful system.
- Chains of harmful events.
- Time-dependant harmful mechanisms.
- Failure mechanisms that include feedback.
- Failure mechanisms resulting from mitigation measures.
- Auxiliary mechanisms.

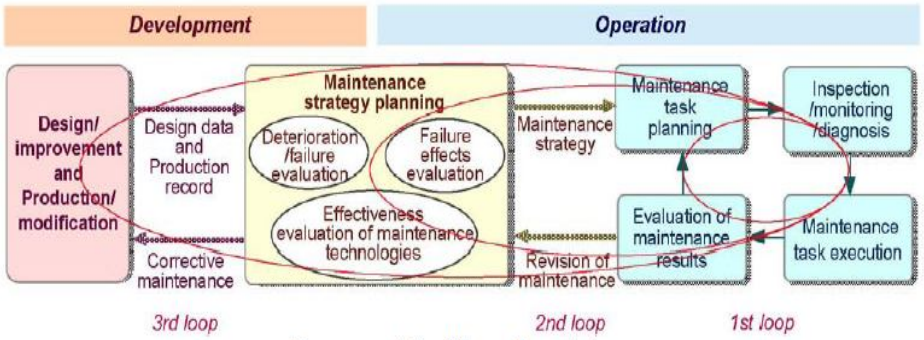
Typical Failures:

- Explosion.
- Combustion.
- Corrosion.
- Malfunction of electric or electronic device.
- Deformation or destruction.
- Disappearance of useful object or substance.
- Appearance of harmful object or substance
- Disturbance of the system's useful functioning.
- Appearance of harmful effect in the system.
- Failures over the product life cycle.

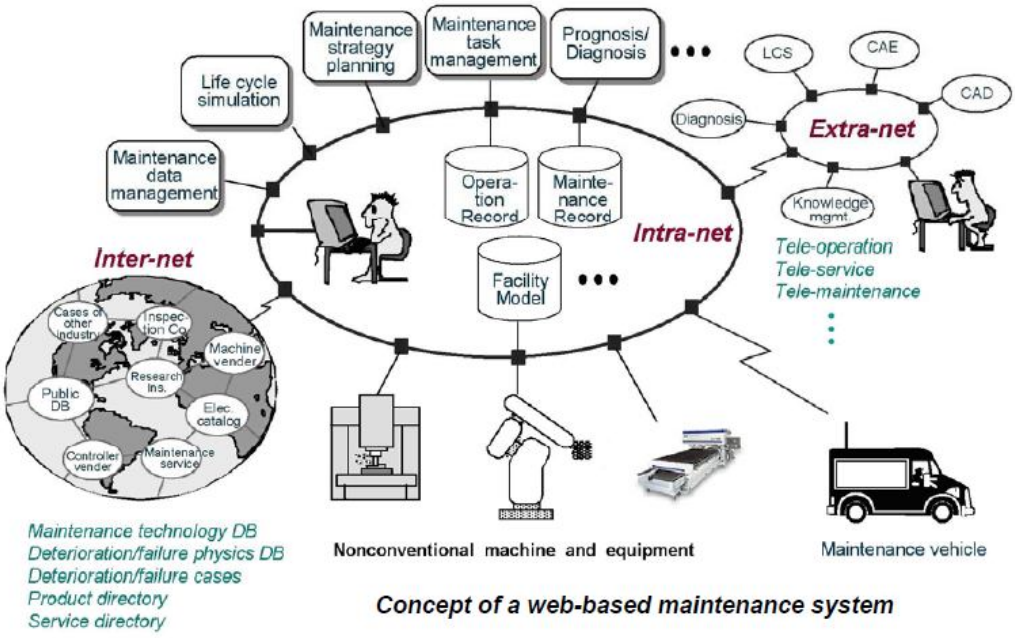
- Avert the causes of failure by:
  - Eliminating triggering events.
  - Apply a task with harmful effects that are easier to cope with.
- Stop the effects of failure by:
  - Localizing its harmful effect.
  - Reducing the effect.
  - "Blending in" defects.
  - Transient using of a harmful effect.
  - Facilitating detection.
  - Creating a compensating effect.
- Eliminate the failure by:
  - Remove or change the source of harm.
  - Modify the harmful effect.
  - Counteract the harmful effect.
  - Isolate the system from the harmful effect.
  - Increase the system's resistance to harmful effect.
  - Modify or substitute the effected object.



Maintenance objectives



Framework for life cycle maintenance



Concept of a web-based maintenance system

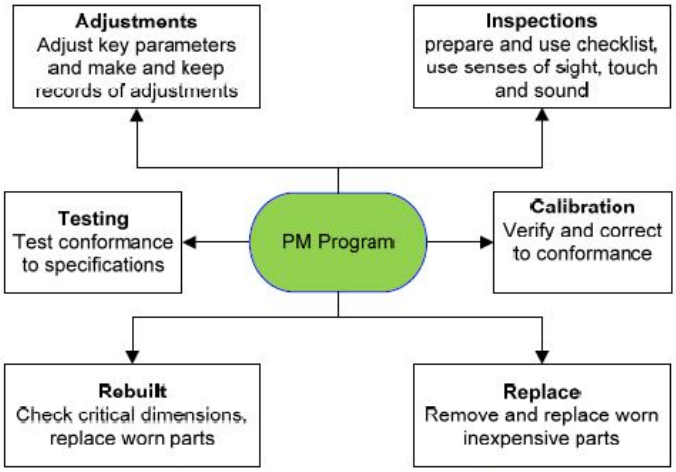
- Improved system reliability.
- Decreased cost of replacement.
- Decreased system downtime.
- Better spares inventory management.

The requirements for a good PM procedure include the following:

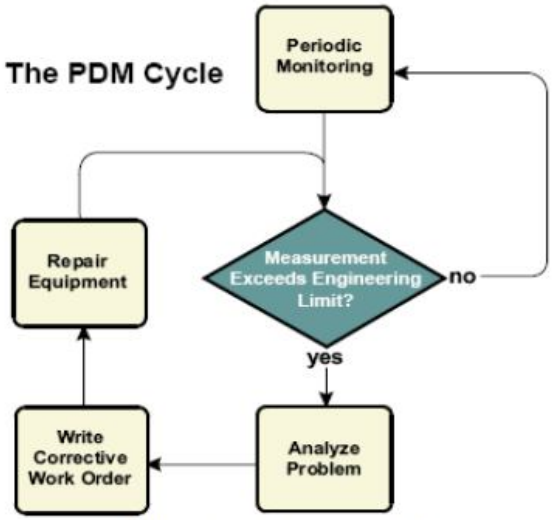
- A list of tools, spare parts and instruments required.
- A form to record the measurements to be made.
- Limits or ranges for the parameters to be measured.
- Required safety procedures such as isolation and locking out.

When preparing PM programs, the potential sources of information and resources include:

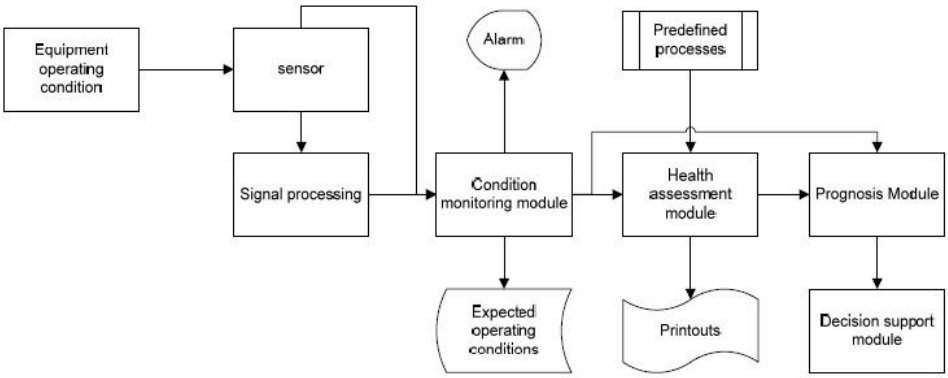
- Vendor recommendations which are commonly contained in equipment maintenance manuals.
- Experience of the operations and maintenance staff borne out of many years of doing maintenance.
- Generic PM programs in the market which can be adjusted to suit the plant or equipment needs.



Preventive maintenance procedures



Predictive maintenance cycle



OSA-CBM condition based maintenance process flow

Condition monitoring techniques and their applications

No	CBM procedure	Applications
1	Vibration analysis	Misalignment, out of balance weights, wear of bearings etc
2	Thermography analysis	Overloading, excessive friction or wear, abnormal electric resistance
3	Ultrasonic analysis	Steam leakage, corona discharge, excessive friction or wear, lubrication breakdown
4	Oil analysis	Contamination, breakdown of lubrication properties, signs of wear
5	Current measurement	Electric overloads, faulty bearings, current leakage
6	Laser alignment tests	Misalignment of rotating shafts, checking level of surfaces
7	Visual inspection	General defects that can be detected by human senses of sight, hearing and feeling
8	Insulation tests	Check status of electric insulation
9	Power rate	Bearing failures, damaged turbine blades, vacuum loss
10	Voltage measurement	Brush failure, excitation faulty, insulation failure

- Failure cannot be predicted through the use of condition monitoring such as where failure occurs too quickly to be predicted.
- Failure cannot be prevented by using a PM task.
- Failure cannot be eliminated through redesign such as where the component has been in service several years with no failures and there is no justification for redesign.
- Failure has no or limited consequences on safety and production and the cost from failure are low.

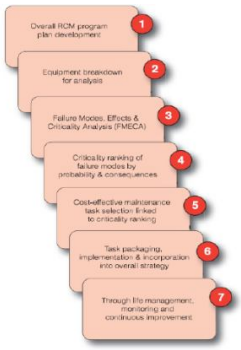
Reliability centred maintenance (RCM)

- What are the functions and associated performance standards of the asset in its present operating context?
- In what ways does the asset fail to fulfil its functions?
- What causes each functional failure?
- What happens when each failure occurs?
- In what way does each failure matter?
- What can be done to prevent each failure?
- What should be done if a suitable preventive task cannot be found?

Summary of the key objectives of an RCM method

No.	Main objectives	How they are achieved
1	Ensure equipment reliability	Reliability modelling
2	Ensure safety through appropriate PM actions	Classify types of failure Analyze failure consequences
3	Ensure equipment functionality in the most economic manner	Effectiveness of PM Economic viability of PM Preservation of function

Illustration of building concepts of lean philosophy



Steps followed in developing and implementing RCM

- Down time due to operator or program error.
- Downtime due to inadequate PM and downtime due to chronic wear and stresses.
- Downtime from chronic wear & stress to circuit boards, hydraulic components and other system components.

1. Operational gains– reduced lead time, increase productivity, reduced inventory, and improved quality.
2. Administrative improvements – reduced paperwork, reduced staffing, reduced process errors, streamlined customer care, cost reduction, job standardization.
3. Strategic gains in achieving overall company goals.

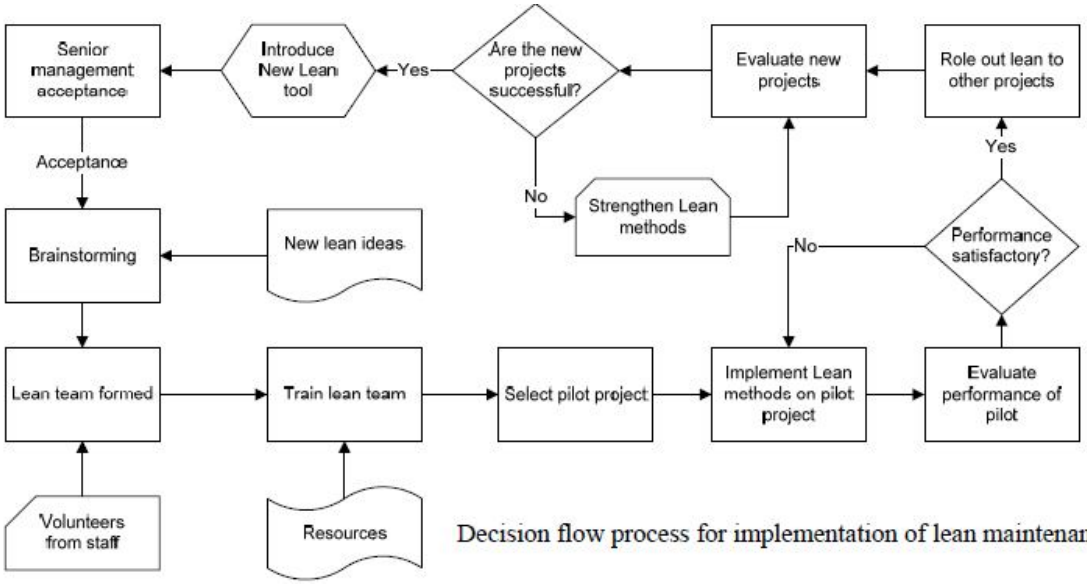
Types of wastes identified by a lean maintenance system

Waste type	Description
Unproductive work	Efficiently doing work that is not needed
Delays in motion	Delays waiting for spares, outage, isolation, people etc.
Poor inventory managem.	Excessive inventory, not having the right parts when needed
Rework	Having to repeat maintenance tasks due to poor workmanship
Underutilized staff	Using people to the limits of their qualification, not to the limits of their abilities
Ineffective data managem.	Collecting data that is of no use, failing to collect the data that is needed
Unnecessary motion	Unneeded travel to the to tool stores, workshop, looking for items, etc
Misapplication of machinery	Incorrect operational strategies that lead to maintenance work being done when it need not be done

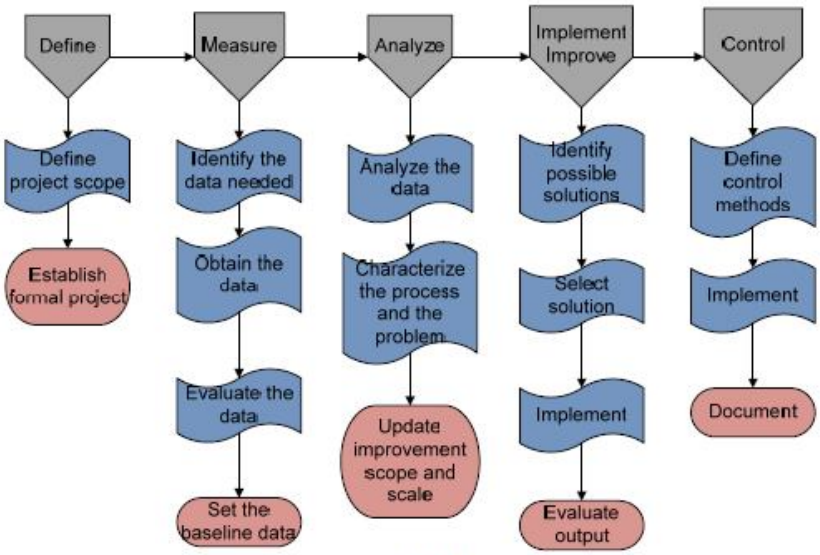
Define the problem: *Monitor and measure the waste*:

Analyze how to solve or eliminate the problem: *Implement the lean improvement actions*:

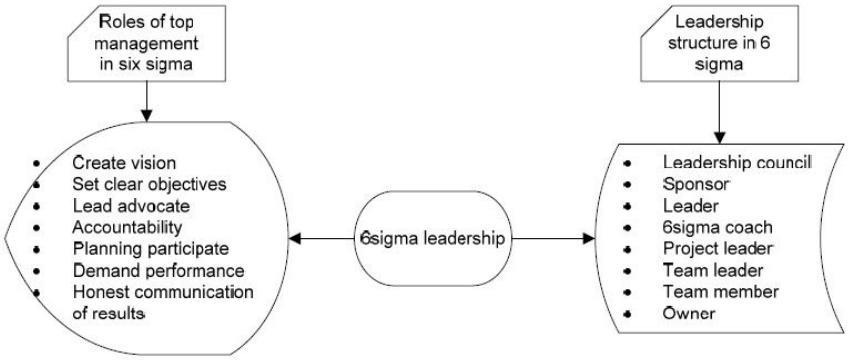
Control to sustain the improvement:



Decision flow process for implementation of lean maintenance



The six sigma DMAIC steps and key activities



The roles of top management and leadership structure of a six sigma

Summary of main tools for each phase of six sigma DMAIC

Six sigma phase	Tools
Define	Benchmarking Voice of customer Quality function deployment Process mapping
Measure	Measurement system evaluation Data collection methods Defects measurement
Analyze	Cause and effect diagram Failure mode effects analysis Statistical inference Pareto diagram Root cause analysis
Improve	Design of experiments Decision and risk analysis Systems thinking
Control	Control charts Time series Performance management Preventive measures

- Repeated breakdowns such as frequent sticking of master valves,
- Lack of spare parts for valves, level controllers, pressure controllers etc
- Poor quality of work by the maintenance team
- Excessive down time during maintenance

- Critical to quality
- Affinity diagram
- Supplier inputs-outputs relations
- Process mapping

- Data collecting plan
- Measurement system analysis
- Control charts
- Run charts

- Pareto charts
- Cause and effect diagrams
- Five whys
- Failure modes and effect analysis
- Fault tree analysis
- Design of experiments

- Identify the functions of an equipment
- Identify potential functional failure
- Consequences of failure
- Potential causes of failures
- Mitigations
- Risk calculation

Summary objectives of maintenance of a GSGS

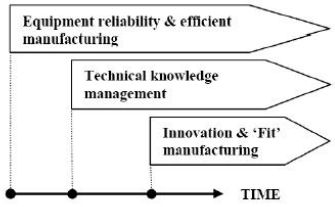
No.	Maintenance objective (criteria)	Abbreviation
1	Flexible, dynamic and proactive	FDP
2	Profitable, production improvement and cost reduction	PPC
3	Quality work, meet standards, minimize defects	QSW
4	Reliability, safety and system security	RSS
5	Availability, minimum down and repair time	ADT
6	Effective organization, motivated staff, documentation	OED

Alternative management methods

No.	Management method	Abbreviation
1	Six Sigma Maintenance	SSM
2	Reliability Centred Maintenance	RCM
3	Lean Maintenance	LCM

- The matrix from the relative ranking of the alternatives is squared
- The rows of the square matrix of alternatives is summed to form column matrix
- Sum the column matrix resulting from sum of rows
- Divide each element of column vector by the sum to form eigenvector
- Multiply eigenvectors of objectives by that of alternatives

1. Manpower cost;
2. Machine down time due to planned and forced outage;
3. Spare parts and consumables;
4. Special maintenance tools, equipment and software.

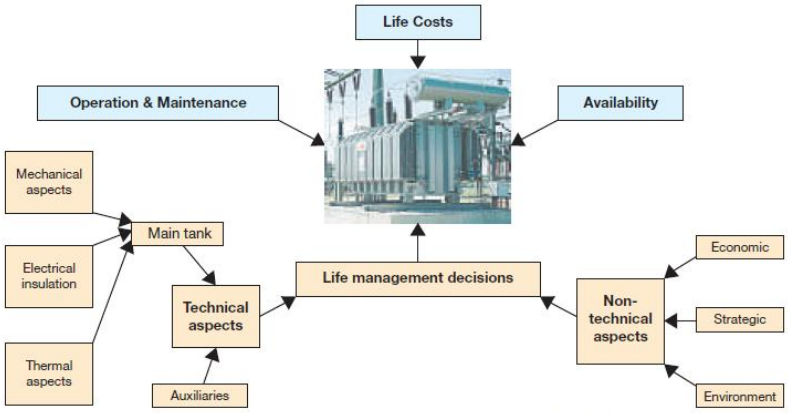


Sequence of 'Fit' maintenance engineering implementation steps.

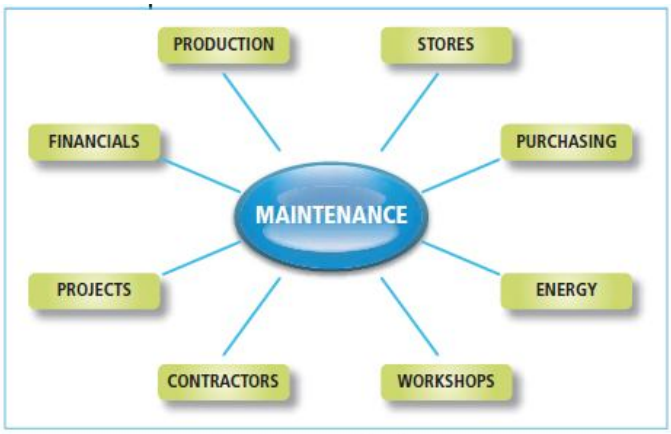
Failure mode cause and effects analysis for GPPs

Equipment	Potential failure or defect	Likely causes	Likely consequences	Possible maintenance management solutions
Master valves and service valves	Silica scaling Wear of valve disc Leakage through glands Corrosion of metal	High silica fluid Improper operating press Worn/loose packing Exposed metal	Stuck valve, Uncontrolled well Lost well Lost valve	Repair valve Monitor and inspect Redesign valve Protect metal
Two phase pipeline	Scaling Insulation damage Wear of pipe wall Corrosion Fracture, leaking, burst	High silica, calcite Improper pressure Environment damage Water hammer in 2 phase Excessive pressure	blocked pipe, restricted flow Changes in flow characteristics Design errors Weather issues	Replace pipe Repair insulation or support Use inhibitors Redesign the system to match flow condition Control flow properties Monitoring flow indicators
Separator vessel	Scaling on walls Erosion of vessel wall Water in steam, Steam in water Bursting Damage to supports	High silica fluid Oxygen ingression Particles in the fluid Incorrect design of vessel Excessive press surges Thinning vessel wall Water hammers	Blocked pipes Reduced efficiency Flooding of vessel Damage to vessel Wet steam, steam lost Safety problems	Overhaul the vessel Redesign the system Replace vessel with suitable design Remove well with excess silica Monitor parameters
Separator vessel pressure relieve	Fail to operate Operate at lower press than design Leakage of steam	-corrosion Wrong design Silica scale cement Gasket failure Wrong installation	Damage to wellhead equipment in even of overpressure Lose of steam under normal pressure	Replace with right rated Replace damaged Monitor and inspect Replace gasket
Separator level controls	Allows excess level Level too low Erratic controls No response of control valves	Out of calibration Valve leaking Valve stuck Equipment damage	Flooding of separator Possible damage to equipment Water into steam line Steam lost with water Damaged equipment	Monitor Redesign Calibrate Overhaul Regular inspection and maintenance
Hot water piping	Scaling Corrosion Insulation damage Pipe and supports damage Leakage	Silica calcite too high Improper operating pressure Weather damage Water hammers Fracture of pipe Thinning of pipe wall	Blocked, constricted flow Burst pipe Heat loss Pipe and supports damage Loss of water Lost production	Monitor flow parameters Inspection and repairs Redesign the system to eliminate defects Overhaul the system Isolate problem wells
Steam pipeline	Heat losses Pipe damage Thinning of pipe wall Scaling on pipe Burst pipe	Damaged or poor insulation Corrosion damage Improper design Blocked pipes Excessive pressure surge Wrong expansion constraints	Heat loss, condensate Thinning pipe wall, pipe damage Constrained flow Damaged expansion loops	Redesign insulation Replace repair insulation Monitor flow and use results to determine status Keep oxygen out Keep pressure regulator

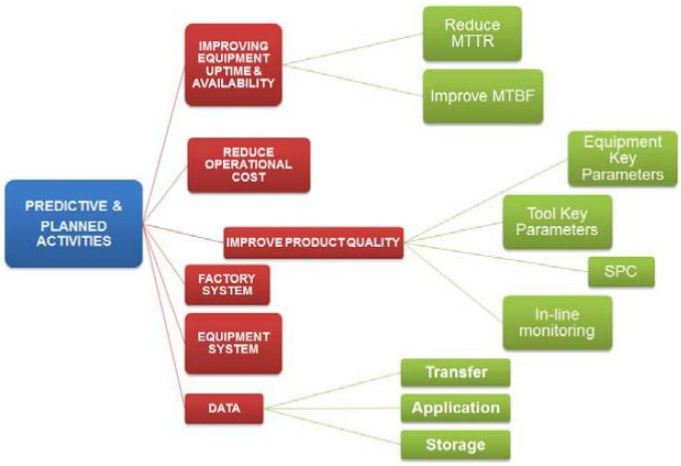
Equipment	Potential failure or defect	Likely causes	Likely consequences	Possible maintenance management solutions
Steam pipe pressure controller	No response to pressure Opens at low pressure Leakage of steam Erratic control response	Loss of power Out of calibration Valve disc worn Control valve sticking due to scale Unstable steam pressure	Excess steam pressure Damage to plant equipment Loss of steam Production shut down Induced pressure surges in the entire system	Inspection and repairs Restore power Monitor control operation and use result to make correction Redesign the pressure controls to eliminate defects
Steam pipeline instrumentation	Wrong readings No readings Unstable readings Damaged instruments	Out of calibration No power Blocked tapping pipes Faulty instruments	Wrong management data No data for operation Wrong control signals Safety problem	Regular calibration Inspect and repair Monitor and take action from monitored results Redesign the instrument or pipeline
Steam wash section (to remove dissolved salts)	Blocked spray nozzles Excessive or Inadequate water	Scaling at nozzles Control device out of calibration	Salts in steam, scale in turbine Flooding of mist separators	Regular inspect and maintain Monitor parameters and take action Is steam wash needed Redesign to remove defects
Steam scrubber and mist eliminator	Too high water level Too low water level Moisture in steam Steam in separated water	Faulty level controllers Controllers out of calibration Excessive moisture in steam Excessive wash water	Flooding Wet steam Lost steam Safety issues Water hammers Production stoppage	Monitor and use the data to take correction Inspect and maintain Regular calibration Redesign overhaul



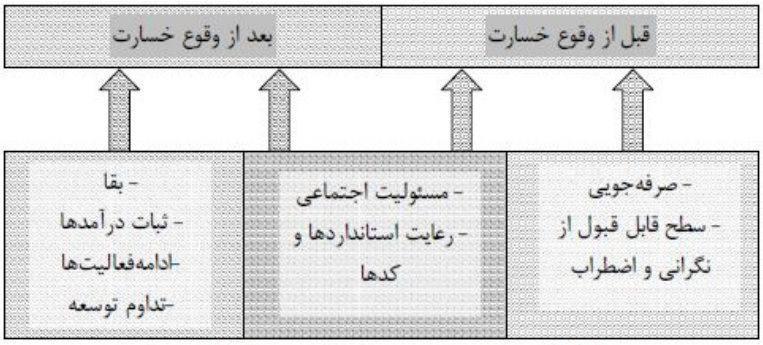
Criteria and process used to evaluate the status of transformers



Integration of CMMS with other systems



Predictive and Planned Activities



اهداف برنامه مدیریت ریسک قبل و بعد از وقوع ریسک

Concept overview

Table 2: Acronyms on Maintenance Management and CMMS

AO	Availability
APC	Advanced Process Control
CEM	Common Equipment Model
COO	Cost of Ownership
EDA	Equipment Data Acquisition
EPT	Equipment Performance Tracking
FDC	Fault Detection and Classification
M-Ratio	ratio between Maintenance scheduled/unscheduled maintenance
MTBF	Mean Time Between Failure
MTTR	Mean Time to Repair
OEE	Overall Equipment Effectiveness
PdM	Predictive Maintenance
PM	Preventive Maintenance
PPM	Predictive and Preventive Maintenance
PTTF	Predictive Time to Failure
RF	Radio Frequency
SMC	Statistical Machine Control
SPC	Statistical Process Control
SVID	Status Variable ID
TBM	Time-based Preventive Maintenance
UBM	Usage-based Preventive Maintenance
WIP	Work-in-Process

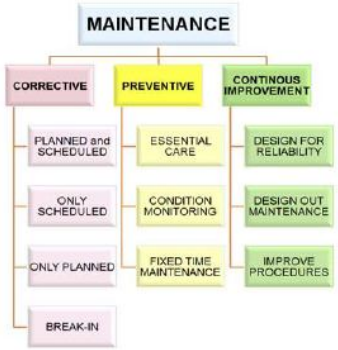
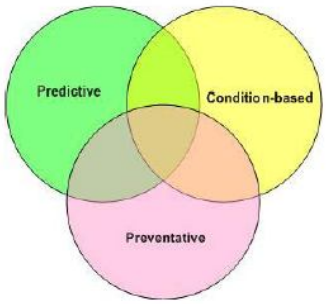


Figure 2: Definition of maintenance



Components of Maintenance

Preventive Maintenance	**PM**	should be based on data, such as the expected life of consumable parts or historical data on the useful life on the equipment. Preventive maintenance is traditionally based on elapsed calendar time or fixed unit count usage
Usage Based Preventive Maintenance (UBM)		Maintenance activities carried out at predetermined intervals of usage
Time-Based Preventive Maintenance (TBM)		Parts that have to be exchanged/repaired at predetermined intervals of time
Condition-Based Preventive Maintenance	**CBM**	Is an enhanced method based on equipment or other possible data collection and analysis. Various advanced analysis techniques and data collection methods are currently being used to achieve more competitive equipment availability and productivity. Condition-based PMs are intended to maximize the availability and productivity of the equipment while optimizing maintenance costs. This also reduces planned downtime and thus increases availability.

