

ویراست جدید
چاپ بیست و پنجم

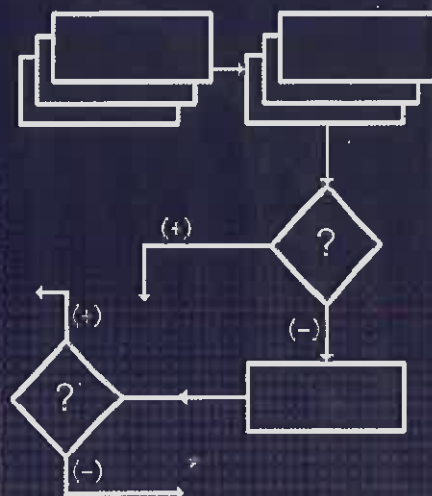
برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات (مدیریت فنی در صنایع)

■ با نضام چهار فصل جدید ♦ نت بهره‌ور فزاکیر (TPM)

♦ نت متمرکز بر قابلیت اطمینان (RCM)

♦ مدیریت ریلز ای نت (CMMS)

♦ شاخص های اندازه گیری کارایی نت (KPI,s)



تألیف: دکتر علی حاج شیر محمدی

صلى الله عليه وسلم

انتشارات پویا

خ سیدی، بازارچه کتاب، طبقه همکف، شماره ۲۱
۰۵۱۳ ۲۲۵۷ ۳۲۷

برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات

(مدیریت فنی در صنایع)

بافضمام چار فصل جدید

❖ نت بهره‌ور فراگیر (TPM)

❖ نت متمرکز بر قابلیت اطمینان (RCM)

❖ مدیریت رایانه‌ای نت (CMMS)

❖ شاخص‌های اندازه‌گیری کارایی نت (KPI,s)

تألیف: دکتر علی حاج شیرمحمدی

سرشناسه	حاج شیرمحمدی، علی، ۱۳۲۳-
عنوان و نام پدیدآور	برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات (مدیریت فنی در صنایع) ویرایش کامل به انضمام ۳ فصل جدید نت بهره‌ور فراگیر، نت متمرکز بر قابلیت اطمینان، مدیریت ریسک‌های نت و شاخص‌های اندازه‌گیری کارایی نت/ تألیف: دکتر علی حاج شیرمحمدی [ویراست ۲.۲]
وضعیت ویراست	اصفهان: انتشارات ارکان دانش، ۱۳۹۰.
مشخصات نشر	۵۳۶ ص: مصور، جدول، نمونه.
مشخصات ظاهری	شابک 978-964-2591-87-9
شابک	فیفا
وضعیت فهرست‌نویسی	چاپ بیست و پنجم
یادداشت	کتابنامه: ص ۵۱۷-۵۱۹
یادداشت	مدیریت صنعتی.
موضوع	نگهداری و تعمیر بهره‌ور فراگیر
موضوع	۱۳۹۰ ح ۲/ف ۲۷/HD
رده‌بندی کنگره	۶۵۸
رده‌بندی دیویی	۲۴۶۸۴۳۵
شماره کتابشناسی ملی	



انتشارات ارکان دانش

سایت خرید: www.Arkan-danesh.com

نام کتاب	برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات (مدیریت فنی در صنایع) - ویراست جدید
تألیف	دکتر علی حاج شیرمحمدی
ناشر	انتشارات ارکان دانش
چاپ بیست و چهارم	زمستان ۱۳۹۷
چاپ بیست و پنجم	پاییز ۱۴۰۳
شمارگان	۵۰۰ جلد
مدیر تولید	نسرین مختاری
حروف‌نگاری و صفحه‌آرایی	انتشارات ارکان دانش
طراحی جلد	کانون آگهی و تبلیغات نقشینه
لیتوگرافی	ثامن
چاپ متن	چاپ بهمن
چاپ جلد	سپیده
صحافی	سپاهان
قطع و شمارش صفحات	وزیری، ۵۳۶ صفحه
بها	۳۹۰,۰۰۰ تومان

ISBN: 978-964-2591-87-9

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۵۹۱-۸۷-۹

اصفهان: خیابان شیخ بهایی، چهارراه سرتیپ، کوی شهید مهرداد انصاری (سرتیپ)، نرسیده به طالقانی، پلاک ۱۲۰، تلفن: ۳۲۳۴۱۳۳۹، ۳۲۳۵۶۸۵۹، نمابر: ۳۲۳۴۱۳۳۹، کدپستی: ۸۱۳۵۸-۶۵۶۳۱

مراکز فروش: اصفهان: ۳۲۳۵۶۸۵۹، ۳۲۳۴۱۳۳۹-۰۳۱، تهران: ۶۶۴۱۱۱۷۳-۶۶۴۹۴۴۰۹-۰۲۱

«کلیه حقوق این اثر مطابق با قانون حقوق مؤلفان و مصنفان مصوب سال ۱۳۴۸ مصادف با ۱۳۴۸ به انتشارات ارکان دانش می‌باشد و هر گونه چاپ و انتشار به هر شکل بدون کسب اجازه از انتشارات ارکان دانش ممنوع و پیگرد قانونی دارد.»

کتابم را به همسر و فرزندان عزیزم

تقدیم می‌کنم.

و به همه آنهایی که آموخته‌ها را در دنیای واقعی

به عمل تبدیل می‌نمایند.

پیشگفتار

همهانگ با تحولات صنعتی، تولیدی و اقتصادی جهان در آغازین دهه قرن حاضر، تحول در دانش حفاظت فنی و مدیریت نگهداری و تعمیرات اجتناب‌ناپذیر می‌نمود. توسعه دیدگاههای نت متمرکز بر قابلیت اطمینان (RCM)، نت بهره‌ور فراگیر (TPM)، و سیستمهای رایانه‌ای مدیریت نت (CMMS) پاسخی به این نیاز است.

به یاری خداوند، ویرایش جدید کتاب حاضر با نگرشی بر این تحولات آماده شده و به دانشگاهیان گرامی و دست اندرکاران امور مدیریت فنی و نت در صنایع کشور تقدیم می‌شود. نت بهره‌ور فراگیر بر پایه اصول اخلاقی و کرامات انسانی، نه تنها در بخش نت، بلکه در مجموعه امور تولید و مدیریت استوار است. ژاپنی‌ها TPM را با آموزش ۵S آغاز می‌کنند، که شامل پنج واژه ژاپنی با معانی نظم و ترتیب و سازماندهی، خلوص و صحت عمل، آراستگی، پاکیزگی، و انضباط است. جای خوشوقتی است که این معانی را در فرازهای اجتماعی کشور ایران و در جملات ارزشمند "گفتار نیک، کردار نیک، و پندار نیک" نیز می‌بینیم.

در نت متمرکز بر قابلیت اطمینان، هدف جامع، انتخاب عملیات نت به نحوی است که از دیدگاه فنی و اقتصادی با شرایط، حساسیت و اهمیت تجهیزات در خط تولید متناسب باشند. سه عنوان بالا در بخش سوم کتاب حاضر به مطالعات قبلی افزوده شده است. علاوه بر آن، در پایان کتاب در یک فصل جداگانه، شاخصهای کمی عملکرد نت ارائه گردیده‌اند. علاوه بر افزودن فصول فوق، مطالب بخشهای قبلی کتاب نیز همگام با تحولات به وجود آمده در فن‌آوریها، مورد تجدیدنظر قرار گرفته‌اند.

لازم است از مؤسسه نشر ارکان دانش که همواره در نشر آثار علمی پیشقدم بوده به خصوص آقای مهندس ترابیان مدیر مسئول انتشارات و همکاران ایشان خانمها نسرين مختاری به خاطر پیگیریهای مختلف در امور تولید و چاپ و خانم سمیه جعفریان به خاطر تایپ و صفحه‌آرایی متن کتاب و خانم بهاره مختاری سپاسگزاری می‌نمایم.

با این امید که این مجموعه که آن را حاصل مطالعات اخیر در ایران و خارج از کشور و نیز تماسها، مشاوره‌ها و آموزشهای اخیر در صنایع کشور و در مجامع دانشگاهی میدانم مورد قبول دانشگاهیان عزیز و مدیران و مهندسين صنعت قرار گیرد و این عزیزان همانند گذشته همواره اینجانب را از نظرات سازنده خود بهره‌مند سازند.

پائیز ۱۳۹۰

دکتر علی حاج شیرمعدی

سخنی از ناشر

خوشوقتیم که در تحقق آرمانهای ملی و فرهنگی خود این بار موفق به ارائه اثری جامع و ارزنده در موضوع مدیریت علمی و سیستماتیک بر صنایع تولیدی مملکت می‌شویم. نویسنده کتاب در یکی از آثار قبلی خود از قول "آدام اسمیت" دانشمند بزرگ و پیشگام دانش مدیریت صنعتی چنین می‌گویند:

"آدام اسمیت در کتاب مشهور خود بنام ثروت ملل دارایی و ثروت جامعه را در تولید، یا به عبارتی بهره‌وری بهینه از منابع تولیدی می‌داند."

کتاب برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات که اینک در معرض استفاده دانشگاهیان گرامی و علاقمندان به امور مدیریت صنعتی قرار می‌گیرد سعی بر آن دارد که فرهنگ رایج تعمیرات بعد از خرابی را به یک شیوه علمی و اقتصادی برای نگهداری که از منابع اصلی تولید هستند تبدیل نماید.

استاد عالیقدر آقای دکتر حاج شیرمحمدی سالهای زیادی را در کسب دانش و تجربه مدیریت در صنایع ایران و خارج از کشور گذرانیده‌اند و نزدیک به سه دهه است که تدریس درس برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات را در دانشگاه، و در سمینارهای آموزشی برای مدیران صنعت چه در ایران و خارج از کشور به عهده داشته، و مشاوره‌های مرتبط با امور نت را به صنایع ارائه نموده‌اند.

بی‌شک در هر جا که موضوع نگهداری و تعمیرات مطرح است، نام نویسنده محترم این کتاب به عنوان پایه‌گذار دانش نوین نگهداری و تعمیرات و بنیان‌گذار واژه "نت" در صنایع رو به رشد کشور، به عنوان نامی آشنا برای مدیران صنعت و دانشگاهیان مطرح می‌باشد.

آثار تألیف شده توسط ایشان، علاوه بر کتاب حاضر شامل کتابهای "برنامه‌ریزی و کنترل تولید و موجودیها" و "مدیریت و کنترل پروژه"، و ترجمه کتابهای "نت بهره‌ور فراگیر"، "TPM در ۷ قدم" و "راهنمای نرم‌افزار مدیریت پروژه هاروارد"، می‌باشد که هر یک از این کتابها در نوبتهای زیاد چاپ شده و سه کتاب تألیفی ایشان، در دویست و نود و هفتمین جلسه شورای عالی برنامه‌ریزی وزارت آموزش عالی به کشور عنوان کتاب مرجع برای تدریس در دانشگاههای کشور تصویب گردیده است.

برخی از مسئولیتهای علمی نویسنده کتاب، ریاست دانشکده مهندسی صنایع و مرکز برنامه‌ریزی سیستمهای دانشگاه صنعتی اصفهان ریاست انجمن مهندسی صنایع ایران، دبیر اولین کنگره بین‌المللی نگهداری و تعمیرات ایران و دبیر اولین تا سومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه بوده است. مؤسسه انتشارات ارکان دانش امیدوار است که همواره در پرتو عنایات الهی از حمایتهای محققین و اندیشمندان جامعه برخوردار بوده و با نشر آثار علمی خدمتی شایسته را در جهت آرمانهای علمی و فرهنگی میهن ارائه نماید.

انتشارات ارکان دانش

پیشگفتار (چهارپای پیشین)

خدای بزرگ را سپاسگزارم که این فرصت را عنایت فرمود تا کتاب حاضر را به عنوان خدمتی ناقابل جهت استفاده دانشگاهیان گرامی و دست اندرکاران محترم صنایع مملکت تالیف و تقدیم نمایم.

سألهاست که در اندیشه تکمیل کتابی در موضوع نگهداری و تعمیرات بوده‌ام. در این مدت سعی بر آن داشتم که اندوخته‌های تجربی و کارهای دانشگاهی را در هم آمیخته و در جهت اشاعه فرهنگ "نگهداری و تعمیرات" به جای رسم و عادت موجود "تعمیر بعد از خرابی" به علاقمندان دانش مدیریت صنعتی تقدیم نمایم. در این رهگذر، نگاهی جامع به آنچه که در جهان صنعتی تجربه شده و یا در حال حاضر تجربه می‌شود و توجهی عمیق به شرایط و فرهنگ صنعتی و عادات سنتی حاکم بر صنایع مملکت خودمان امری ضروری می‌نمود.

در گذشته‌ای نه چندان دور واژه‌های "تعمیر" و "تعمیرکار" و "تعمیرگاه" که همگی حاکی از انجام عمل تعمیرات بعد از خرابی اضطراری می‌باشند بر صنایع مملکت حاکم بوده و هم اکنون نیز وجود آن در بخش قابل توجهی از صنایع ملموس می‌باشد.

توجه به این نکته لازمست که پیشرفت سریع صنایع جهانی در جهت "خودکاری" که در نهایت به واقعیت حذف عامل نیروی انسانی در خطوط تولید انجامیده، هرگز نخواهد توانست عامل انسانی را در بخش نگهداری و تعمیرات حذف نماید. سرانجام برای حفاظت فنی از "انسانهای خودکار" وجود انسان‌های دارای خلاقیت و ابتکار الزامی خواهد بود.

کتاب حاضر سعی بر آن دارد که ذهنیت‌ها و رسم و عادات موجود را از "تعمیر بعد از خرابی" به "نگهداری و تعمیر" تغییر داده و زمینه‌های لازم برای برنامه‌ریزی شیوه‌های تجربه شده و علمی در امور نگهداری و تعمیرات یا در مفهوم عام "حفاظت فنی" یا "مدیریت فنی" بر صنایع را ارائه نماید.

بخش اول کتاب عمدتاً به تشریح اهداف، مسئولیت‌ها، و وظائف نگهداری و تعمیرات در صنعت پرداخته و موقعیت امور نگهداری و تعمیرات را در تشکیلات سازمانی مشخص می‌نماید. چنین به نظر می‌رسد که در شرایط حاضر، صنایع ایران نیاز بیشتری در به کارگیری مراحل مطرح شده در بخش اول کتاب خواهند داشت. امید آن است که با انسجام تشکیلات نگهداری و تعمیرات و دسترسی به آمار و اطلاعات جامع فنی و اقتصادی، زمینه‌های مناسب برای استفاده از الگوریتمهای محاسبات برنامه‌ریزی اقتصادی در امر نگهداری و تعمیرات که در بخش دوم کتاب آمده است فراهم آید.

بخش دوم کتاب به تشریح روشهای محاسباتی برای برنامه‌ریزی و بهینه‌سازی سیاستهای نگهداری و تعمیرات می‌پردازد. در این بخش در جهت روشن شدن مطالب در فضاهای مناسب مثالهای عددی همراه با حل مثالها ارائه گردیده است.

در بخش سوم مجموعه‌ای از سئوالات و مسائل همراه با پاسخهای مربوطه برای تمرین و آشنائی بیشتر استفاده کنندگان ارائه شده و در ضمیمه اطلاعات موردنیاز برای حل مسائل اضافه گردیده است.

مطالب کتاب با عناوین مصوبه شورای عالی برنامه‌ریزی وزارت علوم، تحقیقات، و فن‌آوری برای تدریس در دروس اختصاصی نگهداری و تعمیرات که در دانشکده‌های مهندسی صنایع، مدیریت صنعتی، مدیریت اجرایی، و بسیاری از رشته‌های وابسته و مرتبط تدریس می‌شود تناسب و هماهنگی دارد.

سالهای زیادی است که تهیه جزوات و یادداشتهای لازم برای تکمیل کتاب را در برنامه کار خود دارم. در این مدت همواره از نظریات و مشاوره‌های همکاران گرامی در دانشگاه و مجربین و دست‌اندرکاران صنایع ایران و خارج از کشور برخوردار بودم.

دانشجویان عزیز دانشگاهی نیز در مدت بیش از ربع قرن که ارائه این درس را به عهده داشته‌ام، همواره با طرح سئوالات مناسب و نظریات صائب مرا در بهبود و تشریح روشن‌تر مطالب یاری نموده‌اند و در بسیاری از موارد، ویرایش اعداد و محاسبات و مثالها را به عهده گرفته‌اند. بدینوسیله از همکاریهای ارزشمند این عزیزان و همگی کسائیکه به نحوی در تهیه این کتاب همکاری داشته‌اند تشکر و سپاسگزاری می‌نمایم.

امید است که کار حاضر، هر چند که عاری از نارسائی نخواهد بود، مورد قبول جامعه محترم دانشگاهیان و دستداران امور مدیریت بر صنایع مملکت قرار گرفته و در هر فرصت نویسنده را با راهنماییها و نظریات اصلاحی خود در تصحیح و تکمیل مطالب یاری فرمایند.

علی حاج شیرمحمدی

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

بخش اول : سازمان، تشکيلات، عمليات

فصل ۱: مدیریت فنی (حفاظت فنی، تروتکنولوژی)

۱-۱	تعریف سیستم.....	۳
۲-۱	تروتکنولوژی.....	۵
۳-۱	اهداف مدیریت فنی.....	۱۰
۴-۱	جایگاه امور مدیریت فنی در صنایع.....	۱۰
۵-۱	امور فنی در نمودارهای سازمانی.....	۱۵
۶-۱	عناوین منتسب به مسئولیتهای نگهداری و تعمیرات / مدیریت فنی.....	۱۷
۷-۱	هرم تعالی (بهینه) سازمان های نت.....	۱۸

فصل ۲: شرایط فعلی نگهداری و تعمیرات و امور مدیریت فنی در صنایع ایران

۱-۲	مقدمه.....	۲۱
۲-۲	زیانهای ناشی از عدم وجود سیستم های مناسب نت در کارخانجات ایران.....	۲۳
۳-۲	علل وجود نارسائی در امور نگهداری و تعمیرات در کارخانجات ایران.....	۲۴

فصل ۳: برنامه ریزی و کنترل در نگهداری و تعمیرات

۱-۳	مفهوم عمومی.....	۲۷
۲-۳	بخشهای اصلی تشکیل دهنده امور مدیریت فنی.....	۲۸
۳-۳	فعالیتهای بخش امور اجرایی نگهداری و تعمیرات.....	۳۰
۴-۳	عوامل مؤثر در تعیین میزان اعمال تعمیرات پیشگیری.....	۳۲
۵-۳	هزینه های موردنظر و روند تغییرات آنها.....	۳۴
۶-۳	مدل پیشنهادی برای کنترل عملیات و آمار و اطلاعات (بخش نگهداری و تعمیرات).....	۳۶
۷-۳	نقش بخش مهندسی در امور مدیریت فنی.....	۳۸
۸-۳	مدل پیشنهادی گردش عملیات.....	۴۰

فصل ۴: مراحل سازماندهی امور نگهداری و تعمیرات

۱-۴	مقدمه.....	۴۳
۲-۴	تقسیم بندی کارخانجات از نظر روشهای تولید.....	۴۴
۳-۴	شناسائی محیط کار.....	۴۵
۴-۴	تهیه شناسنامه برای ماشین.....	۴۸
۵-۴	شماره گذاری (کدگذاری) تجهیزات.....	۵۲

فصل ۵: سطح تمرکز سرویسهای فنی (انواع سازمانهای نت)

۵۷	۱-۵ انواع سازمانهای نگهداری و تعمیرات.....
۵۹	۲-۵ مزایا و نارسائیهای انواع سیستمهای متمرکز و غیرمتمرکز.....
۶۰	۳-۵ دیدگاههای کلی در مورد تمرکز یا عدم تمرکز سرویسهای مدیریت فنی (نت).....
۶۱	۴-۵ ارزیابی مقایسه‌ای میزان تمرکز یا عدم تمرکز امور مدیریت فنی.....
۶۴	۵-۵ اصول یک سیستم نیمه متمرکز (مختلط) برای امور نگهداری و تعمیرات.....
۶۶	۶-۵ تجزیه و تحلیل کیفی ساختار نیمه متمرکز.....

فصل ۶: چارچوب فعالیتهای امور مدیریت فنی

۷۳	۱-۶ نمودار تفکیکی و شرح مسئولیتهای.....
۷۵	طرحهای صنعتی.....
۷۷	از کاراندازی (بازنشسته‌سازی) ماشینها.....
۷۷	ساخت قطعات.....
۷۸	۲-۶ خلاصه اهم وظائف امور مدیریت فنی و نگهداری و تعمیرات.....

فصل ۷: تشکیلات سازمانی

۸۱	۱-۷ نمودارهای سازمانی پیشنهادی برای امور مدیریت فنی.....
۸۴	۲-۷ ویژگیهای اخلاقی ضروری برای کارکنان نگهداری و تعمیرات.....
۸۹	۳-۷ فاکتورهای انسانی (عوامل مؤثر در جذب و دفع کارکنان نت).....
۹۲	۴-۷ خروج (استعفای) کارکنان.....

فصل ۸: وظایف دفتر برنامه‌ریزی نت

۹۳	۱-۸ مقدمه.....
۹۴	۲-۸ خلاصه وظایف دفتر برنامه‌ریزی.....
۹۵	۳-۸ برآورد (تخمین) زمانها و برنامه‌ریزی کارها.....
۹۷	۴-۸ درخواستهای کار تعمیراتی.....
۱۰۰	۵-۸ سایر اطلاعات قابل درج در درخواستهای کار.....
۱۰۰	۶-۸ سایر استفاده‌کنندگان از درخواستهای کار.....
۱۰۱	۷-۸ گردش عملیات برنامه‌ریزی.....
۱۰۴	۸-۸ اولویتهای در انجام کارهای تعمیراتی.....
۱۰۹	ضمیمه ۱: فرم درخواست کارهای تعمیراتی و ساخت.....
۱۱۲	ضمیمه ۲: فرم ثبت ساعات کار.....
۱۱۵	ضمیمه ۳: فرم محاسبه هزینه‌های یک ساعت کار تعمیراتی.....

فصل ۹: بازرسیهای فنی و تعمیرات پیشگیری

۱۱۷	۱-۹ مقدمه.....
۱۱۸	۲-۹ سطوح مختلف بازدیدهای فنی.....

۱۱۹	۲-۹ روشهای برنامه‌ریزی بازدههای فنی (بازرسی‌های پیشگیری)
۱۲۰	۲-۹ فرم پیشگیری
۱۲۳	۵-۹ فرم سالیانه پیشگیری
۱۲۳	۶-۹ برنامه هفتگی
۱۲۴	۷-۹ فرم مشخصات کار پیشگیری
۱۲۷	۸-۹ فرم گزارش بازرسی
۱۲۹	۹-۹ کاربرد کامپیوتر در امور تعمیرات پیشگیری
۱۲۹	۱۰-۹ برنامه‌های روان کاری
۱۳۵	۱۱-۹ تعمیرات کلی (تعمیرات اساسی)

فصل ۱۰: ارتباطات سازمانی (مراوده اطلاعات بین مدیریت فنی با سایر قسمت‌ها)

۱۴۱	۱-۱۰ مقدمه
۱۴۳	۲-۱۰ وسائل برقراری ارتباطات
۱۴۴	۳-۱۰ زبان فنی در امور فنی

فصل ۱۱: سرویسهای قابل دریافت از پیمانکاران

۱۴۷	۱-۱۱ دریافت نیروی کار
۱۵۰	۲-۱۱ دریافت سرویسهای ساخت (تولید) قطعات یدکی و لوازم مصرفی تولید

فصل ۱۲: اطلاعات و مدارک پشتیبانی فنی

۱۵۳	۱-۱۲ کلیات
۱۵۵	۲-۱۲ کتابچه لیست قطعات یدکی
۱۵۵	۳-۱۲ تاریخچه سوابق کار و تعمیرات
۱۵۹	۴-۱۲ نمودارهای عیب‌یابی
۱۵۹	۵-۱۲ بایگانی اسناد فنی

فصل ۱۳: سیستمهای اطلاعات بازتایی (اطلاعات مدیریتی)

۱۶۳	۱-۱۳ کلیات
۱۶۴	۲-۱۳ تجزیه و تحلیل اطلاعات و آمار
۱۶۶	۳-۱۳ کدگذاری دلایل از کارافتادگی

فصل ۱۴: انبار قطعات یدکی و لوازم مصرفی نت (انبار فنی)

۱۶۹	۱-۱۴ کلیات
۱۷۱	۲-۱۴ مسئولیتهای نگهداری موجودی‌ها در انبار قطعات یدکی و لوازم مصرفی
۱۷۲	۳-۱۴ انبارهای آلماری (فرعی)
۱۷۳	۴-۱۴ سایر روشهای کنترل
۱۷۳	۵-۱۴ کاتالوگ‌های انبار

- ۱۷۴ ۶-۱۴ تکنیک انبار فنی از انبار مصارف تولیدی عمومی
- ۱۷۵ ۷-۱۴ کاربرد کامپیوتر در انبار فنی
- ۱۷۵ ۸-۱۴ صرفه‌جوییهای قابل دسترسی در انبار
- ۱۷۷ ضمیمه فصل ۱۴ کارت سفارشات دائمی انبار

فصل ۱۵: نکات قابل مطالعه هنگام تصمیم‌گیری در مورد خرید ماشین آلات

- ۱۸۱ ۱-۱۵ کلیات
- ۱۸۱ افتد قابلیت تعمیر دستگاه در چه حدی است
- ۱۸۲ به قابلیت اطمینان دستگاه در چه حد است

فصل ۱۶: کاربرد کامپیوتر در برنامه‌ریزی و کنترل امور مدیریت فنی (نت)

- ۱۸۵ ۱-۱۶ کلیات
- ۱۸۸ ۲-۱۶ لیست نمونه‌ای از خدمات قابل دریافت از کامپیوتر در امور مدیریت فنی
- ۱۸۸ اطلاعات کلی در مورد سازمان در ارتباط با امور مدیریت فنی
- ۱۸۸ سازمان - نیروی انسانی
- ۱۸۸ هزینه‌های امور نت و مهندسی و انبار قطعات یدکی
- ۱۸۸ برنامه‌ریزی کارهای مورد درخواست
- ۱۸۹ روشها دستورالعملها و اطلاعات در مورد تجهیزات
- ۱۸۹ انبار - قطعات یدکی