Data sources are internal machine sensors, equipment performance and process data from the machine, and external systems (e.g., SPC). Once a defined level is reached, it triggers a maintenance action.
Necessary data to determine the condition of a part or machine may be collected in real time or in defined intervals, which need to be short enough to give an indication early enough to avoid unscheduled failure.
Analysis of the collected data is possible either in real time or from offline databases.
Application of advanced analysis and scheduling techniques is needed.

Predictive Maintenance	**PdM**	Predictive maintenance identifies impending or imminent unscheduled failures and generates advanced warning and prioritization. To make predictions that are useable in a real environment, there are four essential components : input, methodology, output, and use. However, predictive maintenance is complementary to condition-based preventive maintenance.

Input

Data about the condition of equipment and facilities, fab./lab performance indicators, and maintenance. - *Internal data* about performance and condition of equipment, equipment components and other sources e.g. additional sensors within the equipment
- *External data* and events including FDC, EPT, PM history, SPC, SMC, etc.

Methodology

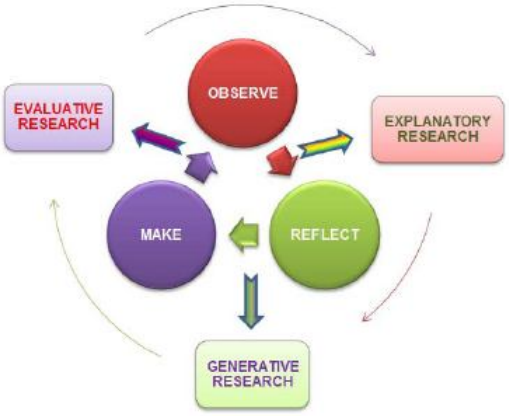
It should monitor single parameters, trends, performance of equipment and additional data sources:

- Equipment parameters (electric, mechanic, pressure, chemical, etc.)
- Fab performance indicators (number of processed wafer, used recipes, WIP, etc.)
- Facility data
- Availability of equipment
- M-Ratio: Scheduled/unscheduled downtime
- MTBF
- Cost of ownership
- Statistical and other analysis and failure behavior profile matching should be included.
- Information that identifies the possibility of concurrent failures or that allows for prioritization of maintenance on imminent required maintenance is important.

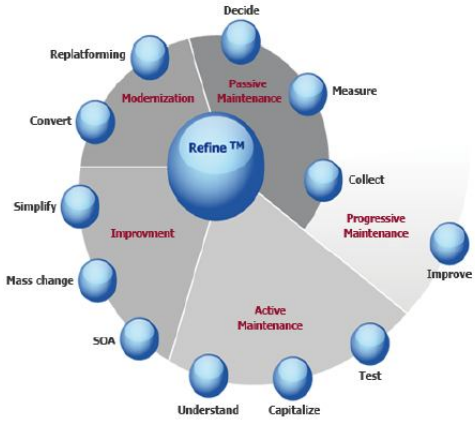
Output

Event-driven failures that do not need trend data (FDC data may be an input source for fault prediction) should be included. The PdM system must analyze the input data according to rules and models defined. It then calculates the optimum time to do maintenance. Warning must be given in advance so that activities can be scheduled.

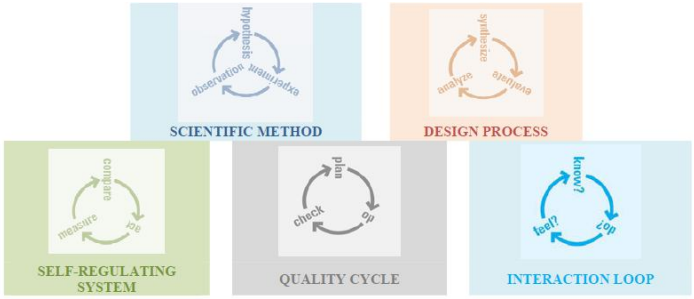
- Early warning must be given of impending or imminent failure conditions to distribute the workload and avoid simultaneous downtime of many pieces of equipment.
- The maintenance schedule should be automatically adjusted.
- Unscheduled downtime is reduced by early warnings giving a chance for scheduling.
- Maintenance-related costs are reduced as maintenance is done close to the latest possible time reflecting usage, condition, data, etc.
- Repair and overhaul time is reduced as early indication gives a time window for preparing activities.
- The spare parts inventory is reduced as early indication gives the chance to order parts when needed.



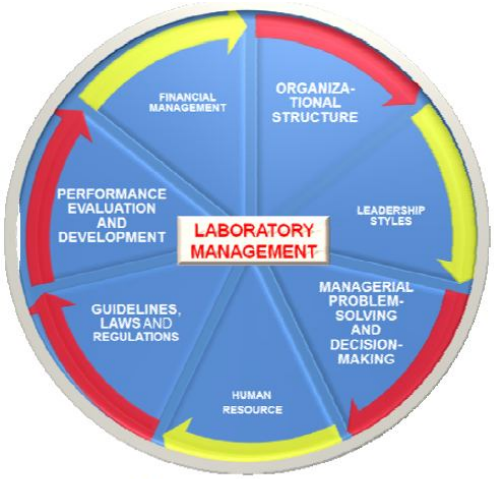
R&D CONSTITUTIVE PROCESSES



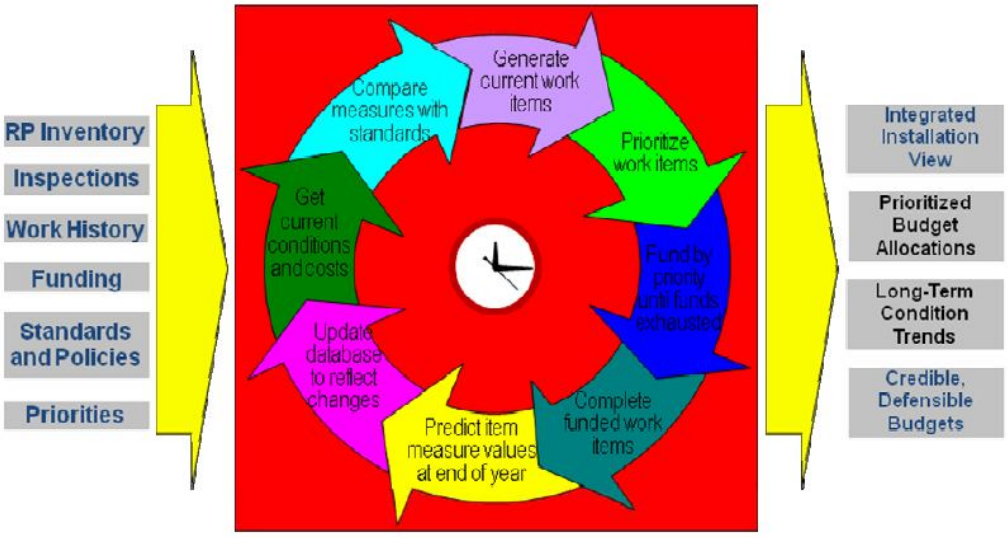
Maintenance Management tasks



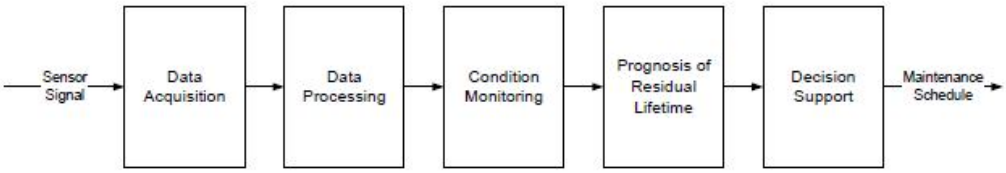
R&D - Creative Process Details

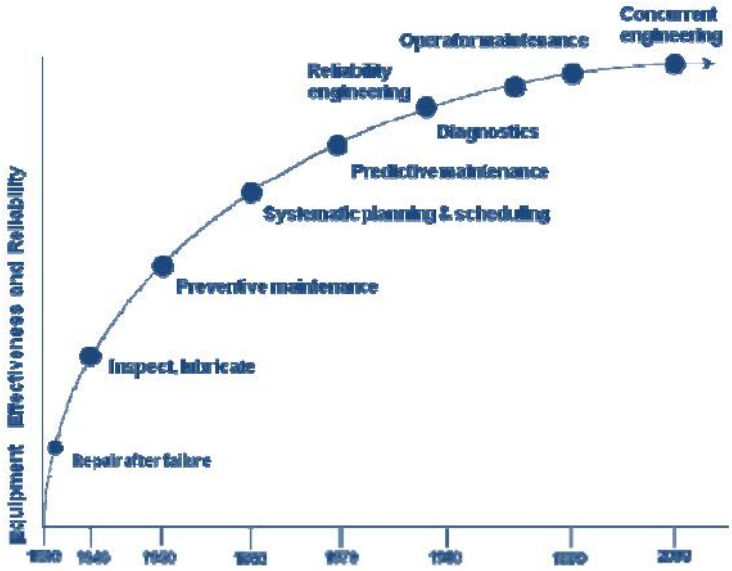


Standard Laboratory Management issues

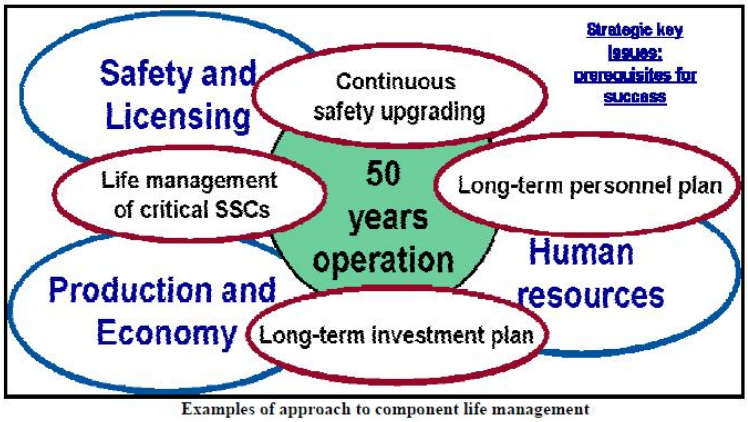


Impact-basic concept

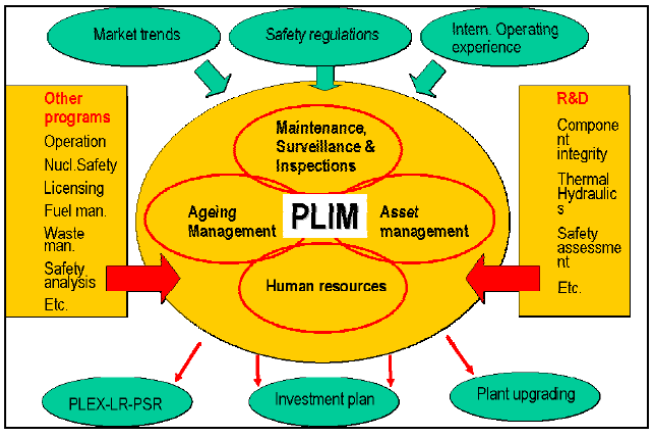


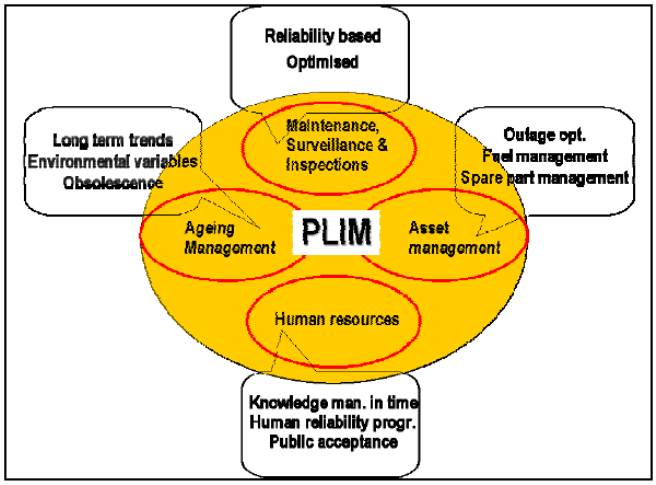


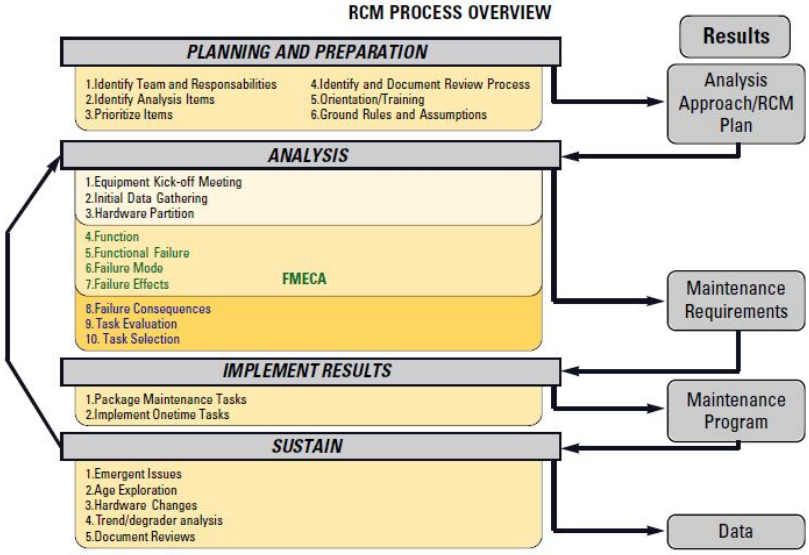
Emerging Strategies for Maintenance Management

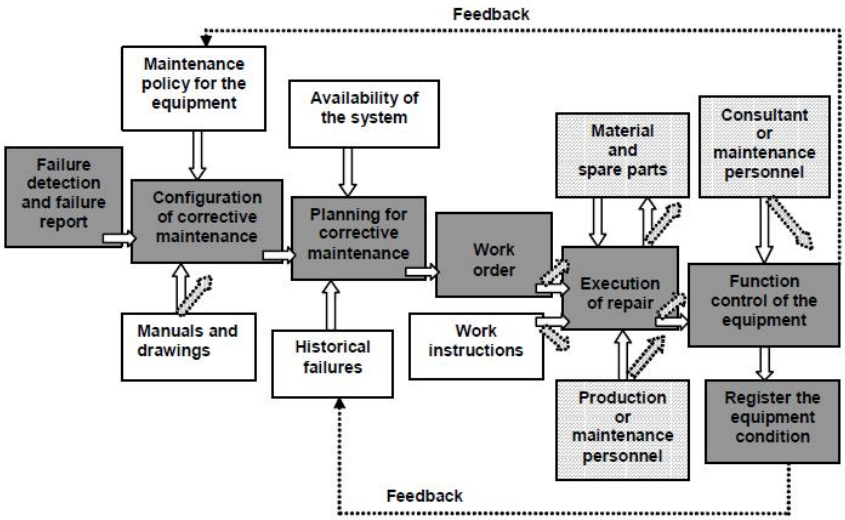


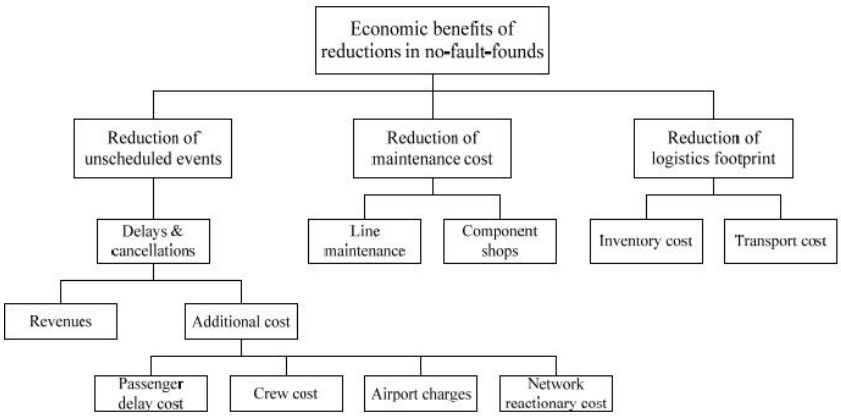
Examples of approach to component life management



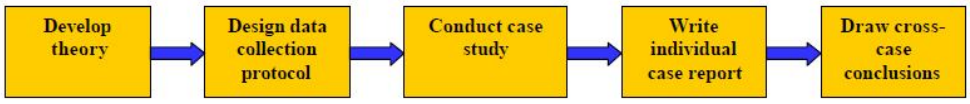




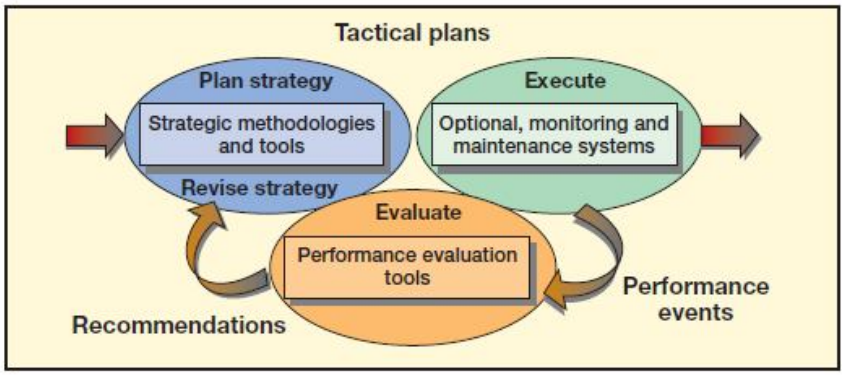


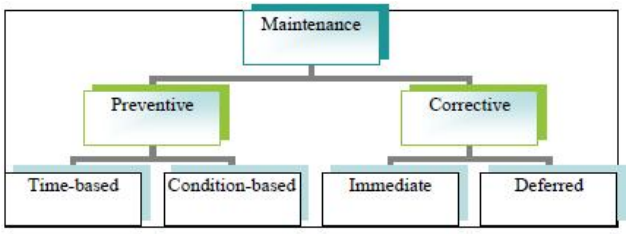


Economic benefits of reductions of no-fault-founds

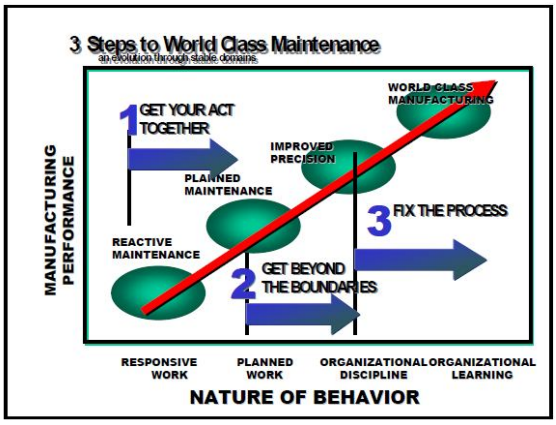


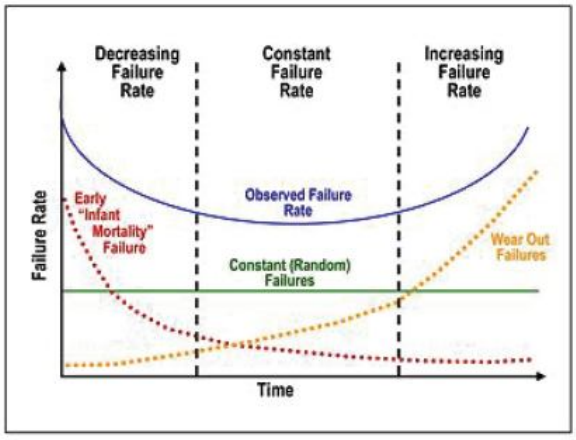
Strategy of the procedure.

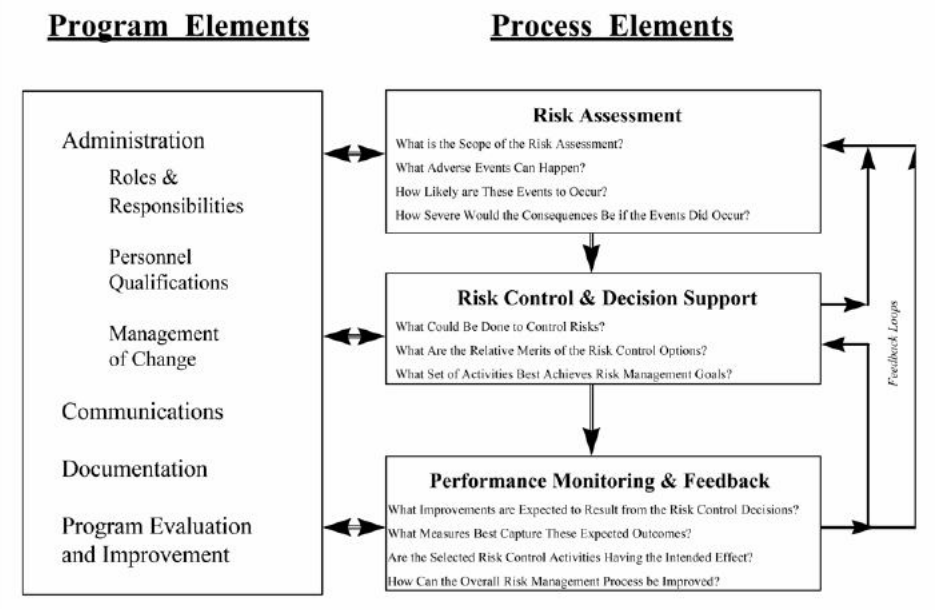




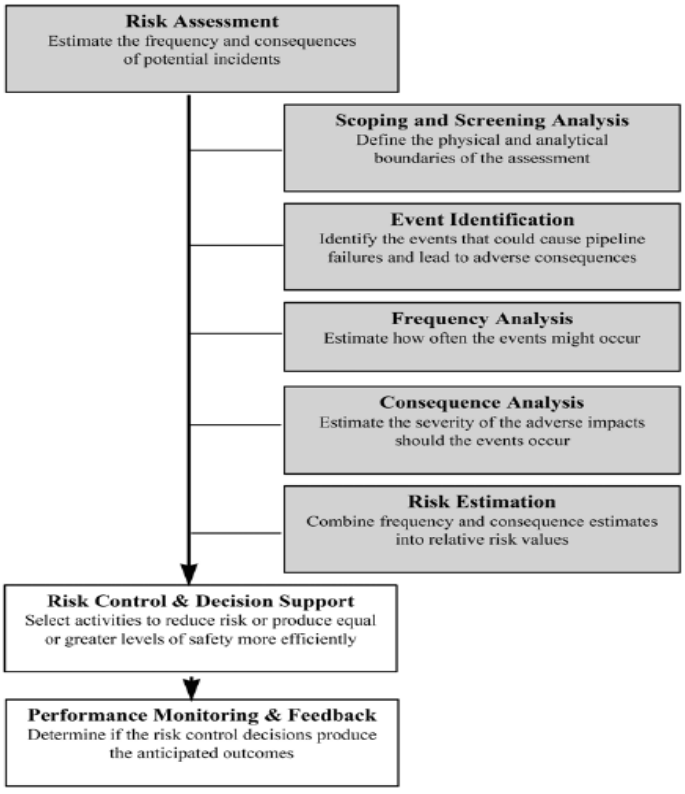
Preventive and corrective maintenance.

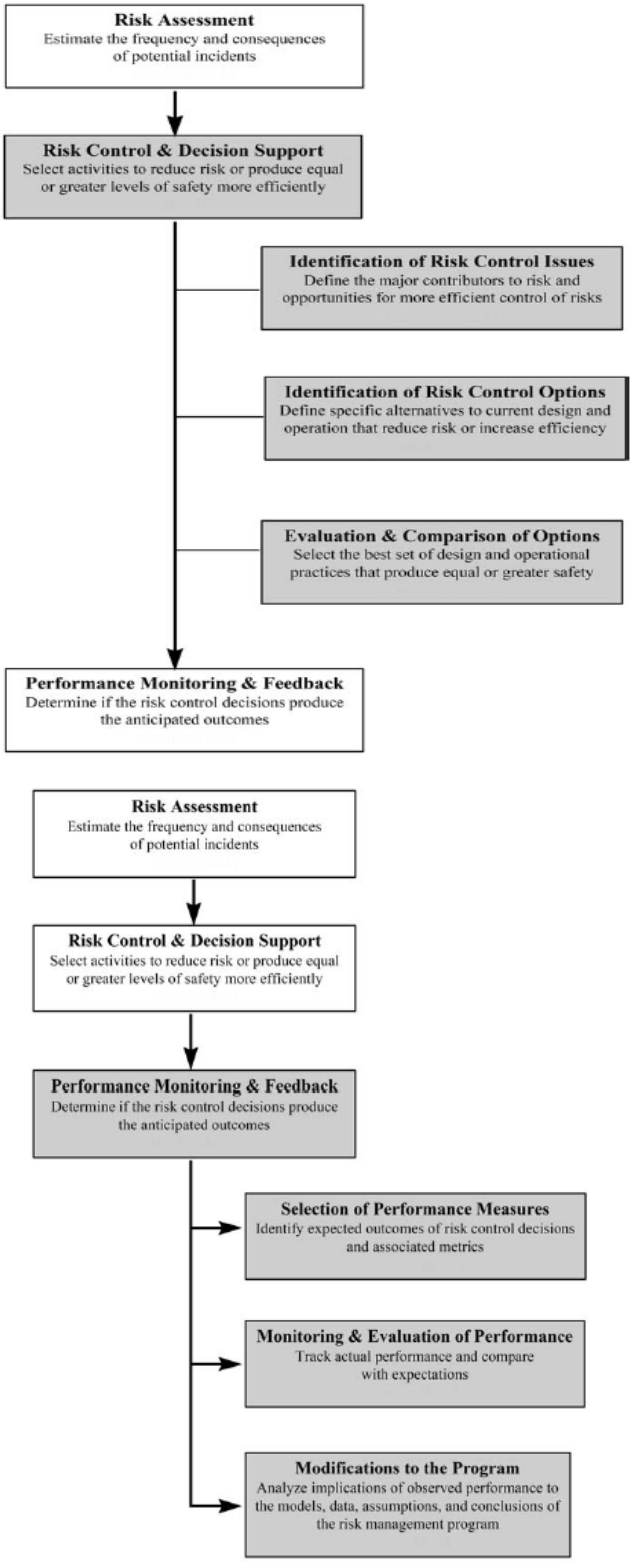


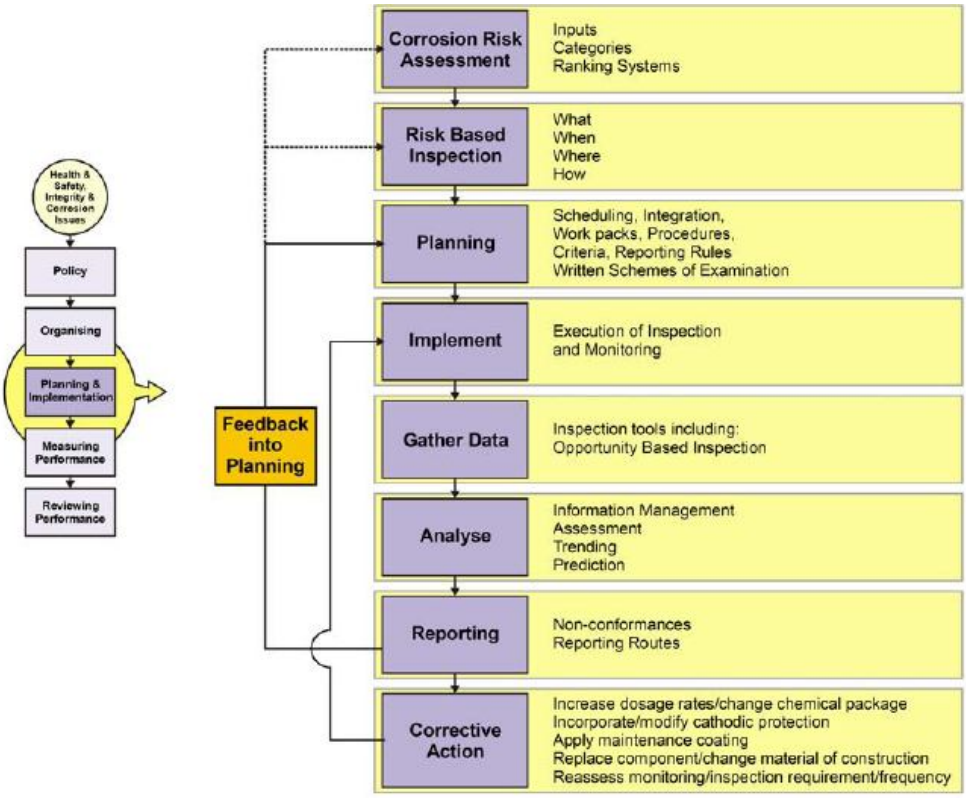




اجزاء مدیریت ریسک

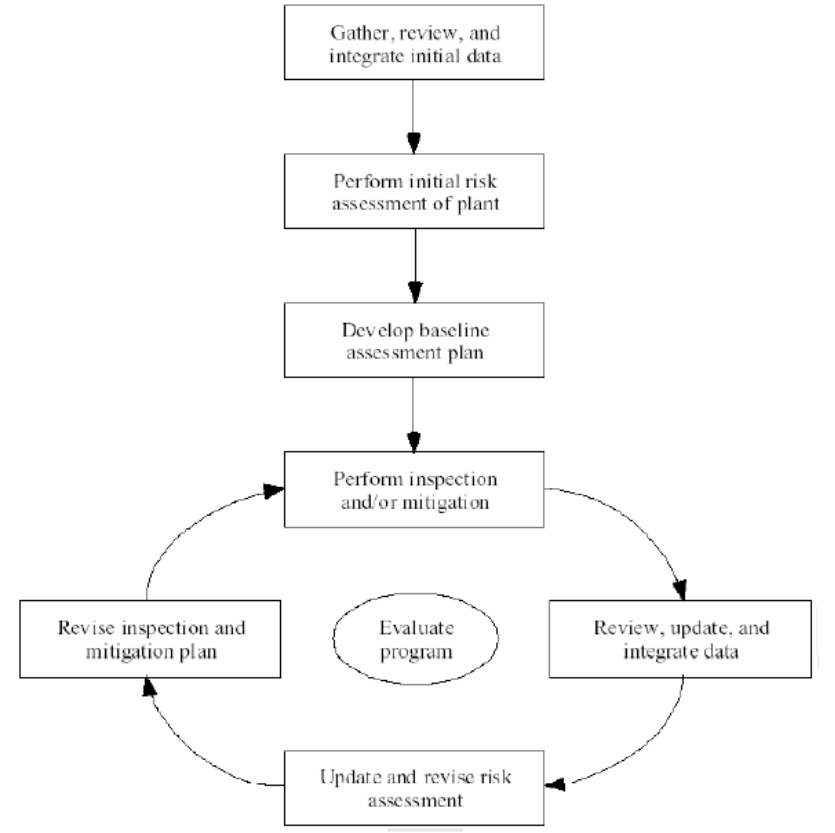



Risk Assessment
Estimate the frequency and consequences of potential incidents
Risk Control & Decision Support
Select activities to reduce risk or produce equal or greater levels of safety more efficiently
Identification of Risk Control Issues
Define the major contributors to risk and opportunities for more efficient control of risks
Identification of Risk Control Options
Define specific alternatives to current design and operation that reduce risk or increase efficiency
Evaluation & Comparison of Options
Select the best set of design and operational practices that produce equal or greater safety
Performance Monitoring & Feedback
Determine if the risk control decisions produce the anticipated outcomes
Risk Assessment
Estimate the frequency and consequences of potential incidents
Risk Control & Decision Support
Select activities to reduce risk or produce equal or greater levels of safety more efficiently
Performance Monitoring & Feedback
Determine if the risk control decisions produce the anticipated outcomes
Selection of Performance Measures
Identify expected outcomes of risk control decisions and associated metrics
Monitoring & Evaluation of Performance
Track actual performance and compare with expectations
Modifications to the Program
Analyze implications of observed performance to the models, data, assumptions, and conclusions of the risk management program

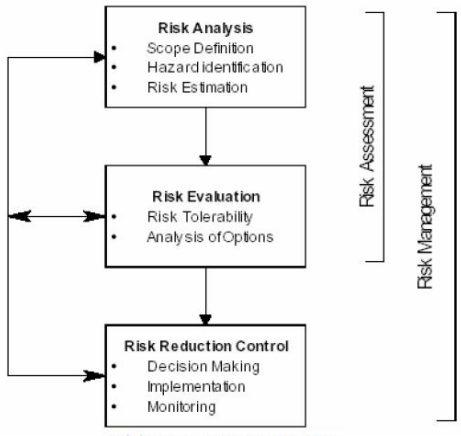


جایگاه مدیریت و ارزیابی ریسک در مدیریت خوردگی

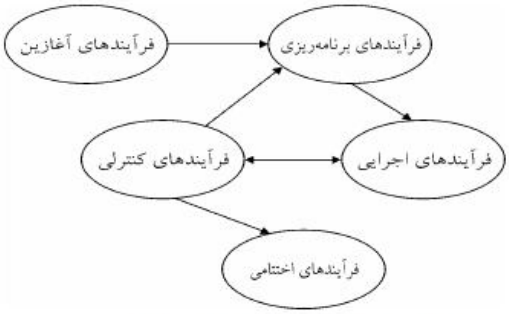
overview of risk based asset integrity management



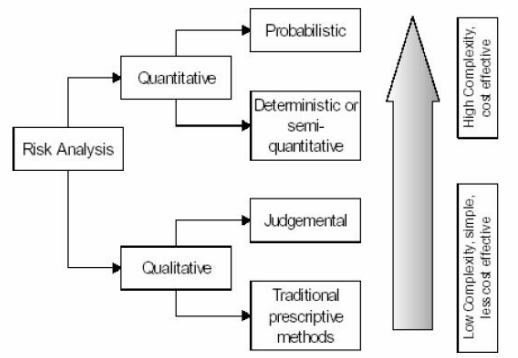
ورودی ها و خروجی ها در شبکه عصبی



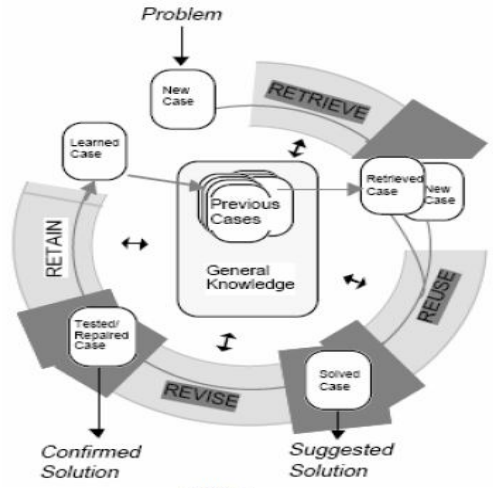
Risk management structure



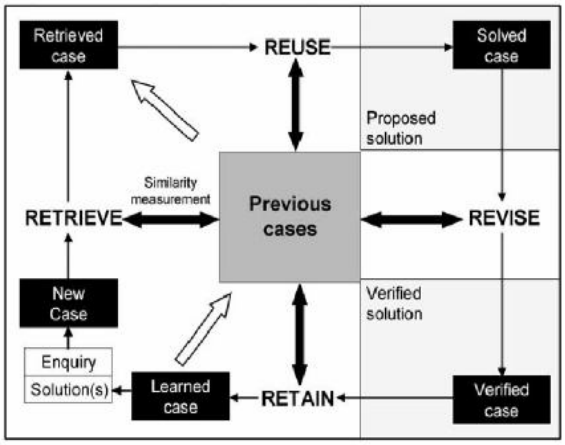
تعامل بین گروه‌های فرایندی مدیریت پروژه



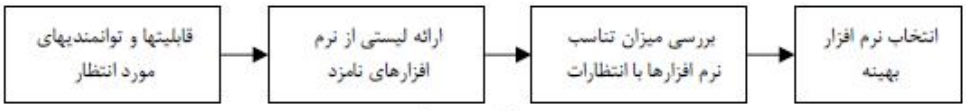
Type of risk analysis



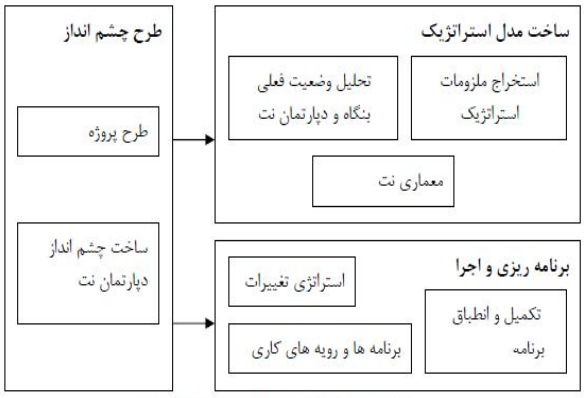
چرخه CBR



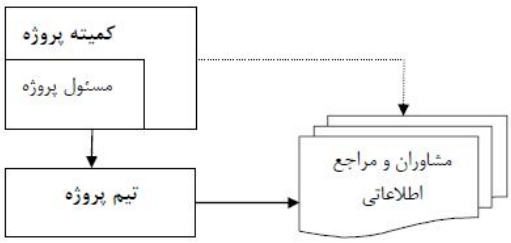
گامهای اساسی CBR



مدل تصمیمگیری



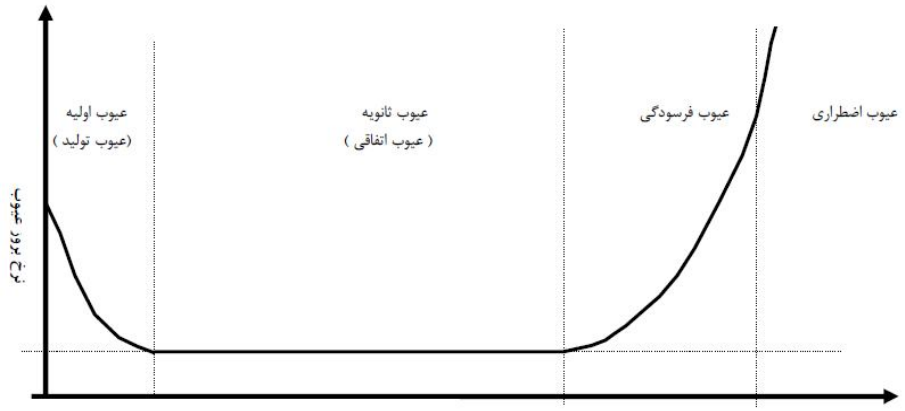
متدولوژی پیشنهادی تدوین استراژی دپارتمان نت



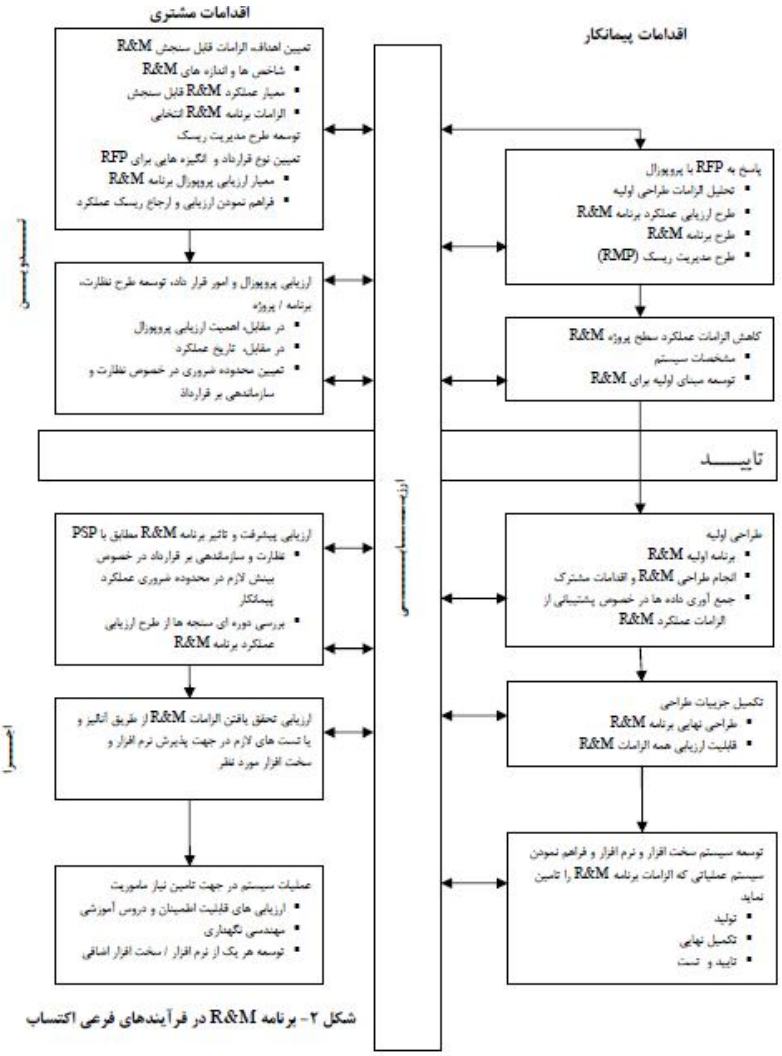
سازمان پروژه برنامه ریزی استراتژیک دپارتمان نت

• زمان میانگین بین حوادث از کار افتادگی • زمان میانگین بین خرابی ها(MTBF) • زمان میانگین برای تعمیر (MTTR) • شروع ماموریت	• قابلیت دسترسی، ذاتی • قابلیت دسترسی، عملیاتی • حداکثر زمان برای تعمیر(maxTTR)
الزامات اجرای مربوط به قابلیت تعمیر و نگهداری برای تست های داخلی BIT (Built-in-Test) برخی از الزامات بالقوه خاص برای BIT به صورت زیر فهرست شده‌اند: •زمان میانگین برای جداسازی نقص •درصد حداکثر میزان اعلام خطر اشتباه برای BIT •قابلیت جداسازی نقص برای ـــ درصد LRU •درصد پیدا کردن نقص در تشخیص تلفیق شده	
احتمال موفقت ماموریت یا فاز ماموریت الزامات اجرای R&M باید به طور روشن معیارهای موفقیت را برای ماموریت یا فاز ماموریت تعریف نمایند. الزامات احتمال موفقیت نسبی ماموریت ممکن است برحسب زیر ماموریت‌ها یا اهداف علمی خاص مشخص شوند. سطح اطمینان مربوط به میزان احتمالی که باید نشان داده شود نیز بایستی مشخص گردد.	
الزامات اجرایی که به احتمال عملیات بدون نقص در یک مدت زمان مشخص می‌پردازند	

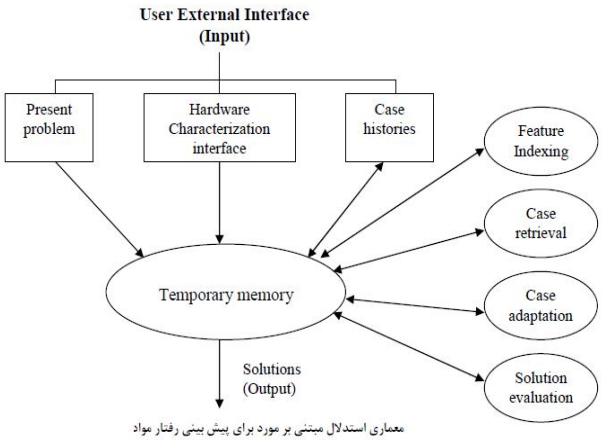
این نوع الزام عموماً به سیستم یا زیرسیستمی که با ماموریت مرتبط است تحمیل می‌شود. الزام باید به طور روشن مشخص نماید کـه چـه چیز باعث نقص یک سیستم یا زیر سیستم می‌شود. سطح اطمینان مربوط به میزان احتمالی که باید نشان داده شود نیز بایستی مشخص گردد.
الزامات قابلیت تعمیر ونگهداری ماننـد زمـان میـانگین بـرای تعمیـر (MTTR) و زمـان تعمیـر و نگهـداری اصـلاحی حـداکثر (بـرای یـک صـدک خـاص از نقـایص) (MmaxCT در صدک XXth) این پارامترهای R&M همچنین پارامترهای عملکرد کافی مورد نیـاز بـرای طراحـی و اقـدام تاییـدی د راختیار پیمانکار قرار می‌دهند. ممکن است لازم باشد تا مانند قابلیت اطمینان الزامـات مختلـف MTTR/MmaxCT بـرای سیسـتمهای یـا زیـر سیسـتمهای مختلـف مشخص گردد.
MTBF (Mean Time Between Failure) MTTR (Mean Time to Repair, Mean Time to Restore) MmaxCT (Maximum Corrective Maintenance Time) LRU (Line Replaceable Unit) maxTTR (Maximum Time to Repair)



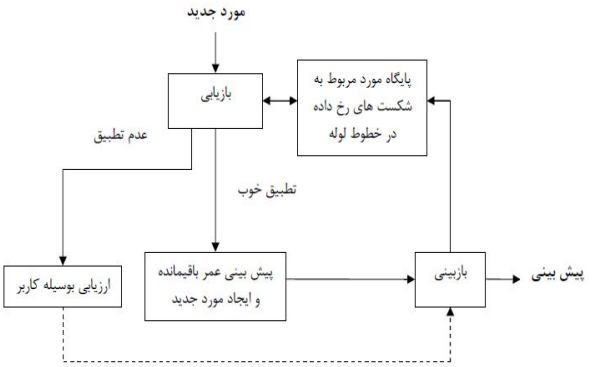
$$T(n) = \frac{A + C_1 + \sum_{i=2}^{n} C_i r^{i-1} - S_n r^n}{1 - r^n}$$



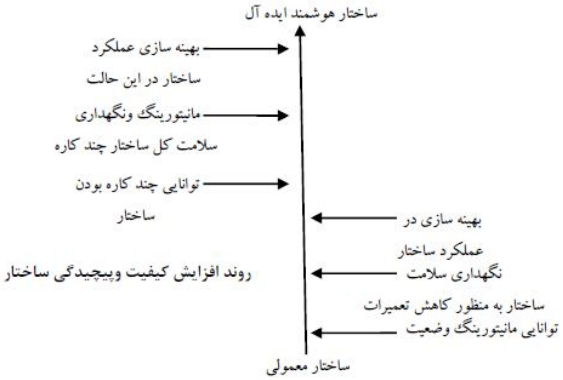
شکل ۲- برنامه R&M در فرآیندهای فرعی اکتساب

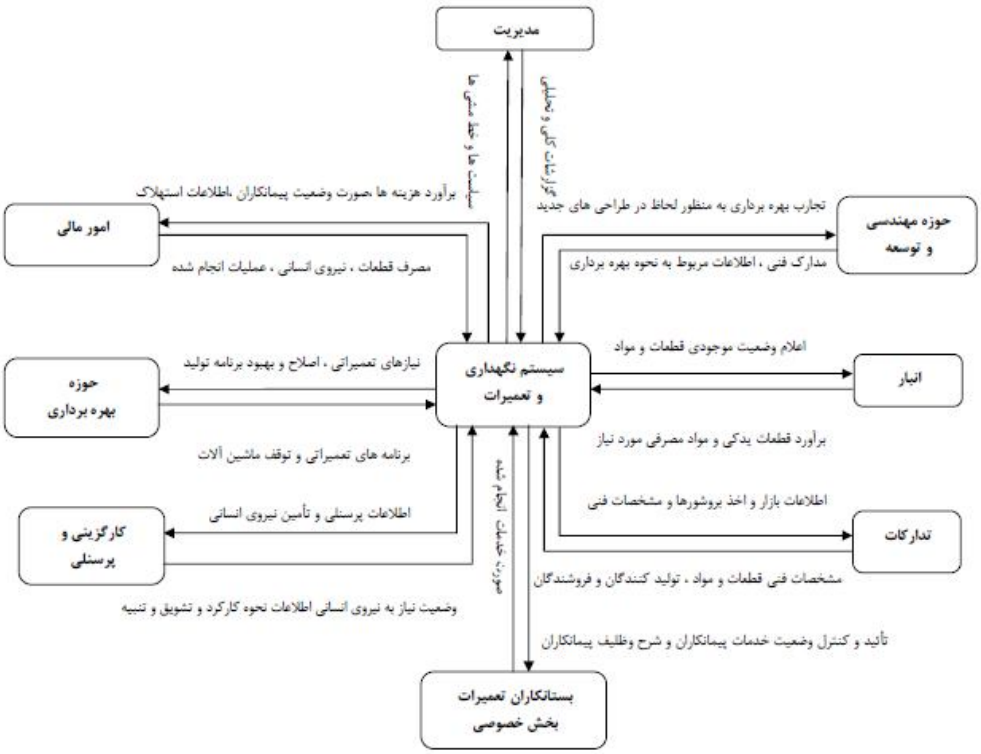


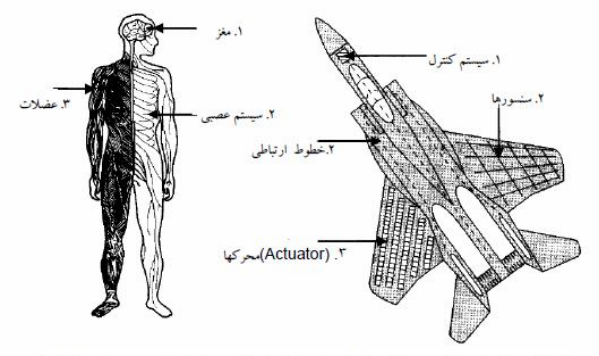
معماری استدلال مبتنی بر مورد برای پیش بینی رفتار مواد



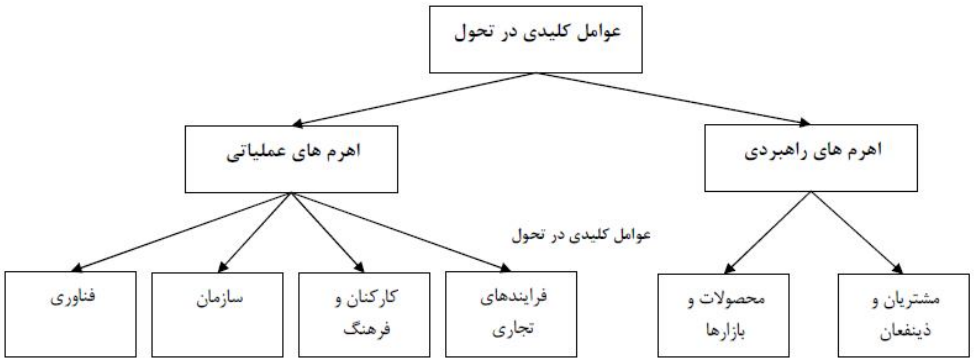
مدل CBR برای پیش بنی عمر باقیماندهی خطوط لوله متأثر از خوردگی

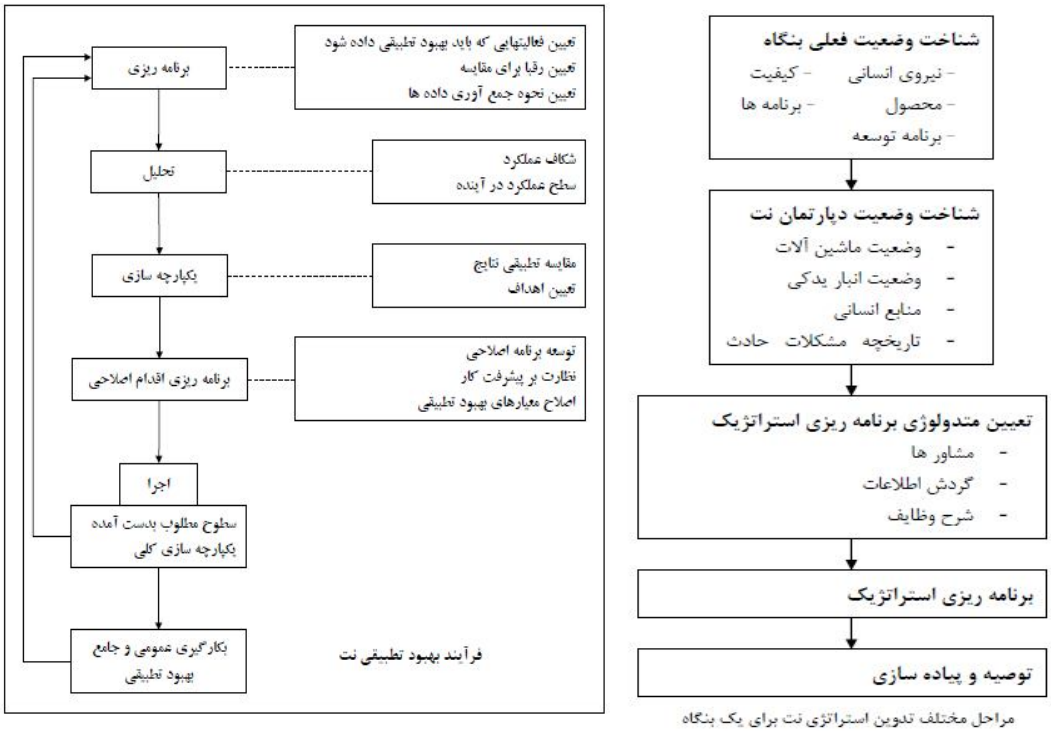






نمایش بخشهای مشابه در یک ساختارهوشمند(هواپیمای هوشمند) و موجود زنده(انسان)

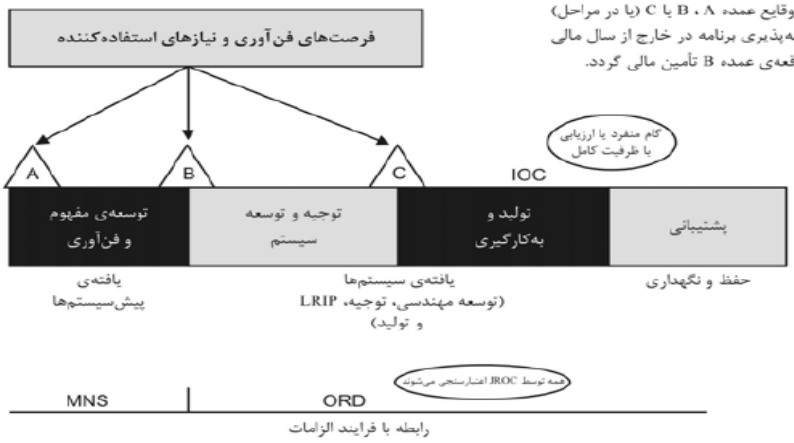


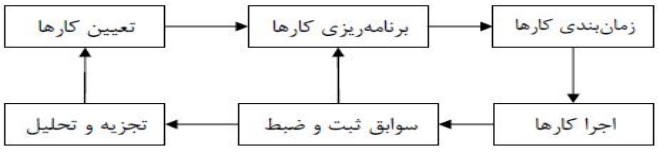


مراحل مختلف تدوین استراتژی نت برای یک بنگاه

دیدی کلی از حوزه‌های دانش مدیریت پروژه و فرایندهای مدیریت پروژه

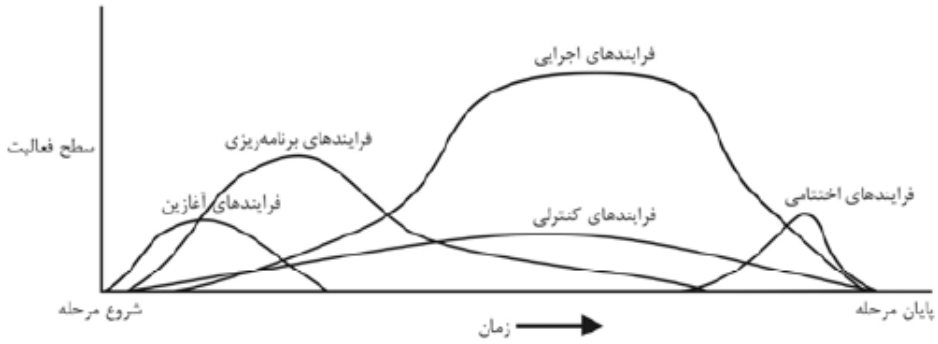
ورود فرایند به وقایع عمده A ، B یا C (یا در مراحل) درصورت توجیه‌پذیری برنامه در خارج از سال مالی و نه دیرتر از واقعه‌ی عمده B تأمین مالی گردد.