بخش دوم: محاسبات فنی و اقتصادی در مهندسی نگهداری و تعمیرات

فصل ۱۷: احتمالات و کاربرد آن در مهندسی نگهداری و تعمیرات

- ۱۹۳ ۱-۱۷ کلیات
- ۱۹۴ ۲-۱۷ همبستگیهای نشان دهنده توزیع نسبی زمان
- ۱۹۷ ۳-۱۷ توابع احتمالی توزیع عمر
- ۱۹۸ ۴-۱۷ مقادیر میانگین و انحراف معیار (انحراف استاندارد)
- ۲۰۱ ۵-۱۷ تابع توزیع احتمالی مورد استفاده در محاسبات نگهداری و تعمیرات
- ۲۰۱ ۱-۵-۱۷ تابع توزیع یکنواخت
- ۲۰۳ ۲-۵-۱۷ تابع توزیع نرمال
- ۲۰۲ ۳-۵-۱۷ تابع توزیع نمایی منفی
- ۲۰۸ ۴-۵-۱۷ تابع فوق نمایی
- ۲۰۸ ۵-۵-۱۷ تابع توزیع بواسون
- ۲۱۲ ۶-۵-۱۷ تابع توزیع ویبول
- ۲۱۲ ۶-۱۷ توابع توزیع جمعی
- ۲۱۵ ۷-۱۷ سرعت لحظهای خرابی
- ۲۲۷ ۸-۱۷ مشکل (چرخه) عمر سیستمهای صنعتی

فصل ۱۸: قابلیت اطمینان و شاخص‌های ارزیابی

۲۳۱	۱-۱۸ کلیات
۲۴۱	۲-۱۸ قابلیت اطمینان سیستم‌های مرکب
۲۴۱	۱-۲-۱۸ ترکیبهای متوالی
۲۴۲	۲-۲-۱۸ ترکیبهای موازی
۲۴۳	۳-۲-۱۸ ترکیبهای متوالی- موازی
۲۴۳	۴-۲-۱۸ ترکیبهای موازی از خطوط متوالی
۲۴۴	۵-۲-۱۸ ترکیبهای مختلط
۲۴۵	۶-۲-۱۸ محاسبه قابلیت اطمینان در ترکیبهای متوالی
۲۴۶	۷-۲-۱۸ محاسبه قابلیت اطمینان در ترکیبهای موازی
۲۴۸	۸-۲-۱۸ قابلیت اطمینان در ترکیبهای موازی / متوالی
۲۵۱	۹-۲-۱۸ محاسبه قابلیت اطمینان در ترکیبهای موازی از خطوط متوالی
۲۵۲	۱۰-۲-۱۸ محاسبه قابلیت اطمینان در ترکیبهای مختلط
۲۵۷	۳-۱۸ طرح بهینه یک سیستم متوالی / موازی
۲۶۲	۴-۱۸ شاخصهای ارزیابی امکانات پشتیبانی
۲۶۳	۱-۴-۱۸ شاخصهای مربوط به قابلیت اطمینان
۲۶۶	۲-۴-۱۸ شاخصهای مربوط به تعمیرپذیری

فصل ۱۹: تئوریهای مهندسی نگهداری و تعمیرات

۲۷۱	۱-۱۹ بحثی پیرامون فواصل زمانی مناسب بین دو تعمیر پیشگیری (PM)
۲۷۷	۲-۱۹ نمودارهای تعیین زمان بهینه برای تعمیرات پیشگیری با در نظر گرفتن عوامل زمان و هزینه
۲۸۱	۳-۱۹ تعمیرات بعد از خرابی در شرایط گستردگی تابع توزیع عمر
۲۸۲	۱-۳-۱۹ تعمیرات اضطراری در شرایط داشتن یک تیم منفرد تعمیراتی
۲۸۶	۲-۳-۱۹ تعمیرات اضطراری در شرایط داشتن دو تیم تعمیراتی

فصل ۲۰: کنترل موجودی انبار قطعات یدکی

۲۹۳	۱-۲۰ مقدار اقتصادی هر بار سفارش
۲۹۵	۲-۲۰ سیستم سفارشات
۲۹۷	۳-۲۰ نقطه سفارش
۳۰۱	۴-۲۰ محاسبه نقطه سفارش استفاده از نمودارهای کنترل موجودی

فصل ۲۱: کاربردهای اقتصاد مهندسی در نگهداری و تعمیرات

۳۰۹	۱-۲۱ تغییر ارزش مبالغ نقدینگی با تغییر زمان (ارزش زمانی پول)
۳۱۵	۲-۲۱ فرمولهای تعیین ارزشهای نقدینگی با در نظر گرفتن عوامل بهره و زمان
۳۱۸	۳-۲۱ جداول محاسبه تغییرات ارزش نقدینگی

۳۲۰	 ۴-۲۱ نرخ بازگشت سرمایه.....
۳۲۲	 ۵-۲۱ برنامه‌ریزی جهت بازنشسته نمودن و جایگزینی ماشینها.....

فصل ۲۲: شبیه‌سازی و کاربردهای آن در مهندسی نت

۳۲۷	 ۱-۲۲ معرفی.....
۳۲۹	 ۲-۲۲ مدل‌های ریاضی.....
۳۲۹	 ۳-۲۲ مدل‌های ریاضی شبیه‌سازی.....
۳۳۰	 ۴-۲۲ شبیه‌سازی مونت کارلو.....
۳۳۴	 ۵-۲۲ کاربرد کامپیوتر در شبیه‌سازی.....
۳۳۴	 ۶-۲۲ جدول اعداد تصادفی.....

فصل ۲۳: کاربردهای تئوری صف در مهندسی نت

۳۵۷	 ۱-۲۳ مقدمه.....
۳۵۸	 ۲-۲۳ فرضیه‌های تئوری صف.....
۳۵۹	 ۳-۲۳ ساختارهای سرویس‌رسانی.....
۳۶۰	 ۴-۲۳ فرمولهای صف.....
۳۶۴	 ۵-۲۳ استفاده از نمودار و جداول در برداشت پارامترهای صف.....
۳۶۶	 ۶-۲۳ ارزیابی اقتصادی گزینه‌های در تصمیم‌گیری برای سازماندهی کارگاه نت.....

بخش سوم: سیستمهای پیشرفته مدیریت نگهداری و تعمیرات

فصل ۲۴: معرفی نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر (TPM)

۳۷۳	 ۱-۲۴ مقدمه.....
۳۷۳	 ۲-۲۴ از نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه (PM) تا نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر (TPM).....
۳۷۷	 ۳-۲۴ تاریخچه TPM.....
۳۷۸	 ۴-۲۴ TPM و آینده نگهداری و تعمیرات.....
۳۷۸	 ۵-۲۴ TPM چگونه عمل می‌نماید (عملکرد TPM).....
۳۸۱	 ۶-۲۴ مثالهایی از اثربخشی TPM.....
۳۸۱	 ۷-۲۴ به حداکثر رسانیدن اثربخشی تجهیزات.....
۳۸۶	 ۸-۲۴ ارتباط بین TPM، تروتکنولوژی و پشتیبانیهای فنی.....
۳۸۸	 ۹-۲۴ معرفی TPM در کارخانه.....
۳۸۸	 ۱-۹-۲۴ TPM به عنوان یک سیاست اصولی در کارخانه.....
۳۹۱	 ۲-۹-۲۴ ساختار پیشرفت و تکامل TPM.....
۳۹۴	 ۳-۹-۲۴ آموزشهای ابتدایی TPM.....
۳۹۵	 ۱۰-۲۴ مروری بر برنامه استقرار و تکامل TPM.....
۳۹۵	 ۱-۱۰-۲۴ بهبود اثربخشی تجهیزات.....
۳۹۶	 ۲-۱۰-۲۴ عملیات نگهداری و تعمیرات خودساخته و مستقل توسط کارگران بهره‌برداری (اپراتورها)
۳۹۹	 ۳-۱۰-۲۴ نگهداری و تعمیرات برنامه‌ریزی شده.....

پانزده

۳۹۹	۲۴-۱۰-۲ کارآموزی و آموزش برای بهبود مهارت‌های بهره‌برداری و نت
۴۰۰	۲۴-۱۰-۵ مدیریت مناسب و به هنگام روی تجهیزات

فصل ۲۵: نگهداری و تعمیرات متمرکز بر قابلیت اطمینان RCM

۴۰۲	۲۵-۱ مقدمه - معرفی
۴۰۶	۲۵-۲ تعاریف
۴۰۷	جدول اطلاعات RCM
۴۰۸	شاخص‌های قابلیت اطمینان
۴۰۹	وظایف
۴۱۱	شکست‌ها
۴۱۳	۲۵-۳ تجزیه و تحلیل علت‌های وقوع و اثرات شکست‌ها
۴۲۱	۲۵-۴ گروه‌بندی تجهیزات در فرایند RCM
۴۲۵	۲۵-۵ انواع عملیات نت (تعمیراتی)
۴۳۱	۲۵-۶ تصمیم‌گیری برای اجراء پیشگیرانه یا تغییر (بهبود) طرح سیستم
۴۳۵	۲۵-۷ اجراء عملیات نت براساس برنامه‌های RCM
۴۳۵	۲۵-۸ هزینه‌های احتمالی (مورد انتظار) خرابی‌ها در مقابل هزینه‌های اقدامات پیشگیرانه (PM)

فصل ۲۶: سیستم مدیریت رایانه‌ای نت (CMMS)

۴۳۹	۲۶-۱ مقدمه - معرفی
۴۴۰	تعاریف
۴۴۰	خدمات قابل دریافت
۴۴۲	اهداف
۴۴۴	نصب و اجراء سیستم CMMS

فصل ۲۷: ارزیابی عملکرد نگهداری و تعمیرات

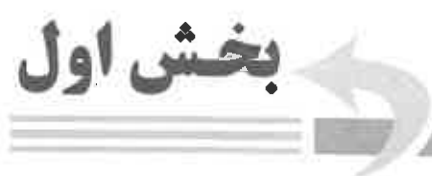
۴۴۷	۲۷-۱ مقدمه
۴۴۸	۲۷-۲ اثربخشی کلی تجهیزات
۴۵۴	۲۷-۳ تفسیری در خصوص شاخص اثربخشی کلی تجهیزات (OEE)
۴۵۴	۲۷-۴ سایر شاخص‌های ارزیابی عملکرد

بخش چهارم: ضمائم

ضمیمه‌ها

۴۶۱	ضمائم ویژه تمرین‌ها و پاسخ‌های مربوط به فصل ۲۳
۵۰۱	ضمائم (جدول اقتصاد مهندسی)
۵۱۷	فهرست مراجع

بخش اول



سازمان، تشکیلات، عملیات

مدیریت فنی

(حفاظت فنی، تروکتولوژی)

۱-۱ تعریف سیستم

یک سیستم را می‌توان به صورت "مجموعه‌ای از عناصر که برای انجام ماموریت و یا رسیدن به هدف خاصی با کمیت و کیفیت معلوم، طراحی و ساخته شده و با ترتیب معینی با یکدیگر ترکیب شده‌اند"، تعریف نمود. برای مثال، یک شبکه سراسری مخابراتی در یک کشور، یک کارخانه تولیدی، یک شرکت هواپیمائی، یک ماشین تولیدی منفرد، و حتی یک وسیله ساده و کوچک نظیر قلم خودنویس نمونه‌هایی از هزاران نمونه قابل بیان در چهارچوب تعریف بالا می‌باشند.

عناصر تشکیل‌دهنده سیستم به نحوی که در این مباحث موردنظر خواهند بود به دو بخش اصلی قابل تقسیم می‌باشند:

۱- هسته اصلی^۱، شامل عناصر اجراءکننده ماموریت

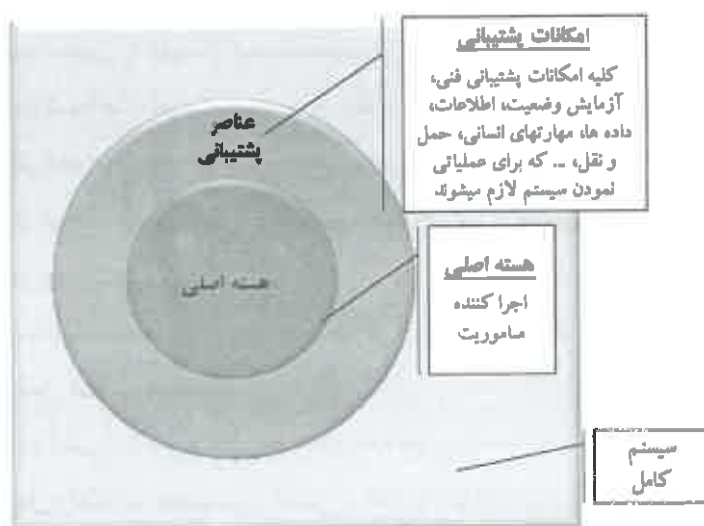
۲- عوامل و امکانات پشتیبانی^۲، شامل وسائل و امکانات بررسی و آزمایش شرایط فنی و تکنولوژیکی، ابزار نگهداری و تعمیرات، قطعات یدکی، اسناد و مدارک فنی نظیر نقشه‌ها، دستورالعملهای نگهداری و تعمیر و بهره‌برداری، ... و پرسنل آزموده و آماده برای به کارگیری روشها ...

1- Prime Mission Equipment

2- Support (Logistics)

توجه به این نکته لازمست که در صورتیکه از یک سیستم تنها هسته اصلی مورد ملاحظه قرار گیرد، و عوامل و امکانات پشتیبانی برای سیستم فراهم نباشد، آنگاه گواینکه ممکنست هسته اصلی از عهده اجراء ماموریت برآید، ولی این ماموریت نمی‌تواند در کمیت معلوم و از پیش تعیین شده، و با کیفیت مشخص و از پیش تعیین شده‌ای توسط هسته اصلی اجراء گردد.

برای مثال، در یک سیستم هواپیمائی، هسته اصلی عبارت از هواپیما است که در آسمان ماموریت پرواز و انتقال بار و یا مسافر را انجام می‌دهد. برای هسته اصلی امکان‌پذیر نخواهد بود که بدون برخورداری از امکانات پشتیبانی نظیر بازرسیهای فنی، تعمیرات پیشگیری، تعویض قطعات، ... ماموریت‌های خود را با کمیت معین (مثلاً چند سال) و با کیفیت معین (مثلاً برخورداری از ایمنی و قابلیت اطمینان کافی) به انجام برساند. در شکل ۱-۱، یک سیستم که از دو زیرمجموعه "هسته اصلی" و "امکانات پشتیبانی" تشکیل شده است نشان داده شده.



شکل ۱-۱

یک سیستم متشکل از هسته اصلی و امکانات پشتیبانی

تاریخ صنعت نشانگر این حقیقت است که در گذشته‌های نه چندان دور، از یک سیستم تنها هسته اصلی، بدون در نظر گرفتن عوامل و مسائل پشتیبانی طراحی و ساخته شده، و

رسیدگی به احتیاجات پشتیبانی سیستم پس از نصب و راه‌اندازی، و احياناً به کارگیری سیستم، در لحظه وقوع اولین رکورد مورد توجه واقع شده.

در این شرایط در موارد زیاد مشاهده گردیده که بین عناصر تشکیل دهنده هسته از نظر عوامل پشتیبانی سازگاری کافی وجود نداشته، و هسته اصلی در موقعیتی که مورد بهره‌برداری قرار گرفته، قابلیت قبول امکانات پشتیبانی را نداشته است.^۱ شاید احتیاج مہرم به رسیدن به هدف، و شوق دستیابی سریع به نتیجه قابل حصول از ابداع و اکتشاف تا اندازه زیادی در این امر تأثیرگذار بوده و باعث شده است که در لحظات طراحی و ساخت تجهیزات، مسائل و عوامل پشتیبانی مورد توجه کافی واقع نشده، یا به طور کلی مورد اغماض قرار گیرند.^۲

در سالهای اخیر، در مراحل پیشرفته این موضوع مورد توجه واقع شده که عناصر و عوامل پشتیبانی (جیستیک) به عنوان جزئی غیر قابل تفکیک از یک سیستم تعریف شوند. در چهارچوب این تعریف لازمست از همان لحظه که فکر و تصور ایجاد یک سیستم مطرح می‌شود، همراه و همگام با طراحی، ساخت، نصب و راه‌اندازی هسته اصلی، امکانات پشتیبانی نیز به صورتی سازگار و متعادل با هسته اصلی، مراحل طراحی، ساخت، نصب و راه‌اندازی را طی نمایند.

۱-۲ تروتکنولوژی

گفته شد که در مراحل طراحی یک سیستم، علاوه بر در نظر گرفتن عواملی نظیر ظرفیت تولید، یا هزینه‌های تولید، نصب و بهره‌وری از سیستم، عوامل با اهمیت دیگری که لازمست همگام و سازگار با عوامل تولیدی موردنظر قرار گیرند در پاسخگویی به سؤالات زیر قابل تعریف می‌باشند:

۱- مثال روشن پیچ و مهره‌های غیر استاندارد روی ماشینها است که با آچارهای استاندارد قابل باز و بسته شدن نیستند یا قطعات به صورتی روی ماشین نصب شده‌اند که دسترسی به آنها برای تعمیر یا تعویض وقت‌گیر و پرزحمت است. یا قطعات برآحتی قابل خرید یا تعمیر نیستند.

۲- احتمالاً "جیمزوات" (James Watt) در طراحی و تولید اولین ماشین بخار بیشتر به این هدف متکی بود که وسیله‌ای را ایجاد کند که توسط آن امکان تبدیل انرژی حرارتی به انرژی مکانیکی فراهم باشد. در اهداف "وات" شاید ساخت وسیله‌ای که بتوان در صورت خرابی به راحتی و با امکانات ساده و کم خرج به تعمیر آن پرداخت گنجانیده نشده بود.

- ۱- تجهیزات چگونه طراحی و تولید شوند که عمر اقتصادی بیشتری داشته باشند و بتوان به راحتی و با هزینه کم آنها را نگهداری و تعمیر نمود؟
- ۲- در دوران بهره‌برداری از تجهیزات چگونه عمل شود که تجهیزات خرابی کمتری داشته باشند، و سرعت فرسودگی آنها در حدودی اقتصادی و قابل کنترل باشد؟

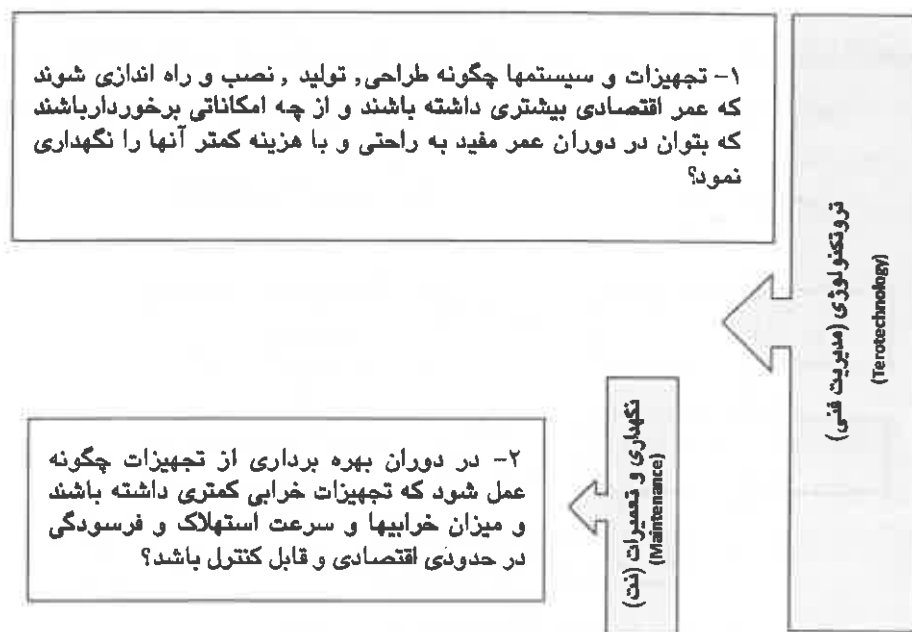
توجه به دو عامل بالا مخصوصاً عامل اولی تا اوایل نیمه دوم قرن بیستم مورد اغماض واقع شده. تنها از نیمه دوم قرن بیستم، به علت بالا رفتن سطح دانش و تکنولوژی، و پیچیدگی طرح و حرکات ماشین‌آلات، و هزینه‌های سنگینی که در اثر رکودهای غیرمنتظره ماشینها به سیستمهای صنعتی تحمیل می‌شود، موضوع مورد توجه واقع شد و عنوانی جدید از فعالیتهای را به صورتی مشخص و قابل تعریف در چهارچوب فعالیتهای لازم در طراحی سیستمها باز نمود.

مجموع فعالیتهائی که پاسخگوی دو سؤال بالا باشند در سالهای اخیر در صنعت جهانی، تروتکنولوژی (*Terotechnology*) نامیده می‌شود.^۱ در این کتاب این رشته از فعالیتهای به همین نام، یا به واژه "مدیریت فنی" خوانده خواهد شد. (شکل ۱-۲)

فعالیتهای ردیف دوم که مربوط به دوره بهره‌برداری از ماشین است، در فرهنگ صنعتی کشور ما عناوینی نظیر "تعمیرات" و "تعمیرات و نگهداری" را بخود گرفته‌اند. در سالهای اخیر در ایران رسم بر این بوده که این دسته از فعالیتهای (در راستای مقدم داشتن امور "نگهداری" به امور "تعمیرات بعد از خرابی")، به عبارت "نگهداری و تعمیرات" نام برده شوند. در این کتاب نیز همواره از عبارت "نگهداری و تعمیرات" استفاده شده و در مراحل از اصطلاح نت به کسر اول، با الهام گرفتن از حروف اول کلمات "نگهداری" و "تعمیرات" استفاده شده.^۲

۱- این واژه از ترکیب کلمه یونانی *terin* به معنای نگهداری یا حفاظت و کلمه *technology* به معنای دانش فنی، یا "فن" به وجود آمده و بنابراین ترجمه تحت اللفظی آن "دانش حفاظت فنی" یا به خلاصه "حفاظت فنی" می‌شود.

۲- معادل انگلیسی این واژه نیز کلمه *Maintenance* می‌باشد که مفهومی نزدیک‌تر به کلمه نگهداری را در مقایسه با کلمه تعمیر در بردارد.



شکل ۱-۲

ارتباطات نت با تروتکنولوژی

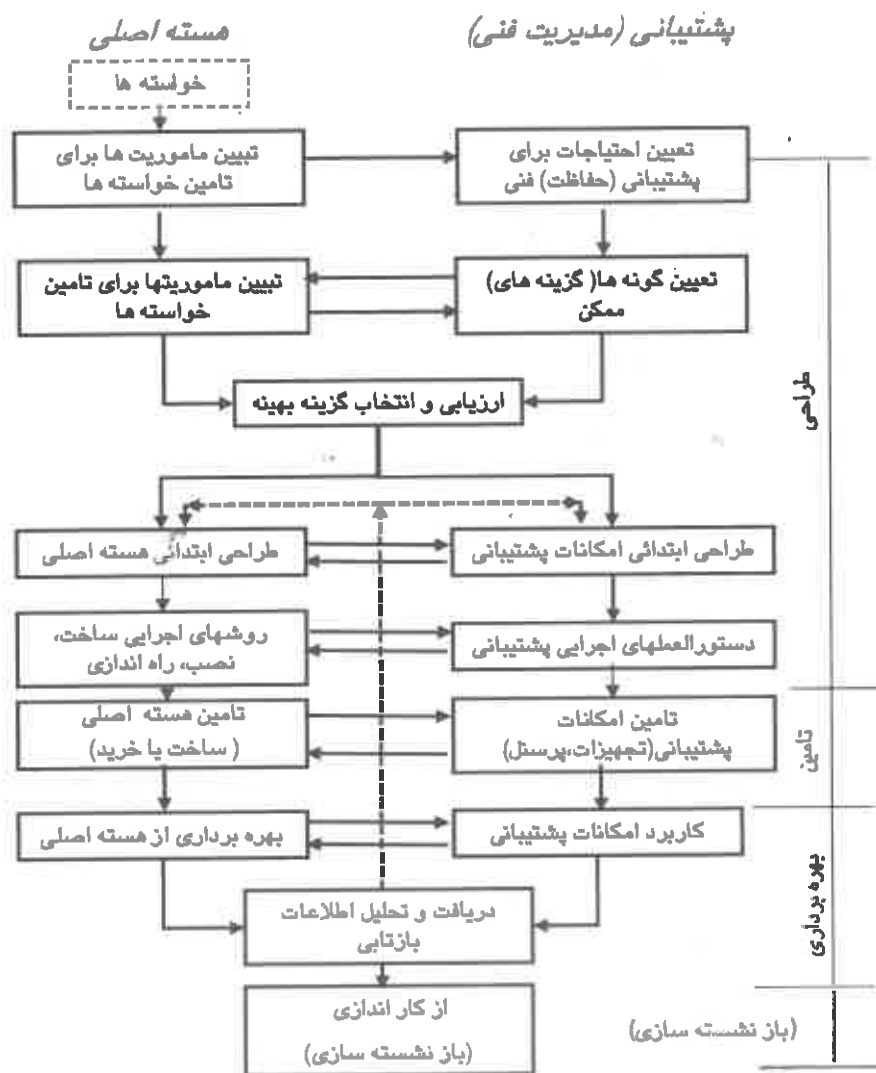
لزوم توجه به مسائل محافظت فنی از دستگاهها و برقراری سیستم منظمی که با مدیریتی متشکل، به امور نگهداری دارائیهای فیزیکی (شامل ماشین آلات تولیدی، تجهیزات، تأسیسات و ساختمانها، ...) رسیدگی نماید هم اکنون در جهان صنعتی به حد کافی احساس می شود. در جهت بهبود بازدهی تولید و کارآئی تجهیزات، لازمست فعالیتهای مدیریت فنی (تروتکنولوژی) در مراحل طراحی، ساخت، نصب و راه اندازی و بهره برداری در سیستمهای صنعتی به عنوان یک بخش اساسی و بنیانی مورد ملاحظه قرار گیرند.