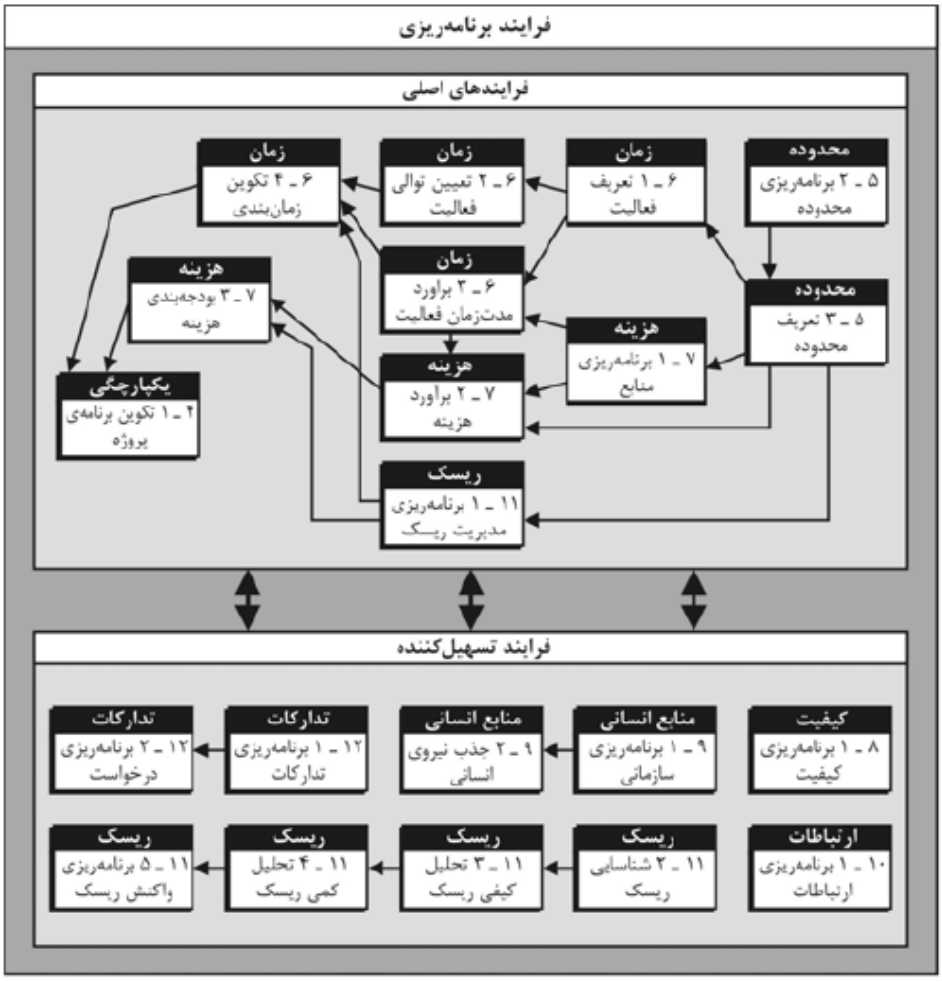


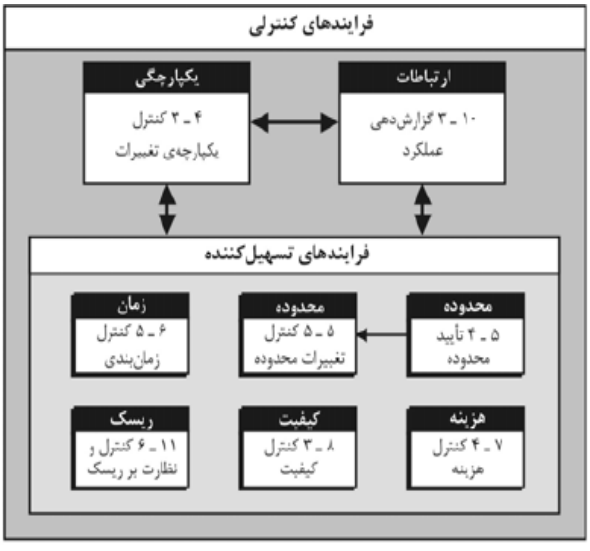
فرآیند نگهداری و تعمیرات

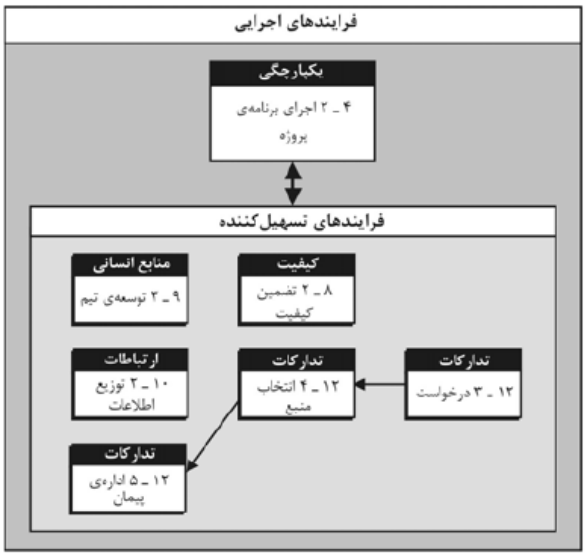
چرخه‌ی حیات نمونه‌ی پروژه‌ی ساختمانی. موریس



هم‌پوشانی گروه‌های فرایندی در یک مرحله


فرایند برنامه‌ریزی
فرایندهای اصلی
محدوده
۵ ـ ۲ برنامه‌ریزی محدوده
زمان
۶ ـ ۱ تعریف فعالیت
زمان
۶ ـ ۲ تعیین توالی فعالیت
زمان
۶ ـ ۴ تکوین زمان‌بندی
محدوده
۵ ـ ۳ تعریف محدوده
زمان
۶ ـ ۳ برآورد مدت‌زمان فعالیت
هزینه
۷ ـ ۳ بودجه‌بندی هزینه
هزینه
۷ ـ ۱ برنامه‌ریزی منابع
هزینه
۷ ـ ۲ برآورد هزینه
یکپارچگی
۴ ـ ۱ تکوین برنامه‌ی پروژه
ریسک
۱۱ ـ ۱ برنامه‌ریزی مدیریت ریسک
فرایند تسهیل‌کننده
کیفیت
۸ ـ ۱ برنامه‌ریزی کیفیت
منابع انسانی
۹ ـ ۱ برنامه‌ریزی سازمانی
منابع انسانی
۹ ـ ۲ جذب نیروی انسانی
تدارکات
۱۲ ـ ۱ برنامه‌ریزی تدارکات
تدارکات
۱۲ ـ ۲ برنامه‌ریزی درخواست
ارتباطات
۱۰ ـ ۱ برنامه‌ریزی ارتباطات
ریسک
۱۱ ـ ۲ شناسایی ریسک
ریسک
۱۱ ـ ۳ تحلیل کیفی ریسک
ریسک
۱۱ ـ ۴ تحلیل کمی ریسک
ریسک
۱۱ ـ ۵ برنامه‌ریزی واکنش ریسک

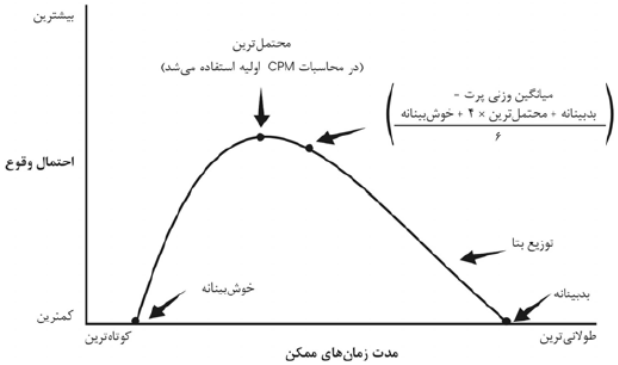

فرایندهای کنترلی
یکپارچگی
۴ ـ ۳ کنترل یکپارچه‌ی تغییرات
ارتباطات
۱۰ ـ ۳ گزارش‌دهی عملکرد
فرایندهای تسهیل‌کننده
زمان
۶ ـ ۵ کنترل زمان‌بندی
محدوده
۵ ـ ۵ کنترل تغییرات محدوده
محدوده
۵ ـ ۴ تأیید محدوده
ریسک
۱۱ ـ ۶ کنترل و نظارت بر ریسک
کیفیت
۸ ـ ۳ کنترل کیفیت
هزینه
۷ ـ ۴ کنترل هزینه


فرایندهای اجرایی
یکپارچگی
۴ ـ ۲ اجرای برنامه‌ی پروژه
فرایندهای تسهیل‌کننده
منابع انسانی
۹ ـ ۲ توسعه‌ی تیم
کیفیت
۸ ـ ۲ تضمین کیفیت
ارتباطات
۱۰ ـ ۲ توزیع اطلاعات
تدارکات
۱۲ ـ ۴ انتخاب منبع
تدارکات
۱۲ ـ ۳ درخواست
تدارکات
۱۲ ـ ۵ اداره‌ی پیمان

گروه‌های فرایندی / حوزه‌ی دانش	آغازین	برنامه‌ریزی	اجرایی	کنترلی	اختتامی
۴. مدیریت یکپارچگی پروژه		۴-۱ تکوین برنامه‌ی پروژه	۴-۲ اجرای برنامه‌ی پروژه	۴-۳ کنترل یکپارچه‌ی تغییرات	
۵. مدیریت محدوده‌ی پروژه	۵-۱ آغاز	۵-۲ برنامه‌ریزی محدوده ۵-۳ تعریف محدوده		۵-۴ تأیید محدوده ۵-۵ کنترل تغییرات محدوده	
۶. مدیریت زمان پروژه		۶-۱ تعریف فعالیت ۶-۲ تعیین توالی فعالیت ۶-۳ برآورد مدت‌زمان فعالیت ۶-۴ تکوین زمان‌بندی		۶-۵ کنترل زمان‌بندی	
۷. مدیریت هزینه‌ی پروژه		۷-۱ برنامه‌ریزی منابع ۷-۲ برآورد هزینه ۷-۳ بودجه‌بندی هزینه		۷-۴ کنترل هزینه	
۸. مدیریت کیفیت پروژه		۸-۱ تظمین کیفیت	۸-۲ تضمین کیفیت	۸-۳ کنترل کیفیت	
۹. مدیریت منابع انسانی پروژه		۹-۱ برنامه‌ریزی سازمانی ۹-۲ جذب نیروی انسانی	۹-۳ توسعه‌ی تیم		
۱۰. مدیریت ارتباطات پروژه		۱۰-۱ برنامه‌ریزی ارتباطات	۱۰-۲ توزیع اطلاعات	۱۰-۳ گزارش‌دهی عملکرد	۱۰-۴ خاتمه‌ی اداری
۱۱. مدیریت ریسک پروژه		۱۱-۱ برنامه‌ریزی مدیریت ریسک ۱۱-۲ شناسایی ریسک ۱۱-۳ تحلیل کیفی ریسک ۱۱-۴ تحلیل کمی ریسک ۱۱-۵ برنامه‌ریزی واکنش به ریسک		۱۱-۶ کنترل و نظارت ریسک	
۱۲. مدیریت تدارکات پروژه		۱۲-۱ برنامه‌ریزی تدارکات ۱۲-۲ برنامه‌ریزی درخواست	۱۲-۳ درخواست ۱۲-۴ انتخاب منبع ۱۲-۵ اداره‌ی پیمان		۱۲-۶ خاتمه‌ی پیمان

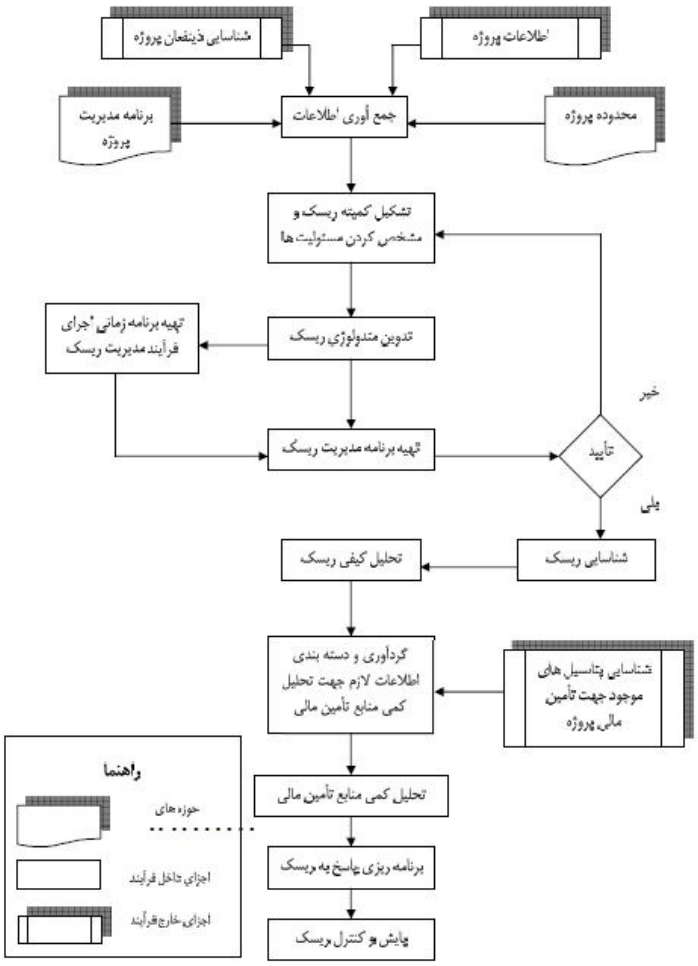
نگاشت فرایندهای مدیریت پروژه به گروه‌های فرایندی و حوزه‌های دانش

نمایش تصویری مبنای هزینه



محاسبه‌ی مدت‌زمان پرت برای یک فعالیت منفرد

۱. برنامه‌ریزی مدیریت ریسک
۲. شناسایی ریسک
۳. تحلیل کیفی ریسک
۴. تحلیل کمی ریسک
۵. برنامه ریزی واکنش به ریسک
۶. کنترل و نظارت ریسک

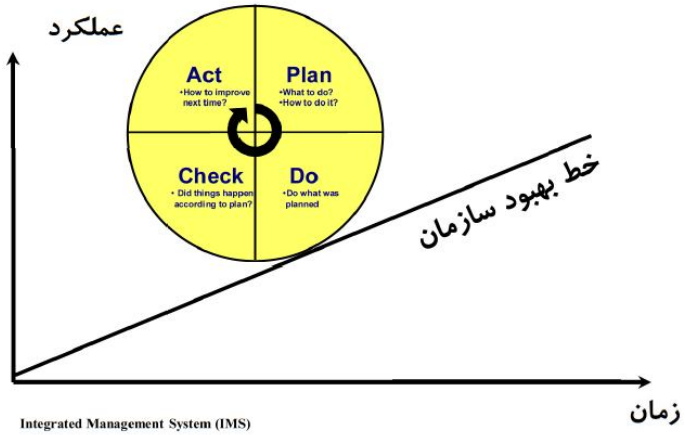


ورودی‌های واکنش به ریسک

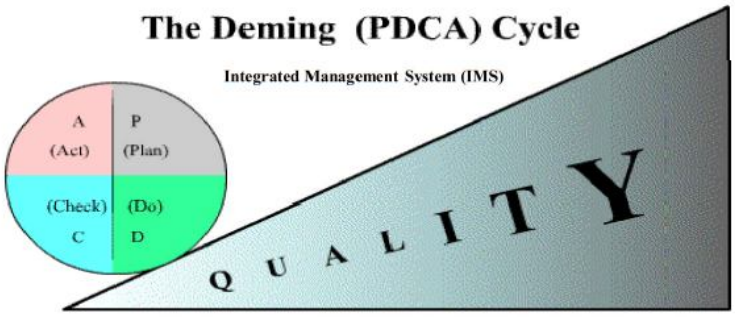
۱. برنامه مدیریت ریسک
۲. فهرست ریسک‌های اولویت‌بندی شده
۳. مالکان ریسک
۴. علل عمومی ریسک
۵. فهرست واکنش‌های بالقوه

ریسک سیاسی – ریسک قوانین و مقرارت- ریسک اقتصادی- ریسک مالی – ریسک توسعه ای (آماده سازی پروژه) – ریسک طراحی – ریسک تجاری و بازار- ریسک سازمانی و مدیریت پروژه – ریسک زیست محیطی

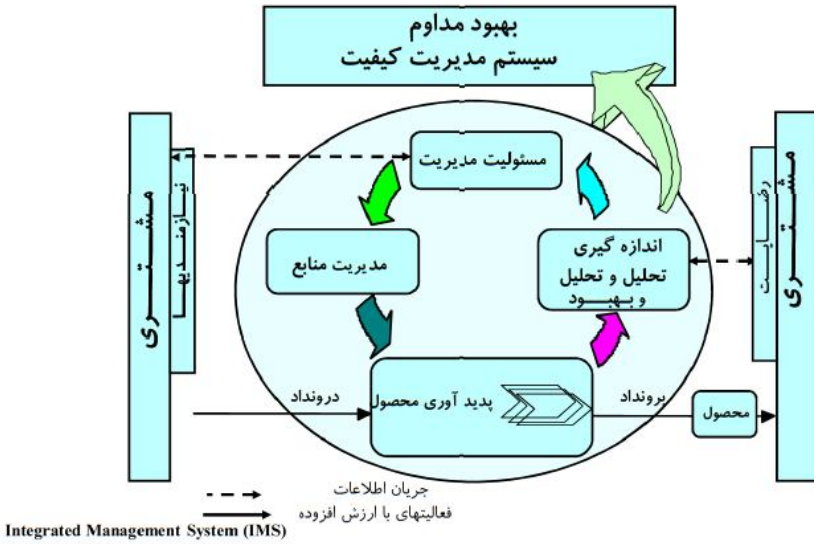
- منشور پروژه.
- ساختار شکست کار.
- شرح محصول.
- برآوردهای هزینه و زمان‌بندی.
- برنامه‌ی منبع.
- برنامه‌ی تدارکات.
- فهرست‌های مفروضات و قیود.



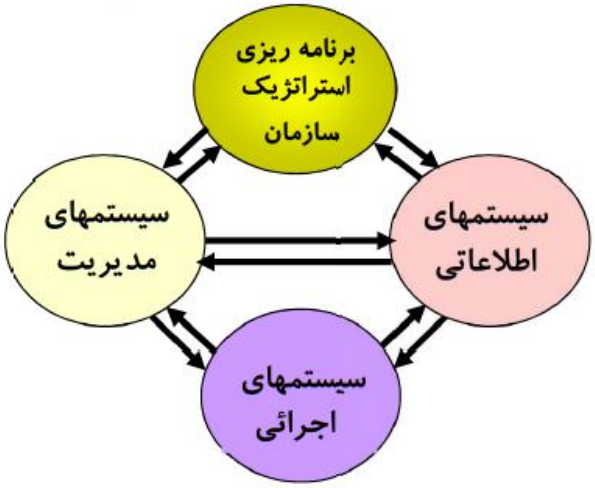
Integrated Management System (IMS)

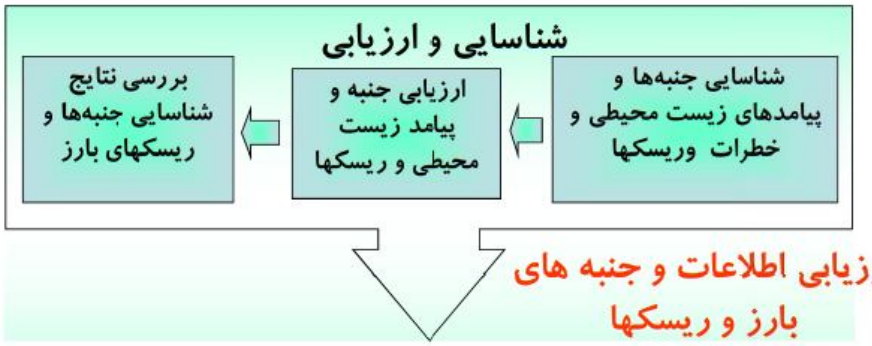


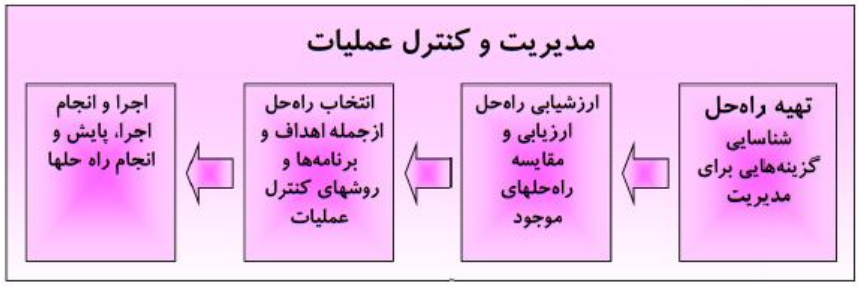
رویکرد فرایندی و بهبـــود

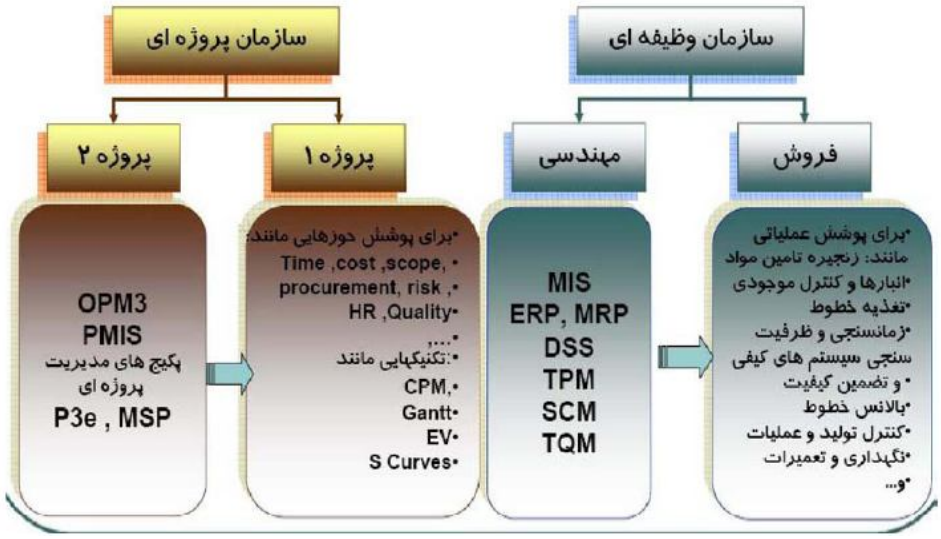


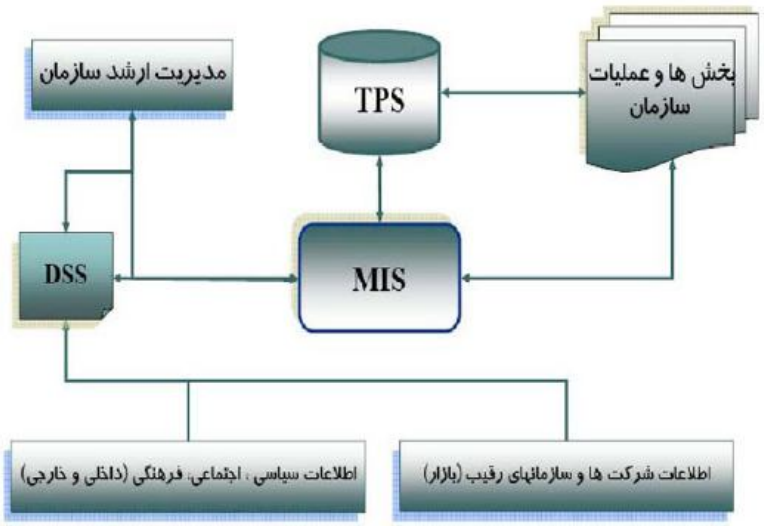
تعامل سیستمها

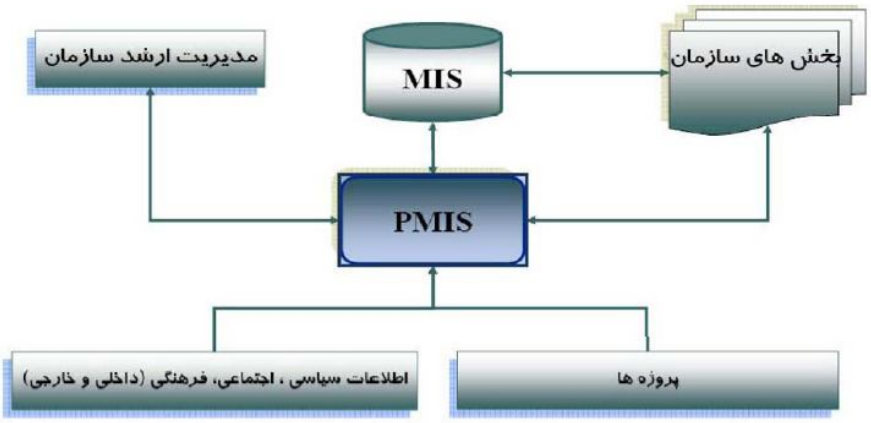



شناسایی و ارزیابی
شناسایی جنبه‌ها و پیامدهای زیست محیطی و خطرات وریسکها
ارزیابی جنبه و پیامد زیست محیطی و ریسکها
بررسی نتایج شناسایی جنبه‌ها و ریسکهای بارز
ارزیابی اطلاعات و جنبه های بارز و ریسکها


مدیریت و کنترل عملیات
تهیه راه‌حل شناسایی گزینه‌هایی برای مدیریت
ارزشیابی راه‌حل ارزیابی و مقایسه راه‌حلهای موجود
انتخاب راه‌حل ازجمله اهداف و برنامه‌ها و روشهای کنترل عملیات
اجرا و انجام اجرا، پایش و انجام راه حلها


سازمان وظیفه ای
سازمان پروژه ای
فروش
مهندسی
پروژه ۱
پروژه ۲
•برای پوشش عملیاتی مانند: زنجیره تامین مواد
•انبارها و کنترل موجودی
•تغذیه خطوط
•زمانسنجی و ظرفیت سنجی سیستم های کیفی
• و تضمین کیفیت
•بالانس خطوط
•کنترل تولید و عملیات
•نگهداری و تعمیرات
•و...
MIS
ERP, MRP
DSS
TPM
SCM
TQM
•برای پوشش حوزهایی مانند:
Time ,cost ,scope, •
procurement, risk ,•
HR ,Quality•
•....,
•تکنیکهایی مانند:
CPM,•
Gantt•
EV•
S Curves•
OPM3
PMIS
پکیج های مدیریت پروژه ای
P3e , MSP





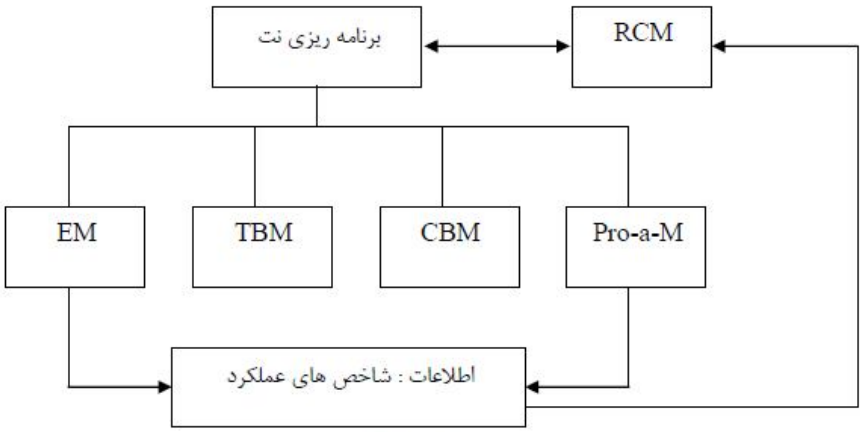
نسل اول	نسل دوم	نسل سوم
• نت اضطراری (EM) • تمیزکاری و روانکاری ساده	• افزایش آماده بکاری • افزایش عمر تجهیز • کاهش هزینه	• پیشرفت تکنولوژی • افزایش آماده بکاری • کاهش حوادث • افزایش کیفیت محصول • حفاظت محیط زیست • افزایش عمر تجهیز • افزایش هزینه