شکل ۱-۳ فعالیتهای و ارتباطات بین فعالیتهای قابل اعمال بر روی هسته اصلی و بر روی امکانات پشتیبانی را در چهار مرحله عمر یک سیستم نشان می دهد.

شایان ذکر است که به عنوان مثال، در دهه سالهای ۱۹۶۰ بر اساس تخمینهای گروه مهندسين نگهداری و تعمیرات^۱ در کشور انگلستان، هزینه های سالیانه نگهداری و تعمیرات

1- Working Party on Maintenance Engineering.

در کارخانه‌های تولید ماشین‌آلات، بالغ بر سه بلیون پاند بوده^۱، و این مبلغ بیش از جمع هزینه‌های صرف شده در سال جهت تأمین بهداشت ملی برای آن کشور بوده است.



شکل ۳-۱
مراحل ترونولوژی

۱- در این مورد به گزارش وزارت صنایع انگلیس، با کد HMSO مراجعه نمایید.

با توجه به ضایعات و هزینه‌های ناشی از عدم وجود روشهای مناسب و علمی در نگهداری و تعمیرات، و مدیریت فنی، در آوریل ۱۹۷۰ کمیته‌ای با عنوان "تروتکنولوژی" فعالیتها و مطالعات خود را در انگلستان بنا نهاد. امور تروتکنولوژی (مدیریت فنی) توسط این کمیته به شرح زیر تبیین گردید:

"تروتکنولوژی" عبارت است از ترکیبی از فعالیتهای مدیریتی، مالی، مهندسی، و سایر اموری که در راستای هزینه‌های تأمین یک سیکل عمر اقتصادی (بهینه) بر روی دارائیهای فیزیکی اعمال می‌شوند. تروتکنولوژی مشخصات فنی و طراحی کارخانه، ماشین‌آلات، ساختمانها و ساختارهای فیزیکی را از نظر قابلیت اطمینان^۱ و قابلیت تعمیر (تعمیرپذیری)^۲ مورد ملاحظه قرار داده، و در دوران نصب، و راه‌اندازی و بهره‌برداری از آنها، مسائل نگهداری و تعمیر و بهسازی را زیر نظر داشته و تا لحظه جایگزینی ادامه می‌یابد.

امور اطلاعات بازتابی (Feed - back) نیز در مورد مسائل طرح، کارآئی، و هزینه‌های سیستم، در چهارچوب تروتکنولوژی موردنظر قرار می‌گیرد.^۳

دامنه گسترده امور مدیریت فنی (تروتکنولوژی)، و نحوه تفکری که در این نظریه وجود دارد از تعریف بالا و بسیاری تعاریف که در مؤسسات وابسته به این رشته از فعالیتهای صنعتی رایج است قابل تشخیص است. در پاسخگویی کامل به مسائل مدیریت دارائیهای فیزیکی یک صنعت، تنها توجه به مسائل فنی و عملیات تعمیر بعد از خرابی کافی نخواهد بود.

در این امور لازم است مجموعه فعالیتهای لازم شامل امور طرح و برنامه‌ریزی، تخصیص منابع، تدوین سیاستها و روشهای عملیاتی، جمع‌آوری اطلاعات بازتابی و تحلیل اطلاعات به منظور بهسازی طرحها، برنامه‌ها و روشهای تدوین شده با هدف افزایش کارآئی و بازدهی سرمایه موردنظر باشد. این فعالیتها از لحظه‌ای که تفکر ایجاد سیستم مطرح می‌شود شروع شده و تا زمان پایان کار سیستم و بازنشسته‌سازی آن ادامه می‌یابد.

1- Reliability

2- Maintainability

۳- تعریف تروتکنولوژی در مجموعه واژه‌های فنی به شماره B.S 3811-1974 (استانداردهای انگلیسی) ثبت گردید.

۳-۱ اهداف مدیریت فنی

در اینجا علاوه بر تعریف ارائه شده توسط کمیته تروتکنولوژی (قسمت ۱-۲)، نمونه‌هایی از تعاریف ارائه شده توسط سایر جوامع صنعتی در مورد سیستم‌های مدیریت فنی در صنایع آورده می‌شوند:

- مجموعه عملیاتی که جهت نگهداری دستگاهها (دارائیهای فیزیکی) در شرایط قابل قبول و یا تغییر آنها به شرایط قابل قبول اعمال می‌شود.^۱
- فعالیت در زمینه حصول اقتصادی‌ترین راه صرف هزینه جهت بهره‌برداری و بهسازی تجهیزات.^۲

در چهارچوب تعاریف بالا، سازمانهای مدیریت فنی می‌توانند اهداف زیر را مورد نظر داشته باشند:

- ۱- بالا بردن عمر مفید دارائیهای فیزیکی (ماشین آلات، ساختمانها، ...)
- ۲- اطمینان از حصول اقتصادی‌ترین شرایط بهره‌برداری از دارائیهای فیزیکی
- ۳- اطمینان از آماده بودن کلیه تجهیزات اضطراری نظیر سیستم‌های آتش‌نشانی، برق اضطراری، ...
- ۴- فراهم آوردن شرایطی که ایمنی کلیه کارکنان را ضمن استفاده و بهره‌برداری از تجهیزات تأمین می‌نماید.

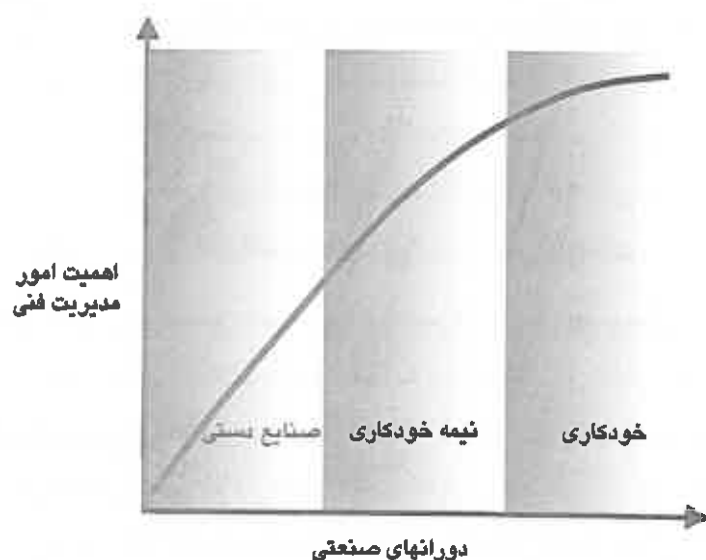
۴-۱ جایگاه امور مدیریت فنی در صنایع

روندی را که صنایع جهانی، و در نتیجه صنایع در حال تأسیس در ایران در نظر گرفته‌اند موردنظر قرار می‌دهیم. با پیشرفت زمان، پیچیدگی در طرح ماشین‌آلات، و نسبت "خودکاری" (Automation) در آنها افزونی قابل توجهی یافته و این امر باعث می‌شود که بسیاری از مهارت‌های موردنیاز که قبلاً به عهده کارکنان خطوط تولید بوده، به عهده ماشین واگذار شود.

۱- مؤسسه استانداردهای انگلیس

۲- سخنرانی آقای Louis Tripet سرپرست مؤسسه نگهداری و تعمیرات صنایع فرانسه- کنگره چهارم نگهداری و تعمیرات- لندن

در مقابل، همگام با پیچیده‌تر شدن طرح و ساختار سیستم‌های صنعتی و بالا رفتن عامل وابستگی بین مراحل تولید یک محصول و خودکار شدن عملیات تولیدی، میزان احتیاج به مهارت‌های کارکنان نگهداری و تعمیرات (نت) نیز افزایش می‌یابد.



شکل ۴-۱

روند افزایش اهمیت امور مدیریت فنی (نت).

نیاز به مهارت‌ها و تخصص‌های بالا برای کارکنان نگهداری و تعمیرات، پرداخت دستمزدهای بیشتری را الزامی می‌نماید. همچنین افزایش قیمت‌های ماشین‌آلات و حجم قابل توجه سرمایه‌گذاریها برای تأسیس واحدهای صنعتی و بالا بودن قیمت‌های قطعات یدکی، مخصوصاً در شرایط الزام به تهیه این قطعات از کشورهای خارجی، همگی نشانگر این حقیقتند که با پیشرفت زمان، جایگاه امور مدیریت فنی و نگهداری و تعمیرات در نمودارهای سازمانی در صنایع (و در سیستمهای تولید خدمات) سیر صعودی داشته و این امور جزء ارکان اصلی و اساسی در اداره صنعت منظور خواهد گردید. روند افزایشی اهمیت نقش و وظایف امور مدیریت فنی در مقابل پیشرفت زمان در نمودار شکل ۴-۱ نشان داده شده. دلایل عمده روند افزایشی اهمیت امور نگهداری و تعمیرات (نت) و مدیریت فنی در صنایع در مقابل پیشرفت زمان به این شرح خلاصه می‌شود:

- ۱- حرکت سریع صنایع در جهت "خودکاری" که در نتیجه احتیاج کمتری را به مهارت‌های امور تولید ایجاد نموده، ولی احتیاج به مهارت بیشتر کارکنان نت و مدیریت فنی را در جهت توانائی در مراقبت و تعمیر تجهیزات الزامی می‌نماید.
- ۲- بالا رفتن حجم سرمایه‌گذاریها و سرعت تولید، و در نتیجه بروز خسارات زیاد به سیستم تولیدی در اثر رکورد تولید به علت خرابیهای اضطراری.
- ۳- بالا رفتن قیمت قطعات یدکی و قیمت اولیه ماشین آلات که احتیاج به روشهای صحیح و بهینه مدیریت بر دارائیهای فیزیکی و کنترل سرعت استهلاك و هزینه‌های نگهداری و تعمیرات را الزامی می‌نماید.

برای نشان دادن روند افزایشی اهمیت و نقش امور فنی در صنایع به این نکته اشاره می‌شود که بر اساس آمار و اطلاعات در مورد تجزیه و تحلیل نیروی انسانی به کار گرفته شده در خطوط مونتاژ، در سالهای دهه ۱۹۶۰ تعداد کارکنان نت (نگهداری و تعمیرات)، در یک خط مونتاژ عبارت از یک نفر در مقابل ۲۲ نفر کارکنان تولیدی بوده است (۴/۵ درصد) و این نسبت در دهه ۱۹۷۰ در خطوط مونتاژ به ۹ نفر کارکنان نت در مقابل ۵ نفر کارکنان تولیدی (۱۸۰ درصد) افزایش یافته است.

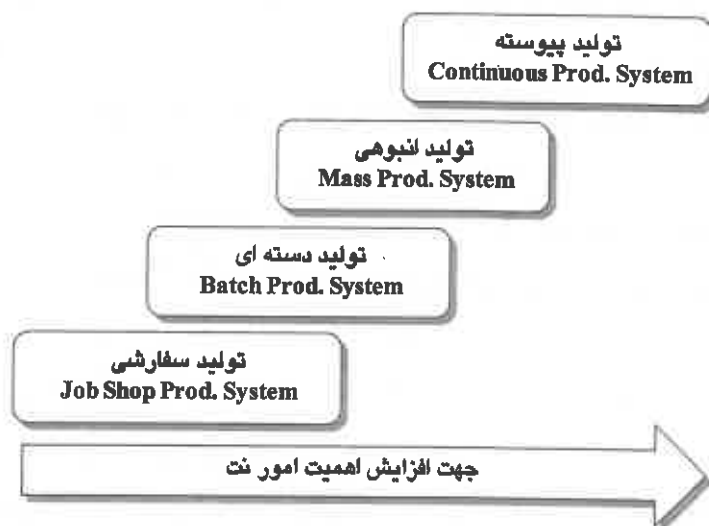
بدیهی است ساختار جریان عملیات تولیدی، پیوسته بودن یا نبودن فرآیند تولید و بسیاری عوامل دیگر که در آینده مورد بحث قرار خواهند گرفت می‌توانند در نسبت فعالیت‌های مدیریت فنی (نگهداری و تعمیرات)، در مقایسه با فعالیت‌های تولیدی در یک صنعت تأثیرگذار باشند.

در صورتی که در یک طبقه‌بندی کلاسیک، سیستم‌های تولیدی رایج در صنعت به چهار طبقه تولید پیوسته، انبوهی، دسته‌ای، و سفارشی تقسیم‌بندی شوند^۱، جهت افزایش پیچیدگی در روشهای انجام خدمات مدیریت فنی و حجم خدمات لازم در این زمینه، مطابق نمودار نشان داده در شکل ۱-۵ خواهد بود.

علل پیچیدگی امور نت در سیستم‌های تولیدی پیوسته در مقایسه با سایر سیستم‌های تولیدی به شرح صفحه بعد خلاصه می‌شوند:

۱- انواع سیستم‌های تولیدی در قسمت ۴-۲ به اختصار توضیح داده شده‌اند.

- ۱- پیوستگی خط تولید، و در نتیجه رکود در مراحل دیگر تولید در اثر از کار افتادگی یکی از زیر سیستم‌ها.



شکل ۵-۱

مقایسه پیچیدگی خدمات مدیریت فنی در سیستم‌های مختلف تولیدی

- ۲- کار یکنواخت شبانه‌روزی که وجود گروه‌های آماده به کار نگهداری و تعمیرات را در تمام ساعات و در ایام تعطیل الزامی می‌نماید. بدیهی است دسترسی سریع به خدمات مهندسی و سرپرستی و خدمات پشتیبانی نظیر دسترسی به نقشه‌ها و قطعات یدکی، و ... در ساعات غیر روز و در ایام تعطیل مشکل و در برگیرنده هزینه خواهد بود.
- ۳- وجود تعداد بسیار کم افراد قسمت تولید در نزدیکی و اطراف دستگاه‌ها که امکان دریافت پیام‌ها و علائم اخطار در مورد خرابی ماشین‌ها (نظیر صداها و لرزش‌های غیرطبیعی، درجه حرارت‌های غیرطبیعی، نشستی مواد، شکستگی، انفجار، ...) را کاهش می‌بخشد.
- ۴- وسعت سطح کارگاه‌ها و فواصل زیاد بین کارگاه‌ها که امکان انتقال پیام‌های حضوری و در ضمن امکان دریافت سریع خدمات اضطراری را کاهش می‌دهد.

- ۵- عدم وجود تشابه بین تجهیزات خط تولید و عدم وجود اشتراک زیاد در طرح تجهیزات و در نتیجه بالا رفتن حجم انبار قطعات یدکی، تنوع سرویسها و احتیاج به مهارتها و آموزش کارکنان جهت آشنائی آنان به نحوه کارکرد، تعمیر و سرویس یک به یک ماشین آلات به طور مجزا.
- ۶- عدم وجود ماشین آلات مشابه در سطح ناحیه (شهر- استان- کشور، ...) که در نتیجه امکان دریافت سرویسهای فنی را از مؤسسات خارج از صنعت کاهش می‌دهد.
- ۷- عدم وجود سیستمهای یدکی (در اغلب موارد) در کنار سیستمهای مشغول به کار که در نتیجه عامل "اضطراب" را در صورت بروز خرابی و از کارافتادگی به شدت افزایش می‌دهد. بدیهی است نصب سیستمهای یدکی، حتی برای ماشین آلات کلیدی و موقعیتهای "کلوگاهی" به علت بالا بودن سرمایه‌گذاری لازم نمی‌تواند همیشه مقرون به صرفه باشد.
- ۸- احتیاج به کنترل دقیق عوامل فیزیکی و شیمیایی در خط تولید (نظیر حرارت، فشار مایعات و گازها، سرعت جریان، نسبت اختلاط، میزان اسیدیته، یا قلیایی بودن ...) که در نتیجه دقت در تنظیم و کار دقیق سیستمهای کنترل عوامل فیزیکی و شیمیایی را الزامی می‌نماید. (امور ابزار دقیق)
- ۹- وجود مقادیر زیاد مواد در داخل ماشین‌آلات که در صورت رکود ماشین، یا عدم انجام مأموریت صحیح توسط ماشین امکان ایجاد خسارت در اثر ضایع شدن مواد را افزایش می‌دهد.
- ۱۰- وجود مواد مذاب (مثلاً فلز مذاب) در داخل سیستمهای تولیدی که در صورت خرابی ماشین و سیستمهای انتقال و انجماد فلز در مسیر، تخلیه فلز منجمد را مستلزم صرف وقت و هزینه زیاد می‌نماید.
- ۱۱- وجود مواد با حرارتهای بالا و دارای خواص خوردندگی، چسبندگی، ... که روند فرسایش تجهیزات را افزایش می‌دهد.
- ۱۲- وجود انواع عوامل ایجادکننده خطرات جانی برای کارکنان (درجه حرارتهای بالا، نیروی برق، صدا، ارتفاع، گازهای سمی، ...) که یکی از وظایف عمده امور مدیریت فنی را که فراهم کردن امکانات ایمنی برای کارکنان است به شدت دشوار می‌سازد.

با توجه به مراتب ذکر شده باید اذعان نمود که در سیستم‌های تولید پیوسته، مخصوصاً در صنایع تولید فلزات، موقعیت امور نگهداری و تعمیرات حداقل در سطوحی همسان با امور تولید قرار می‌گیرد. از نظر نسبت تعداد کارکنان قسمت نت به سایر کارکنان همانگونه که اشاره شد دیده شده است که در خطوط تولید پیوسته، در مواردی تعداد کارکنان امور مدیریت فنی (نت-مهندسی-انبار قطعات یدکی) حتی تا ۵۰ درصد کل کارکنان صنعت را تشکیل داده است^۱. بدیهی است عوامل و شرایط محیط حاکم بر صنعت در تعیین نسبت ذکر شده در بالا می‌توانند اثرات قابل توجهی داشته باشند، و بنابراین، این نسبت می‌تواند از حدود ۱۵ تا ۳۰ درصد متغیر باشد. عواملی که در تعیین سطح نیروی انسانی لازم می‌توانند تأثیرگذار باشند عبارتند از:

۱- امکان دریافت بعضی از سرویسهای فنی از پیمانکاران خارج از صنعت.

۲- دسترسی به قطعات یدکی از بازار نزدیک.

۳- هماهنگی و تناسب طرح کارخانه و ماشین‌آلات و کیفیت کارکرد آنها (قابلیت اطمینان، تعمیرپذیری، ...) و وجود عامل یکسانی (استاندارد با اشتراک طرح) بین ماشین‌آلات.

۴- فرهنگ صنعتی کارگران خط تولید و میزان دلبستگی و دلسوزی آنها به صنعت در جهت استفاده صحیح از دستگاهها، و دقت در محافظت از تجهیزات.

۵- فرهنگ صنعتی و سطح آموزش کارکنان نت و کاربرد بهینه نیروی انسانی در انجام فعالیتهای نت.

۶- سیستم مدیریت فنی تعیین شده برای صنعت، از نظر سطح تمرکز در ارائه خدمات فنی (ر.ک. به قسمت ۵-۱)

۵-۱ امور فنی در نمودارهای سازمانی

در کمتر شرایطی ممکن است بتوان نمودارهای سازمانی را به صورت ثابت و از پیش تعیین شده برای انواع صنایع تعریف نموده، یا در تشکیلات سازمانی یک صنعت نوین، نمودارهای سازمانی صنایع مشابه را تکرار نمود. عوامل متعدد، از جمله شرایط صنعتی،

۱- روشن است در شرایط وجود خودکاری کامل با توجه به عدم حضور کارکنان تولید در خط، این نسبت‌ها قابل تعریف نیستند.

فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی، همچنین سطح دسترسی به افرادی با صلاحیت‌ها و خصوصیت‌های مورد خواست، و حتی عوامل طبیعی و شرایط جوی محیط نیز می‌توانند در ساختار نمودار سازمانی مناسب برای یک صنعت تأثیرگذار باشند.

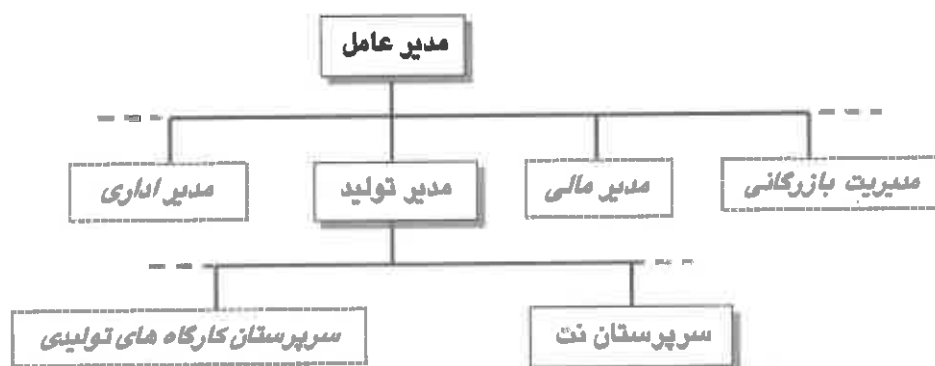
با این همه، علیرغم وجود اثرات عوامل ذکر شده، خطوط اصلی یک نمودار سازمانی، با توجه به سیستم صنعتی موردنظر تا حدودی مشخص و قابل ترسیم می‌باشند. در یک حالت عمومی و کلی باید گفت، عامل بهره‌برداری از تجهیزات یک صنعت عمدتاً بر دو تکیه‌گاه "امور مدیریت تولید" و "امور مدیریت فنی" استوار است.



شکل ۶-۱

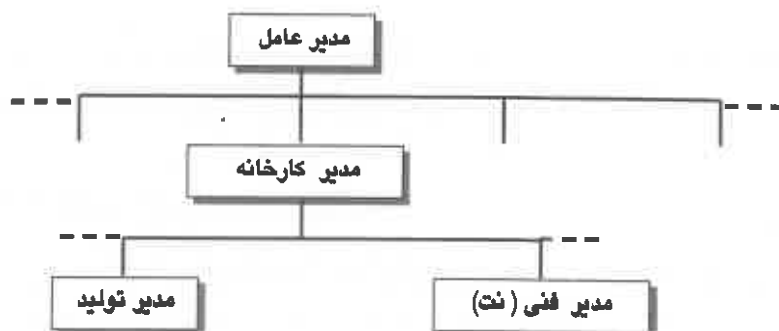
موقعیت خدمات مدیریت فنی در سازمان‌های صنعتی

به عنوان نمونه‌های مناسب و رایج، در شکل‌های ۷-۱ تا ۹-۱، موقعیت بخش مدیریت فنی (یا نگهداری و تعمیرات)، و خطوط ارتباطی این بخش با سایر بخش‌های معمول، و با مدیریت سازمان نشان داده شده.



شکل ۷-۱

نمودار روابط سازمانی نگهداری و تعمیرات با سایر بخش‌های صنعت (کارخانجات کوچک)



شکل ۸-۱

نمودار روابط سازمانی مدیریت فنی (نت) با مدیریت تولید و مدیریت کارخانه (کارخانجات متوسط)



شکل ۹-۱

نمودار روابط سازمانی مدیریت فنی (معاونت) با مدیریت کارخانه و مدیریت تولید (کارخانجات بزرگ)

۶-۱ عناوین منتسب به مسئولیتهای نگهداری و تعمیرات / مدیریت فنی

لازم به توضیح است که عناوین منتسب به مسئولین و سرپرستانی که وظیفه "حفاظت فنی" یا "مدیریت فنی" دارائیهای فیزیکی را در یک سازمان صنعتی به عهده دارند، در آئین نامه ها و شرح وظایف و نمودارهای سازمانی به صورت های گوناگون ذکر شده، و هنوز اصطلاح یا عبارت واحدی را به خود اختصاص نداده است. عناوینی مانند "سرپرست نگهداری و تعمیرات" (برای کارخانجات کوچک)، و "مدیریت فنی" یا "سرپرست امور فنی" (برای کارخانجات متوسط و بزرگ)، با توجه به دامنه مسئولیتهای و وظایف می توانند عناوین مناسبی باشند^۱.

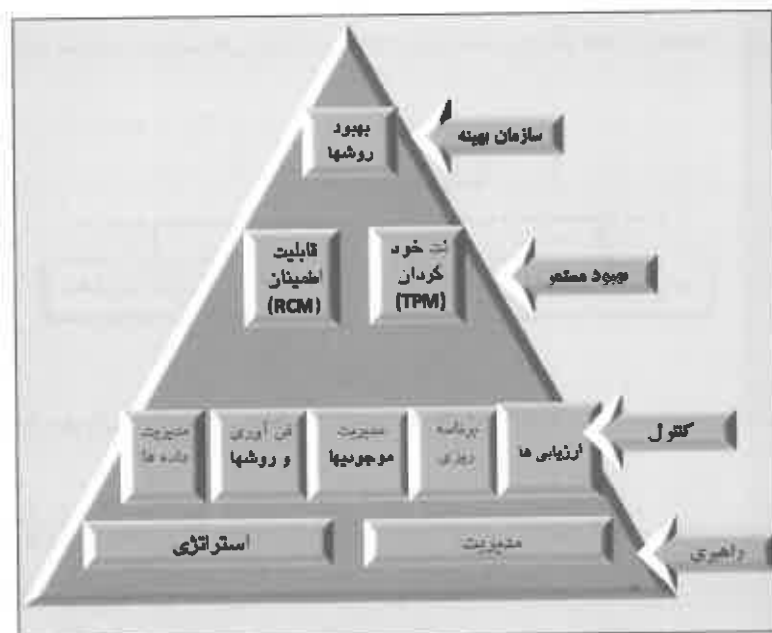
۱- شاید از علل اساسی وجود تنوع در عنوانها این حقیقت است که تا چند سال اخیر اصولاً کادر متمایز و دارای شرح وظایف مشخصی در مسئولیتهای نگهداری و تعمیرات در اغلب صنایع وجود نداشته. در کشورهای انگلیسی زبان نیز عناوین متفاوتی نظیر:

Chief Engineer, Plant Engineer, Maintenance Engineer, Maintenance Manager ...

در هر حال علیرغم وجود تنوع در اصطلاحات و عناوین به کار گرفته شده، حدود مسئولیت‌های وابسته به این عناوین سازمانی می‌تواند تقریباً یکسان باشد.