۱۹۳۰ ۱۹۵۰ ۱۹۷۵ ۲۰۰۰۰

پیشرفت مدیریت نت و انتظارات مربوطه در سه نسل

خلاصه مبانی اصولی اولیه RCM

ردیف	اختصار	توضیح
۱	عملکرد سیستم نت	حفاظت و کنترل عملیات مورد نظر در چارچوب طراحی
۲	تمرکزفراگیر	توجه بیشتر به نگهداری و حفاظت عملیات مورد نظر سیستم نه تمرکز بر قطعات تشکیل دهنده سیستم
۳	تمرکز بر اطمینان بخشی	توجه خاص به تاریخچه عملکرد سیستم بر پایه آمار استخراج شده
۴	توجه به محدودیتهای طراحی	هدف اصلی حفاظت از اطمینان فطری در عملکرد سیستم براساس طراحی
۵	ابتدا ایمنی و سپس اقتصاد	ایمنی در هر شرایطی بر اقتصاد اولویت دارد
۶	تعیین وضعیت سیستم در شرایط غیر قابل قبول	تمرکز بر کاهش و یا عدم توانایی سرویس مورد نظر
۷	نتیجه قابل لمس	مطالعات و تحلیل باید نشان دهنده کاهش خرابیها باشد و در شروع استفاده از RCM کاهش خسارات جانبی کافی است
۸	چهار روش نت	RCM توجه به استفاده از چهار روش رایج نت را دارد EM,PM,CM,Pro-a-M
۹	فرآیند مستمر	مهمترین شاخص روش RCM مرور مستمر بر فرآیند بهره برداری و عملیات نت می باشد



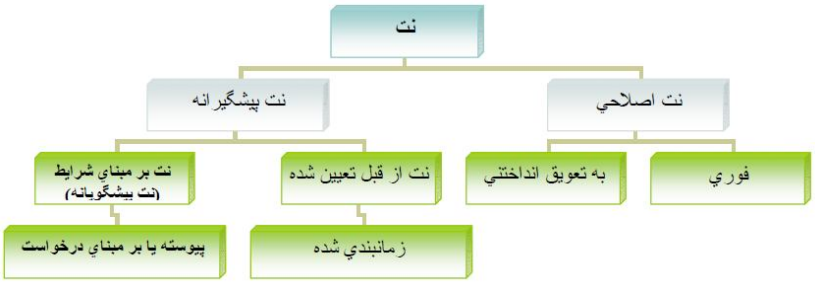
ارتباط RCM و روشهای نت

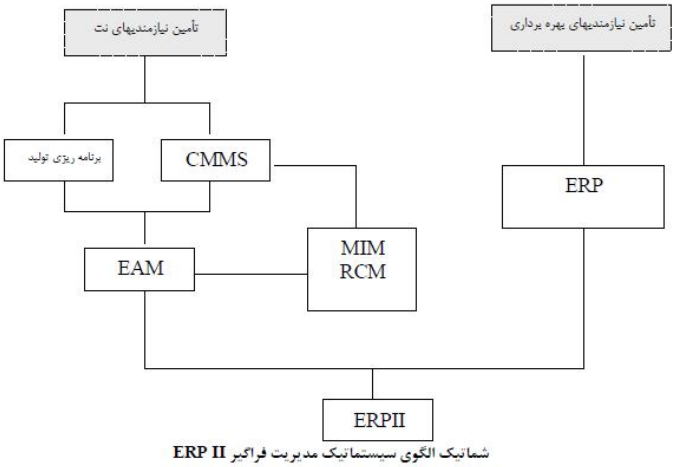
الگوهای مدیریتی مورد نیاز در صنعت

ردیف	موضوع	محوریت
۱	سیستمهای مکانیزه مدیریت نت (CMMS)	نت
۲	سیستمهای مکانیزه مدیریت فراگیر (EAM)	نت با زیر مجموعه های اداری و اقتصادی
۳	سیستمهای مدیریت برنامه ریزی منابع (ERP)	اقتصاد و بازار
۴	سیستمهای مدیریت برنامه ریزی منابع فراگیر (ERP II)	اقتصاد و بازار با زیر مجموعه های نت
۵	سیستمهای مدیریت اطلاعات تجهیز (MIM)	اطلاعات تجهیز (نت و بهره برداری)
۶	روشهای معمول نت و بازرسی	نت
۷	سیستم تعیین و ارزیابی مستمر عملیات نت	RCM

دیدگاهها و نگرشهای نسل های قدیم و جدید نت

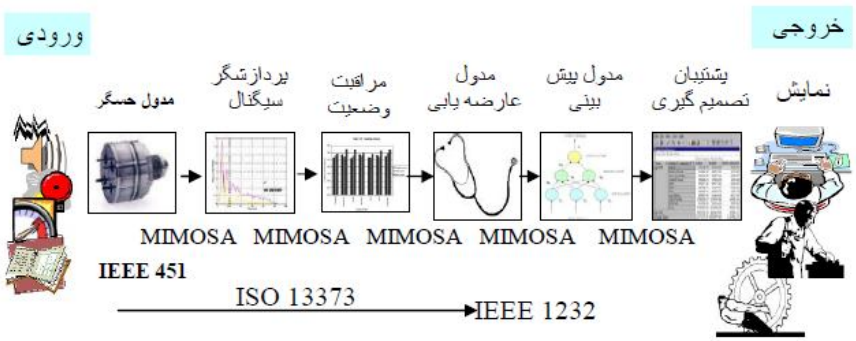
ردیف	نگرش ابتدایی نت	نگرش پیشرفته نت
۱	حفاظت از تجهیزات	حفاظت از عملکرد تجهیزات
۲	نت روتین در جهت پیشگیری از خرابی	نت روتین در جهت اجتناب، کاهش و حذف اثرات خرابی
۳	هدف اولیه عملیات نت در بهینه نمودن آماده بکاری تجهیز با ارزان ترین قیمت	هدف عملیات نت در بهینه نمودن کلیه ابعاد اثربخشی سازمان، ریسک و ایمنی، کیفیت محیط کار، انرژی، کیفیت محصول و مشتری مداری
۴	اکثر تجهیزات در اثر گذشت عمر کهنه می‌شوند	اکثر خرابیها در اثر کهنه شدن عمر تجهیز اتفاق نمی افتند
۵	قبل از استقرار برنامه موفق نت و اطلاعات کامل، نرخ رشد خرابیها باید مشاهده شود	تصمیم گیری درباره برنامه مدیریتی خرابی تجهیزات در زمان عدم وجود اطلاعات مربوط به نرخ رشد خرابیها باید گرفته شود
۶	اصولاً سه روش ابتدایی نت وجود دارد نت اضطراری (EM) نت پیشگیرانه (PM) نت اصلاحی	اصولا چهار روش ابتدایی نت وجود دارد نت اضطراری نت پیشگیرانه نت پیشگویانه Pdm نت پویا Pra-a-M
۷	دوره های CM بر اساس پریود خرابی و یا درجه بحرانیت تجهیز است	دوره های CM بر اساس ماهیت و زمان پتانسیل خرابی: آخرین مرحله خرابی یا کاهش (فاصله PF)
۸	دوره های ثابت تعیین شده برای PM معمولاً بهتر و ارزانتر از CM است	CM ارزانتر و اثربخش تر از دوره های ثابت PM است
۹	وقایع و فاجعه های شدید معمولا به عنوان شانس بد و یا واژه های مشابه تلقی می شود و قابل جلوگیری نیست	تا حد قابل قبول خرابیهای چندگانه قابل پیش بینی و مدیریت بوده مخصوصاً در شرایط استفاده از ابزارکنترل و حفاظت الکتروتیکی
۱۰	کوتاهترین و ایمنی ترین روش بهبود عملکرد تجهیز مشکل‌دار طراحی مجدد است.	ارزانترین روش برای رفع مشکل تجهیز بهبود روش استفاده و تعمیر و فقط در شرایط عدم توانایی عملیات مورد نظر طراحی مجدد مورد نظر قرار گیرد.
۱۱	سیستم مدیریت نت موفق فقط توسط بخش نت ، طراحی و مورد استفاده قرار می‌گیرد	سیستم مدیریت نت موفق و پایدار توسط مدیران، پرسنل و کاربرهای نت و کلیه کسانی که در عملیات حفاظت، کنترل و بهره برداری مشارکت دارند شکل می گیرد
۱۲	احتمال وجود یک راه حل جهت استقرار و بهره برداری نت موفق وجود دارد	مشکلات نت در دو مرحله حل می شوند ۱- تغییر طرز تفکر پرسنل نت ۲- بکارگیری تغییرات به صورت گام به گام

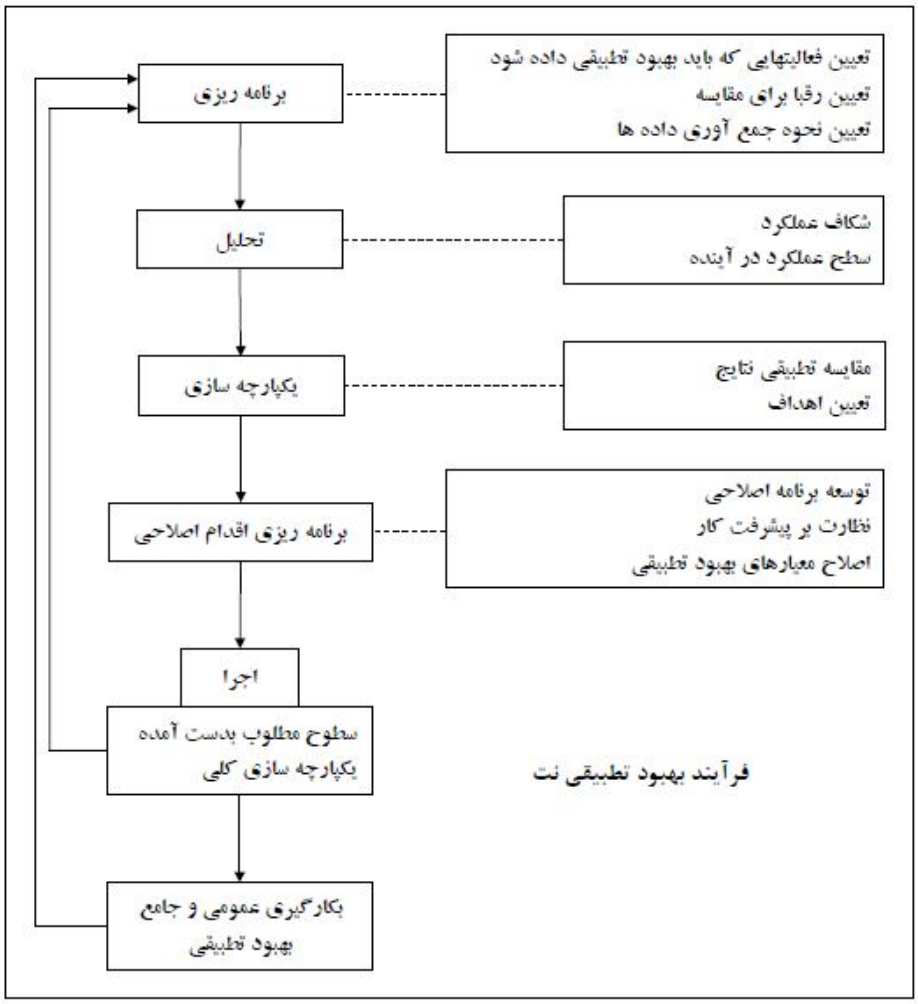




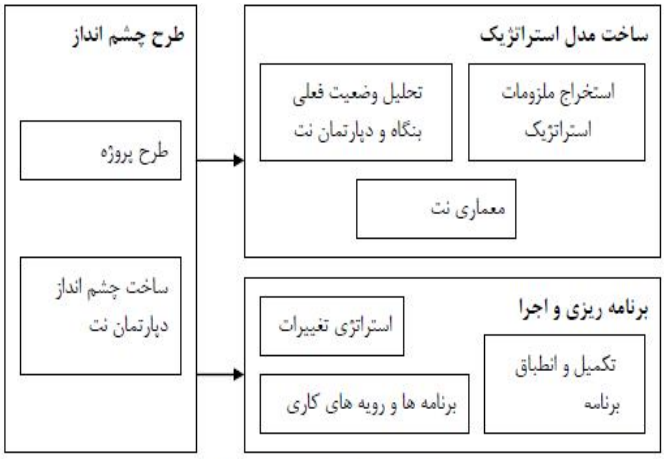
شماتیک الگوی سیستماتیک مدیریت فراگیر **ERP II**

نقص ها و قوت های انواع مختلف نت : نقص ها ، قوت ها

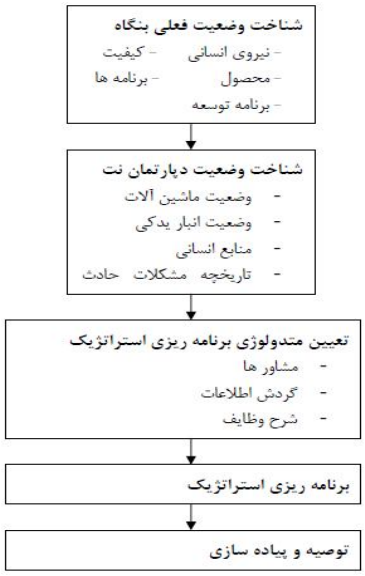




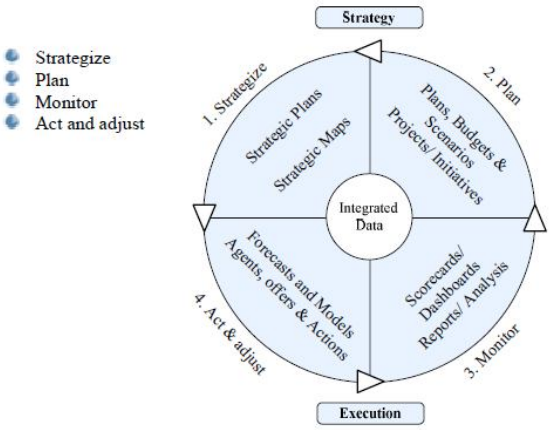
Smart material types
Biomimetic polymers and gels
Chromogenic materials and systems
Conductive polymers
Controllable fluids
Fiber-optic sensor systems
Magnetostrictive materials
Micromachined electromechanical systems (MEMS)
Piezoelectric and electrostrictive ceramics
Piezoelectric polymers
Shape-memory alloys and polymers



متدولوژی پیشنهادی تدوین استراتژی دپارتمان نت

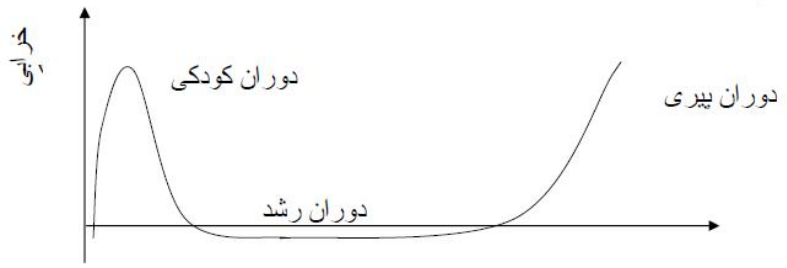


مراحل مختلف تدوین استراتژی نت برای یک بنگاه

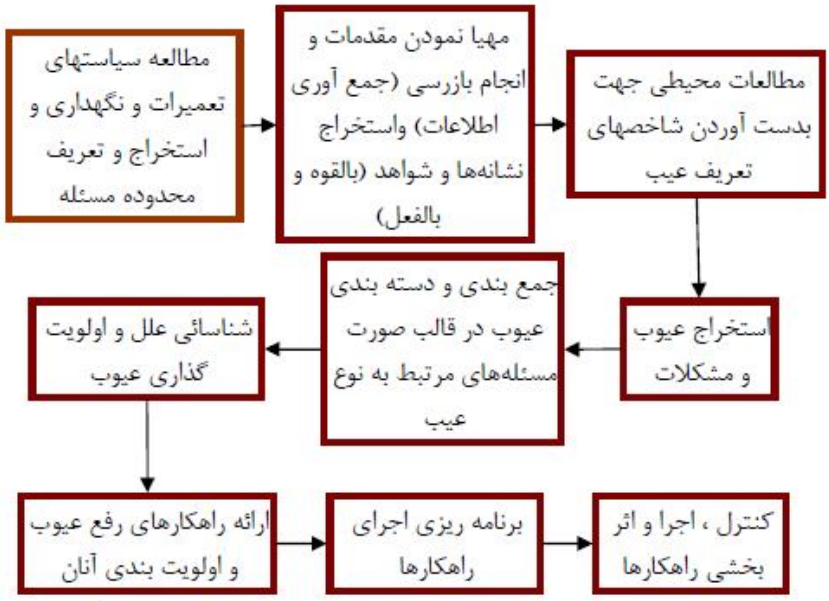


BPM Framework

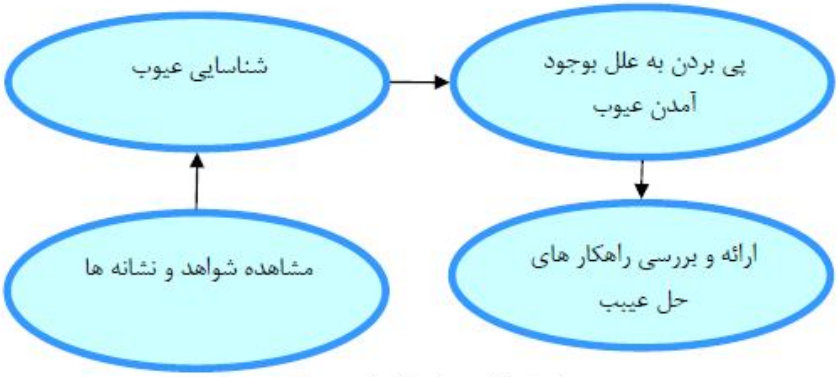
ابعاد مختلف بکارگیری فن آوری در بخش تولید		
سخت افزاری	نرم افزاری	مغز افزاری
شامل کلیه تجهیزات سخت افزاری و ماشین آلات و تکنیک بکار رفته در آن میشود	شامل سیستمهای کنترل فن آوری ومیزان اتوماسیون استفاده شده در سخت افزار	شامل سیستم های پشتیبان و فن آوری نگهداری و تعمیرات و افرادی که جهت امور نت ماشین آلات مورد نیاز است میشود .



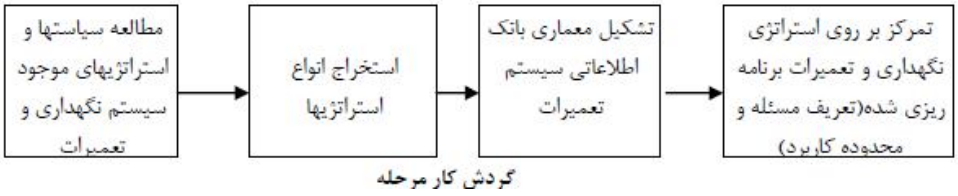
زندگی ماشین بر اساس سا ل



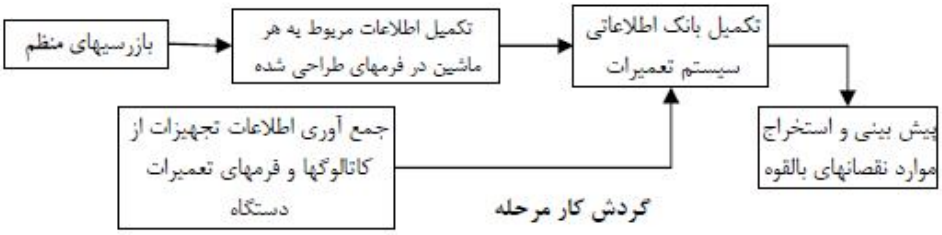
گامهای متدولوژی ریشه یابی عیوب جهت تعریف مناسب و موثر برنام تعمیرات ونگهداری



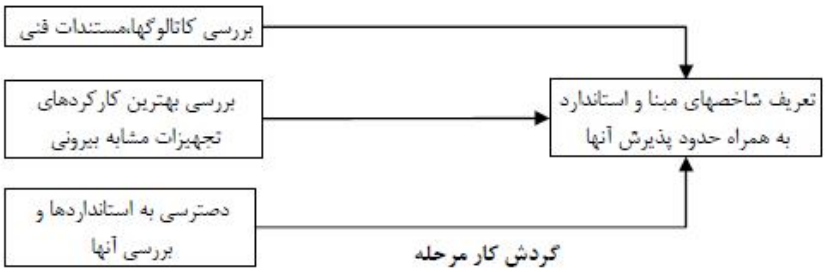
مراحل، فعالیت ها و کارهای متدولوژی در نگاه کلی



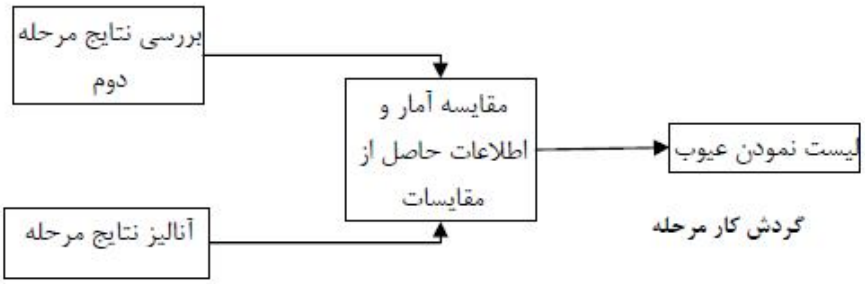
گردش کار مرحله



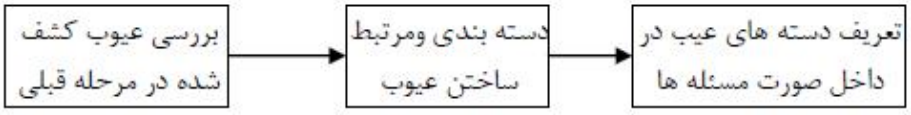
گردش کار مرحله



گردش کار مرحله

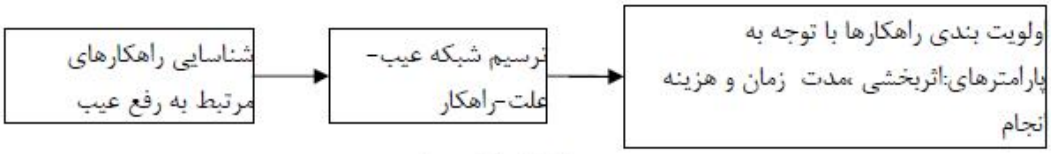


گردش کار مرحله

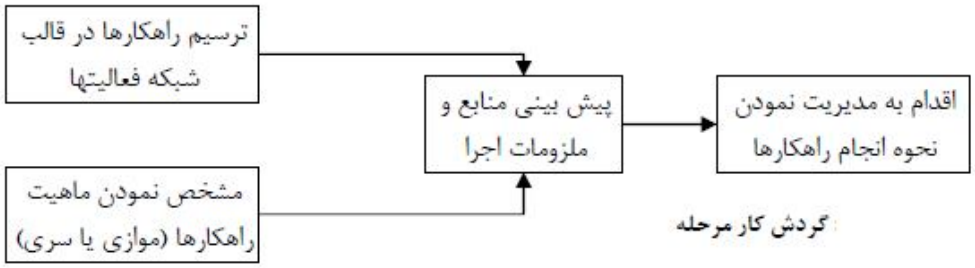


گردش کار مرحله

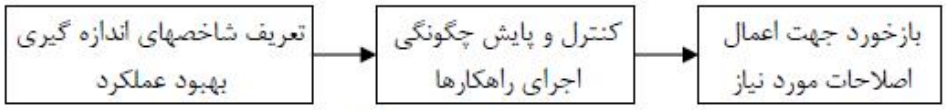
گردش کار مرحله



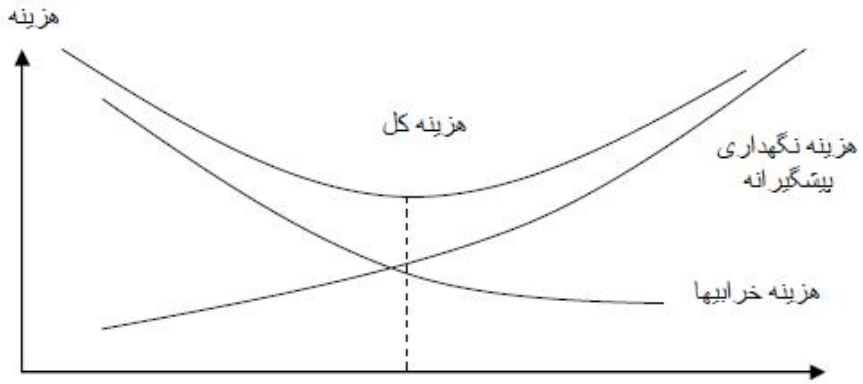
گردش کار مرحله



گردش کار مرحله



گردش کار مرحله



- نگهداری و تعمیر مبتنی بر شکست (Breakdown Maintenance)
- نگهداری و تعمیر پیشگیرانه (Preventive Maintenance)
- نگهداری و تعمیر مبتنی بر وضعیت (Condition Base Maintenance)
- نگهداری و تعمیر بهره ور جامع (Total Productive Maintenance)
- نگهداری و تعمیر مبتنی بر قابلیت اطمینان (Reliability Centered Maintenance)
- نگهداری و تعمیر مجازی (Virtual Maintenance)
- نگهداری و تعمیر ناب (Lean Maintenance)

[1] www.plant-maintenance.com
[2] www.cmmscity.com
[3] Meziane,F,Vadera S.Kobbacy,K&Proudlove,N.Inteeligent systems in manufacturing: current developments and future prospects. Integrated Manufacturing Systems, 2000
[4] K.L.Choy,W.B.Lee,Victor Lo "An intelligent supplier management tool for benchmarking suppliers in other outsource manufacturing".Expert systems with Application,2002
[5] Stock,J.R"Applying theories from other disciplines to logestics".International Journal of Physical Distribution and logistics Management,1997
[6]Dhar .V,Stein R"Intelligent decision support methods:the science of knowledge work" Englewood Cliffs,NJ:Prentice Hall,1997
[7] Fergusdon CA,Mason S,Collier SG.Golding D,Graveling RA,Morris LA,Pethick AJ,Simpson GC 1985 The ergonomics of the maintenance of mining machinery. Institute of Occupational Medicine Rept.TM5/12
[8] Mason S,Rushworth AM1992.Human aspects of maintenance,Maintenance,Volume7,Number3, September2002
[9] Mason S,King C,Basford K,Fitzakerly H,Peach G,Simpson G 1994.Improving the human aspects of electrical isolation prpcedures on the surface and underground.British Coal Corparation, Report on CEC Contract 7250/13/036
[10] Mason S,Ferguson CA,Pethick AJ 1986.Engonomic principles in designing for maintainability. Community Ergonomics Action Report no8.Series3.Luxembourg:European Coal and steel Community
[11] Mason S 1995.The Elgronmics of Workplace and Machines-aDesign Manual,Second edition.Chapter 'maintaianability',Ed TS Clark & EN Corlett, Taylor Francis.
[12] Mason D,Rushworth AM 1989.Improving Machinery availability through the application of a new maintability index Mineral Resources Engineering ,Vol 2,No 3,249-261
[13] HSE Successful Health &Safety Mnagement HSG 65,HSE Books,ISBN 0-7176-1276-7
[14] HRFG/HSE2000.Improving Maintenance- A Guide to Reducing Human Error,Co-Chairman of HFRG Sub-Group, HSE Books ISBN 0717618188
[15] Mason S1990.Improving plant and machinery maintainability,Applied Ergonomics March,1990(NB the version described in this publication does not provide the final version with improved health and safety indicators)
[16] Mason S 1991.Improving mining machinery maintability, Mintech 91-The Annual Review of International Mining Technology and Development,1991.
[17] HFRG/HSE,1995.Improving Compliance with Safety Procedures-Reducing Industrial Violations,HSE BOOK ISBN 0717609707.HSEBooks
[18] NASA-std-8729.1 Planing,Developing and Managing and Effective Reliability and Maintainability (R&M)Program
[19]-NPD 8720.1,NASA Reliability and Maintainability (R&M)Program Policy
[20] 'NASA Systems Engineering Process for Programs and Projects'JSC 49040,Version 1.0 October 1994

ای‌مان الی‌اسی‌ان ، مقایسه مدل‌های مدیریت کیفیت TQM، شش سیگما و EFQM و ارائه عملی ترین مدل برای اجرا در SME ها

سای‌ت ای‌ران سازه

ای‌مان الی‌اسی‌ان ،مدیریت پروژه های مقاوم سازی و مرمت، سای‌ت ای‌ران سازه

ای‌مان الی‌اسی‌ان،حسی‌ن می‌سمی، مدیریت تأخیرات پروژه سیستم فرایند گرا،سای‌ت ای‌ران سازه

ای‌مان الی‌اسی‌ان،کنترل پروژه،سای‌ت ای‌ران سازه

ای‌مان الی‌اسی‌ان، مدیریت دانش در راستای مدیریت برای طرح های عمرانی،سای‌ت ای‌ران سازه

ای‌مان الی‌اسی‌ان، اصول مهندسی ارزش،سای‌ت ای‌ران سازه

احمد عرب شمالی،ساختارونگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM)

جزوه محمد کریم معروفی،نظام تحول کنترل کیفیت ، ۱۳۹۲

جزوه روح ا... آزرمگین،اصول سرپرستی۱۳۹۲

سید حمید رضاغ رضوی،جوادوحیدی،محمد خراسانی،سیدعمادحسینی،

اصول سرپرستی،انتشارات علوم رایانه ۱۳۸۶

RCMنگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان

ایمان الیاسیان،کارشناس ارشد سازه

i.elyasian@gmail.com

قبل از سال ۱۹۵۰ ۲ نوع نگداری و تعمیرات به هنگام از کار افتادگی Breakdown Maintenance و تعمیرات و نگهداری اضطراری Emergency Maintenance وجود داشت در سالهای بین ۱۹۵۰ تا ۱۹۷۵ تعمیرات پیشگیرانه Preventive Maintenance و تعمیرات اصلاحی Corrective Maintenance
و درسالهای بین ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۰ تعمیرات پیشگویانهPredictive Maintenance تعمیرات براساس شرایط Condition Based Maintenance و تعمیرات موثر Proactive Maintenance
و در سالهای اخیر و بعد از ۲۰۰۰ تعمیرات بهره ور فراگیر Total Productive Maintenance و تعمیرات با قابلیت اطمینان Reliability-Centered Maintenance وجود دارد

۱-افزایش آماده به کار ۲- افزایش قابلیت اطمینان ۳- ایمنی بیشتر ۴- توجه به محیط زیست ۵- حفظ و ارتقای محصول ۶- افزایش عمر مفید ۷- اثر بخشی هزینه ها

به کلیه اقدامات لازم با هدف نگهداشتن تجهیزات در شرایط مطلوب که بر روی تجهیزات صورت می گیرد نگهداری و تعمیرات گفته می شود

فرآیندی که بکار می رود تا تعیین شود انجام چه فعالیتهایی برای نگهداشتن دارایی های فیزیکی در سطح مشخصی از کارآیی (مطابق با نظر استفاده کنندگان از آنها) و حفظ کارکرد (function) آنها ضرورت دارد

RCM مخفف عبارت Reliability Centered Maintenance به معنی نت مبتنی بر قابلیت اطمینان یا نت قابلیت اطمینانی می باشد.در واقع RCM یک روش مهندسی برای تعیین برنامه های نت در سطح یک سازمان است که قابلیت اطمینان را به عنوان مفهومی کلیدی لحاظ می نماید. یکی دیگر از ویژگیهای اصلی این روش، رویکرد کارکردمحور (function based) آن است. یعنی فرآیند آنالیز پس از تعیین محدوده کاری، از تعریف و مشخص کردن کارکردهای هر یک از سیستمها و تجهیزات مشمول در برنامه آغاز می شود.

اهداف نگهداری و تعمیرات

۱- افزایش کارایی و بازدهی تجهیزات تولید

۲- جلوگیری از وقوع خرابیها و نقص ها

۳- افزایش قابلیت اطمینانهای سیستمهای عملیاتی

۴- کاهش از دست رفتن تولید ناشی از خرابی

ریشه های تاریخی RCM به دهه ۷۰ میلادی و برنامه های نت صنایع هواپیمایی آمریکا بر می گردد. زمانی که هواپیمای بوئینگ ۷۴۷ طراحی شد، یک تیم مهندسی مامور شدند تا برنامه جامع نت پیشگیرانه را برای این هواپیما تدوین نمایند. پس از تدوین برنامه نت پیشگیرانه، ارزیابی انجام شده نشان داد که هزینه انجام این فعالیتها بسیار بالا و قابل مقایسه با هزینه ساخت هواپیما می باشد. لذا تردیدهای جدی درباره لزوم انجام فعالیتهای PM مفصل بوجود آمد و گروهی تحت عنوان MSG تشکیل شد تا برنامه بهینه ای را برای نگهداری و تعمیرات این هواپیما طراحی نماید. مطالعات تخصصی که توسط این گروه انجام شد، نهایتاً منجر به تدوین برنامه ای شد که به نام MSG3 مشهور گردید. MSG3 در واقع نسخه اولیه از روشی بود که بعدها تحت عنوان RCM در صنعت مشهور گردید.

یکی از اولین گزارشهایی که راجع به این موضوع منتشر شد، گزارش Heap و Nowlan است که عضو تیم MSG نیز بوده اند. تاریخ انتشار این گزارش نسبتاً مفصل، به سال ۱۹۷۸ میلادی بر می گردد و اولین سند رسمی درباره RCM به شمار می رود

پرسشهایی که در RCM مطرح می شوند

۱.کارکردها و استانداردهای کارآیی هر یک از دارایی های فیزیکی با توجه به زمینه فعلی استفاده از آنها چیست؟

۲. حالتهای محتمل که عدم توانایی دارایی های فیزیکی برای انجام کارکرد خود را در پی دارد، کدامند؟ (حالتها یا پتانسیلهای خرابی)
۳. علت رخ دادن هر کدام از حالتهای خرابی فوق چیست؟
۴. هر یک از این حالتهای خرابی اگر رخ دهند، چه نشانه ای از خود بروز خواهند داد؟
۵. اهمیت هر یک از حالتهای خرابی فوق چقدر است؟
۶. اگر هیچ روش پیشگیرانه ای برای کنترل و مدیریت هر کدام از حالتهای خرابی فوق وجود نداشته باشد، چه پیامدی خواهد داشت؟

۱- استفاده صحیح از تاکتیکهای نت براساس میزان قابلیت اطمینان مورد انتظار
۲- انجام نت فقط به اندازه ای که مورد نیاز است
۳- صرفه جویی در هزینه
۴- افزایش زمان آماده به کار بودن ماشین آلات

۱- آنالیزعملکردی سیستم
۲- تعیین خرابطهای عملکردی،مودهای خرابی و سناریوهای خطر ۳
۳- - ارزیابی نتایج خرابی ۴- طراحی وظیفه تعمیر و نگهداری

EM)EMERGENCY MAINTENANCE) :نت اضطراری یاتعمیربعد از وقوع خرابی (پس از وقوع یک خرابی و یا مشاهده نشانه هایی از عملکرد نامناسب دستگاه نسبت به انجام فعالیت نگهداری و تعمیراتی مناسب اقدام می گردد.) PREVNTIVE MAINTENANCE (PM) :نت پیشگیرانه (به جای آنکه بعد از وقوع اتفاق ،اقدام اصلاحی انجام گیرد،مکانیسمی ایجاد کنیم تا مشکلات به وقوع نپیوندد.(پیشگیری) TPM = PM + ZD :نت بهره ورفراگیر (TPM)TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE کار گروهی صفرگرائی نگرش پیشگیری Preventive Maintenance(PM) مخفف نت پیشگیرانه است. این کلمه اختصاری, برای اولین بار در شرکت جنرال الکتریک آمریکا ابداع شد. فلسفه اجرایی اینست که به جای اینکه بر عیوب غلبه کنیم هیچ عیبی ایجاد نشود. (پیشگیری) Zero Defect(ZD) مخفف عیوب صفراست. این کلمه اختصاری برای اولین بار در شرکت مارتین آمریکا ابداع شد. نگرش : انسانی که احساس مسئولیت داشته باشد هرگز اشتباهی انجام نمی دهد. (خرابی صفر, می تواند حاصل شود) Small group activities)SG) فقط با مشارکت و کمک همه کارکنان می توان به هدف سازمان برسیم

نگهداری و تعمیرات برپایه قابلیت اطمینان

۱. انتخاب ماشین

۲. .تجزیه ساختار ماشین

۳. ۳.تعیین وظایف واستانداردهای کارائی اجزاء

۴. ۴.شناسایی و تحلیل خرابیهای بالقوه

۵. انتخاب مناسب ترین روش نت

۶. تعیین تناوب اجرای برنامه نت

۷. اجرای برنامه ها ، بررسی نتایج و اقدامات اصلاحی

Continuous improvement
بهبود مداوم
TPM
نت / تولید
بهره ور فراگیر
Optimization
بهینه سازی
Predictive Maintenance
نت پیشبینانه
Involvement In Operations
شامل نمودن بهره برداران در امور نت
RCM
نت قابلیت اطمینان محور
Warehouse and procur ement
خرید و انبار
WO System
سیستم دستور کار
CMMS System
نرم افزار نت
Training
آموزش
Preventive Maintenance
نت پیشگیرانه
مرحله پنجم
مرحله چهارم
مرحله سوم
مرحله دوم
مرحله اول

نگهداری ناب چیست؟
What is Lean Maintenance ?
۱-پیشگیرانه
Proactive
۲-برنامه ریزی شده دارای فاز بندی زمانی
Planned & Scheduled
۳-نگهداری بهره ور فراگیر
T.P.M
۴-نگهداری قابلیت اطمینان محور
R.C.M
۵-تیم های اجرایی تفویض اختیار شده و خود جوش
Empowered Self-Directed Action Teams
۶-آغاز پنج اس
5- S Process
۷-وقایع بهبود کایزنی
Kaizen Improvement Events
۸-نگهداری مستقل و خود گردان
Autonomous Maintenance
۹-تکنسین های تعمیراتی چند تخصصی
Multi- Skilled Maintenance Technicians
۱۰-سیستم دستور کار
Work Order System (Preventive)
۱۱-تحلیل نگهداری پیش بینانه
PdM(Predictive) Analysis
۱۲-روند یابی و تحلیل پایش وضعیت
Trending & Analysis of Condition Monitoring
۱۳-سیستم های کامپیوتری نگهداری و تعمیر
C.M.M.S
۱۴-مدیریت دارایی شرکت
Enterprise Asset Management
۱۵-انبار لوازم یدکی نگهداری ناب
Distributed, Lean Maintenance M.R.O Storeroom
۱۶-مواد و قطعات بر مبنای درست بموقع
Parts & Materials on a J.I.T Basis
۱۷-گروه مهندسی قابلیت اطمینان و قابلیت تعمیر پذیری
Maintainability& Reliability Engineering Group
۱۸-تحلیل ریشه ای خرابی
Root Cause Failure Analysis
۱۹-تحلیل قطعه از کارافتاده
Failed Part Analysis
۲۰-تحلیل اثر بخشی رویه
Procedure Effective Analysis

سطوح بهبود در نگهداری و تعمیرات

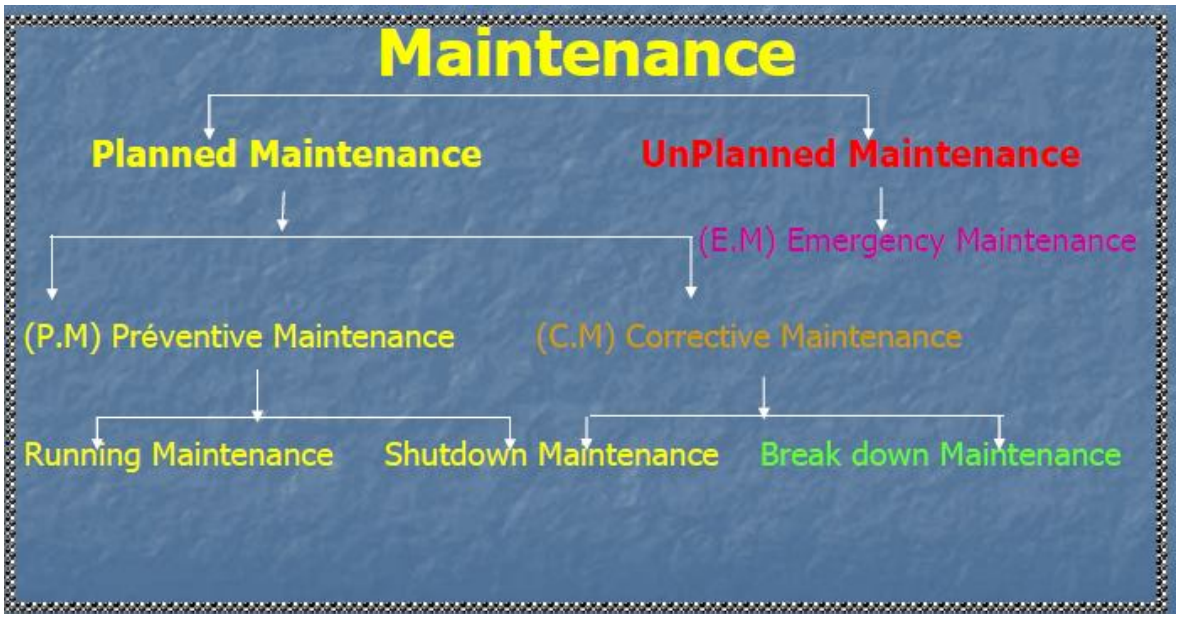
سطح ۵: Proactive and Productive

سطح ۴: Predictive Mindset

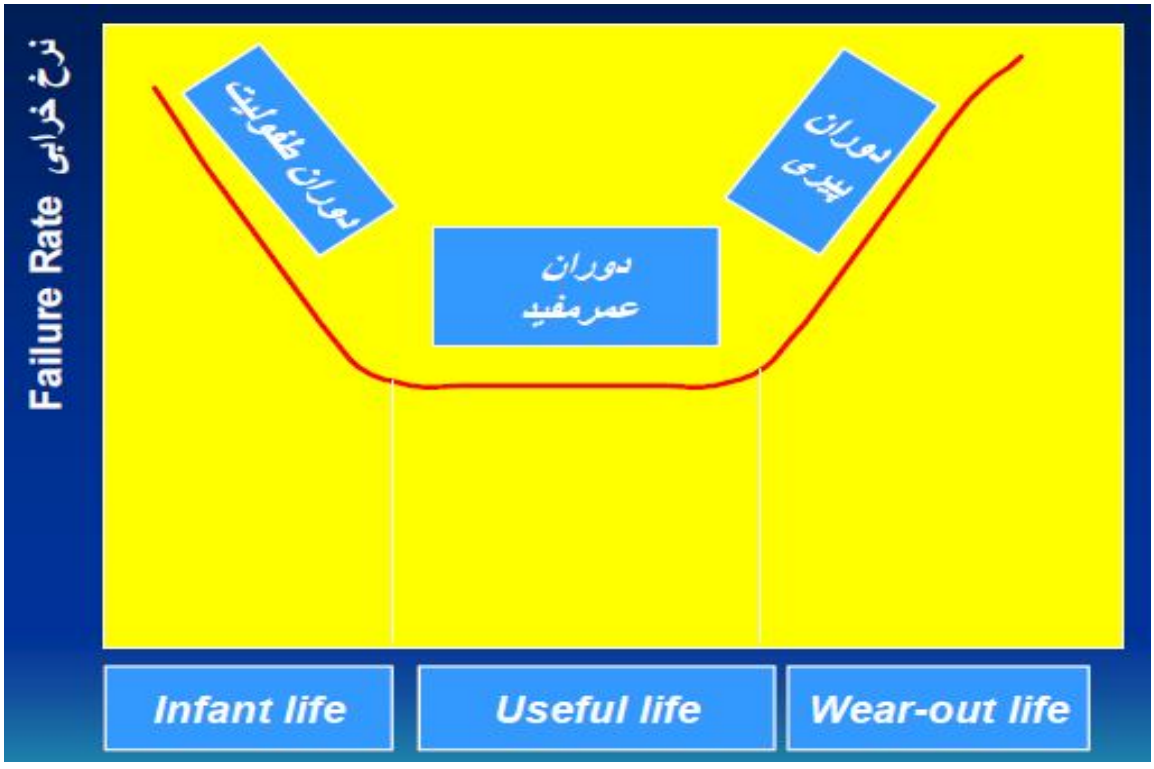
سطح ۳: Preventive Mindset

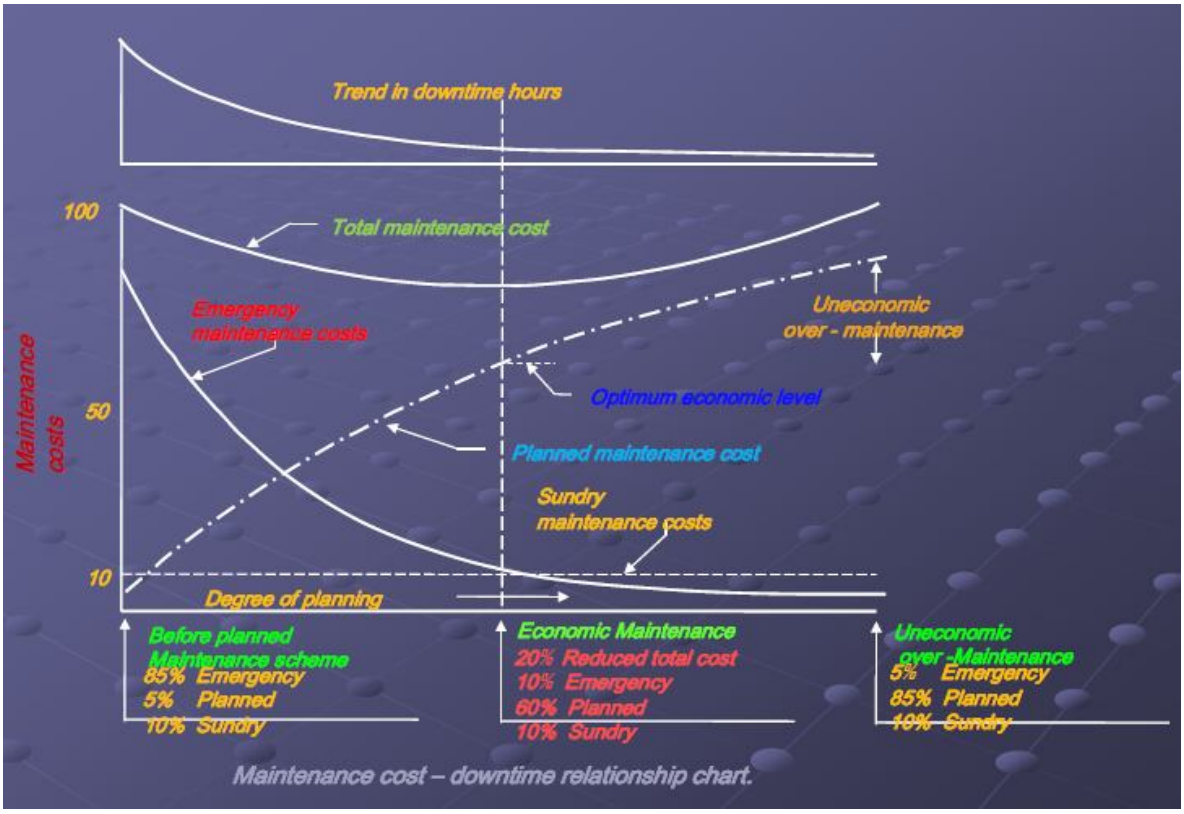
سطح ۲: Reactive and Awakened

سطح ۱ : Reactive and Ignorant

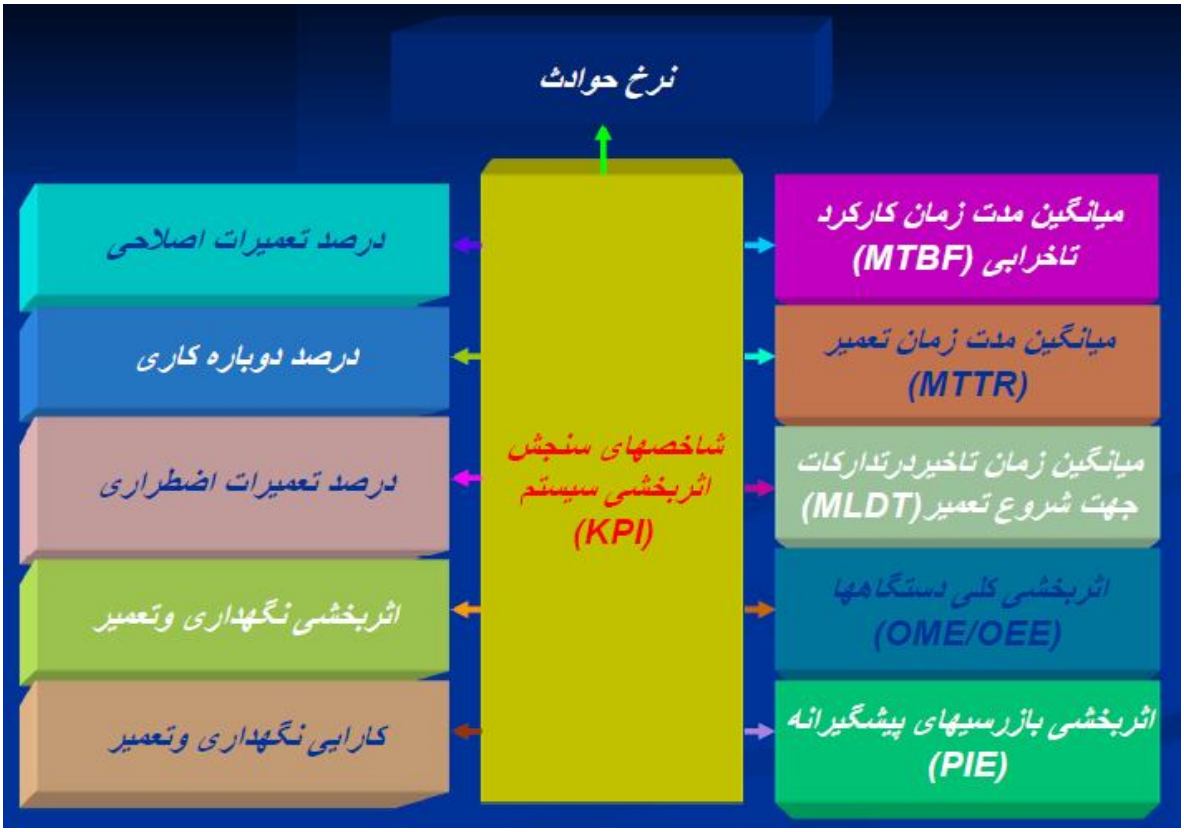


استراتژیها :
1-پیش بینانه (Predictive)
2-هوشمندانه (Proactive)
3-قابلیت اطمینان محور (RCM)
4-بهره ورفراگیر (TPM)
1-افزایش آماده بکاری
2-افزایش قابلیت اطمینان
3-ایمنی بیشتر
4-توجه به محیط زیست
5-حفظ وارتقا کیفیت محصول
6-افزایش عمرمفید
7-اثربخشی هزینه ای بیشتر
استراتژی :
1-تعمیراصلاحی
2-نگهداری پیشگیرانه
(Preventive)
1-افزایش آماده بکاری
2-افزایش عمرمفید
3-کاهش هزینه ها
استراتژی :
تعمیراضطراری (EM)
تعمیرکن وقتی خراب شد
Fix it when it broke
1950
1975
2000

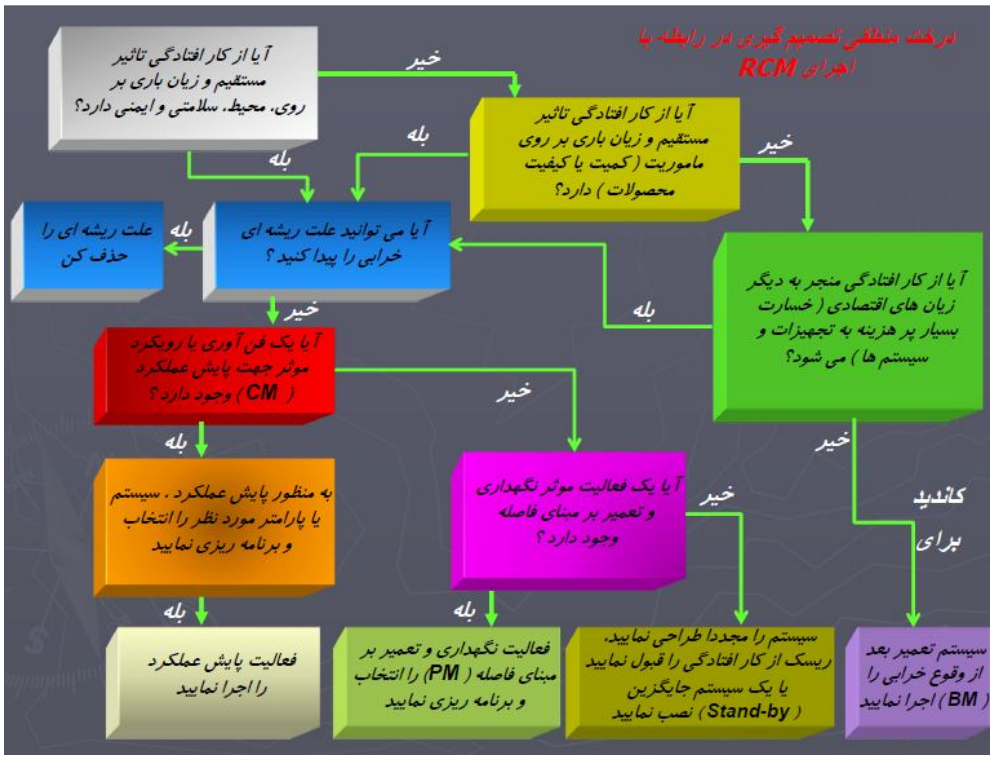

نرخ خرابی Failure Rate
دوران طفولیت
دوران عمرمفید
دوران پیری
Infant life
Useful life
Wear-out life



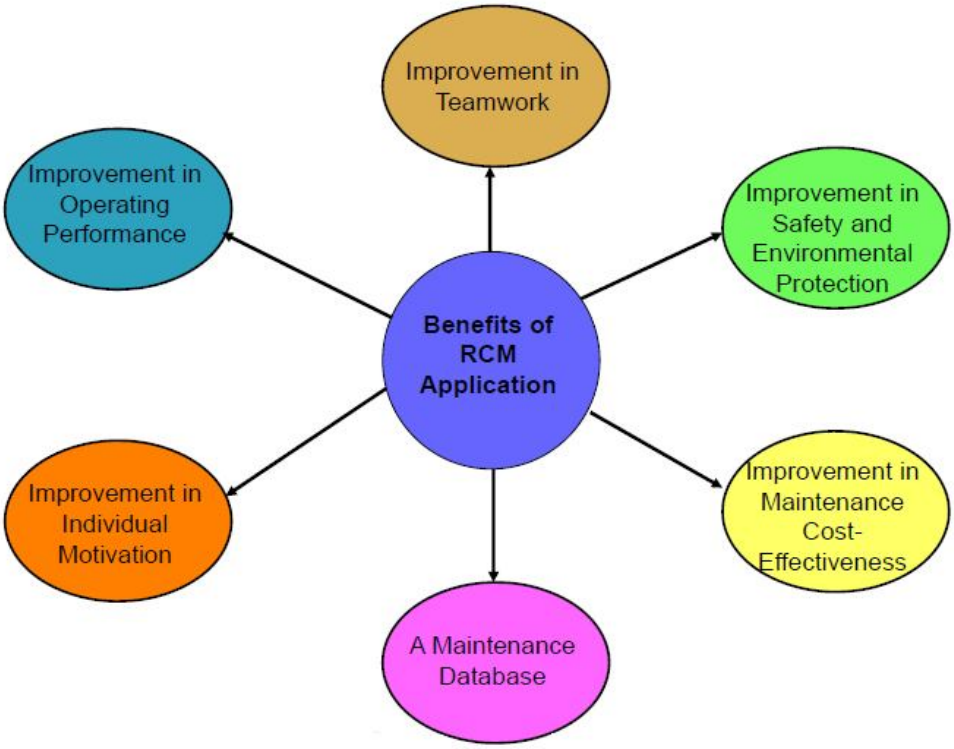
Maintenance cost – downtime relationship chart.