۷-۱ هرم تعالی (بهینه) سازمان‌های نت

در شکل ۱۰-۱ هرم تعالی (بهینه) سازمانهای نت نشان داده شده است. فعالیتهای سازمانی نت در این ساختار شامل راهبری، کنترل، بهبود مستمر، و نهایتاً دستیابی به حالت بهینه (تعالی) می‌باشد.



هرم تعالی (بهینه) در سازمان نگهداری و تعمیرات

برگرفته شده از:

Uptime. Strategies for Excellence in Maintenance Management.
John D. Campbell. Productivity Press.

شکل ۱۰-۱

هرم تعالی بهینه در سازمان نگهداری و تعمیرات

ادامه پاورقی از صفحه قبل Technical Manager, Maintenance Superintendent, Works Services Manager
به این مسئولیتها داده شده. تعیین معیارها و تبیین کاربردهای عناوینی نظیر رئیس، مدیر، سرپرست، مسئول، ... در ایران می‌تواند قدمی مفید در جهت مدون ساختن این عناوین برای صنایع مملکت باشد.

راهبری

فعالیت‌های راهبری عبارت از تهیه برنامه استراتژی سازمان، در برگیرنده بیانیه‌های چشم‌انداز و رسالت‌های بخش‌ها در چارچوب استراتژی‌های کل سازمان می‌باشد. تعیین و تعریف عوامل چهارگانه قوت‌ها و ضعف‌های درونی سازمان و فرصت‌ها و تهدیدهای حاکم بر محیط سازمان در مسیر برنامه‌ریزی استراتژیک مطرح هستند. علاوه بر برنامه‌ریزی استراتژیک بخش‌ها، مدیریت بر منابع انسانی در جهت دستیابی به چشم‌انداز و اهداف استراتژیک از فعالیت‌های بخش راهبری می‌باشد.

کنترل

شامل عملیات و فعالیت‌های لازم در جهت دستیابی به اثربخشی و بازدهی قابل قبول تجهیزات در طول عمر مفید آنها است. این عملیات عبارتند از:

- مدیریت صحیح در طبقه‌بندی، به روزسانی و نگهداری و توزیع آمار و اطلاعات.
- دستیابی به دانش فنی و ابزار آلات متناسب برای عملیات اجرایی
- مدیریت کامل شامل برنامه‌ریزی و کنترل موجودی‌های قطعات یدکی، ابزار و لوازم مصرفی

- برنامه‌ریزی و برنامه‌بندی زمانی فعالیت‌های اجرایی
- ارزیابی عملکرد بخش‌ها با استفاده از شاخص‌های مناسب نظیر "اثربخشی کل یا جامع" تجهیزات

بهبود مستمر

فعالیت‌های بهبود مستمر در نگهداری و تعمیرات عبارتند از:

- حرکت به سمت عملیات پیشگیرانه به جای اقدامات عکس‌العملی بعد از خرابی تجهیزات. از ساختارهای موفق و نیز متناسب با شرایط ایران، حرکت به سوی برنامه‌های "نت بهره‌ور فراگیر"^۱ در این برنامه، توجه به منابع انسانی بخش‌ها، و نیز جلب همکاری اجرائی بخش‌های تولیدی و مدیریت در پیشبرد عملیات و دستیابی به اهداف نت از اهم اقدامات می‌باشد.

- حرکت در جهت تعیین مبانی و سطوح مناسب قابلیت اطمینان تجهیزات و برنامه‌ریزی عملیات نت به صورتی مشخص برای هر یک از تجهیزات. این عملیات "متکی و متمرکز بر سطوح قابلیت اطمینان"^۱ موردنظر برای هر یک از تجهیزات تعیین می‌شوند.

دستیابی به سطح بهینه (تعالی) در سازمان نت

در این سطح از فعالیتها، استفاده از روشهای مهندسی مجدد به منظور دستیابی به بهبودهای اثربخش و جهشی در روشهای مدیریتی، کنترلی، و اجرایی مطرح می‌باشد. هدفهای موردنظر در این سطح از فعالیتها، شامل دستیابی به سطوح برتر بهره‌وری و کارآئی در عوامل اصلی تحت کنترل بخش نت نظیر "اثربخشی کلی تجهیزات"^۲، هزینه‌ها و کیفیت عملکرد منابع نت می‌باشد.

بخشهای آینده کتاب به تشریح فعالیتهای سازمان نت که در این فصل به آنها اشاره شد می‌پردازد. در فصلهای پایانی کتاب، اصول و مبانی روشهای پیشرفته نگهداری و تعمیرات نظیر TPM و RCM و ساختارهای رایانه‌ای برای مکانیزه‌سازی بخش نت مورد بحث قرار خواهند گرفت.^۳

1- RCM = Reliability Centered Maintenance

2- Total Equipment Effectiveness

۳- فصلهای ۲۴ تا ۲۷ کتاب که جدیداً اضافه شده‌اند، به ترتیب به تشریح سیستمهای CMMS, RCM, TPM

(ساختارهای رایانه‌ای، ...) و نیز ارزیابی عملکرد بخش نت (شامل OEE) می‌پردازند.

شرایط فعلی نگهداری و تعمیرات و امور مدیریت فنی در صنایع ایران

۲-۱ مقدمه

آنچه که در این فصل مورد بحث قرار می‌گیرد، نتیجه یک برداشت کلی از وضعیت امور نگهداری و تعمیرات و حفاظت فنی در صنایع ایران می‌باشد. بدیهی است در صورتی که کارخانجات و صنایع مملکت براساس شرایط و کیفیت سیستم نگهداری و تعمیرات در یک طیف پیوسته در نظر گرفته شوند، در یک انتهای این طیف تعدادی (هر چند محدود) از کارخانجات و صنایع قرار می‌گیرند که "شرایط نگهداری و تعمیرات آنها" خوب و یا قابل قبول ارزیابی می‌شود.

این کارخانجات که عمدتاً شامل صنایع نفت (اکتشاف، استخراج، پالایش، انتقال)، پتروشیمی صنایع هواپیمائی، فولادسازی و بعضی از کارخانجات وابسته به سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران، ... می‌باشند، اغلب توسط سازمانهای دولتی و یا وابسته به دولت اداره می‌شوند. در این صنایع (مخصوصاً آنها که دارای سیستم تولید پیوسته هستند)، در سالهای اخیر امور نگهداری و تعمیرات مورد توجه قرار گرفته و در اغلب آنها سازمانهایی مشخص برای اجراء فعالیتهای مدیریت فنی تعیین گردیده است^۱.

۱- در تعدادی از کارخانجات برخوردار از مدیریت پیشرفته در ایران، هم اکنون پیاده‌سازی و اجراء روشهای نوین نت، نظیر TPM مورد توجه قرار گرفته است. (ر. ک به فصل ۲۴ کتاب).

در مورد این کارخانجات باید اذعان نمود که گرچه سیستم‌هایی معین برای مدیریت و کنترل امور نگهداری و تعمیرات تدوین گردیده است، نارسائی‌هایی در موضوع نگهداری و تعمیرات به چشم می‌خورد که اهم آنها به شرح ذیل خلاصه می‌شوند:

۱- عدم وجود "پویائی" در سیستم‌های تدوین شده- به عبارت دیگر، در این کارخانجات اغلب برنامه‌های تعیین شده تعمیراتی، برای مدتی طولانی بدون هیچگونه تغییر و تصحیحی به مورد اجراء درآمده و به امر "بازتاب اطلاعات" و تجزیه و تحلیل شاخص‌های کنترل برای تغییر و تصحیح برنامه‌ها توجه کافی مبذول نگردیده است^۱.

۲- عدم توجه به کاربرد صحیح و دقیق سیستم‌های موجود. (نارسائی در امور مدیریت اجرایی نگهداری و تعمیرات)

در انتهای دیگر طیف کارخانجات و صنایع ایران، تعدادی قابل توجه از کارخانجات کوچک و متوسط وجود دارند که اغلب با سرمایه‌گذاری و مدیریت بخش خصوصی اداره می‌شوند. در این کارخانجات اصولاً مسائل نگهداری و تعمیرات به امور تعمیر بعد از خرابی خلاصه می‌شوند.

در این صنایع، و در قسمت عمده‌ای از طیف کارخانجات و صنایع ایران فعالیتهای نگهداری و تعمیرات به صورت نامشخص و مخلوط با امور تولید، و یا با ارجحیت کم در نمودارهای سازمانی مشخص گردیده‌اند. فقط در مواردی امور "نت" مورد توجه قرار می‌گیرد که دستگاهی از کار افتاده و رکودی در امر تولید حاصل می‌شود. در این شرایط همگی فعالیتهای سازمان (چه گروههای مسئول، و چه افرادی با مسئولیتهای نامربوط) به صورتی در هم ریخته جهت عیب‌یابی، ساختن و یا یافتن قطعات یدکی، و راه‌اندازی مجدد دستگاه متمرکز می‌شود. پس از راه افتادن مجدد دستگاه نیز بار دیگر موضوع به فراموشی سپرده می‌شود.

کادر نگهداری و تعمیرات به طور معمول از یک یا چند مکانیک و برقکار تشکیل شده که اصولاً ارتباط سازمانی آنها در داخل تشکیلات مشخص نیست. درخواستهای کار تعمیراتی اغلب به صورت شفاهی است. در بررسی‌هایی که از یک واحد تولیدی به عمل آمد مشخص گردید که از هر ۱۰۰ درخواست کار تعمیراتی حدود ۸۰ درخواست مربوط به امور رفاهی نظیر نصب بخاری و یا کولر، نصب شیشه و تعمیر دریهای دثاتر، نصب لامپهای

۱- محدودیت‌های ورود قطعات یدکی و بعضی خدمات فنی نیز عامل مؤثر در افزایش نارسائیهای موجود بوده است.

روشنایی، و نظیر آنها بود، حدود ۱۸ درخواست مربوط به کارهای تعمیر بعد از خرابی کامل دستگاهها و رکود تولید بود، و فقط در دو مورد از کارگران تعمیرات خواسته شده بود که جهت رفع معایب قبل از خوابیدن کامل دستگاه با قسمت تولید همکاری نمایند.

چنین آماری نشان‌دهنده این حقیقت است که اصولاً هدف و مسئولیتهای "نت" در مسئولیت تعمیر بعد از خرابی خلاصه گردیده است. (به طور معمول نیز تا چند سال گذشته، فعالیتهای این قسمت به نام "تعمیرات" معروف بوده، و فقط در چند سال اخیر واژه‌های "نگهداری و تعمیرات" در عنوان این قسمت مورد استفاده قرار می‌گیرد).^۱

قطعات یدکی مربوط به دستگاهها به طور پراکنده در کارگاههای تولیدی در میز استادکاران و در مواردی در داخل جعبه آچار مسئول تعمیرات دیده می‌شود. در زمینه تعمیرات پیشگیری و بازدیدهای دوره‌ای برنامه مشخصی وجود ندارد. اسناد و مدارک فنی نظیر کارت مشخصات (شناسنامه) دستگاهها، تاریخچه و سوابق کارکرد دستگاهها، لیست قطعات یدکی، نقشه‌های مدارهای الکتریکی، هیدرولیکی، ... قابل دسترسی نیست. امور سرویس و روغنکاری دستگاهها، اغلب توسط کارگران تولیدی ولی با برنامه‌ای نامنظم انجام می‌شود. در این کارخانجات پس از رفع معایب و راه‌اندازی مجدد دستگاه موضوع خرید مجدد و ذخیره قطعه یدکی تعویض شده فراموش می‌شود، و مهم‌تر آنکه مسئله بررسی دلیل خرابی دستگاه و کوشش در جهت رفع اساسی علت خرابی موردنظر نمی‌باشد.

۲-۲ زیانهای ناشی از عدم وجود سیستم‌های مناسب نت در کارخانجات ایران

علاوه بر زیان مستقیم حاصل از رکود تولید که در اثر خرابی اضطراری ماشین آلات بر سازمانهای تولیدی تحمیل می‌شود، نکات زیر در ارتباط با ضعف تشکیلاتی سازمانهای نگهداری و تعمیرات قابل ذکر می‌باشند:

۱- پائین آمدن عمر کارکرد اقتصادی ماشین آلات (بالا رفتن سرعت/استهلاک) که اغلب از خارج از ایران خریداری شده، و سرمایه ارزی هنگفتی را در بر گرفته است.

۱- واژه "نگهداری و تعمیرات" در اولین کنگره بین‌المللی نگهداری و تعمیرات ایران در سال ۱۳۷۴ به پیشنهاد دبیر کنگره (نویسنده کتاب حاضر) به عنوان یک واژه رسمی در زبان فنی فارسی مورد تأیید قرار گرفت. حالت خلاصه شده این واژه (نت) نیز در همان اجلاس به پیشنهاد دبیر کنگره مورد تصویب واقع شد.

- ۲- احتیاج به تعویض سریع قطعات یدکی که در شرایط فعلی دسترسی به آنها مشکل بوده و قیمت‌های آنها به طور مداوم رو به افزایش است.
- ۳- ایجاد خطرات جانی برای کارکنان.
- ۴- اثرات اجتماعی کمبود تولید در شرایطی که میزان عرضه اغلب کالاهای صنعتی در بازار ایران به مراتب از میزان تقاضا کمتر است، و چنین عدم تعادلی باعث نارضایتی مردم و ایجاد بازارهای سیاه و ورود نامتعادل کالا از خارج کشور خواهد شد.
- ۵- پائین آمدن کیفیت محصولات ساخته شده.
- ۶- بالا رفتن هزینه‌های تولید و قیمت تمام شده محصول، حتی در مقایسه با محصولات مشابه تولید شده در خارج کشور.

۳-۲ علل وجود نارسائی در امور نگهداری و تعمیرات در کارخانجات ایران

با بیان شمه‌ای از شرایط و موقعیت‌های نگهداری و تعمیرات در ایران لازمست علل پندایش چنین شرایطی نیز مورد بحث قرار گیرد. اهم این علت‌ها به صورت زیر خلاصه می‌شوند:

- ۱- ایجاد یک سیستم منظم نت در کارخانجات جهان از حدود نیم قرن پیش مورد توجه قرار گرفته، و بنابراین صنایع ایران که در قرن حاضر در اغلب قریب به یقین موارد از نظر تکنولوژی و امور مدیریت فنی دارای تأخیر زمانی نسبت به صنایع پیشرفته جهان بوده‌اند، نمی‌توانسته‌اند از نظر سیستم‌های نگهداری و تعمیرات از این قاعده کلی مستثنی باشند.

- ۲- مهندسین و مسئولین نگهداری و تعمیرات در کارخانجات ایران از شرایط اولیه طرح و تأسیس و راه‌اندازی کارخانجات به علت عدم توجه به مسائل نگهداری و تعمیرات اظهار نارضایتی می‌نمایند، و در این مورد باید گفت کاملاً محق می‌باشند. در اغلب کارخانجات ایران در زمان طرح سیستم صنعتی و خریداری ماشین آلات توجه عمده به "روشهای تولید"، به مقدار محصولی که با ماشینها قابل تولید است، به مواد اولیه لازم برای تولید، به تعداد کارگران لازم جهت خط تولید، و به قیمت خرید و نصب ماشین معطوف شده، و مسائلی نظیر هزینه‌های نگهداری، قیمت و

نحوه دسترسی به قطعات یدکی، دستورالعمل‌های سرویس، بازدید، و تعمیر ماشین‌آلات مورد توجه قرار نگرفته است. (ر.ک. به مطالب فصل یکم)

۳- در سالهای اول دهه ۱۳۵۰ دسترسی و خرید قطعات یدکی امری آسان بود. همین امر باعث می‌شد به محض خرابی قطعه‌ای، به جای تعمیر، به تعویض آن اقدام شود. و بنابراین عملاً مسئولیتهای نت را به سمت "تعویض قطعه بعد از خرابی متمایل" می‌نمود. سیاستهای اقتصادی کشورهای صنعتی و تولیدکننده ماشین‌آلات نیز در این مورد دخیل و مؤثر بوده.

۴- در یک یا دو سال اول تأسیس کارخانه معمولاً کارشناسانی که خود سازنده ماشین‌آلات بودند، در کارخانجات امور نگهداری و تعمیرات را به عهده داشتند. در این شرایط مسئله آموزش پرسنل ایرانی و پایه‌گذاری یک سیستم اقتصادی "نت" به دلیل همان سیاستهای موردنظر کشورهای صنعتی مورد توجه نبوده است.

۵- در تهیه و خرید ماشین‌آلات استانداردهای مشخصی رعایت نشده است و اصول و نظریه "هزینه در کل طول عمر سیستم" (LCC)^۱ در هنگام خرید ماشین‌آلات و تأسیس کارخانه موردنظر نبوده است.

۶- رشته‌های مهندسی صنایع و مدیریت صنعتی از نیمه اول دهه ۱۳۵۰ در دانشگاههای ایران تأسیس شده ولی متأسفانه تا قبل از انقلاب فرهنگی (سال ۶۲-۱۳۶۱) درس مشخصی به نام سازماندهی نگهداری و تعمیرات در برنامه‌های درسی گنجانیده نشده بود.^۲

۷- چه در ایران، و چه در اغلب کشورهای توسعه نیافته و یا در حال توسعه، عوامل نیروی انسانی در سطح کارگران تعمیرات دارای نارسائیهایی به این شرح می‌باشد^۳

1- Life Cycle Cost

۲- اولین کنگره بین‌المللی نگهداری و تعمیرات ایران در سال ۱۳۷۴ با هدف شناساندن نقش و اهمیت امور نگهداری و تعمیرات در دانشگاه صنعتی اصفهان برگزار شد. به دنبال آن کنفرانسهای نت در صنایع فولاد کشور و نیز اخیراً توسط انجمن نت ایران به صورت ادواری برگزار می‌شود.

۳- نارسائیهای بیان شده در لیست بالا با متن سخنرانی زیر توافق کامل دارد. مقاله دکتر Yusef Mazhar رئیس مرکز توسعه طرحهای صنعتی و مهندسی در مصر ارائه شده در دوره فشرده مهندسی نگهداری و تعمیرات، استکهلم-سوئد، بهار ۱۹۷۵

- پائین بودن سطح آموزش
- علاقه به کاربرد روشهای سعی و خطا به جای روشهای منطقی برای یافتن عیب
- عدم وجود یک میراث صنعتی در جامعه کارگری
- بی‌دقتی در لحظات اتمام کارهای تعمیراتی

علاوه بر آنچه که بیان شد، اشاره به این نکته لازمست که قسمت اعظم کارخانجات ایران در فاصله ۳ تا ۴ دهه اخیر تأسیس و راه‌اندازی گردیده‌اند. (به جز تعدادی از کارخانجات ریسندگی و بافندگی و تولید قند و شکر و سیمان که در این کارخانجات نیز اغلب ماشینهای جدیدی جایگزین ماشین آلات قدیمی و از کار افتاده گردیده‌اند). بدیهی است در دهه اول راه‌اندازی یک واحد صنعتی خرابیها و خوردگی‌های ناشی از اصطکاک، زنگ زدگی و خوردگی در اثر تماس فلزات با آب، بخار، اسید و غیره تا حد از کاراندازی ماشین آلات مؤثر نخواهند بود، ولی اثرات چنین خرابیهائی معمولاً بعد از ۱۰ ساله اول بهره‌برداری از کارخانجات چشمگیر، زیان آور، و در بعضی موارد غیر قابل جبران خواهد بود.

برنامه‌ریزی و کنترل در نگهداری و تعمیرات

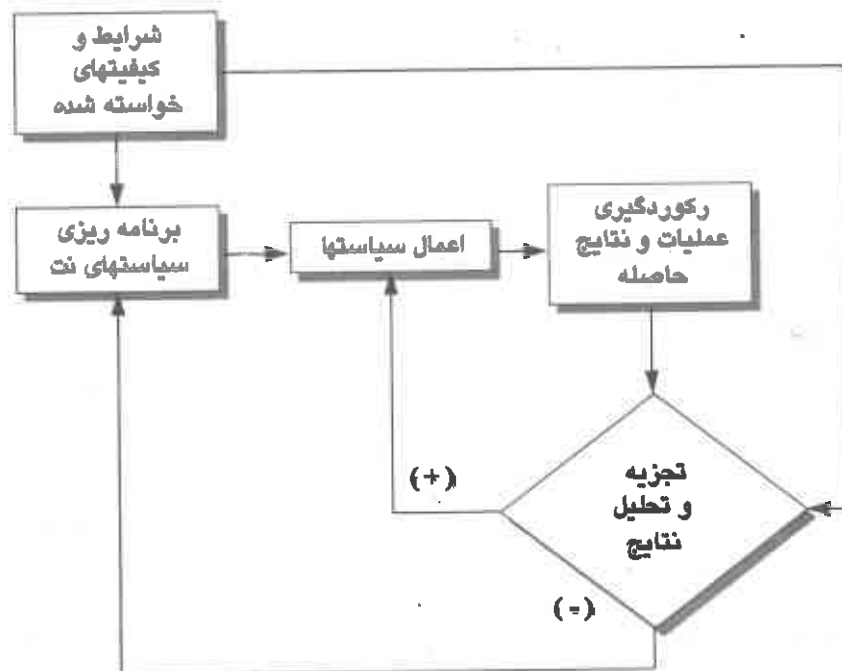
۱-۳ مفهوم عمومی

برنامه‌ریزی و کنترل در مدیریت فنی به این منظور انجام می‌گیرد که با تعیین نیازها و با اتخاذ روشهای مناسب و اقتصادی، و تهیه منابع لازم، بتوان فعالیتهای نگهداری و تعمیرات را بر دارائیهای فیزیکی سازمان اعمال نمود. با بهره‌گیری از عامل "کنترل" نتایج حاصل از اعمال روشها به طور مستمر مورد بررسی قرار گرفته و به این وسیله نسبت به بهبود روشها، سیاستها، و سیستمهای طراحی شده اقدام می‌شود.

برنامه‌ریزی و کنترل در امور نت نیازمند به چهار فعالیت اساسی می‌باشد:

- ۱- تدوین برنامه‌های مناسب در جهت حفاظت فنی از دارائیهای فیزیکی
- ۲- تأمین امکانات لازم برای اعمال برنامه‌های تعیین شده
- ۳- تهیه روشهای سیستماتیک برای رکوردگیری (ضبط اطلاعات) از فعالیتهای انجام شده، و نتایج بدست آمده
- ۴- ایجاد کانال ارتباط برای بازتاب اطلاعات و همچنین تجزیه و تحلیل نتایج به منظور بهبود روشها و سیاستها، بهسازی طرح ماشین آلات، مدرنیزه کردن سیستم‌ها، و به طور خلاصه تدوین هرگونه طرح و سیاستی که قسمت مدیریت فنی را در رسیدن به اهداف خود کمک خواهد نمود.

در شکل ۱-۳ مدل عمومی از سیستم برنامه‌ریزی و کنترل نشان داده شده است.



شکل ۳-۱

مدل عمومی گردش عملیات برنامه‌ریزی و کنترل

با توجه به شرایط و کیفیت‌های خواسته شده توسط سازمان، سیاست‌های نت (نگهداری و تعمیرات) برنامه‌ریزی شده و اعمال می‌شوند. نتایج حاصل از سیاست‌ها به طول مستمر جمع‌آوری شده و مورد تجزیه و تحلیل واقع می‌شوند. در صورت رضایت‌بخش بودن نتایج، (خروجی مثبت از تجزیه و تحلیل نتایج) اعمال سیاست‌ها ادامه می‌یابد، و در صورتیکه نتایج با شرایط و کیفیت‌های خواسته شده سازگار نبوده و قابل قبول نباشند، (خروجی منفی از تجزیه و تحلیل نتایج) در برنامه‌ریزی سیاست‌های نت تجدیدنظر به عمل می‌آید.

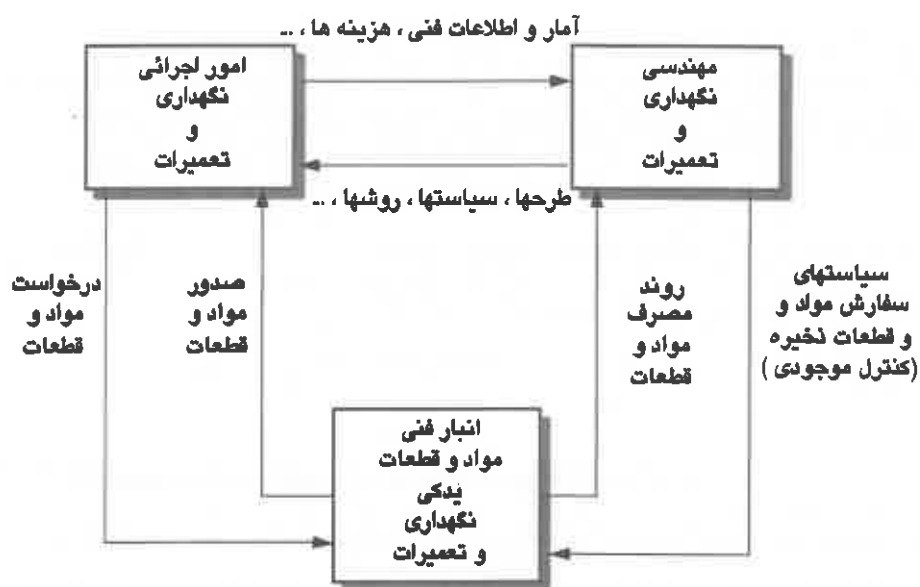
۲-۳ بخش‌های اصلی تشکیل‌دهنده امور مدیریت فنی

در فصل پنجم کتاب ساختار سازمانی امور مدیریت فنی متناسب با شرایط صنایع مختلف مورد بحث و تحلیل قرار خواهد گرفت.

در اینجا با توجه به اینکه در تبیین مدل‌های برنامه‌ریزی و کنترل امور مدیریت فنی احتیاج به معرفی بخش‌های اصلی آن می‌باشد، ساختار سازمانی موردنظر در سه بخش اصلی مهندسی، نگهداری و تعمیرات (نت) و انبار قطعات یدکی معرفی می‌شود.

این سه بخش در شکل ۲-۳ نشان داده شده‌اند و خطوط ارتباطی بین این سه بخش مشخص گردیده است (گردش عملیات بین بخش‌های داخلی مدیریت فنی با سایر قسمتهای صنعت در فصول آینده مورد بحث قرار خواهند گرفت).