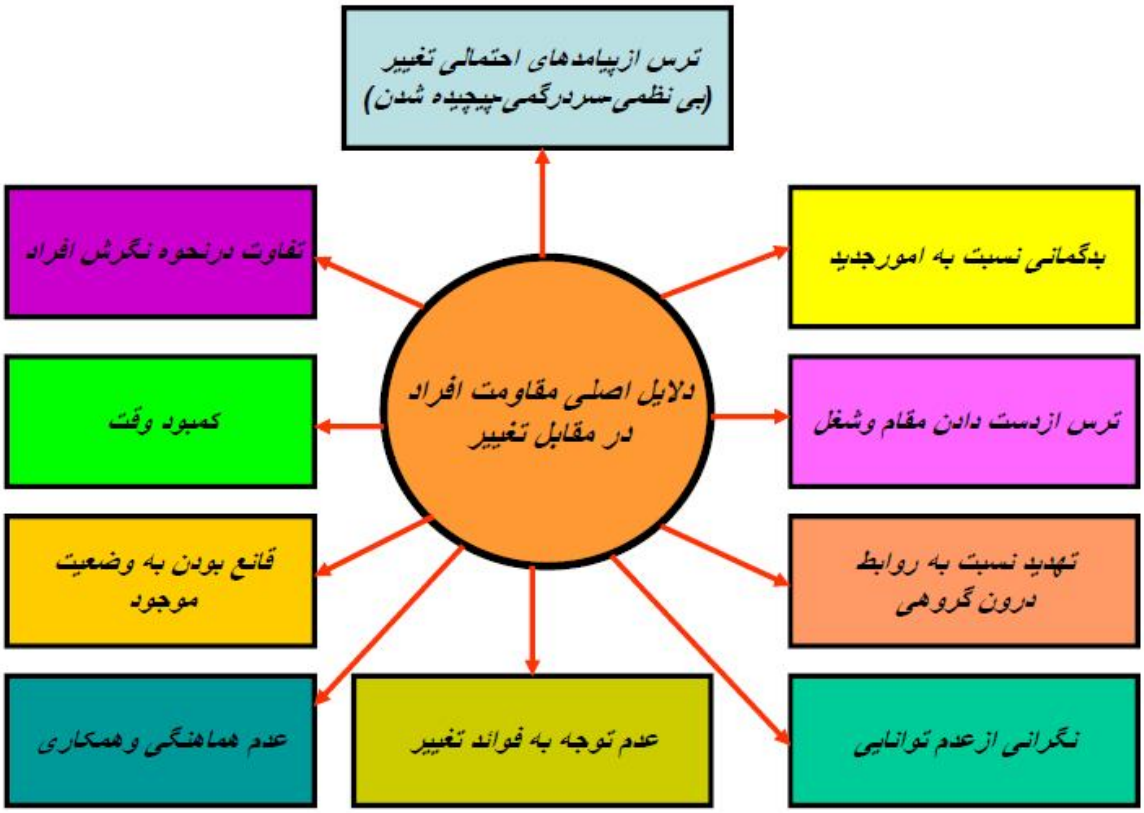


متدولوژی RCM در یک فرآیند ۷ مرحله ای

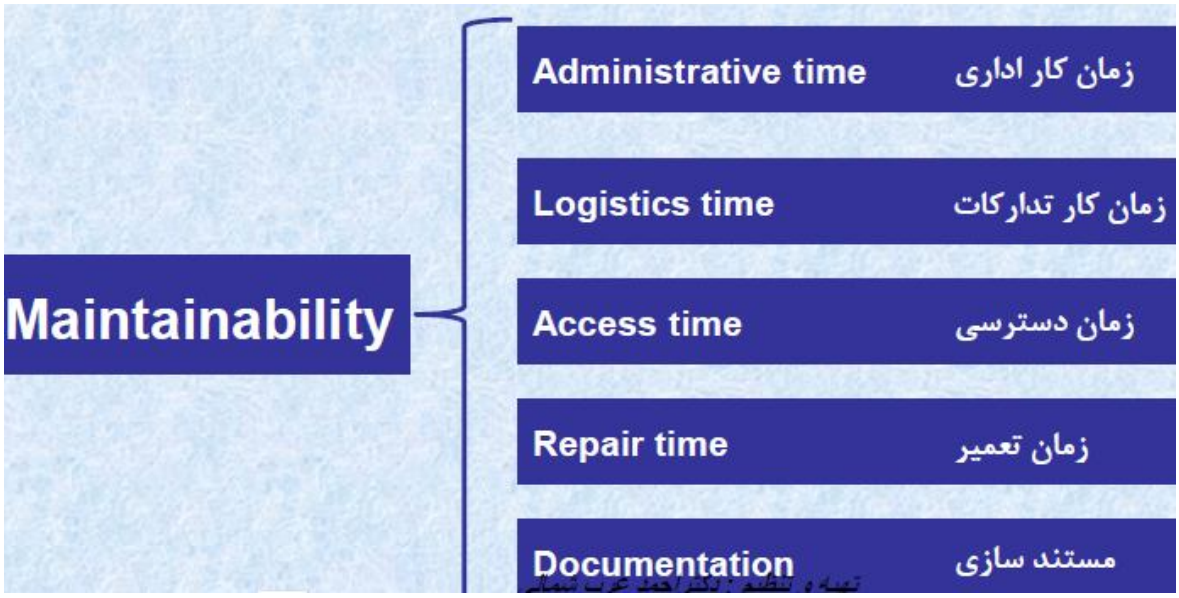


مزایای حاصل از بکار گیری نگهداری قابلیت اطمینان محور (RCM)




ترس ازپیامدهای احتمالی تغییر
(بی نظمی-سردرگمی-پیچیده شدن)
تفاوت درنحوه نگرش افراد
بدگمانی نسبت به امورجدید
دلایل اصلی مقاومت افراد
در مقابل تغییر
کمبود وقت
ترس ازدست دادن مقام وشغل
قانع بودن به وضعیت
موجود
تهدید نسبت به روابط
درون گروهی
عدم هماهنگی وهمکاری
عدم توجه به فواید تغییر
نگرانی ازعدم توانایی

ایجاد تعهد درافراد
پیشبینی مقاومت
دربرابرتغییر
روشهایی جهت حل ریشه ای
مقاومت افراد در مقابل تغییر
تغییرفرهنگ و
مشارکت دادن افراد
اطلاع رسانی
درمورد تغییر



$$MTTR = \frac{\text{Down Time}}{\text{Number of Failures or Breakdown Events}}$$

Mean Time To Repair

متوسط زمان صرف شده جهت تعمیر

MTBF

Mean Time Between Failure

متوسط زمان بین دوبار خرابی اضطراری

$$MTBF = \frac{\text{جمع فواصل زمانی بین بروز خرابیها}}{\text{دفعات بروز خرابی} \quad - \quad ۱}$$

$$MTBF = \frac{\text{دوره زمانی مورد بررسی}}{\text{دفعات بروز خرابی}}$$

MTTF- Mean Time To Failure

متوسط زمان بین پایان یک تعمیر تا وقوع خرابی بعدی

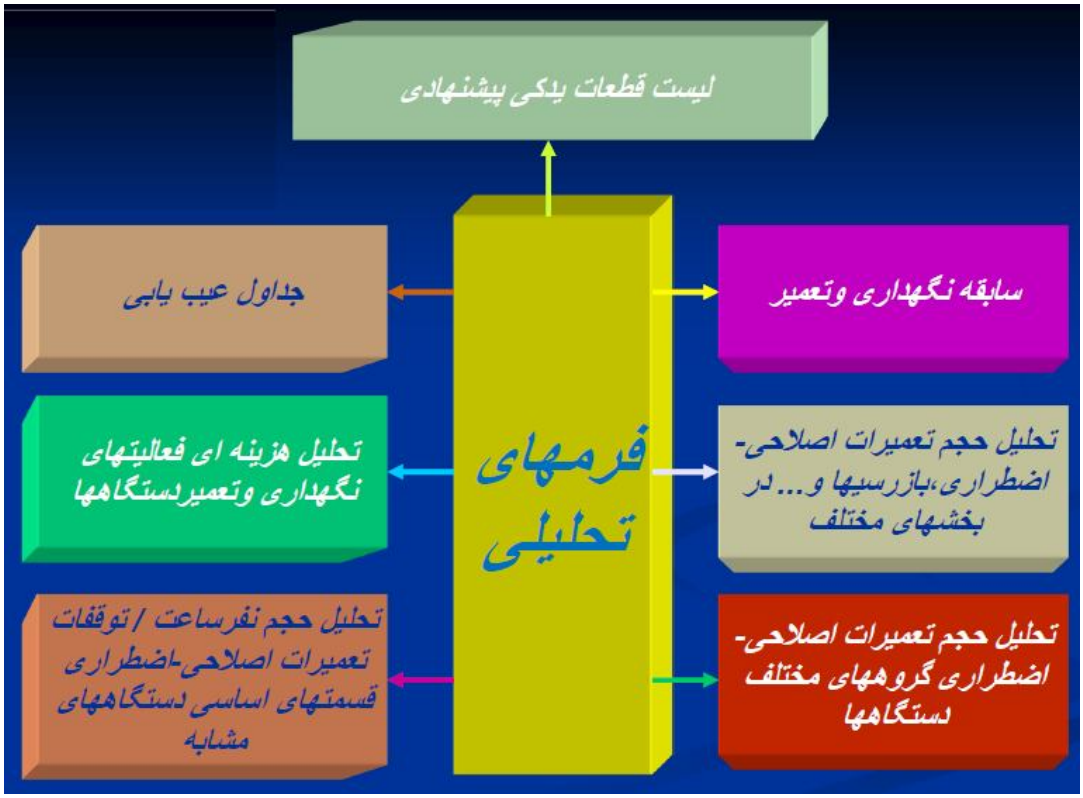
شاخص اندازه گیری عمر کاری ماشین ، سیستم ، مجموعه ، قطعه

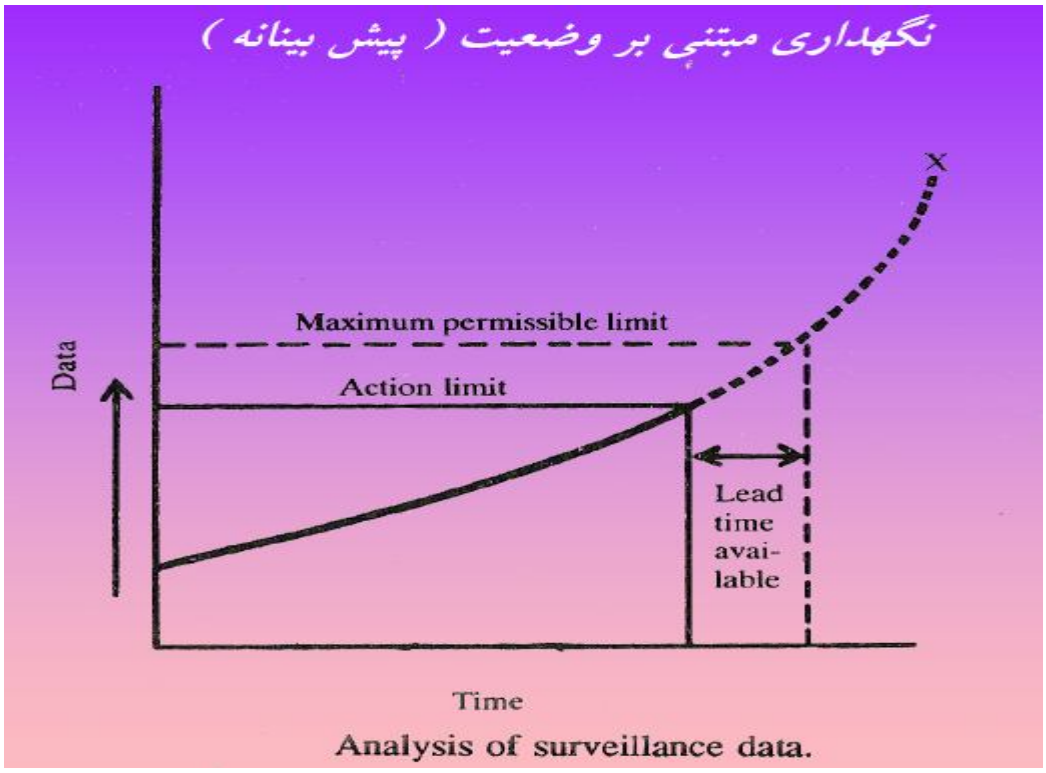
$$MTTF = \frac{\text{جمع فواصل زمان بین شروع به کار بعد از تعمیر و وقوع مجدد خرابی}}{\text{دفعات بروز خرابی} \quad - \quad ۱}$$

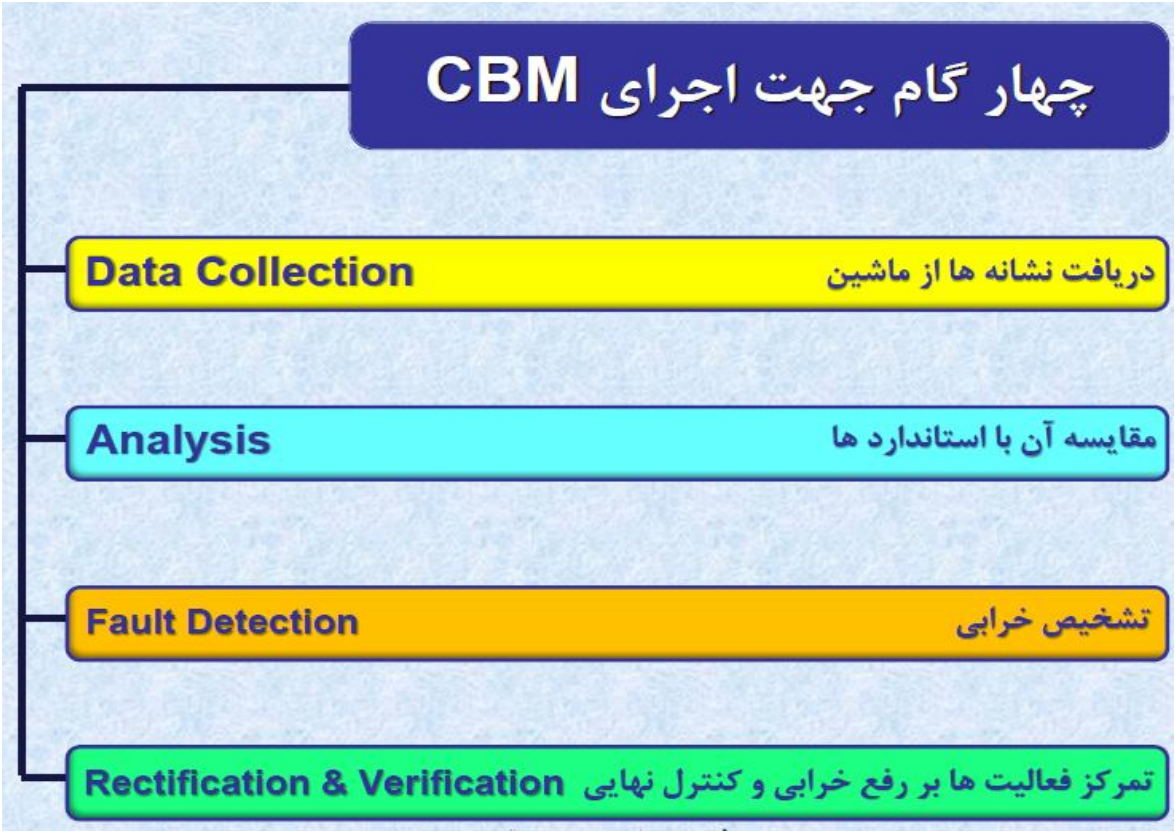
$$MTTF = \frac{\text{زمان توقف} - \text{دوره زمانی مورد بررسی}}{\text{دفعات بروز خرابی}}$$

- اضطراری تعمیر
(Emergency Maintenance)
2 - کارافتادگی از تعمیر
(Break –down Maintenance)
3 - اصلاحی تعمیر***) Corrective Maintenance)***
4 - پیشگیرانه وتعمیر نگهداری
(Preventive Maintenance

Act
تشکیل پایگاه اطلاعاتی تجهیزات
شامل:
- لیست تجهیزات
- شناسنامه ومشخصات فنی
- کارت اطلاعات نت
- کارت سابقه نت
- کارت اطلاعات روانکاری
- کارت راهنمای عیب یابی
- کارت راهنمای انجام فعالیت
- لیست قطعات یدکی
شاخصهای سنجش اثربخشی سیستم
(KPI)
سابقه نگهداری وتعمیر
وسایرفرمهاونمودارهای
تحلیلی
Plan
کارهای
اصلاحی واضطراری
تهیه برنامه
زمانبندی انجام
PM
گزارش
بازرسی
درخواست
تعمیر
درخواست وگزارش تعمیر
Maintenance Request
دستورکار
Work Order
بخش تعمیرات
Do


لیست قطعات یدکی پیشنهادی
جداول عیب یابی
سابقه نگهداری وتعمیر
فرمهای تحلیلی
تحلیل هزینه ای فعالیتهای نگهداری وتعمیردستگاهها
تحلیل حجم تعمیرات اصلاحی-اضطراری،بازرسیها و... در بخشهای مختلف
تحلیل حجم نفرساعت / توقفات تعمیرات اصلاحی-اضطراری قسمتهای اساسی دستگاههای مشابه
تحلیل حجم تعمیرات اصلاحی-اضطراری گروههای مختلف دستگاهها

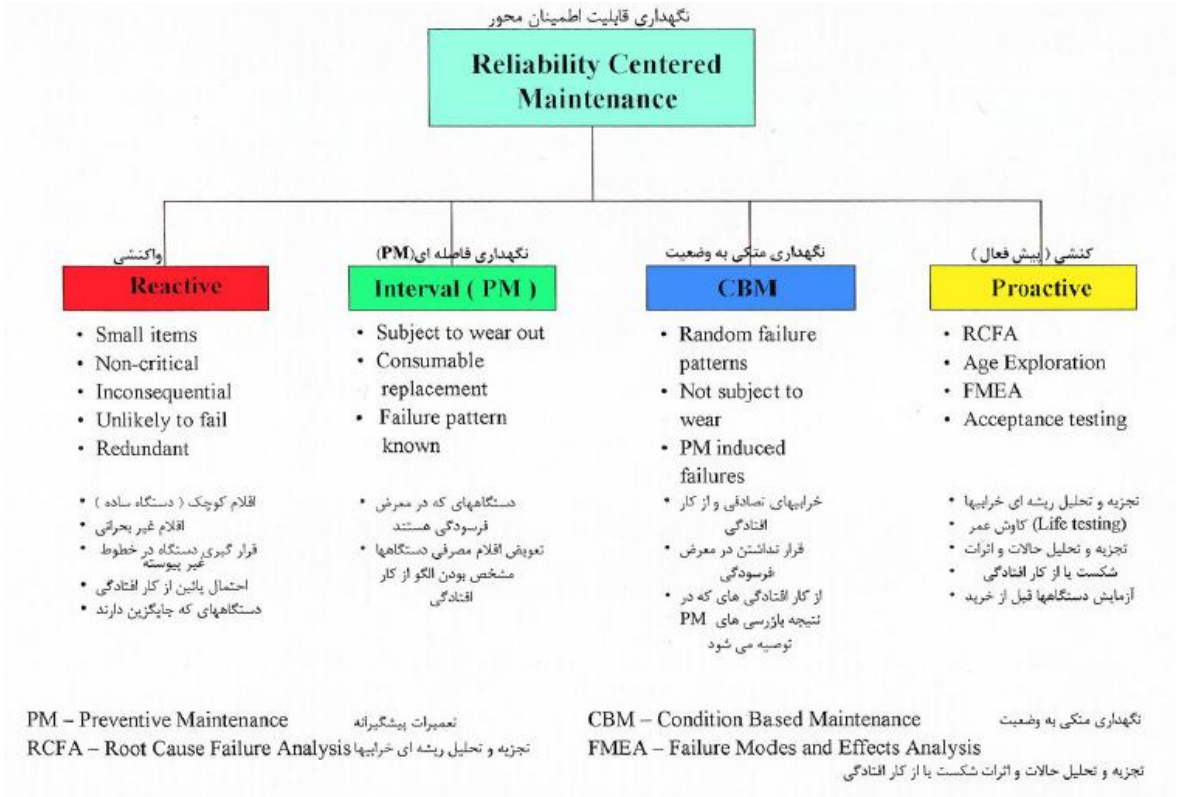

نگهداری مبتنی بر وضعیت (پیش بینانه)
X
Maximum permissible limit
Action limit
Data
Lead time avai- lable
Time
Analysis of surveillance data.

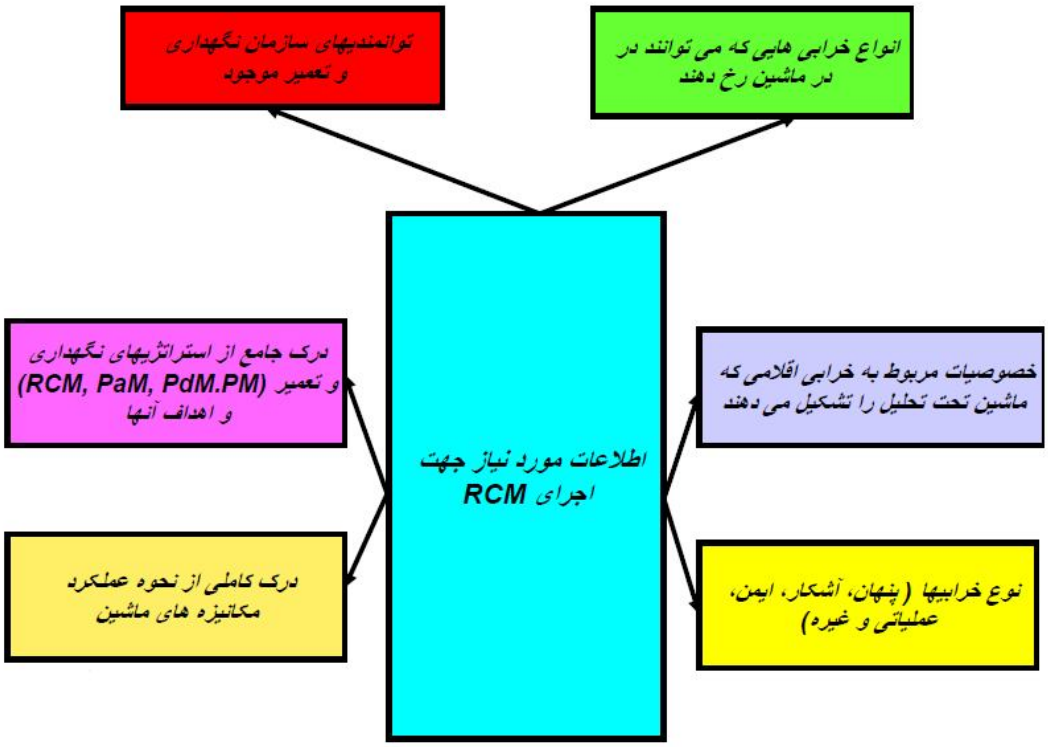


نگهداری پیش اقدامانه با بهره گیری از روشهای زیر جهت طولانی تر نمودن عمر ماشین آلات استفاده می کند:

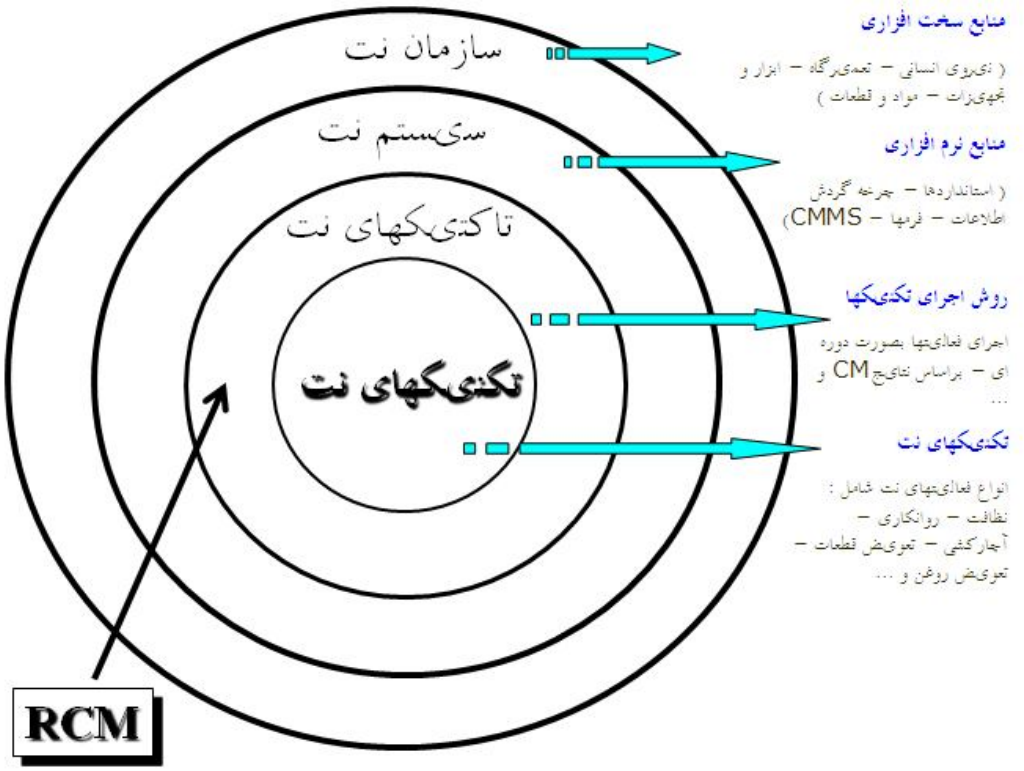
- الف- تحلیل عمر وقابلیت اطمینان (پایایی) Life Testing & Reliability
- ب- نگهداری با ایجاد تغییر در سازه وطرح دستگاه به هدف پیشگیری از نیاز به تعمیر Design-Out / Eliminative Maintenance for the goal "Maintenance Prevention"
- ج- بهبود قابلیت تعمیرپذیری Maintainability Improvement
- د- تحلیل قطعه از کارافتاده Failed Part Analysis - FPA

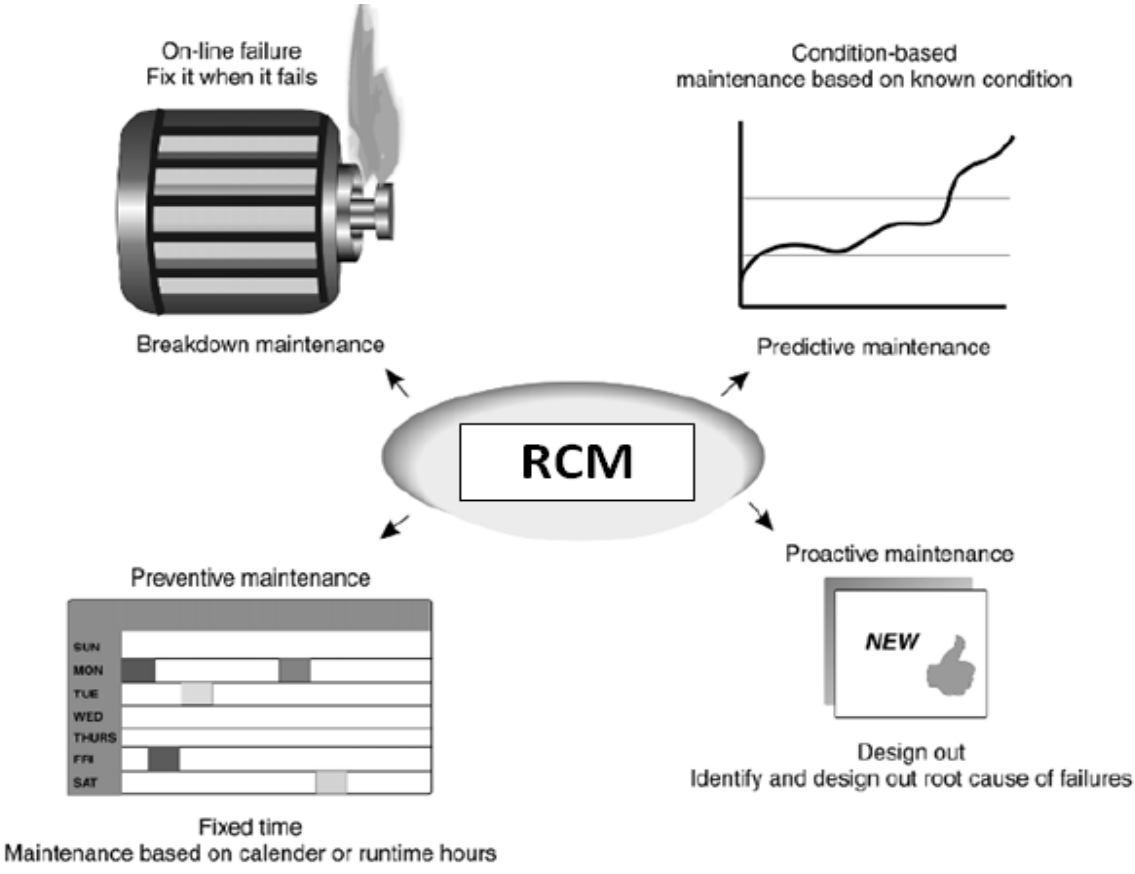
- ه- تحلیل علت ریشه ای خرابی Root Cause Failure Analysis - RCFA
- و- کاوش عمر Age Exploration
- ز- ساخت مجدد ونصب دقیق Precision Rebuild & Installation
- ح- تحلیل حالات واثرات بالقوه خرابی ماشین Machine Failure Modes & Effects Analysis- MFMEA
- ط – خطا ناپذیر سازی - Mistake Proofing Poka Yoke
- ی – کنترل آلوده کننده ها Contamination Control

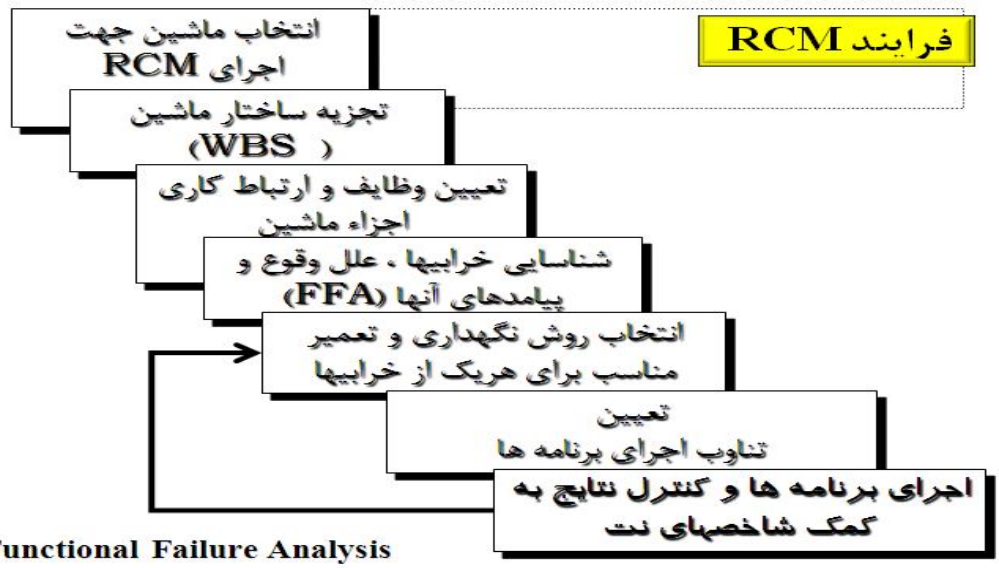


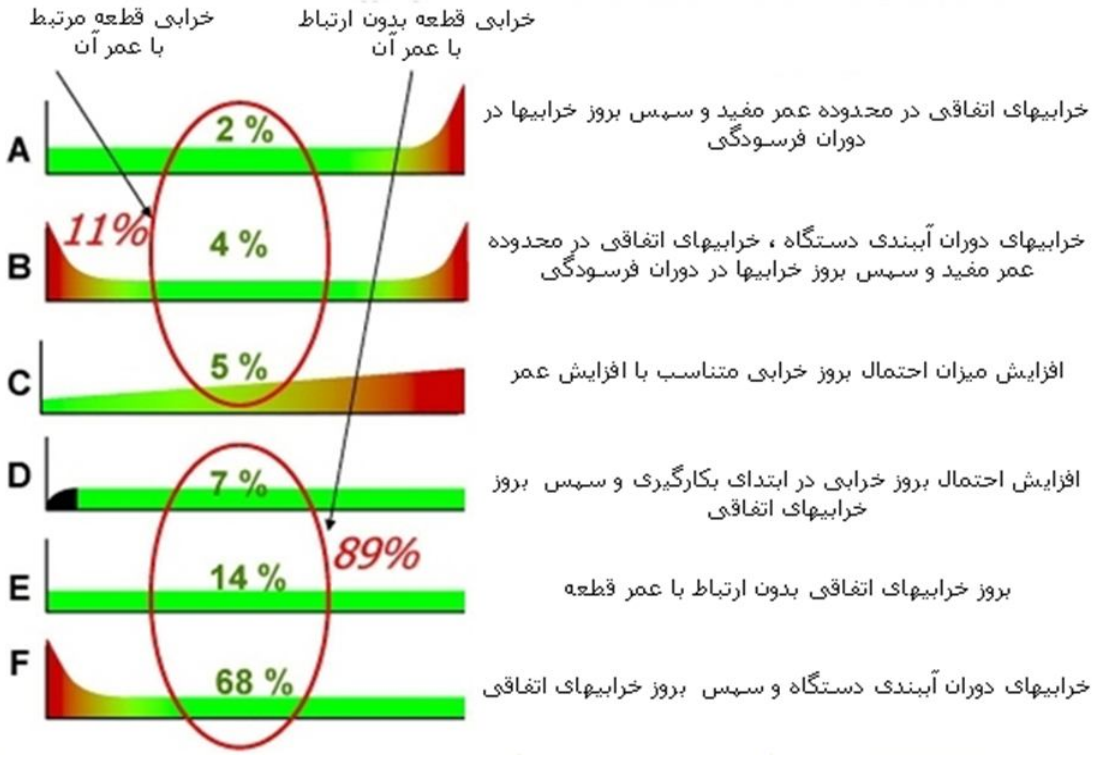

توانمندیهای سازمان نگهداری و تعمیر موجود
انواع خرابی هایی که می توانند در در ماشین رخ دهند
اطلاعات مورد نیاز جهت اجرای RCM
درک جامع از استراتژیهای نگهداری و تعمیر (RCM, PaM, PdM.PM) و اهداف آنها
درک کاملی از نحوه عملکرد مکاتیزه های ماشین
خصوصیات مربوط به خرابی اقلامی که ماشین تحت تحلیل را تشکیل می دهند
نوع خرابیها (پنهان، آشکار، ایمن، عملیاتی و غیره)

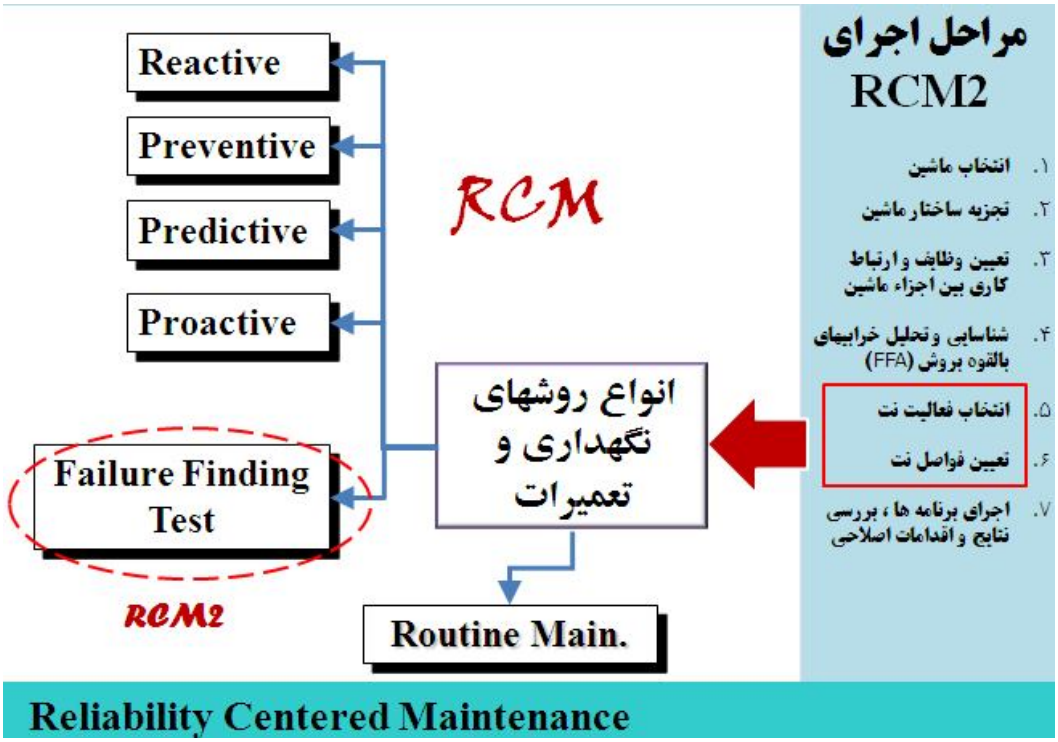
منابع گرد آوری داده های لازم برای تحلیل RCM
نتایج تحلیل فعالیتهای نگهداری و تعمیر
گزارشات مربوط به نواقص و ضعفهای مربوط به کیفیت محصولات تولید شده یا خدمات ارایه شده
دیگر مستندات فنی
مشاهدات ثبت شده در رابطه باحالتها و پیامدهای خرابی ماشین
فهرست ساختار شکست درختی (Taxonomy)
برنامه های موجود نگهداری و تعمیر
لیست قطعات یدکی پیشنهادی
نیازمندیهای روانکاری
کتابچه های تعمیراتی
نقشه های مهندسی
لیست قطعات مصرف شده/ مورد نیاز تعمیرات
نتایج تحلیل FMEA, FTA و دیگر تحلیلهای مربوط به قابلیت اطمینان
کتابچه ها و دستورالعملهای نگهداری و تعمیر

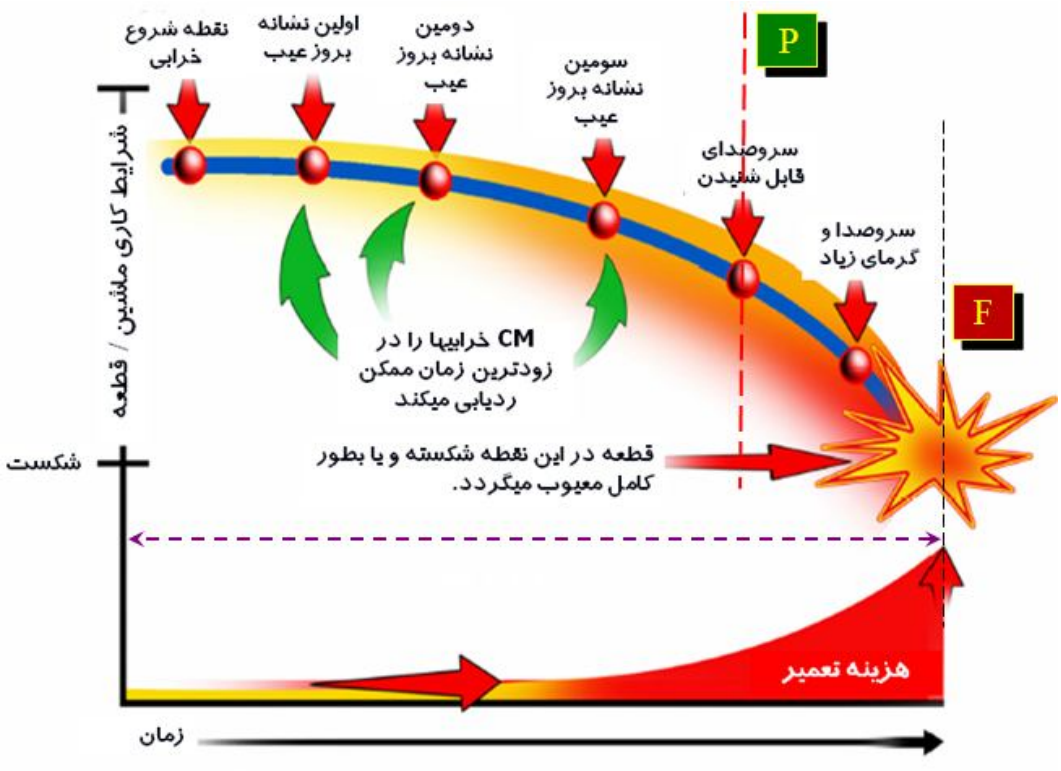

سازمان نت
سی‌ستم نت
تاکتی‌کهای نت
تکنی‌کهای نت
RCM
منابع سخت افزاری
(نی‌روی انسانی – تعمی‌رگاه – ابزار و تجهی‌زات – مواد و قطعات)
منابع نرم افزاری
(استانداردها – چرخه گردش اطلاعات – فرمها – CMMS)
روش اجرای تکنی‌کها
اجرای فعالی‌تها بصورت دوره ای – براساس نتای‌ج CM و ...
تکنی‌کهای نت
انواع فعالی‌تهای نت شامل : نظافت – روانکاری – آجارگشی – تعوی‌ض قطعات – تعوی‌ض روغن و ...

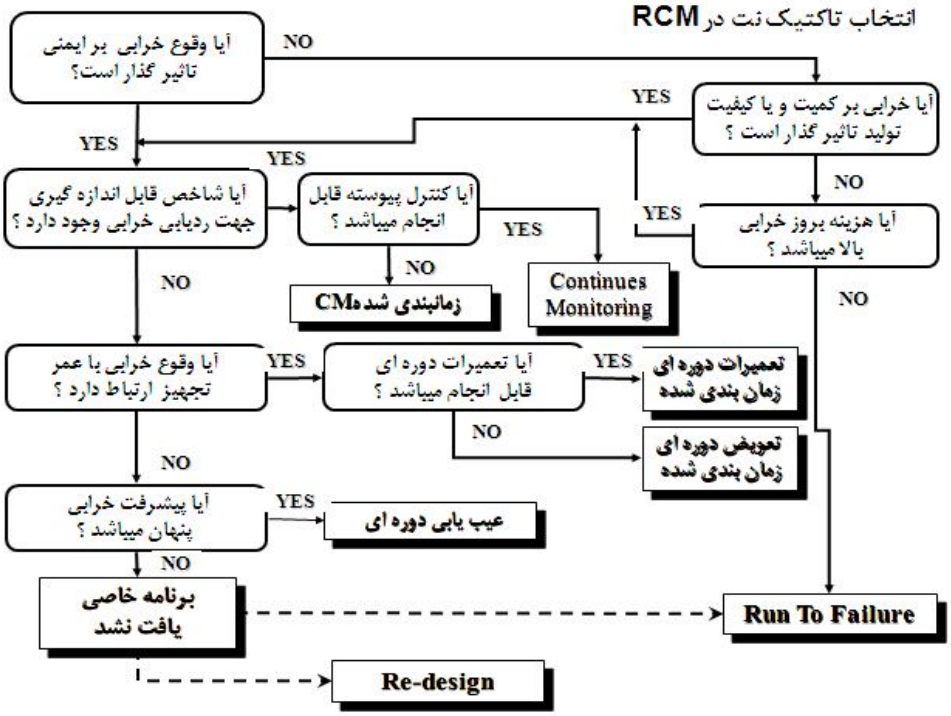

On-line failure
Fix it when it fails
Breakdown maintenance
Condition-based
maintenance based on known condition
Predictive maintenance
RCM
Preventive maintenance
SUN
MON
TUE
WED
THURS
FRI
SAT
Fixed time
Maintenance based on calender or runtime hours
Proactive maintenance
NEW
Design out
Identify and design out root cause of failures

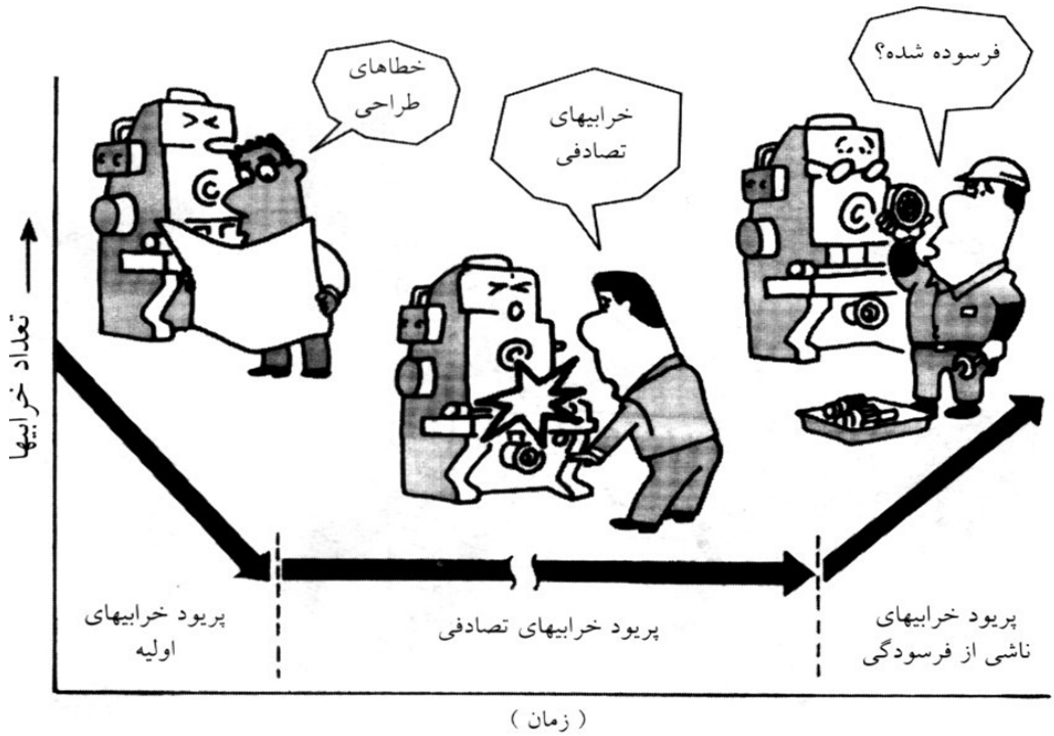

فرایند RCM
انتخاب ماشین جهت اجرای RCM
تجزیه ساختار ماشین (WBS)
تعیین وظایف و ارتباط کاری اجزاء ماشین
شناسایی خرابیها ، علل وقوع و پیامدهای آنها (FFA)
انتخاب روش نگهداری و تعمیر مناسب برای هریک از خرابیها
تعیین تناوب اجرای برنامه ها
اجرای برنامه ها و کنترل نتایج به کمک شاخصهای نت
Functional Failure Analysis

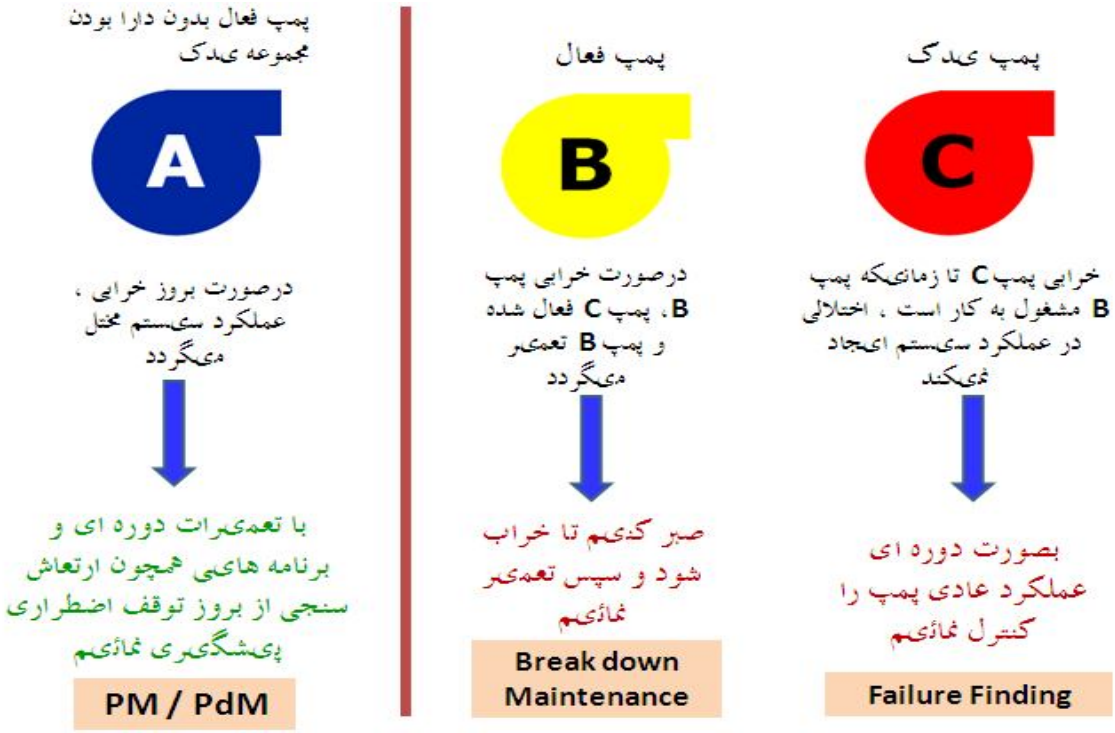

خرابی قطعه مرتبط با عمر آن
خرابی قطعه بدون ارتباط با عمر آن
A
2 %
خرابیهای اتفاقی در محدوده عمر مفید و سهم بروز خرابیها در دوران فرسودگی
B
11%
4 %
خرابیهای دوران آبندی دستگاه ، خرابیهای اتفاقی در محدوده عمر مفید و سهم بروز خرابیها در دوران فرسودگی
C
5 %
افزایش میزان احتمال بروز خرابی متناسب با افزایش عمر
D
7 %
افزایش احتمال بروز خرابی در ابتدای بکارگیری و سهم بروز خرابیهای اتفاقی
89%
E
14 %
بروز خرابیهای اتفاقی بدون ارتباط با عمر قطعه
F
68 %
خرابیهای دوران آبندی دستگاه و سهم بروز خرابیهای اتفاقی


مراحل اجرای RCM2
۱. انتخاب ماشین
۲. تجزیه ساختار ماشین
۳. تعیین وظایف و ارتباط کاری بین اجزاء ماشین
۴. شناسایی و تحلیل خرابیهای بالقوه بروش (FFA)
۵. انتخاب فعالیت نت
۶. تعیین فواصل نت
۷. اجرای برنامه ها ، بررسی نتایج و اقدامات اصلاحی
انواع روشهای نگهداری و تعمیرات
RCM
Reactive
Preventive
Predictive
Proactive
Failure Finding Test
RCM2
Routine Main.
Reliability Centered Maintenance


نقطه شروع خرابی
اولین نشانه بروز عیب
دومین نشانه بروز عیب
سومین نشانه بروز عیب
P
سروصدای قابل شنیدن
سروصدا و گرمای زیاد
F
CM خرابیها را در زودترین زمان ممکن ردیابی میکند
قطعه در این نقطه شکسته و یا بطور کامل معیوب میگردد.
شرایط کاری ماشین / قطعه
شکست
هزینه تعمیر
زمان


انتخاب تاکتیک نت در RCM
آیا وقوع خرابی بر ایمنی تاثیر گذار است؟
NO
YES
آیا خرابی بر کمیت و یا کیفیت تولید تاثیر گذار است ؟
YES
NO
آیا شاخص قابل اندازه گیری جهت ردیابی خرابی وجود دارد ؟
YES
آیا کنترل پیوسته قابل انجام میباشد ؟
YES
NO
آیا هزینه بروز خرابی بالا میباشد ؟
YES
NO
زمانبندی شده CM
Continues Monitoring
NO
آیا وقوع خرابی با عمر تجهیز ارتباط دارد ؟
YES
آیا تعمیرات دوره ای قابل انجام میباشد ؟
YES
تعمیرات دوره ای زمان بندی شده
NO
تعویض دوره ای زمان بندی شده
NO
آیا پیشرفت خرابی پنهان میباشد ؟
YES
عیب یابی دوره ای
NO
برنامه خاصی یافت نشد
Run To Failure
Re-design


خطاهای طراحی
خرابیهای تصادفی
فرسوده شده؟
تعداد خرابیها
پریود خرابیهای اولیه
پریود خرابیهای تصادفی
پریود خرابیهای ناشی از فرسودگی
(زمان)



منابع

[۱]www.plant-maintenance.com

[۲]www.cmmscity.com

[۳]Meziane,F,Vadera S.Kobbacy,K&Proudlove,N.Inteeligent systems in manufacturing: current developments and future prospects. Integrated Manufacturing Systems, 2000

[٤]K.L.Choy,W.B.Lee,Victor Lo "An intelligent supplier management tool for benchmarking suppliers in other outsource manufacturing".Expert systems with Application,2002

[٥]Stock,J.R"Applying theories from other disciplines to logestics".International Journal of Physical Distribution and logistics Management,1997

[٦]Dhar .V,Stein R"Intelligent decision support methods:the science of knowledge work" Englewood Cliffs,NJ:Prentice Hall,1997

[۷]Fergusdon CA,Mason S,Collier SG.Golding D,Graveling RA,Morris LA,Pethick AJ,Simpson GC 1985
The ergonomics of the maintenance of mining machinery. Institute of Occupational Medicine Rept.TM5/12

[۸]Mason S,Rushworth AM1992.Human aspects of maintenance,Maintenance,Volume7,Number3, September2002

[۹]Mason S,King C,Basford K,Fitzakerly H,Peach G,Simpson G 1994.Improving the human aspects of electrical isolation prpcedures on the surface and underground.British Coal Corparation, Report on CEC Contract 7250/13/036

[۱۰]Mason S,Ferguson CA,Pethick AJ 1986.Engonomic principles in designing for maintainability. Community Ergonomics Action Report no8.Series3.Luxembourg:European Coal and steel Community

[۱۱]Mason S 1995.The Elgronmics of Workplace and Machines-aDesign Manual,Second edition.Chapter 'maintaianability',Ed TS Clark & EN Corlett, Taylor Francis.
[۱۲]Mason D,Rushworth AM 1989.Improving Machinery availability through the application of a new maintability index Mineral Resources Engineering ,Vol 2,No 3,249-261
[۱۳]HSE Successful Health& Safety Mnagement HSG 65,HSE Books,ISBN 0-7176-1276-7
[۱٤]HRFG/HSE2000.Improving Maintenance- A Guide to Reducing Human Error,Co-Chairman of HFRG Sub-Group, HSE Books ISBN 0717618188
[۱٥]Mason S1990.Improving plant and machinery maintainability,Applied Ergonomics March,1990(NB the version described in this publication does not provide the final version with improved health and safety indicators(
[۱٦]Mason S 1991.Improving mining machinery maintability, Mintech 91-The Annual Review of International Mining Technology and Development,1991.
[۱۷]HFRG/HSE,1995.Improving Compliance with Safety Procedures-Reducing Industrial Violations,HSE BOOK ISBN 0717609707.HSEBooks
[۱۸]NASA-std-8729.1 Planing,Developing and Managing and Effective Reliability and Maintainability (R&M)Program
-[۱۹]NPD 8720.1,NASA Reliability and Maintainability (R&M)Program Policy
' [۲۰]NASA Systems Engineering Process for Programs and Projects'JSC 49040,Version 1.0 October 1994
ای‌مان الی‌اسی‌ان ، مقایسه مدل‌های مدیریت کیفیت TQM، شش سیگما و EFQM و ارائه عملی ترین مدل برای اجرا در SME ها سایت ایران سازه
ایمان الیاسیان ،مدیریت پروژه های مقاوم سازی و مرمت، سای‌ت ای‌ران سازه
ایمان الیاسیان،حسین می‌سمی، مدیریت تأخیرات پروژه سیستم فرایند گرا،سایت ایران سازه
ایمان الیاسیان،کنترل پروژه،سای‌ت ای‌ران سازه
ایمان الیاسیان، مدیریت دانش در راستای مدیریت برای طرح های عمرانی،سایت ایران سازه
ایمان الیاسیان، اصول مهندسی ارزش،سایت ایران سازه
احمد عرب شمالی،ساختارونگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM)
جزوه محمد کریم معروفی،نظام تحول کنترل کیفیت ، ۱۳۹۲
جزوه روح ا... آزرمگین،اصول سرپرستی۱۳۹۲
سید حمید رضاغ رضوی،جوادوحیدی،محمد خراسانی،سیدعمادحسینی،
اصول سرپرستی،انتشارات علوم رایانه ۱۳۸۶