گو اینکه فصول آینده این کتاب به تشریح ارتباطات بینابینی و فعالیتهای این بخشها خواهد پرداخت، ولی در اینجا به دلیل احتیاج، اهم فعالیتهای این سه بخش به صورت خلاصه آورده می‌شوند:



شکل ۲-۳

ارتباطات بین بخشهای اصلی مدیریت فنی

بخش	خلاصه اهم فعالیتهای اساسی
مهندسی نگهداری و تعمیرات	• تهیه و تدوین طرح‌ها، روش‌ها، دستورالعمل‌ها و فراهم آوردن کلیه اطلاعات فنی برای سایر بخشهای مدیریت فنی (بخش اجرایی نت و انبار قطعات یدکی)، و همچنین برای سایر قسمت‌های صنعت در ارتباط با حفاظت فنی از دستگاهها
امور اجرایی تعمیرات (نت)	• جمع‌آوری نتایج حاصل از اعمال طرح‌ها، سیاستها، و برنامه‌ها، تجزیه و تحلیل نتایج، و اقدام مستمر برای اصلاح، بهبود، و نوآوری در برنامه‌ها، سیاستها، و روشها • اعمال فعالیتهای لازم بر روی دستگاهها به منظور نگهداری و حفاظت فنی از آنها، براساس سیاستها و روشهای تدوین شده
انبار قطعات یدکی	• سفارش، ذخیره و صدور قطعات یدکی و لوازم مصرفی نگهداری و تعمیرات براساس سیاستها و روشهای تدوین شده.

۳-۳ فعالیتهای بخش امور اجرایی نگهداری و تعمیرات

دستگاهها و تجهیزات یک سیستم تولیدی مجموعه‌ای از عناصر (قطعات ساده) هستند که با ترکیبی مناسب با یکدیگر ارتباط داشته و به صورت یک دستگاه یا سیستم تولیدی مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به نوع مواد و مصالح به کار رفته و طراحی عناصر، و مأموریت عناصر در سیستم تولیدی، و نحوه بهره‌برداری از کل سیستم، روند از کارافتادگی و یا فرسایش عناصر یک سیستم (و در نتیجه روند از کارافتادگی کل سیستم) حالت‌های متفاوتی را بخود می‌گیرد.

فصل سوم- برنامه ریزی و کنترل در نگهداری و تعمیرات ۳۱

گروهی از قطعات به صورت "غیرمنتظره" از کار می افتند. بعضی از قطعات یک سیستم تولیدی به مرور زمان و با توجه به میزان کارکرد دستخوش فرسودگی طبیعی شده و از کار افتاده می شوند. در هر یک از این حالات ممکنست از کار افتادگی قطعات در زمانی اتفاق بیفتد که هنوز عمر اقتصادی سیستم که در مرحله طراحی موردنظر بوده به سر نیامده. فعالیتهای اساسی نگهداری و تعمیرات با در نظر گرفتن عمر اقتصادی سیستم، و تصحیح طرح سیستم را در بر می گیرد. در یک تعریف کلی فعالیتهای نگهداری و تعمیرات به منظورهای زیر قابل اعمال می باشند:

۱- جلوگیری از خرابیها (تعمیرات پیشگیری یا نگهداری)

شامل:

- بازرسیهای فنی
- ارائه سرویسهای نظیر تنظیم، روغنکاری، تمیزکاری،
- تعویض قطعات قبل از فرسودگی کامل
- تعمیر کلی تجهیزات در فواصل زمانی مشخص

۲- تعمیر خرابیهای اضطراری (تعمیرات اضطراری) شامل:

- تعویض قطعات از کار افتاده
- تعمیر قطعات از کار افتاده

۳- تصحیح طرح تجهیزات شامل:

- بهسازی طرح ماشینها برای جلوگیری از خرابیهای تکراری

۴- توجه به بهره برداری صحیح از تجهیزات ضمن تبادل نظر با بخشهای تولید و بهره برداران

بدیهی است که با اعمال تعمیرات پیشگیری از میزان ساعات از کار افتادگی دستگاهها کاسته شده، و در نتیجه رکودهای غیرمنتظره در امر تولید کاهش خواهد یافت. ولی میزان اعمال تعمیرات پیشگیری نیز دارای حد متعارفی است که در صورتی که فعالیتهای پیشگیری از این میزان بیشتر اعمال شوند، عملاً اثری در تقلیل خرابیها نداشته،

و ضمناً مخارج تعمیراتی را به مقداری زیاد و غیر قابل قبول افزایش خواهند داد. به هر صورت باید قبول نمود که قسمتی از هزینه‌ها و منابع تعمیراتی الزاماً مصروف به انجام تعمیرات اضطراری خواهد شد. کنترل دقیق نسبت مناسب اعمال تعمیرات پیشگیری به تعمیرات اضطراری جزء وظایف اصلی امور مدیریت فنی می‌باشد.^۱

۴-۳ عوامل مؤثر در تعیین میزان اعمال تعمیرات پیشگیری

به اختصار به توضیح مشخصه‌های "قابلیت اطمینان" و "تعمیرپذیری" می‌پردازیم:

- ۱- قابلیت اطمینان یک عنصر (یا یک سیستم تولیدی که شامل مجموعه‌ای از عناصر می‌باشد) عبارت از احتمال کارکرد صحیح عنصر (سیستم) برای مدتی معین و از پیش تعیین شده، و در کیفیتی معین و از پیش تعیین شده می‌باشد.
- ۲- تعمیرپذیری یک سیستم عبارت از میزان پذیرش سیستم جهت اعمال امور تعمیراتی برای بازگرداندن آن به شرایط مشخص و تعریف شده، با استفاده از امکانات مشخص و تعیین شده می‌باشد.

بدیهی است مشخصه‌های "قابلیت اطمینان"^۲ و "تعمیرپذیری"^۳ که عمدتاً در مرحله طراحی سیستم و به صورتی محدودتر در مرحله نصب و راه‌اندازی معین می‌شوند به نحوی قابل توجه در تعیین میزان اعمال تعمیرات پیشگیری در مرحله بهره‌برداری تأثیرگذار هستند. در کارخانجاتی که ماشین‌های ساخته شده و آماده بهره‌برداری را خریداری نموده‌اند و نقشی در طراحی ماشینها نداشته‌اند، عمدتاً این مشخصات در وجود ماشینها تعیین شده هستند. در این کارخانجات تنها اعمال نظر در طرح استقرار ماشین آلات در مراحل نصب و راه‌اندازی می‌تواند تا حدودی بر این مشخصه‌ها تأثیرگذار باشد.

علاوه بر عوامل ذکر شده در بالا، عوامل مؤثر دیگری که در تعیین میزان اقتصادی تعمیرات پیشگیری در مقایسه با تعمیرات اضطراری مؤثر واقع می‌شود، عوامل هزینه‌های نگهداری و تعمیرات می‌باشند. عوامل هزینه عبارتند از:

۱- این نسبت در کارخانجات مستقر در کشورهای پیشرفته صنعتی در اروپا حدود ۹۴ درصد تعمیرات پیشگیری (برنامه‌ریزی شده) در مقابل ۶ درصد تعمیرات اضطراری (بدون برنامه) می‌باشد.

2- Reliability

3- Maintainability

۱- هزینه‌های زیانهای ناشی از خسارات ایمنی که ممکن است در اثر خرابی

اضطراری برای انسانها یا محیط‌زیست پیش بیاید.

۲- هزینه‌های نیروی انسانی جهت امور تعمیرات

۳- هزینه‌های تأمین قطعات یدکی

۴- هزینه‌های از کارافتادگی ماشین آلات (رکود تولید) و ضایعات مواد در حال

تولید به علت رکود اضطراری ماشین‌ها

در مورد عوامل هزینه در قسمت بعد بحث خواهد گردید. در اینجا ذکر این نکته لازم به نظر می‌رسد که در مورد صنایع نوین که عملاً تکنولوژی نوینی را در ایران ارائه می‌نمایند، اطلاعاتی که از سوی سازندگان دستگاهها در مورد مشخصه‌های "قابلیت اطمینان" و "تعمیرپذیری" ارائه می‌شوند قابل اعتماد نبوده و کاربرد مستقیم آنها در مراحل شروع بهره‌برداری نتیجه‌ای رضایت‌بخش را در بر نخواهد داشت. دلایل امر به شرح زیر خلاصه می‌شوند.

۱- شرایط بهره‌برداری از تجهیزات، مخصوصاً در آغاز دوره بهره‌برداری از

سیستم‌های صنعتی دست خوش تغییرات و نوسانات زیاد خواهد بود. این تغییرات و

نوسانات عمدتاً معلول عدم وجود تجربه و آشنائی بهره‌برداران از نحوه استفاده از

دستگاه‌ها می‌باشد. روشن است که هر گونه نوسانی در روشهای بهره‌برداری از دستگاه

مستقیماً در میزان خرابیها و فرسودگیهای سیستم مؤثر واقع خواهد گردید.

۲- دستگاههای طراحی شده و ساخته شده برای سیستم‌های تولید پیوسته به تعدادی

محدود در سراسر جهان مورد استفاده قرار گرفته‌اند و بنابراین طراحان و سازندگان

این دستگاهها تجربیات بسیار محدودی از روند فرسایش طبیعی و از کار افتادگی‌های

اضطراری دستگاهها را در اختیار دارند.

۳- شرایط محیطی نظیر درجه حرارت، میزان گرد و خاک، فشار هوا، و نیز شرایط

دسترسی به مهارتهای لازم و به قطعات یدکی و ابزار آزمایش فنی و تعمیر،

همگی بر میزان عوامل قابلیت اطمینان و تعمیرپذیری تأثیرگذار هستند.

قابل ذکر است که مطالعات تئوریک برای دستیابی به روندهای از کار افتادگی و

قابلیت اطمینان دستگاهها در سطحی گسترده انجام گرفته است ولی به جرأت می‌توان

گفت، که حتی در مورد صنایعی که در سطح جهانی عمومیت بیشتری دارند، و حتی در شرایط کشورهای پیشرفته صنعتی نیز معیارهای عملی و قابل کاربردی در موضوع این روندها، مخصوصاً در مورد سیستمهای مکانیکی ارائه نگردیده است.

با توجه به آنچه که گفته شد، این نتیجه قابل حصول است که در ساختار امور نگهداری و تعمیرات، دقت در برقراری یک سیستم تهیه آمار و اطلاعات دقیق در مورد از کارافتادگیها (طول مدت از کار افتادگی و فواصل زمانی بین از کار افتادگیها) و زمان لازم برای تعمیرات، و هزینههای مصرف شده جهت اعمال تعمیرات امری ضروری می‌باشد. با تجزیه و تحلیل اطلاعات آماری و تصحیح و تغییر سیاستها به مرور زمان می‌توان به حدود و میزان اقتصادی تعمیرات پیشگیری و اضطراری دست یافت.

۳-۵ هزینه‌های موردنظر و روند تغییرات آنها

در قسمت گذشته گفته شد که از عوامل مؤثر در تعیین نسبتهای بهینه تعمیرات پیشگیری در مقایسه با تعمیرات اضطراری "هزینه‌ها" می‌باشند. در سیستم مدیریت فنی و کنترل امور نگهداری و تعمیرات، هزینه‌های موردنظر به دو نوع هزینه "مستقیم" و "غیرمستقیم" قابل تفکیک هستند:

۱- هزینه‌های مستقیم نظیر:

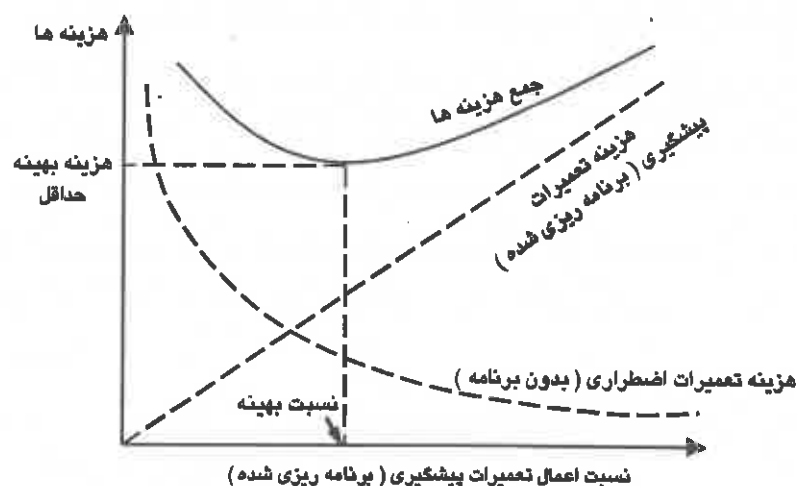
- هزینه ساعات کارکرد نیروی انسانی جهت اعمال تعمیرات (شامل دستمزد کارگران و هزینه‌های بالای سری در قسمت نگهداری و تعمیرات) و نیز مواد و قطعات موردنیاز جهت انجام تعمیرات

۲- هزینه‌های غیرمستقیم، نظیر:

- هزینه رکود در تولید در شرایطی که ماشینها برای انجام عمل تعمیرات متوقف شده‌اند. یا در صف انتظار برای تعمیر قرار دارند^۱.

۱- بدیهی است در شرایط وجود ماشینهای یدکی، ممکن است تمام یا قسمتی از زمان توقف ماشین باعث توقف تولید، و در نتیجه باعث تحمیل هزینه به سیستم تولیدی نشود. در هر حال باید هزینه‌های سرمایه درگیر در استقرار ماشینهای اضافی (یدک) را نیز در تحلیل هزینه‌ها منظور داشت.

- هزینه‌های خسارات ایمنی (جانی و زیست محیطی) و نیز افت اعتبار سیستم مدیریت در مقابل کارکنان، و در نزد مشتریان به علت تکرار شدن خرابیها و تأخیر در تأمین سفارشات مشتریان، و افت کیفیت محصول
 - هزینه‌های ضایع شدن مواد در حال تولید در اثر رکود ماشینها به علت خرابیهای ناگهانی و نیز افت اعتبار سیستم مدیریت در مقابل کارکنان، و در نزد مشتریان به علت بالا بودن حجم خرابیها و تأخیر در تأمین سفارشات مشتریان، و افت کیفیت محصول.
- سیاستهای نگهداری و تعمیرات در داخل صنعت بر محور کاهش جمع این هزینه‌ها، و سایر هزینه‌های متفرقه که با امور نگهداری و تعمیرات مرتبط می‌شوند قابل تعیین می‌باشند.
- روند عمومی بین فعالیتهای برنامه‌ریزی شده و اضطراری، و تأثیر آن بر هزینه‌های کل سیستم نگهداری و تعمیرات در نمودار شکل ۳-۳ نشان داده شده. جمع هزینه‌های تعمیرات پیشگیری (برنامه‌ریزی شده)، و اضطراری (بدون برنامه) عبارت از هزینه کل سیستم خواهد بود. منحنی هزینه کل دارای نقطه حداقلی می‌باشد که مسلماً در صورتی که سیاستهای نگهداری و تعمیرات در حدود نقطه حداقل هزینه کل تعیین شوند، امور مدیریت فنی به اهداف اصلی و موردنظر نزدیک خواهد بود.



شکل ۳-۳

نسبت بین فعالیتهای برنامه‌ریزی شده و اضطراری، و تأثیر آن بر هزینه‌های نگهداری و تعمیرات

۳-۶ مدل پیشنهادی برای کنترل عملیات و آمار و اطلاعات

(بخش نگهداری و تعمیرات)

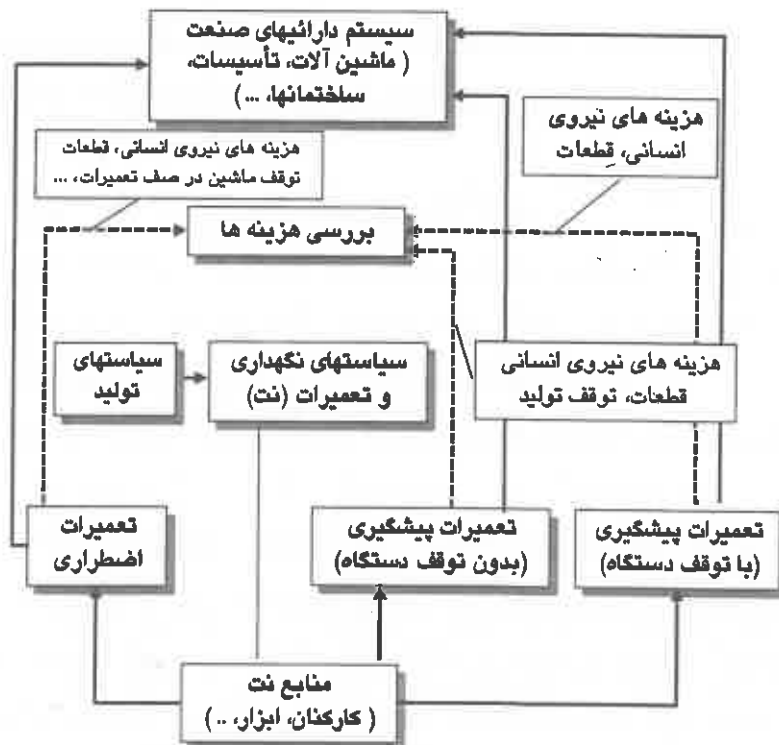
در قسمت‌های گذشته این موضوع مورد تأکید واقع شد که اصولاً نگهداری و تعمیرات در کارخانجات باید از خاصیت پویایی کامل برخوردار باشد. برخورداری از پویایی و تغییرپذیری باعث می‌شود که سیستم نت در هر موقعیت زمانی بنا به نتایج بدست آمده از تجزیه و تحلیل آمار گذشته، و همچنین با توجه به تغییرات و نوساناتی که در سیاستهای تولید بوجود می‌آید، یا تغییراتی که در عوامل هزینه (دستمزدها، ارزش قطعات یدکی، هزینه‌های رکود امور تولید) ایجاد می‌شوند بتواند سیاستهای داخلی خود را در جهت رسیدن به اهداف تصحیح و تنظیم نماید.

در شکل ۳-۴ مدل پیشنهادی گردش عملیات جهت بخش اجرایی نگهداری و تعمیرات ارائه گردیده. مدل بر محور بررسی عوامل هزینه و تعیین سیاستها و تنظیم سیاستها به نحوی که جمع هزینه‌ها را در حداقل مقدار ممکن حفظ نماید طراحی شده. بدیهی است در اجراء عملیات و مسئولیتهای نشان داده شده در مدل، بخش مهندسی نگهداری و تعمیرات نقش اساسی داشته، و مسئولیت بررسی هزینه‌ها و تجزیه و تحلیل‌ها و تدوین سیاستها را به عهده دارد.

با مراجعه مجدد به شکل ۳-۳ مشخص است که با افزودن به نسبت تعمیرات پیشگیری (عبور از نقطه بهینه) گواينکه تا حدود معینی تقلیل در ساعات از کار افتادگی و در نتیجه در هزینه‌های تعمیرات اضطراری ایجاد می‌شود ولی هزینه‌های مصرف شده برای این منظور مقرون به صرفه نمی‌باشد. همچنین در صورتی که فعالیتهای تعمیرات پیشگیری از حدود نقطه بهینه کمتر باشند، ساعات از کار افتادگی و هزینه‌های تعمیرات اضطراری و استهلاک دستگاهها به سرعت افزایش یافته و بر اقتصاد کل صنعت و هدفهای مدیریت فنی اثر منفی خواهد گذاشت.

مدل ارائه شده در شکل ۳-۴ ضمن تعیین سیاستهای نگهداری و تعمیرات دو موضوع اساسی را موردنظر قرار می‌دهد:

- ۱- میزان اعمال، و روشهای اعمال تعمیرات پیشگیری (برنامه‌ریزی شده)، و تعمیرات اضطراری (بدون برنامه)



شکل ۳-۴

مدل پیشنهادی برای کنترل عملیات و آمار و اطلاعات بخش نت

۲- برقراری یک سازمان کارآ (نیروی انسانی، تجهیزات، قطعات یدکی، ...) برای پاسخگویی به نیازهای نگهداری و تعمیرات در موضوع تأمین سرویسهای تعمیراتی براساس نتایج حاصل از تصمیم‌گیری‌های قسمت ۱.

همانگونه که گفته شد، بنا به خاصیت و طبیعت سیاستهای نگهداری و تعمیرات که همواره دست‌خوش تغییرات و نوسان هستند، وجود یک سیستم برای کنترل فرآیندها امری ضروری می‌باشد. کنترل و پویایی مدل ارائه شده به وسیله خطوط ارتباطی جهت انتقال آمار هزینه و سایر اطلاعات لازم (خط‌چین‌ها) تأمین شده. تصمیم‌گیری‌ها به صورت مستمر و پویا بر اساس نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آمار عملی می‌شود. چهارچوب مدل نشان داده شده در شکل ۳-۴ با مدل کلی که در شکل ۳-۵ آمده است هماهنگی داشته، ولی همان‌گونه که ذکر شد در مدل شکل ۳-۴ محور تصمیم‌گیری در مورد سیاستها

براساس بهینه‌سازی جمع هزینه‌هایی که به صورت مستقیم و غیرمستقیم با امور نگهداری و تعمیرات در داخل صنعت مربوط می‌شوند پایه‌گذاری شده است.

۷-۳ نقش بخش مهندسی در امور مدیریت فنی

در قسمت گذشته، ضمن ارائه مدل کنترل عملیات در بخش اجرایی نگهداری و تعمیرات قسمتی از مسئولیتهای بخش مهندسی مطرح شدند. برای نشان دادن قسمت دیگر از مسئولیتهای بخش مهندسی نت به بحث زیر می‌پردازیم:

با در نظر گرفتن روند خرابی و فرسایش دستگاهها و از کار افتادگیهای سیستم تولید، این نتیجه قابل حصول است که جهت نیل به اهداف مدیریت فنی، تنها تغییر و تنظیم سیاستهای نگهداری و تعمیرات کافی نبوده، و در موارد بسیار گزینه‌های مؤثر دیگر نظیر تغییر در روشهای بهره‌برداری از دستگاهها، تغییر در طرح ماشین‌آلات و استقرار آنها، مدرنیزه سازی، و نهایتاً بازنشسته نمودن (از رده خارج نمودن) ماشینها و جایگزینی ماشین نو به جای آنها می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. بررسی‌های فنی و اقتصادی، و نهایتاً ارائه طرحهای تغییرات، به سازی، مدرنیزه سازی، و نوسازی از جمله فعالیتهایی است که در چارچوب امور مدیریت فنی سازمان صنعت، ولی در زیر مجموعه بخش مهندسی عملی می‌شود.

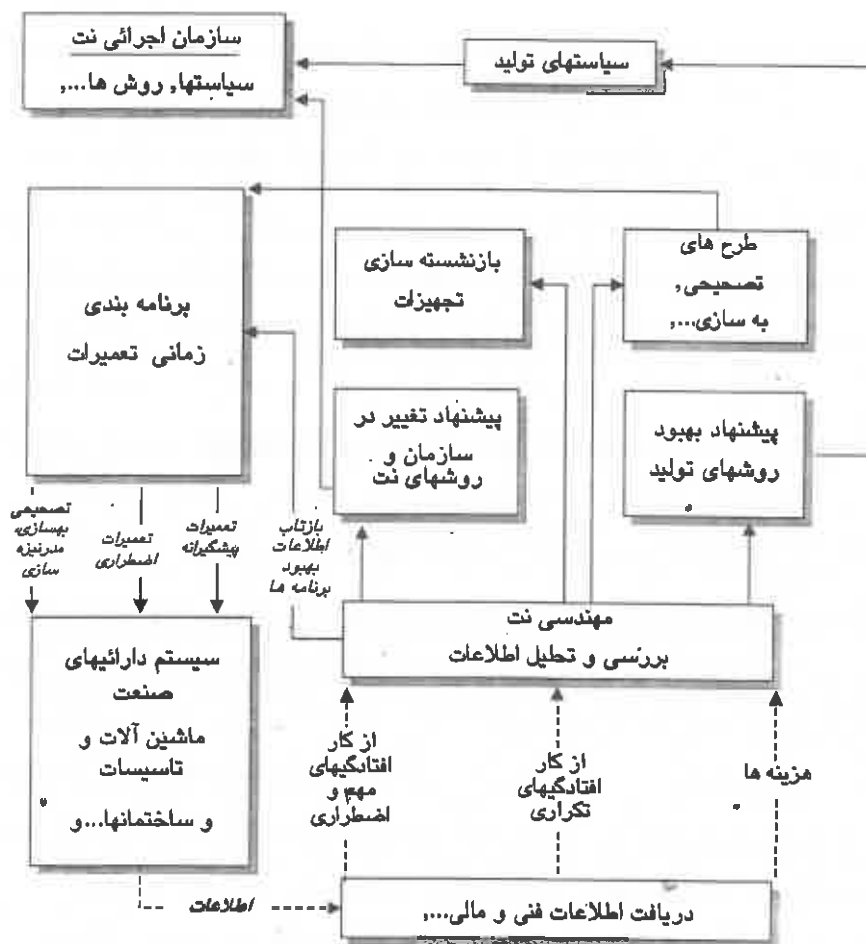
مدل ارائه شده در شکل ۳-۵ مجموعه‌ای از فعالیتهای مدیریت فنی (آمیخته‌ای از فعالیتهای امور مهندسی و امور اجرایی نگهداری و تعمیرات) را نشان می‌دهد. از نیازمندیهای اصلی این مجموعه وجود یک سیستم کارآ جهت بازتاب اطلاعات صحیح و دقیق برای بررسی و تجزیه و تحلیل هزینه‌ها، و تصمیم‌گیری در مورد تغییرات و تصحیحات می‌باشد. دامنه و سطح اطلاعات بازتابی موردنیاز بستگی به عوامل زیادی از جمله:

- تواتر و روند فرسایش و خرابیهای تجهیزات مختلف

- پیچیدگی تکنولوژیکی طرح تجهیزات

- پیوستگی هر یک از دستگاهها به سایر دستگاههای خطوط تولید دارد.

قابل تأکید است که مجموعه اطلاعات بازتابی باید اطلاعات مورد لزوم (و فقط اطلاعات مورد لزوم) را با ساختاری مناسب و از پیش تعیین شده در مقاطع مشخص زمانی و به نقاط مشخص سیستم برساند. این اطلاعات به این شرح مورد استفاده قرار خواهند گرفت:



شکل ۳-۵

مدل پیشنهادی گردش عملیات بین بخش مهندسی و امور اجرایی نگهداری و تعمیرات (نت)

بین بخشهای مهندسی و امور اجرایی نگهداری و تعمیرات (نت)

۱- به صورت ابزاری برای کنترل هزینه ها که خود نمایانگر سطح کارائی سیاستها و

روشهای مدیریت فنی است مورد استفاده قرار می گیرند.

۲- از کارافتادگیهای تکراری که ممکنست هر یک از آنها به تنهایی در برگیرنده

مخارج زیاد نباشند ولی در مجموع هزینه زیادی را بر سیستم تحمیل خواهند

نمود مشخص می شوند.

۳- از کار افتادگیهای مهم و ایجاد کننده هزینه‌های زیاد مشخص شده و در همان مقطع وقوع مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند.

با توجه به اینکه علل وقوع خرابیها همواره مربوط به نحوه اعمال سیاستهای نگهداری و تعمیرات نیست، لازمست گروهی که در بخش مهندسی وظیفه تجزیه و تحلیل هزینه‌ها و تصمیم‌گیری‌ها را به عهده دارد ترکیب مناسبی از افراد دارای تجربه و آگاهی عملی در امور نگهداری و تعمیرات، تولید، اقتصاد مهندسی، طراحی سیستم‌های تولیدی، و استقرار ماشین‌آلات باشد.

این گروه علاوه بر فعالیتهائی که در جهت بررسی اقتصادی و طراحی، و تغییرات و تصحیحات، و مدرنیزه سازی و نوسازی و اظهارنظر در روشهای استفاده از تجهیزات توسط گروه بهره‌برداری می‌نماید، می‌تواند اطلاعات با ارزشی را به طراحان و سازندگان دستگاهها در موضوع میزان کارائی و خرابیها ارائه نماید. این اطلاعات چه برای امور توسعه صنعت موجود، و چه برای تأسیس صنایع مشابه در سطح کشور ارزنده خواهد بود.

۳-۸ مدل پیشنهادی گردش عملیات

همان‌گونه که در شکل ۳-۵ دیده می‌شود، ساختار کلی سیاستها و روشهای "سازمان اجرایی نت" براساس سیاستهای تولید تعریف می‌شوند. بخش برنامه‌ریزی نت امور برنامه‌بندی زمانی برای اجراء عملیات تعمیرات پیشگیرانه، اضطراری، و نیز تعمیرات اصلاحی، به سازی، و مدرنیزه‌سازی را به عهده دارد. این عملیات بر "سیستم دارائیهای صنعت" (ماشین‌آلات، تأسیسات، و ساختمانها، ...) اعمال می‌شوند. نتایج حاصل از این عملیات به صورت اطلاعات فنی، مالی، شامل هزینه‌ها، خرابیها، ... به مهندسی نت گزارش می‌شود و در آنجا مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. نتایج حاصل از این تجزیه و تحلیل می‌تواند یک یا چند مورد از موارد زیر باشد:

۱- پیشنهاد تغییر در سازمان و روشهای نت

۲- پیشنهاد تغییر در روشهای تولید (نحوه بهره‌برداری از تجهیزات)

۳- ارائه طرحهای تصحیحی و به سازی (تغییر طرح ماشین، تغییر استقرار، افزایش سطح خودکاری، مدرنیزه‌سازی، ...)

فصل سوم- برنامه ریزی و کنترل در نگهداری و تعمیرات ۴۱

۴- بازنگشته سازی ماشین ضمن بررسی پیشرفتهای تکنولوژی و ورود ماشین آلات جدید، ولى براساس ارزیابیهای اقتصادی و شرایط و محدودیتهای حاکم بر صنعت.

از بین موارد فوق، سه مورد ۱، ۳، ۴ به سمت بخش اجرائی نت هدایت شده و مورد ۲ مربوط به پیشنهاد تغییر در روشهای تولید (بهره برداری)، به سمت بخش تولید هدایت می شود.



مراحل سازماندهی امور نگهداری و تعمیرات

۴-۱ مقدمه

قبل از انجام هر نوع سازماندهی در یک واحد صنعتی لازمست آن واحد به خوبی شناسایی شده و با نحوه عملکرد و شرایط داخلی و محیط اطراف آن آشنائی حاصل شود. در انجام این عمل مناسب است اطلاعاتی که مستقیماً مربوط به امور موردنظر در این سازماندهی می‌شوند به صورتی منظم و قابل دسترس مستند شوند، تا برای تدوین نظام مورد استفاده قرار گیرند.

شناخت کارخانه از نظر سیستم تولیدی و همچنین آشنایی با روشهای تولید و سیاستهای موردنظر در تولید محصول و اداره صنعت می‌تواند در ایجاد یک سیستم کارا برای مدیریت فنی و نگهداری و تعمیرات تجهیزات صنعت مفید و مؤثر واقع شود.

در این فصل نخست به طور اجمال انواع مختلف کارخانجات از نظر سیستمهای تولید مورد مطالعه قرار گرفته و عوامل محیطی و داخلی سیستم که لازمست مورد شناسائی، بررسی، و ارزیابی قرار گیرند تشریح می‌شوند. آنگاه به عنوان یک اقدام اساسی در شناسائی تجهیزات، اصول تهیه شناسنامه برای دارائیهای فیزیکی و نحوه کدگذاری (شماره‌گذاری) دارائیهامطرح می‌شوند.

۴-۲ تقسیم‌بندی کارخانجات از نظر روشهای تولید

در یک سیستم تقسیم‌بندی کلاسیک، می‌توان کارخانجات را از نظر پیوستگی یا انقطاع عملیات تولید به چهار گروه اصلی تقسیم‌بندی نمود^۱:

۱- سیستمهای تولید پیوسته^۲

در این نوع سیستمهای تولیدی معمولاً یک نوع، یا انواع محدودی از مواد اولیه از یک سری ماشین‌آلات، به طور زنجیره‌ای عبور نموده، و پس از ایجاد تغییراتی در مواد اولیه که اغلب شامل تغییرات شرایط شیمیایی می‌باشد، به یک یا چند محصول محدود تبدیل می‌شوند. کارخانجات دارای سیستم تولیدی پیوسته معمولاً باید به طور شبانه روزی و در تمام روزهای سال در حال کار باشند. کارخانجات تولید فلزات، پالایشگاهها و صنایع پتروشیمی، نمونه‌هایی از کارخانجات دارای سیستم تولید پیوسته هستند.

۲- سیستمهای تولید انبوهی^۳

در این نوع سیستمها، معمولاً یک نوع (یا مدلهای مختلف از یک نوع) فرآورده در مقادیر زیاد تولید می‌شود. در جریان تولید، مواد و قطعات با عبور از مراحل مختلف به شکل دلخواه درآمده و نهایتاً بر روی یکدیگر مونتاژ می‌شوند. گواينکه در کارخانجات تولید انبوهی نیز ممکنست عملیات تولید به طور مستمر در شبانه‌روز ادامه داشته باشد، ولی از نظر مسائل فنی و تکنولوژی تولید، کار شبانه‌روزی و استمرار کار در تمام روزهای سال در این نوع کارخانجات الزامی نیست. صنایع تولید اتومبیل و کارخانجات تولید لوازم خانگی و لوازم الکترونیکی و کامپیوتری نمونه‌هایی از کارخانجات دارای سیستم تولید انبوهی هستند.

۳- سیستمهای تولید دسته‌ای^۴

در سیستمهای تولید دسته‌ای تعداد انواع فرآورده‌های قابل تولید زیاد بوده و حجم هر بار تولید در مقایسه با دو سیستم قبلی به مراتب کمتر است. در این سیستمها هر چند

۱- خوانندگان گرامی می‌توانند برای مطالعه بیشتر در این مورد به کتابهای مدیریت تولید، از جمله "برنامه‌ریزی و کنترل تولید و موجودیها" تألیف همین نویسنده (دکتر حاج شیرمحمدی) مراجعه فرمایند.

2- Continuous Production Systems

3- Mass Production Systems

4- Batch Production Systems

مدت یک بار تجهیزات برای تولید فرآورده‌ای آماده و تنظیم شده و پس از تولید مقدار تعیین شده‌ای از این فرآورده، مجدداً برای تولید فرآورده دیگری آماده و تنظیم می‌شوند. کارخانجات تولید فرآورده‌های داروئی معمولاً از نظر سیستم تولیدی در طبقه کارخانجات دارای تولید دسته‌ای قرار می‌گیرند.

۴- سیستمهای تولید سفارشی^۱

در این نوع کارخانجات به طور معمول فعالیتهای تولیدی، جهت ساختن یک یا چند واحد محدود از یک دستگاه بزرگ که براساس سفارش و شرایط خواسته شده توسط مشتری تولید می‌شود متمرکز می‌شود. بنابراین در این نوع سیستمهای تولیدی، تنوع محصولات قابل تولید زیاد بوده، ولی الزاماً تولید یک فرآورده بخصوص به صورت مستمر ادامه نداشته بلکه هر چند گاه یک بار به خواست و سفارش خریدار، کارخانه محصول جدیدی را تولید می‌نماید. کارخانجات سازنده کشتی‌های بزرگ، و کارخانجات ماشین‌سازی و شرکتهای ساختمانی در طبقه سیستمهای تولیدی سفارشی قرار می‌گیرند.^۲

در فصل یکم کتاب (در قسمت ۱-۴) دلایل پیچیدگی امور نگهداری و تعمیرات (نت) در سیستمهای تولیدی پیوسته تشریح گردید. برای مدیر فنی یا شخص یا تشکیلاتی که مسئولیت سازماندهی نگهداری و تعمیرات را به عهده گرفته است، آگاهی از نوع سیستم تولیدی در کارخانه موردنظر امری ضروری است. چه، با توجه به نوع سیستم تولیدی سازمانهای نگهداری و تعمیرات می‌توانند ترکیبات متفاوتی داشته باشند. انواع ترکیبهای ممکن و مناسب در یک سازمان نت در فصل پنجم کتاب مورد بحث واقع شده‌اند.

۴-۳ شناسائی محیط کار

علاوه بر آشنائی با سیستم تولیدی که در قسمت قبل مورد بحث واقع شد، مطمئناً لازمست یک نفر سازمان دهنده یا اداره کننده تشکیلات نگهداری و تعمیرات از سیاستهای

1- Job (Make to order) Production Systems

۲- همانگونه که در عنوان این قسمت ذکر شد این تقسیم‌بندی ساده جهت پاسخ‌گویی به نیازهای کتاب حاضر است. در سیستمهای تولیدی پیشرفته‌تر سیستمهای نظیر تولید ناب (Lean prod) و تولید به هنگام (JIT) در سطح گسترده‌ای مطرح می‌باشند.

کلی و روشهای تولید آگاهی داشته باشد، ماشین آلات و تجهیزات را از نظر اهمیت کارکرد و کلیدی بودن در امر تولید بشناسد، زمانهائی را که این ماشین آلات بیشتر مورد استفاده هستند بدانند و درصد ظرفیت‌های اضافی آنان را در مقایسه با حجم تولید لازم و برنامه‌ریزی شده در دست داشته باشد. حتی آگاهی کامل از نحوه کارکرد خطوط و مراحل مختلف تولید از نظر نوبت کاری نیز در تعیین و برنامه‌ریزی نحوه کارکرد نوبت کاران و آماده به کاران قسمت نگهداری و تعمیرات ضروری خواهد بود.

از نظر آشنائی با محیط اطراف و شرایط صنعتی و طبیعی حاکم بر محیط صنعت نیز توجه و آگاهی از عوامل زیر امری لازم خواهد بود:

۱- موقعیت و شرایط صنعتی محیط اطراف

آگاهی از این عوامل از آن جهت در تعیین سازمان و تشکیلات نگهداری و تعمیرات مؤثر است که مثلاً در صورتیکه کارخانه در محلی قرار داشته باشد که در حوالی نزدیک به آن به کارخانجات یا کارگاههای مختلف که به نحوی برای ارائه سرویسهای نگهداری و تعمیرات آمادگی دارند دسترسی باشد، می‌توان امکان دریافت سرویس و کمک از آنها را بررسی نمود. اهم سرویسهای قابل دریافت عبارتند از:

- امکان دریافت (تأمین) بعضی از قطعات یدکی و یا خرید آن از فروشگاههای نزدیک. (در ارتباط با حجم و امکانات لازم در کارگاه مرکزی نگهداری و تعمیرات)
- امکان دریافت سرویسهای نظیر خدمات جوشکاری‌های حساس، عملیات ریخته‌گری و تراشکاری، یا عملیات تعمیراتی که محتاج به تخصصهای بالا، نظیر امور ابزار دقیق هستند.
- امکان دریافت سرویسهای اضطراری نظیر برق اضطراری، آتش‌نشانی، خدمات اولیه، ...

بدیهی است در صورتیکه چنین امکاناتی در فواصل نزدیک و قابل دسترسی، و با شرایط مناسب فراهم باشد، استفاده از این امکانات می‌تواند از حجم و سرمایه‌گذاریهای اولیه کاسته و در موارد زیاد از نظر اقتصاد کل صنعت نیز مقرون به صرفه باشد.

۲- شرایط اقلیمی

گرچه به طور معمول در طرح اولیه کارخانه شرایط اقلیمی نظیر درجه حرارت، میزان بارندگی و رطوبت هوا، ... در نظر گرفته می‌شود، ولی در هر حال در امر سازماندهی تشکیلات نگهداری و تعمیرات نیز اطلاع از شرایط اقلیمی و عوامل طبیعی محل لازم و مفید خواهد بود.

در عین حال، در صورتیکه طرح اولیه صنعت، از نظر ملحوظ نمودن شرایط اقلیمی کمبودهایی داشته باشد و سیستم در مقابله با عوامل طبیعی از قابلیت اطمینان کافی برخوردار نباشد نیز، قسمتی از کمبودها و اشکالات از طریق در نظر گرفتن این عوامل در طراحی سازمان، و تعیین اهداف و همچنین تشکیلات و تجهیزات و شرح وظایف پرسنل در امور مدیریت فنی و در فعالیتهای اجرایی موردنظر در نگهداری و تعمیرات قابل جبران خواهد بود.^۱

۳- وضعیت دریافت تأسیسات ضروری نظیر آب، برق، سوخت ...

در مطالب آینده کتاب خواهیم دید که در اغلب سازمانهای صنعتی وظیفه اداره و توزیع این نوع تأسیسات به عهده امور مدیریت فنی و نگهداری و تعمیرات واگذار می‌شود. در هر حال با توجه به حساسیت و اهمیت برخورداری از یک سیستم قابل اطمینان برای توزیع انواع تأسیسات ضروری، لازم است مدیریت فنی اطلاعات جامع و به هنگامی را که سریعاً قابل دسترسی باشد، برای انواع شبکه‌های توزیع موجود در کارخانه در اختیار داشته باشد.

در این راستا، تهیه نقشه‌های کوچک در اندازه ۴-۸ که بر روی هر یک از آنها یکی از شبکه‌های توزیع به صورتی ساده نشان داده شده و موقعیتهای انواع شیرها، کلیدهای قطع و وصل، ایستگاههای مبدل، ... مشخص شده‌اند می‌تواند کارا و مفید باشد.

۱- مطالب این فصل عمدتاً مربوط به مواردی است که کارخانهای طراحی شده و ماشین آلات مستقر شده‌اند و احیاناً بهره‌برداری از کارخانه نیز آغاز شده. طبیعی است که در این شرایط ترتیب اقدامات پیشنهاد شده برای سازماندهی امور نگهداری و تعمیرات (پشتیبانی فنی) با آنچه که در فصل یکم تحت عنوان تروتکنولوژی توضیح داده شده مغایرت‌هایی خواهد داشت.

این نقشه‌ها باید به تعداد کافی تکثیر شده و به صورت کتابچه‌ای در اختیار استادکاران و نفرات کلیدی در نگهداری و تعمیرات و در کادر بهره‌برداری قرار گیرد. همچنین لازم است بر روی شبکه‌های کامپیوتری داخلی کارخانه (Intranet) این نقشه‌ها به صورت شفاف ذخیره شده باشند و گرفتن چاپ از آنها به راحتی امکان‌پذیر باشد. سیستم‌های کامپیوتری مدیریت نت (CMMS) آمادگی پذیرش و انتقال این گونه اطلاعات را دارند.

۴-۴ تهیه شناسنامه برای ماشین

لازمست سازمان نگهداری و تعمیرات همواره لیست کامل و به هنگامی از کلیه تجهیزات و دستگاهها و وسائل، و به طور کلی از کلیه دارائیهایی که مسئولیت حفاظت فنی و نگهداری و تعمیرات آنها را به عهده دارد در دسترس داشته باشد. معمولاً در امور مالی و دارائیه‌ها در داخل صنعت لیستی از تجهیزات و دارائیه‌های فیزیکی موجود است، ولی اطلاعات ذکر شده در این لیستها جهت استفاده در نگهداری و تعمیرات کافی نخواهد بود. از آن گذشته امر شماره‌گذاری (کدگذاری) دارائیه‌ها که به منظور جمع‌آوری، طبقه‌بندی، و تحلیل اطلاعات، ضروری و مفید می‌باشد در قسمتهای مالی یک سازمان صنعتی رعایت نشده، یا در صورتیکه رعایت شده باشد در کیفیتی نخواهد بود که برای اهداف موردنظر در امور نگهداری و تعمیرات قابل کاربرد باشد. از اقدامات اساسی و اولیه در سازماندهی امور نت در داخل صنعت تهیه شناسنامه برای تجهیزات می‌باشد.

پرونده‌های شناسنامه دستگاهها می‌تواند دارای اشکال و ترکیبهای مختلفی باشد. مسلماً اندازه کارخانه و حجم ماشین‌آلات موجود در آن می‌تواند تعیین‌کننده مناسب استفاده از کامپیوتر یا نگهداری یک کاردکس دستی از شناسنامه‌های ماشین‌آلات باشد^۱.

بدیهی است در زمان حاضر، به دلیل سهولت پیاده‌سازی و دسترسی به اطلاعات روی شبکه‌های داخلی کامپیوتری مناسب است شناسنامه‌های دستگاهها روی شبکه اطلاعات کارخانه ذخیره شوند.

۱- در این مورد به فصل شانزدهم کتاب حاضر نیز مراجعه فرمائید.

کارت شناسنامه دستگاه									
شماره دستگاه		نام دستگاه		ناحیه		ارتفاع دستگاه		وزن	
محل دستگاه		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن	
اندازه فونداسیون		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن	
سازنده		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن	
آدرس سازنده		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن	
نام و آدرس فروشنده		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن	
فروشنده قطعات		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن	
شماره سفارش		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن	
قیمت خرید		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن	
نوع استهلاک سالانه		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن	
نوع نقشه ها و شرح		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن	
شماره نقشه ها و شرح		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن	
نقشه ها و مدارک فنی		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن	
موتورها		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن	
عمل (کر)		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن	
سازنده		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن	
شماره مرجع		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن	
محل		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن	
HP/KW		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن	
RPM		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن	
V		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن	
pH		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن	
فشار هوا		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن	
فشار آب		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن	
فشار بخار		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن		شماره تلفن	
تکمیل کننده:									
تاریخ تکمیل:									
ملاحظات:									

۵۰ برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات (مدیریت فنی در صنایع)

کارت شناسنامه دستگاه				
نام دستگاه:		محل استقرار:		
شماره دستگاه:		اندازه فونداسیون:		
		ارتفاع:		
		وزن:		
مشخصات فنی دستگاه:				
ولتاژ:		نوع جریان:		فشار هوا:
				سایر تأسیسات:
مشخصات سازنده		مشخصات سفارش و نصب		
نام سازنده:		شماره سفارش:		
آدرس سازنده:		شماره صورتحساب:		
تلفن:		تاریخ نصب:		
نام فروشنده:		شماره ضمانت نامه:		
آدرس فروشنده:		قیمت خرید:		
آدرس فروشنده قطعات یدکی:		نرخ استهلاک سالیانه:		
		عمر مفید:		
اسناد و مدارک پشتیبانی				
شماره و شرح نقشه های فنی	محل نگهداری	شماره و شرح کاتالوگها	محل نگهداری	
۱		لیست قطعات یدکی...		
۲				
۳				
۴		۱		
		۲		
		۳		
		۴		
		۵		
موتورهای الکتریکی				
نوع عمل	سازنده	شماره سری	محل نصب	HP / KW
۱				
۲				
۳				
۴				
۵				
تاریخ تکمیل:		تکمیل کننده:		

در شکل‌های ۱-۴ و ۲-۴ دو نمونه کارت شناسنامه دستگاهها نشان داده شده. نمونه‌های نشان داده شده دارای طرحی می‌باشد که تقریباً برای هر نوع ماشین و تجهیزاتی که در صنعت و سازمانهای تولیدی یا خدماتی مورد استفاده قرار می‌گیرد قابلیت کاربرد دارد. در هر حال همواره باید در نظر داشت که بنا به مشخصات و شرایط خاص یک سیستم صنعتی مهندسین و مسئولین نگهداری و تعمیرات می‌توانند بنا به سلیقه و ملزومات کار در فرم و طرح کارت‌ها تغییراتی را ایجاد نمایند.

اطلاعات کلی که در این کارت‌ها معمولاً ذکر می‌شوند به شرح زیر خلاصه می‌شوند:

۱- شماره (کد) دستگاه

۲- مشخصات فنی، شامل: قدرت، سرعت، مدل، ابعاد فیزیکی، وزن، ...

۳- محل نصب یا محل بهره‌برداری از دستگاه

۴- اطلاعات مالی، (شماره سفارش یا پروفومورما، قیمت خرید، نرخ استهلاک، ...)

۵- محل و شماره کاتالوگها، نقشه‌ها و دستورالعملهای فنی

۶- قطعات اصلی دستگاه، (الکتروموتورها، گیربکس‌ها، ...)

۷- انواع تأسیسات لازم، (برق، آب، هوای فشرده، ...)

۸- نام و آدرس فروشنده، نمایندگی فروش قطعات یدکی، و محل ارائه سرویسهای

بعد از فروش

روشهای شماره‌گذاری دستگاهها و تجهیزات در قسمت بعد مورد بحث واقع خواهد گردید. مشخصات فنی را می‌توان از کاتالوگهای موجود، یا در صورت عدم دسترسی، از مشخصات پلاک نصب شده روی دستگاه برداشت نمود.

اطلاعات مالی از روی برگه راه‌اندازی و نرخ سالیانه استهلاک از اسناد حسابداری صنعتی قابل برداشت هستند. بدیهی است در صورت عدم دسترسی به اطلاعات لازم از داخل کارخانه، ممکنست با کارخانه سازنده (یا نمایندگی فروش که ماشین را به سازمان فروخته است) جهت کسب اطلاعات لازم مکاتبه نمود. در این صورت لازمست شماره سری، سال ساخت و شماره سفارش خرید، در نامه ذکر گردد. از جمله قطعات اصلی که بر روی اغلب ماشینهای تولیدی وجود دارند موتورهای الکتریکی می‌باشند. لازمست در محل مناسبی در روی کارت شناسنامه (یا در مرحله در پشت کارت)، مشخصات موتورهای الکتریکی یادداشت شود.

۴-۵ شماره‌گذاری (کدگذاری) تجهیزات

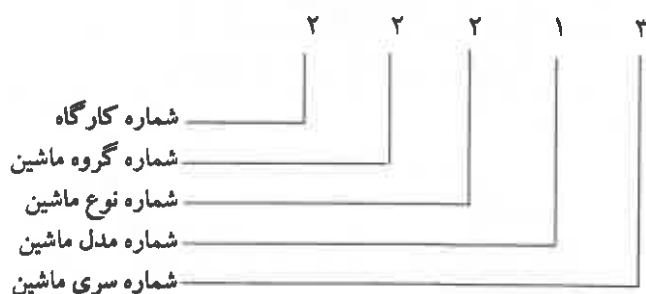
به منظور داشتن امکانات جمع‌آوری و طبقه‌بندی آمار و اطلاعات فنی، مالی و هزینه‌ها، و کنترل کارآئی امور فنی و نگهداری و تعمیرات، لازمست کلیه تجهیزات (دارائیه‌ای فیزیکی) دارای شماره (کد) مطابق شرایط و اصول مشخصی باشند. سیستم شماره‌گذاری باید به صورتی تدوین شده باشد که کد هر ماشین به خودی خود بتواند بیانگر اطلاعاتی در مورد نوع ماشین، محل استقرار، ... باشد. کد یا شماره می‌تواند به صورت مجموعه‌ای از اعداد یا ترکیب‌هایی از حروف و اعداد باشد. مناسب است قبل از شروع به کدگذاری، دارائیه‌ای فیزیکی به نحو مناسبی "طبقه‌بندی" شوند. نمونه‌ای از طبقه‌بندی‌های ممکن که تقریباً کارآئی آن عمومیت داشته، و بنابراین می‌تواند به عنوان چارچوب و راهنمایی جهت ایجاد یک سیستم طبقه‌بندی دقیق در یک سازمان صنعتی مورد استفاده قرار گیرد، به شرح زیر می‌باشد:

طبقه (گروه)	نوع دارائی
یک	ماشین‌های تولیدی
دو	ماشین‌های افزار (غیرتولیدی) جهت پشتیبانی از سیستم‌های تولیدی (نظیر تجهیزات نگهداری و تعمیرات)
سه	ماشین‌های آزمایشگاهی و کنترل کیفیت
چهار	وسایل انتقال مواد، نظیر خودروها، نوار نقاله‌ها، لیفت تراکها، ...
پنج	شبکه‌های تأسیسات ضروری (توزیع انرژی، آب، ...)
شش	سیستم‌های تهویه مطبوع (گرمایش، تبرید، ...)
هفت	ساختمانها، راهها، ...
هشت	ماشینهای دفتری (کامپیوترهای شخصی، ماشینهای تایپ، تکثیر، تلفن، فاکس، ...)
نه	وسایل رفاهی و خدماتی نظیر خودروهای مسافری، خودروهای آب‌پاش یا مجهز به جاروب، ...

در یک سیستم کدگذاری با استفاده از ارقام مثلاً استفاده از ۵ رقم که برای کارخانجات کوچک و متوسط مناسب می‌باشد، می‌توان به این صورت عمل نمود:

رقم اول	شماره کارگاه، (مثلاً کارگاه ریخته‌گری = ۱، کارگاه تراشکاری = ۲، ...)
رقم دوم	طبقه (گروه)، ماشین (مثلاً ماشینهای تولید = ۱، ماشینهای افزار = ۲، ...)
رقم سوم	نوع ماشین، (مثلاً در گروه ۲: ماشینهای تراش = ۱، ماشینهای فرز = ۲، ...)
رقم چهارم	مدل ماشین، (مثلاً ماشین فرز یونیورسال = ۱، ماشین فرز افقی = ۲، ...)
رقم پنجم	شماره ماشین موردنظر

بنابراین، در صورتی که در کارگاه "تراشکاری" تعدادی ماشین فرز یونیورسال وجود داشته باشد، سومین ماشین از این نوع و مدل در این کارگاه دارای شماره زیر خواهد بود:

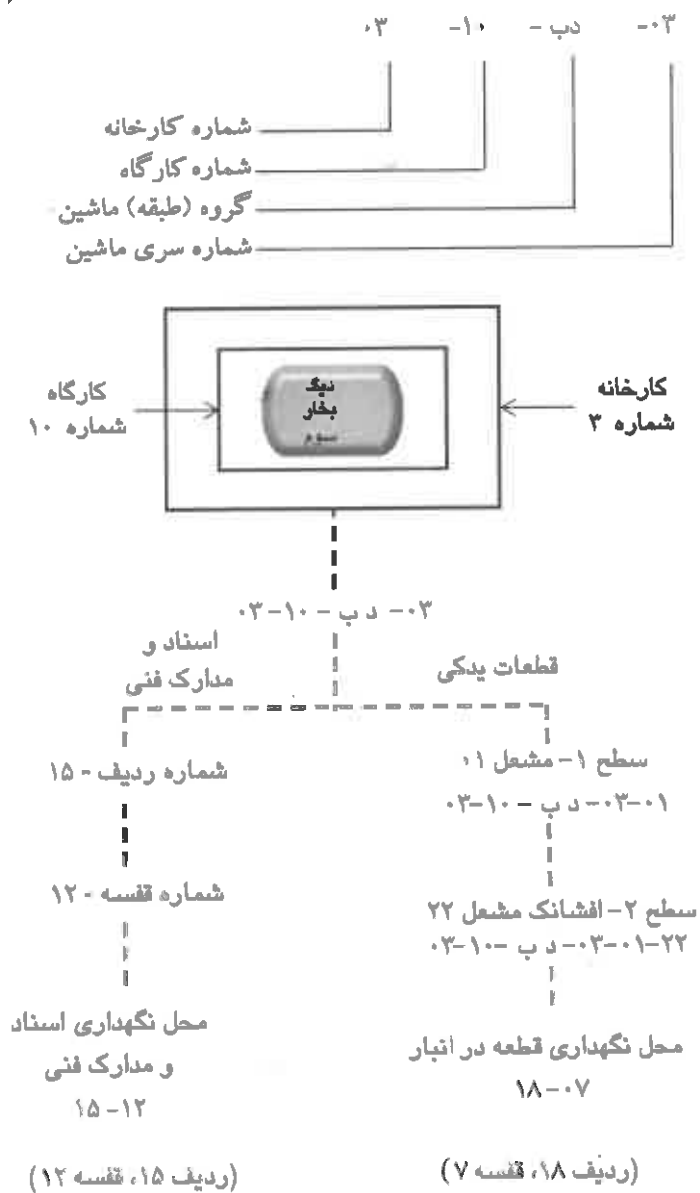


بدیهی است برای کارخانجات بزرگ که ممکن است برای نشان دادن بعضی از مشخصه‌ها یک رقم (در برگیرنده یک مجموعه ده تایی از یک مشخصه) کافی نباشد، می‌توان مثلاً از دو رقم (در برگیرنده یک مجموعه صدتایی از یک مشخصه) استفاده نمود.^۱ می‌توان در کدگذاری از ترکیبهای اعداد و حروف استفاده نمود. این نوع کدگذاری در شکل ۳-۴ نشان داده شده. در شکل ۳-۴ دو رقم اول و دوم نشان دهنده کارخانه موردنظر می‌باشد. (از این دو رقم در شرایطی استفاده می‌شود که یک شرکت از چند کارخانه جداگانه تشکیل

۱- به صورت یک دستورالعمل کلی و عمومی مناسب است تعداد ارقام برای هر مشخصه به نحوی در نظر گرفته شود که در زمانیکه کدگذاری انجام می‌شود از فضای مربوطه بیش از ۸۰ درصد آن پر نشود. برای مثال، در صورتیکه در کارگاهی ۵ ماشین فرزیونیورسال وجود دارد، انتخاب یک رقم برای شماره سری کافی است، ولی در صورتیکه ۹ ماشین وجود دارد، مناسب است از هم اکنون دو رقم برای این منظور در نظر گرفته شود تا برای توسعه‌های آینده فضای کافی باقی بماند.

۵۴ برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات (مدیریت فنی در صنایع)

شده باشد، مثلاً شرکت ملی فولاد ایران از کارخانه‌های ذوب آهن اصفهان، اهواز، مبارکه، ...، رقمهای سوم و چهارم نشان‌دهنده کارگاه در داخل کارخانه هستند.



شکل ۳-۴

کدگذاری دستگاهها

حروف پنجم و ششم مشخص کننده گروه دستگاه (ماشین) می باشند (مثلاً برای دیگ بخار حروف دب و برای نوار نقاله ها حروف ن ن). بنابراین در این سیستم کدگذاری، سومین دیگ بخار در کارگاه شماره ۱۰ در کارخانه شماره ۳ با کد زیر نشان داده می شود.

با اضافه نمودن چند رقم به کد ماشین، می توان شماره قطعات یدکی (کد انبار قطعات یدکی) مربوط به هر ماشین را نشان داد. همین طور در کاتولوگ های داخل انبار، با استفاده از ارقامی که به شماره های قطعات یدکی اضافه می شوند، ممکنست محل نگهداری قطعه در داخل انبار را مشخص نمود. در بایگانی اسناد فنی نیز در لیست اسناد و نقشه های بایگانی شده ممکنست در انتهای کد هر ماشین شماره ردیف و شماره قفسه، ... مربوط به محل بایگانی را برای دست یابی سریع به محل نگهداری این اسناد اضافه نمود.

علیرغم این امر که ممکنست کارخانجات سازنده قطعات یدکی، خود شماره ای را به عنوان شماره فنی برای قطعه در نظر گرفته، و این شماره را به نحوی بر روی قطعه نشان داده باشند، ایجاد یک سیستم کدگذاری در داخل هر کارخانه به دلائل زیر امری مفید، و در مواردی ضروری می باشد:

- یک نوع قطعه یدکی ممکنست با نام و شماره های فنی متفاوت توسط کارخانجات مختلف سازنده لوازم یدکی ساخته و توزیع شود.
- روشهای به کار گرفته شده توسط کارخانجات سازنده برای کدگذاری قطعات یدکی متفاوت بوده و بنابراین در داخل سازمان استفاده کننده، بین کدهای قطعات یدکی هماهنگی و سازگاری لازم وجود نخواهد داشت.
- کارخانجات سازنده ممکنست هر چند سال یکبار شماره های قطعات را عوض کنند. در نتیجه لازم خواهد شد که کارخانه استفاده کننده دائماً به امر به هنگام سازی شماره های فنی بپردازد.

بدیهی است روشهای کدگذاری ماشین آلات و قطعات یدکی در داخل هر کارخانه می تواند بنا به طبیعت و نوع کار و روشهای تولیدی و سیستمهای مدیریت انبار در آن کارخانه شکل و حالت متفاوتی داشته باشد. لازمست با توجه به مشخصه های خاص هر کارخانه یا سیستم صنعتی، شیوه های مناسب برای کدگذاری دارائیهای آن سازمان ابداع و ارائه شود.

شماره‌های تعیین شده برای دارائیه‌ها بر روی کلیه اسناد و مدارک به عنوان شماره مرجع نوشته می‌شوند. در نتیجه، جمع‌آوری هر گونه آمار و اطلاعات از روند کارکرد دستگاهها، میزان خرابیها، قطعات تبویض شده دستگاه، خرابیهای تکراری، فواصل زمانی بین خرابیهای متوالی و ساعات صرف شده برای تعمیرات^۱ با استفاده از کدهای ذکر شده روی اسناد و اوراق اطلاعاتی امکان‌پذیر می‌شود.

همچنین مناسبت زیادی دارد که امور مالی و حسابداری صنعتی سازمان نیز جهت جمع‌آوری و تحلیل هزینه‌ها از سیستم کدگذاری تدوین شده توسط مدیریت فنی استفاده نمایند. چنین امری باعث ایجاد سازگاری بیشتر بین اطلاعات و آمار مالی و اطلاعات و آمار فنی خواهد شد و تجزیه و تحلیل آمار و محاسبات اقتصادی را به راحتی و سادگی بیشتری امکان‌پذیر خواهد نمود.

لازمست کدهای تجهیزات و دارائیه‌ها در محل مناسبی بر روی هر نوع دارائی به صورت دائمی و به نحوی که از فواصل نسبتاً دور قابل خواندن باشند نوشته شود. این امر در مراحل اضطراری دسترسی به قطعات یدکی، نقشه‌ها، و دستورالعمل‌های تعمیر را تسریع خواهد نمود. (استفاده از شابلن‌هایی با ابعاد حروف و اعداد حدود ۱۰ سانتیمتر برای نوشتن کد بر روی ماشین می‌تواند روش مناسبی باشد).

با در دست داشتن کدهای ماشین‌آلات و سایر دارائیه‌های فیزیکی در داخل یک سازمان صنعتی، می‌توان دارائیه‌ها را بنا به اقتضا و موارد استفاده از اطلاعات با ترتیب‌های مناسبی طبقه‌بندی و تفکیک نمود. طبقه‌بندی، ممکنست بر اساس نوع ماشین یا بر اساس کدهای محل استقرار ماشین باشد. از مناسب‌ترین (و عمومی‌ترین) روشها ترتیب‌بندی دارائیه‌ها بر اساس محل استقرار (یا بهره‌برداری)، و در داخل این ترتیب، تفکیک آنها بر اساس نوع ماشین می‌باشد^۱.

۱- در ضمیمه در مرجع نمونه‌های مناسبی از سیستمهای کدگذاری دارائیه‌های فیزیکی ارائه شده.

سطح تمرکز سرویسهای فنی (انواع سازمانهای نت)

۵-۱ انواع سازمانهای نگهداری و تعمیرات

در مرحله اول سازمانهای نگهداری و تعمیرات را به دو نوع "متمرکز"^۱ و "غیرمتمرکز"^۲ تقسیم بندی می کنیم.

۱- سازمان نت متمرکز: در این نوع سازمان کلیه خدمات لازم جهت قسمتها و

کارگاههای مختلف، توسط یک سازمان متمرکز نت (یا مدیریت فنی) تأمین می شود.

۲- سازمان نت غیرمتمرکز: در این نوع سازمان به جای یک تشکیلات مرکزی هر

یک از کارگاههای بزرگ تولیدی، و قسمتهای کارخانه در داخل تشکیلات خود

یک گروه نگهداری و تعمیرات دارند، که مستقیماً زیر نظر سرپرست آن کارگاه

تولیدی انجام وظیفه می نماید.

گو اینکه در اینجا از واژه "غیرمتمرکز" استفاده شده، ولی در کارخانجات و صنایعی که

چنین تشکیلاتی دارند الزاماً علاوه بر گروههایی که زیر نظر کارگاههای تولیدی به امور

تعمیرات می پردازند، یک (یا چند) کارگاه مرکزی نیز وجود دارد که سرویسهای لازم در

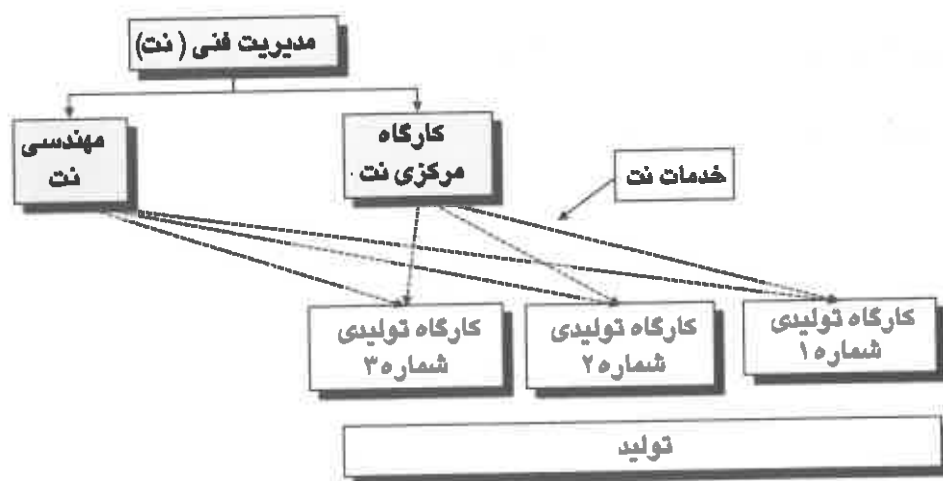
زمینه های کارهای فنی نظیر تراشکاری، جوشکاریهای دقیق، ساخت قطعات یدکی، و در اغلب

موارد تعمیر وسایط نقلیه را به عهده دارد. در شکل های ۵-۱ و ۵-۲ مدلهای نمودارهای سازمانی

1- Centralized Maintenance = Functional Maintenance

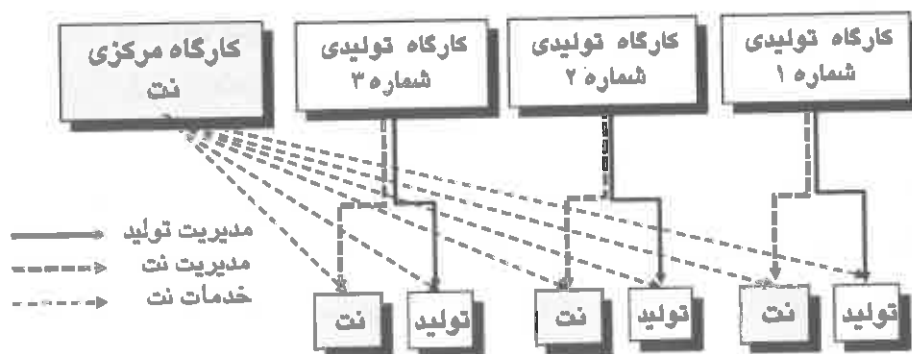
2- De-Centralized Maintenance = Localized Maintenance

متمرکز و غیرمتمرکز نشان داده شده‌اند. تشکیلات متمرکز و غیرمتمرکز نت در کارخانجات می‌توانند هر یک دارای مزایا و همچنین اشکالاتی باشند. از نکات مهم در سازماندهی سیستم مدیریت فنی در صنایع دقت در تصمیم‌گیری مناسب و مبتنی بر دلائل روشن جهت انتخاب نوع مناسب و میزان تمرکز یا عدم تمرکز خدمات مدیریت فنی برای صنایع می‌باشد.



شکل ۱-۵

مدل سازمان نگهداری و تعمیرات متمرکز



شکل ۲-۵

سازمان نگهداری و تعمیرات غیرمتمرکز (گسسته)

۵-۲ مزایا و نارسائیهای انواع سینسبتمهای متمرکز و غیرمتمرکز

الف) اهم مزایای تشکیلات نگهداری و تعمیرات غیرمتمرکز

- ۱- بالا بودن سرعت انتقال اخبار و اطلاعات و دستورات در زمینه تعمیر و سرویس و اعمال تعمیرات اضطراری به علت نزدیک بودن فاصله و کوچک بودن گروه نت در مقایسه با تشکیلات متمرکز.
- ۲- بالا رفتن سرعت یادگیری و مهارت کارکنان نت (در تخصصهای مربوط به نگهداری و تعمیرات ماشین آلات مخصوص آن کارگاه).
- ۳- آشنائی بیشتر کارکنان نگهداری و تعمیرات با روشهای تولید مخصوص به آن کارگاه.
- ۴- همکاری نزدیک، و وجود روابط انسانی مناسبتر بین گروههای نگهداری و تعمیرات و تولید به علت وجود یک مدیریت واحد.

ب) نارسائیهای (اشکالات) نگهداری و تعمیرات غیرمتمرکز

- ۱- بالا بودن هزینههای بالاسری و سرپرستی به علت لزوم استقرار سرپرستان و استادکاران و مهندسین جهت هر یک از گروههای کوچک نگهداری و تعمیرات در کارگاههای مختلف.
- ۲- بالا رفتن حجم و هزینه نگهداری قطعات یدکی به علت عدم وجود انبار مرکزی جهت نگهداری قطعات.
- ۳- یکنواختی در کار کارگران و کارکنان نگهداری و تعمیرات.
- ۴- عدم آشنائی کارکنان نت با سایر تخصصهای مربوط به حرفه خود به علت ثابت بودن نوع کار.
- ۵- عدم امکانات آموزشی برای کارکنان نت به این علت که اصولاً توجه اصلی یک کارگاه تولیدی به امور تولید معطوف بوده و بنابراین فراهم نمودن چنین امکاناتی جهت گروههای نگهداری و تعمیرات در درجه دوم اهمیت قرار میگیرد.
- ۶- عدم امکان مطالعه و بررسی بازده گروههای نگهداری و تعمیرات و مقایسه وضعیت کلی ماشین آلات و تجهیزات در سطح کارخانه، میزان خرابیها و از کار افتادگیها، و عدم امکان ارائه روشهای بهسازی فعالیتهای و تجهیزات در سطح کارخانه.

۷- پائین بودن میزان کاربرد نیروی انسانی و تجهیزات نت به علت عدم امکان نقل و انتقال کارگران جهت پرکردن محلهای محتاج به کارهای تعمیراتی در سایر کارگاهها.

۸- عدم امکان استاندارد کردن قطعات یدکی مربوط به ماشین‌آلاتی که از کشورهای مختلف و یا حداقل کارخانجات سازنده متفاوت تهیه شده‌اند، در سطح کل کارخانه.

۳-۵ دیدگاههای کلی در مورد تمرکز یا عدم تمرکز سرویسهای مدیریت فنی (نت)

در مطالعه انواع سازمانهای نگهداری و تعمیرات این نظریه مورد توجه قرار می‌گیرد که هر اندازه ترکیب تشکیلاتی نگهداری و تعمیرات از حالت "تمرکز" خارج شده و به سمت "غیرمتمرکز بودن" نزدیکتر بشود، عامل حفظ موقعیت "امور فنی" به عنوان یک فعالیت مستقل و مؤثر در مدیریت یک واحد صنعتی ضعیفتر می‌شود، و تشکیلات نگهداری و تعمیرات از نظر اهمیت سازمانی در درجات پائین‌تری قرار می‌گیرد.

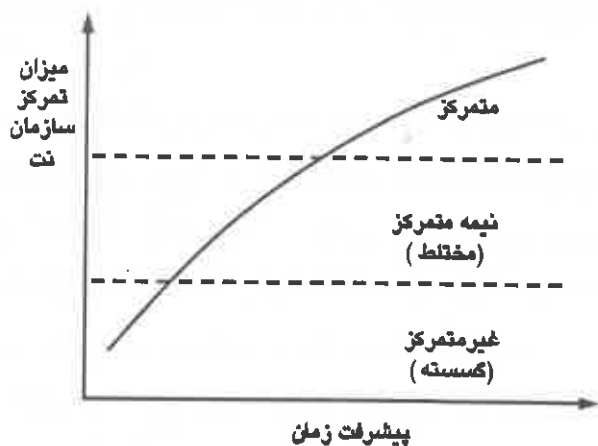
برعکس، هر اندازه فعالیتهای نگهداری و تعمیرات بیشتر حالت متمرکز داشته باشند، به ایفای نقش اساسی خود به عنوان یکی از ارکان مدیریت در واحدهای صنعتی نزدیکتر می‌شوند. با توجه به روندی که اخیراً در صنایع پیشرفته در تشخیص اهمیت و نقش نگهداری و تعمیرات و امور فنی به چشم می‌خورد، تمایل بیشتری در صنایع در جهت متمرکز نمودن تشکیلات مدیریت فنی (نت)، حتی در سازمانهای بزرگ قابل رویت می‌باشد.

به هر حال باید در نظر گرفت که در صورتی که بنا به مصالح یک کارخانه نوع ترکیب نگهداری و تعمیرات حالت غیرمتمرکز دارد، اهداف اصلی و مسیر فعالیتهای آن به دیده اغماض گرفته نشده، و به صورت جدی موردنظر قرار گیرند. در غیر این صورت بنا به رسم و عادت کلی و عمومی حاکم بر صنایع، مخصوصاً در کشورهایی که از نظر صنعتی توسعه نیافته‌اند، و یا در حال توسعه هستند، موقعیت و مسئولیت‌ها و اهداف نگهداری و تعمیرات و امور فنی در کارخانجات مجدداً در فعالیتهای "تعمیر بعد از خرابی" خلاصه می‌شوند. در چنین شرایطی اثرات معکوس این نوع سیاست و سازماندهی در فاصله زمانی نزدیک نمودار خواهد گردید.

در شکل ۳-۵ نمودار نشان‌دهنده روند ساختاری تشکیلات نت از نظر تمرکز در مقابل پیشرفت زمان نشان داده شده.

بدیهی است که علیرغم آنچه که گفته شد، عوامل زیادی می‌توانند وجود داشته باشند که مؤید یک سیستم غیرمتمرکز یا نیمه متمرکز در یک صنعت بخصوص باشند. اهم عوامل قابل بیان به شرح زیر هستند:

- ۱- وسعت کارخانه از نظر تعداد و گستردگی کارگاهها
- ۲- عدم وجود وجه اشتراک در نوع خدمات فنی مورد لزوم در کارگاههای مختلف
- ۳- عوامل مسدودکننده راه بین کارگاهها، نظیر شاهراهها، راه آهن، کانالهای روباز، خطوط فشار قوی جریان برق، ... که ممکنست در شرایط اضطراری باعث ایجاد مشکلاتی ایمنی، و در هر صورت باعث کاهش سرعت ارائه سرویسهای فنی بشوند.



شکل ۳-۵

روند تغییرات سازمان نگهداری و تعمیرات با پیشرفت زمان

۴-۵ ارزیابی مقایسه‌ای میزان تمرکز یا عدم تمرکز امور مدیریت فنی در قسمتهای گذشته در فصل حاضر دو نوع سیستم "متمرکز" و "غیرمتمرکز" برای امور مدیریتی فنی و نگهداری و تعمیرات تعریف شده، و مزایا و نارسائیهای یکی از دو نوع

(که خود تعیین‌کننده مزایا و نارسائیهای نوع دیگر می‌تواند باشد) بیان گردیدند. در این فصل دیدگاههای کلی نیز در مورد تمرکز و عدم تمرکز سرویسهای مدیریت فنی ارائه گردید.

با عنایت به آنچه که گفته شد، در این قسمت سعی می‌شود در یک مدل ارزیابی مقایسه‌ای، پارامترهای تعیین‌کننده هر یک از انواع تشکیلات متمرکز و غیرمتمرکز در یک طبقه‌بندی با جزئیات بیشتر مورد بررسی قرار گیرند.

در تعیین گزینه‌های "متمرکز" یا "غیرمتمرکز" ممکن بود که به هر یک از پارامترهای موردنظر عددی به عنوان "وزن" یا اهمیت پارامتر موردنظر داده شود. (مثلاً در یک مقیاس صفر تا ده ممکن بود به یک پارامتر وزن ۲ و به یک پارامتر وزن ۱۰ تعلق گیرد). (اعداد ۲ و ۱۰ عبارت از وزن یا اهمیت پارامترهای مربوطه در تصمیم‌گیری نهایی هستند). همین‌طور ممکن بود به جای انتخاب ارزشهای "کم"، "متوسط"، یا "زیاد"، مثلاً در یک مقیاس صفر تا صد به ارزش هر پارامتر، در هر یک از گزینه‌های "متمرکز" یا "غیرمتمرکز" عددی بین صفر تا صد تعلق گیرد.

ولی آنچه که در مراحل اولیه بررسی مدل مسلم می‌شود آنستکه ارزشها در مورد اغلب صنایع بیشتر به سمت "متمرکز" مایل هستند. از آن گذشته، در ارائه ساختار سعی بر آن خواهد بود که با ایجاد یک ساختار "مختلط" یا "نیمه متمرکز" در اغلب موارد پارامترها در موقعیتی که ارزش زیادتری دارند قرار گیرند. با عنایت به چنین امری، انتخاب یک مدل کمی (شامل اعداد وزنی و ارزشی) قابلیت کاربرد نداشته، و در این کتاب مورد استفاده قرار نگرفته است.

با مراجعه به جدول مقایسه‌ای ارزش پارامترها (شکل ۵-۴)، مشخص است که تعداد پارامترهای دارای ارزش "زیاد" در سیستم‌های متمرکز بیش از سیستم‌های غیرمتمرکز است. برای داشتن یک نوع ارزش کمی به صورت تقریبی می‌توان به ارزشهای "زیاد"، "متوسط"، "کم" به ترتیب اعداد ۳، ۲، ۱ را تعلق داد. در چنین صورتی داریم:

$$\text{ارزش سیستم‌های متمرکز} = 60 = (7 \times 1) + (1 \times 2) + (17 \times 3)$$

$$\text{ارزش سیستم‌های غیرمتمرکز} = 45 = (1 \times 1) + (4 \times 2) + (8 \times 3)$$

فصل پنجم- سطح تمرکز سرویسهای فنی (انواع سازماندهی نت) ۶۳

شماره	پارامتر (عامل) مورد ارزیابی	متمرکز	غیرمتمرکز
۱	بهره‌وری (کاربرد بهینه) از نیروی انسانی	زیاد	کم
۲	امکان بررسی و کنترل کمی و کیفی کار	زیاد	متوسط
۳	امکان آموزش عمومی کارکنان نت	زیاد	کم
۴	بادگیری کارکنان از شرایط بخصوص کار در یک کارگاه	کم	زیاد
۵	وجود تنوع به عنوان یک انگیزه مثبت در کار کارکنان نت	زیاد	کم
۶	برخوداری از روابط انسانی مناسب در رابطه با کارکنان تولید	کم	زیاد
۷	برخوداری از روابط انسانی مناسب در رابطه با کارگاه مرکزی نت	زیاد	کم
۸	آشنایی با روشهای تولید کارگاهها	کم	زیاد
۹	استفاده بهینه از امکانات پشتیبانی (مهندسی- مدارک فنی...)	زیاد	کم
۱۰	امکان دسترسی سریع به سرویسهای نت در شرایط اضطراری	کم	زیاد
۱۱	توجه به نقش اساسی و اهمیت امور مدیریت فنی	زیاد	کم
۱۲	امکان تجزیه و تحلیل علل خرابیها	زیاد	متوسط
۱۳	امکان برنامه‌ریزی فعالیتهای نت در ارتباط با امور تولید	متوسط	زیاد
۱۴	امکان کنترل (بررسی و تحلیل انحرافات نسبت به برنامه و تنظیم برنامه)	زیاد	کم
۱۵	بهره‌وری (کاربرد بهینه) ابزار مورد استفاده در نگهداری تعمیرات	زیاد	کم
۱۶	امکان تهیه روشهای بهینه تعمیرات پیشگیری	زیاد	متوسط
۱۷	امکان کاربرد بهینه قطعات یدکی (استفاده از روشهای کنترل موجودیها)	زیاد	کم
۱۸	امکان دسترسی به انواع تخصصهای کمیاب در بازار کار	زیاد	کم
۱۹	بهره‌وری (کاربرد بهینه) امکانات سرپرستی، مدیریت مهندسی، ...	زیاد	کم
۲۰	امکان استانداردسازی قطعات ماشین آلات	زیاد	کم
۲۱	سرعت انتقال اخبار و اطلاعات بین امور تولید و امور فنی (نت)	کم	زیاد
۲۲	امکان بررسی روشهای بهره‌برداری از دستگاهها توسط بخش تولید	زیاد	متوسط
۲۳	امکان دسترسی سریع به قطعات یدکی	کم	زیاد
۲۴	امکان تمایز هزینه‌های نت و تولید	زیاد	کم
۲۵	صرفه‌جویی در هزینه‌های حمل و نقل بین نت و کارگاههای تولیدی	کم	زیاد

شکل ۴-۵

ارزش نسبی پارامترها در سیستمهای متمرکز و غیرمتمرکز در مدیریت فنی (نت)

بدیهی است برای داشتن معیارهای دقیق‌تر، همانگونه که در آغاز بحث در این قسمت گفته شد، ممکنست به پارامترهای مختلف نیز یک نوع "وزن" که نشان دهنده میزان اهمیت آن است تعلق داد. آنچه که محرز است، در سیستم مدیریت فنی بر دارائیهای یک مجتمع بزرگ صنعتی نمی‌توان ارزشهای مثبت یک سیستم غیرمتمرکز را فقط به این دلیل که در مقایسه با سیستم متمرکز در سطحی پایین‌تر قرار گرفته به کلی نادیده گرفت. در صورتی که در این شرایط بتوان با ترکیبی مناسب از سازمانهای متمرکز و سازمانهای غیر متمرکز نگهداری و تعمیرات "یک سازمان" نیمه متمرکز" یا "مختلط" ایجاد نمود، به نحوی که از مزایای مثبت هر دو سازمان برخوردار باشد، اصول اقتصاد و صلاحیت در سازماندهی سیستم مدیریت فنی برای مجتمع بهتر رعایت شده.

تعیین یک نسبت صددرصد بهینه "تمرکز" و "عدم تمرکز" در روزهای آغازین طراحی سیستم به طور دقیق امکان‌پذیر نخواهد بود، گواينکه لازمست خطوط اصلی در این مورد مشخص شده و یک ساختار مناسب (هر چند به حد کافی دقیق نباشد) در این زمینه برنامه‌ریزی شود.

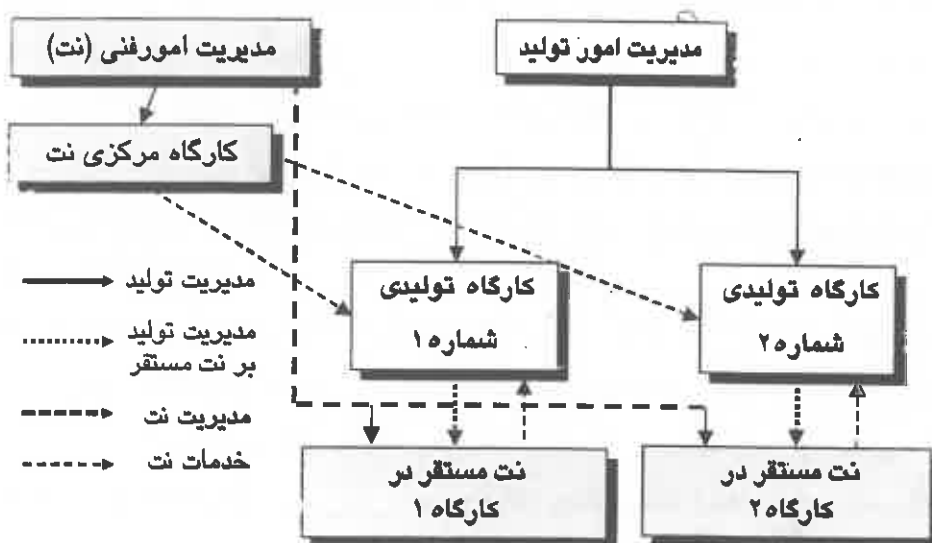
نکته امیدوارکننده آنستکه سیستم برنامه‌ریزی و کنترل امور مدیریت فنی (که در فصل سوم کتاب ارائه گردیده است) از خاصیت "پویایی" کامل برخوردار است. بنابراین برای سازمان صنعتی این امکان حاصل خواهد بود که در جریان کاربرد سیستم (دوره بهره‌برداری) از خاصیت "خودسازی" سیستم در جهت تنظیم و دستیابی به میزانهای دقیق و بهینه "تمرکز" و "عدم تمرکز" در خدمات مدیریت فنی برخوردار گردد.

سیستم‌های نگهداری و تعمیرات نیمه متمرکز در موارد بسیار در صنایع به کار گرفته شده، و مخصوصاً در شرایط تولید پیوسته، و صنایع تولید فلزات نتایج رضایت‌بخشی داشته‌اند. در قسمت بعدی این فصل، با در نظر گرفتن عوامل مثبت و منفی، ساختار کلی یک سیستم مختلط (نیمه متمرکز) مورد بحث قرار خواهد گرفت.

۵-۵ اصول یک سیستم نیمه متمرکز (مختلط) برای امور نگهداری و تعمیرات

در صورتی که بنا به سیاست‌های خاص یک واحد صنعتی تشکیل یک نوع سازمان نگهداری و تعمیرات در حدودی بینابین دو حالت متمرکز و غیرمتمرکز موردنظر باشد،

می‌توان یک نوع سازمان نگهداری و تعمیرات به صورت نیمه متمرکز^۱ (یا مختلط) را مورد بررسی قرار داد. در یک سازمان مختلط، امور مدیریت و سرپرستی و ارائه خط‌مشی‌های کلی در یک واحد تحت عنوان مدیریت فنی متمرکز می‌باشد. ولی به منظور بهره‌وری از سهولت ارتباطات و سایر مزایایی که از یک سیستم غیرمتمرکز نگهداری و تعمیرات قابل دسترسی است (به جدول مقایسه‌ای قسمت قبل مراجعه شود)، در هر یک از کارگاههای تولیدی یک گروه ثابت از طرف تشکیلات مرکزی نت مأموریت خدمت خواهند داشت. در شکل ۵-۵ یک مدل عمومی سازمان نگهداری و تعمیرات نیمه متمرکز ارائه شده.



شکل ۵-۵

مدل سازمان نگهداری و تعمیرات نیمه متمرکز (مختلط)

همانگونه که در شکل ملاحظه می‌شود گواينکه گروههای نگهداری و تعمیرات مستقر در کارگاههای تولیدی، ارتباط مستمر با مدیریت نگهداری و تعمیرات دارند، با این حال به صورت غیرمستقیم زیر نظر کارگاههای تولیدی انجام وظیفه می‌کنند.

در چنین تشکیلاتی از ضروریات است که به طور مشخص و متمایز حدود دستورات و نظارت‌هایی که کارگاه‌های تولیدی و همچنین کادر مرکزی نگهداری و تعمیرات به گروه‌های مأمور خدمت اعمال می‌نماید تعیین شده باشد.

به طور معمول انجام خدمات سرویس و تعمیرات روزمره بر روی دستگاه‌ها توسط گروه‌های مأمور به خدمت انجام‌پذیر می‌باشد. همچنین تعمیر خرابیهای آنی و پیش‌بینی نشده که بر روی دستگاه‌ها پیش می‌آید با دستور شفاهی قسمت تولید توسط گروه مأمور به خدمت انجام می‌گیرد. ولی خط‌مشی کلی، آموزش، حقوق و دستمزد، نقل و انتقال، و ارتقاء و به طور خلاصه کلیه خدمات مدیریت در مورد گروه‌های مأمور به خدمت از طریق کادر مرکزی نگهداری و تعمیرات (مدیریت فنی) اعمال می‌گردد. همچنین گزارشهای کارکرد و آمار و اطلاعات لازم همگی به کادر مرکزی نگهداری و تعمیرات ارسال می‌گردد، تا به عنوان اطلاعات بازتابی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. (در تصمیم‌گیری جهت نقل و انتقال و یا ترفیع و تنبیه کارکنان مأمور به خدمت دریافت نظریات قسمت تولید شایسته توجه و اهمیت خاص می‌باشد).

در ساختارهای سازمانی نیمه متمرکز (مختلط) نیز لازم خواهد بود که علاوه بر گروه‌های نت مستقر در کارگاه‌های تولیدی، یک کارگاه مجهز نیز تحت عنوان "کارگاه مرکزی نت" (شکل ۵-۵). خدمات فنی خاص و حساس را به کارگاه‌های تولیدی، و به گروه‌های نت مستقر در کارگاه‌های تولیدی برساند. خدمات کارگاه مرکزی نت عموماً شامل تعمیرات خودروها، و تعمیرات حساس، نظیر ابزار دقیق، یا تراشکاری و جوشکاری‌های حساس روی قطعات یدکی، و آن دسته از امور تعمیراتی که به طور مستمر مورد احتیاج کارگاه‌های تولیدی نیست، نظیر خدمات بنائی، ... خواهد بود.

۵-۶ تجزیه و تحلیل کیفی ساختار نیمه متمرکز

در قسمتهای گذشته این فصل، اهم نکات ضعف و قوت (مزایا و نارسائیه‌ها) برای سیستمهای نت متمرکز و غیرمتمرکز مورد بحث قرار گرفت. شکی نیست که در صورت وسعت کارخانه (چه از نظر حجم و چه از نظر شاخصهای تولید)، وجود یک سیستم کاملاً

متمرکز باعث کندی مبادله اطلاعات و کندی ارائه سرویسهای تعمیراتی اضطراری برای کارگاههای تولیدی خواهد شد.

از سوی دیگر، مزایای جنبی یک سیستم متمرکز را نمی‌توان نادیده انگاشت. در چنین شرایطی در وهله اول لازمست انواع تعمیرات اضطراری که ممکنست در اغلب موارد مورد احتیاج کارگاههای تولید باشند مشخص شوند.

در طبیعت و ساختار ماشینهای صنعتی در حال حاضر دو عامل مکانیکی و الکتریکی بیش از سایر عوامل موجودیت دارند. بدنبال این دو عامل به دلیل وجود "خودکاری" (اتوماسیون)، و اتصالات منطقی در حرکتهای لازم بین ماشین آلات کارگاه عامل ابزار دقیق تا حد قابل توجهی بر حرکات ماشینها حاکمیت دارد.

افزونی تعداد اشکالات مکانیکی و الکتریکی بر روی ماشینها، در مقایسه با سایر خرابیها امری بدیهی بوده و احتیاج به توجیه مطلب ندارد.

در یک ساختار مختلط، "امور مکانیکی و الکتریکی نت" از نظر اجراء عملیات به صورت غیرمتمرکز عمل نموده، و همان گونه که در نمودار چهارچوب کلی سازمان نگهداری و تعمیرات (در فصل هفتم) گفته شده، در هر کارگاه یک گروه مکانیک و یک گروه برقکار، متناسب با حجم کارگاه، به صورت دایم در همه نوبتهای تولید، آماده به کار می‌باشند. با توجه به این امر می‌توان گفت که در این ساختار تا حد ممکن به عامل زمان (سرعت) در انجام خدمات نگهداری و تعمیرات که عمدتاً مکانیکی و الکتریکی هستند توجه شده است.

خدمات ابزار دقیق

قابل پیش‌بینی است که امور ابزار دقیق و کنترل‌های کامپیوتری نیز در بیشتر صنایع از نظر حجم خدمات لازم در درجه سوم، بعد از امور مکانیکی و الکتریکی قرار خواهند گرفت. ولی در این مورد باید گفت که مسلماً در صورتی که طرحی برای عدم تمرکز امور ابزار دقیق موردنظر باشد، حداقل برای چند ساله اول دوره بهره‌برداری، صنعت با کمبود نیروی متخصص لازم در این زمینه مواجه خواهد بود. (به دلیل مشکل دسترسی به منابع انسانی متخصص ابزار دقیق برای استخدام دائم).

علاوه بر آن، در صورتی هم که فرض بر این باشد که صنعت خواهد توانست برای همگی کارگاهها، با توجه به حجم و وسعت کارگاه در همه نوبت‌های تولید نیروی متخصص لازم را در زمینه ابزار دقیق استخدام نموده و در اختیار داشته باشد، مسلماً به دلیل پایین بودن کارآئی (بیکار بودن گروه) و دستمزدهای نسبتاً زیادی که به آنها تعلق می‌گیرد، هزینه‌های مربوط به این امر زیاد خواهد بود.

لازم به تذکر است که خدمات تعمیری ابزار دقیق، معمولاً احتیاج به ابزار دستی یا ماشین‌آلات سنگین ندارد. بنابراین به محض به وجود آمدن اشکالات اضطراری با در دست بودن وسایل ارتباطی (رادیوهای بابر کوتاه، تلفن، پیچ، ...) افراد کادر مرکزی ابزار دقیق به محل فراخوانده خواهند شد.

خدمات مکانیکی و الکتریکی

در اینجا ممکنست این بحث مطرح باشد که امور اضطراری مکانیکی و الکتریکی منحصر به خدمات چند نفر مکانیک عمومی یا برقکار می‌تواند باشد. مسلماً در صورت بروز یک اشکال مکانیکی در قسمتی از ماشین علاوه بر خدمات مکانیکی عمومی، ممکنست به انجام خدماتی با تخصصهای هیدرولیک، پنوماتیک، و حتی اموری نظیر جوشکاری و نراشکاری نیز احتیاج باشد. سیاست اساسی در امر تعمیرات در مجتمع‌های بزرگ صنعتی به دلیل احتیاج به راه‌اندازی سریع ماشین‌آلات بر اینستکه در صورت بروز خرابی، در صورتی که قطعه‌ای معیوب باشد، باید در وهله اول قطعه معیوب از روی ماشین باز شده، و به جای آن قطعه سالم روی ماشین نصب شود. پس از آن، قطعه معیوب، (در صورت پذیرش تعمیر) به کارگاه مرکزی تعمیرات حمل شده و پس از بازسازی کامل به انبار فنی (یا به انبارهای اقماری نت- فصل ۱۴) منتقل می‌شود.

بنابراین، از عمده‌ترین وظایف گروههای مکانیکی و الکتریکی که در کارگاهها مستقر هستند، باز کردن قطعه معیوب، و نصب قطعه سالم به جای آن، و پیگیری انجام عمل تعمیرات بر روی قطعه معیوب برای نگهداری به صورت یدک به منظور استفاده‌های بعدی خواهد بود.

علاوه بر امر فوق، همانگونه که قبلاً نیز اشاره شد، گروههای مأمور و مستقر در کارگاههای تولیدی، علاوه بر انجام این امور اضطراری، سرویسهای روزمره و تنظیمها روی ماشینآلات، و دو صورت صلاحیت، قسمتی از عملیات سرویس، نظیر روغنکاری و تمیزکاری را به عهده خواهند داشت^۱.

خدمات مدیریتی نت

در سیستم مختلط نت، امور سرپرستی، مدیریت، تعیین روشها و خطمشیها، کنترل بازدهی کارکنان نگهداری و تعمیرات به عهده سازمان مرکزی نت گذاشته می شود. در این مورد در قسمتهای گذشته این فصل بحث شد. از نتایج مشخص این سیاست، صرفه جوئی در هزینه های ثابت کارگاهی (هزینه های بالاسری) خواهد بود.

قابل توجه است که در یک هدف نهایی باید سعی بر آن باشد که امور نگهداری و تعمیرات عمده شامل کارهای برنامه ریزی شده بوده و با انجام پیشگیریهایی لازم احتیاج به عملیات اضطراری کاهش یابد.

در این صورت عامل زمان و سرعت در انجام امور نگهداری و تعمیرات با توجه به اینکه کارها از قبل برنامه ریزی شده اند، در یک سیستم متمرکز به خوبی مورد نظر قرار گرفته شده و حداکثر صرفه جوئی در زمان به عمل خواهد آمد.

امور برنامه ریزی

امور برنامه ریزی برای اجراء عملیات پیشگیری (فصل نهم) عمده تاً به صورت متمرکز پیشنهاد می شود. به این دلیل که به تجربه ثابت شده که در صورتی که عملیات پیشگیری تحت نظارت و کنترل امور تولید باشد، در موارد بسیار این امر تحت الشعاع مسائل تولید قرار گرفته و انجام امر به تأخیر و تعویق افتاده و در مرحله فراموشی سپرده خواهد شد. بنابراین، با توجه به اینکه از عوامل بسیار مؤثر در افزایش عمر اقتصادی و دوام

۱- در سیستم های جدید "نت بهره ور فراگیر (TPM) این فعالیتها" پس از آموزش کامل، به عهده اپراتورها (بهره برداران) گذاشته می شود. به فصل ۲۴ کتاب مراجعه فرمائید.

و جلوگیری از استهلاک غیرطبیعی ماشین آلات، اجراء عملیات منظم پیشگیری می‌باشد، انجام چنین عملیاتی در پوشش یک سیستم متمرکز به صلاحیت کامل صنعت خواهد بود.

ارتباط نت با بخش تولید

علاوه بر آنچه که گفته شد، در یک ساختار مختلط با توجه به اینکه دو مسئولیت "امور تولید" و "امور فنی" در مقابل یکدیگر قرار گرفته‌اند، وسیله مناسبی برای کنترل کیفیت نحوه انجام کارها و ارزیابی و انتقاد سازنده در کارهای یکدیگر بین این دو مسئولیت فراهم می‌آید. امور تولید احتیاج به دریافت سرویسهای سریع و دارای کیفیت قابل قبول از نگهداری و تعمیرات دارد، و در این مورد امور نت را با دیده انتقادی ولی سازنده مورد ارزیابی و کنترل قرار خواهد داد، و نقاط ضعف و قوت کار نگهداری و تعمیرات را در سطوح بالاتر مدیریت در سازمان مطرح خواهد نمود.

امور فنی نیز به نحوه استفاده از دستگاهها توسط کارکنان تولید حساسیت داشته و در این مورد با روشی منظم و سیستماتیک بینش کاملی بر نحوه بهره‌برداری از دستگاهها اعمال خواهد نمود. وجود یک چنین برخورد سالمی در یک سیستم صنعتی مسلماً به نفع سیستم و تداوم کار تولید و افزایش عمر اقتصادی ماشین آلات می‌باشد.

تمرکز اطلاعات

اصول برنامه‌ریزی و کنترل احتیاج به اطلاعات منسجم دارد. در یک سیستم غیرمتمرکز نت هر کارگاه تنها از وضعیت و شاخصهای کار خود مطلع می‌باشد. متمرکز نمودن محل جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل اطلاعات فنی در سیستم پیشنهادی در یک مجتمع صنعتی باعث می‌شود که در هر نوع برنامه‌ریزی از اطلاعاتی که مربوط به کل مجتمع بوده، و بنابراین با برخورداری از دامنه وسیع‌تری دارای قابلیت اطمینان بیشتری است استفاده شود.

کاربری منابع انسانی و ابزار

بهره‌وری از نیروی انسانی و ابزار آلات مربوط به نگهداری و تعمیرات نیز در یک سیستم متمرکز بالاتر از سیستم غیرمتمرکز خواهد بود. دلیل امر، وجود انعطافی است که در یک

سیستم متمرکز در استفاده از منابع (نیروی انسانی، ماشین آلات و ابزار، ...) در هر مکان که لازم باشد فراهم می‌آید. ضمن بررسیهایی که در صنایع مخصوصاً در صنایع کشورهای در حال رشد صنعتی داشته است، میزان بهره‌وری از نیروی انسانی را در یک سیستم غیرمتمرکز نت حدود ۲۰ درصد پرآورد نموده^۱. در یک سیستم غیرمتمرکز ممکنست در یک کارگاه کارگران نت بیکار (آماده به کار) باشند، و در کارگاه دیگری در همان لحظه کارهای نت به دلیل کمبود نیروی انسانی به کندی اعمال گردد.

علاوه بر آنچه که گفته شد وجود یک مدیریت متمرکز در امور نت باعث خواهد شد که به فاکتورهای انسانی، و از جمله به مسائل آموزش کارکنان نت (که بسیار حیاتی می‌باشد) توجه کافی مبذول شود. به تجربه مشخص گردیده است که در شرایطی که کارکنان نت به طور کامل زیر نظر مدیر امور تولیدی کارگاه هستند، همواره امر آموزش کارکنان نت به دیده اغماض گرفته شده. در اینجا ذکر این نکته لازم است که نه تنها در ایران، بلکه حتی در کشورهای که از نظر صنعتی کاملاً پیشرفته محسوب می‌شوند مسئولین امور تولید بنا به عادت سنتی ترجیح می‌دهند که همواره گروه مجهز و کاملی از کارکنان نت را در کنار کارگاه خود برای رسیدگی به امور اضطراری تعمیراتی در اختیار داشته باشند. ولی همانگونه که در فصل سوم این کتاب آمده است، با در نظر گرفتن هزینه‌های ناشی از خرابیهای اضطراری، کاملاً به نفع اقتصاد یک سیستم خواهد بود که با برنامه‌ریزی و اعمال تعمیرات پیشگیری، احتمال مواجهه با خرابیهای اضطراری را تا حدود بسیار زیادی کاهش داده، و در نتیجه در هزینه‌های نگهداری نیروهای آماده به کار در کارگاههای تولیدی صرفه جوئی به عمل آورد. بدیهی است در سیستم‌های تولید پیوسته (ر.ک. به فصل ۴)، به دلیل هزینه‌های زیادی که در اثر رکودهای اضطراری بر سیستم تولید تحمیل می‌شود، وجود نیروهای نت آماده به کار مقرون به صرفه و به نفع اقتصاد کل مجتمع صنعتی خواهد بود.

۱- در سیستمهای کارای نت، بازدهی نیروی انسانی بین ۶۰ تا ۸۰ درصد مشاهده می‌شود. این نسبت در چند کارخانه در ایران بین ۴۰ تا ۴۵ درصد ارزیابی شده.



چارچوب فعالیتهای امور

مدیریت فنی

۱-۶ نمودار تفکیکی و شرح مسئولیتها

در فصل گذشته ساختارهای سازمانی معمولی در امور مدیریت فنی ارائه گردیدند. در این فصل سعی بر آن خواهد بود که در مرحله اول با توجه به آنچه که در مورد سیستمهای کنترل امور مدیریت فنی در فصل سوم کتاب آمده است، مسئولیتهای امور مدیریت فنی در صنعت تفکیک شده، و جایگاه مشخصی برای امور مهندسی- تعمیرات - و نگهداری قطعات یدکی در چهارچوب مسئولیتهای مدیریت فنی ارائه گردد.

در شکل ۱-۶ مسئولیتهای و وظایف مدیریت فنی در چهارچوب امور کلی صنعت تفکیک شده و عناوین مربوط به وظایف در سطوح مختلف نشان داده شده.

لازم به ذکر است که در بسیاری از صنایع و کارخانجات، علاوه بر سه مسئولیت مهندسی، تعمیرات و تأمین قطعات یدکی، از دیگر مسئولیتهای مهم و قابل توجهی که به عهده امور فنی واگذار می شود، مسئولیت راهبری شبکه های تأسیسات ضروری، نظیر تولید یا توزیع انرژی الکتریکی، تصفیه و توزیع آب صنعتی، آب آشامیدنی، هوای فشرده، توزیع گازهای طبیعی، تصفیه و دفع پساب صنعتی، توجه به مسائل محیط زیست، ... و امور مشابه می باشد. چنین اموری مشخصاً دارای طبیعت تعمیرات یا نگهداری نیستند، و بنابراین در این کتاب گوا اینکه در مواردی به آنها اشاره شده ولی به بحث تفصیلی پیرامون این وظایف (که مسئولیتی بسیار مهم و حیاتی است) پرداخته نشده.

نوع و مشخصات پدیده				مکان و زمان وقوع				تأثیرات و مخاطرات				اقدامات و تدبیرات			
نوع پدیده		مکان وقوع		زمان وقوع		تأثیرات و مخاطرات		اقدامات و تدبیرات		مکان وقوع		زمان وقوع		تأثیرات و مخاطرات	
زلزله	در تمام مناطق کشور	هر لحظه	تخریب سازه‌ها، کشته شدن انسان‌ها، خسارت اقتصادی	تقویت سازه‌ها، تدبیرات اضطراری	در تمام مناطق کشور	هر لحظه	تخریب سازه‌ها، کشته شدن انسان‌ها، خسارت اقتصادی	تقویت سازه‌ها، تدبیرات اضطراری	در تمام مناطق کشور	هر لحظه	تخریب سازه‌ها، کشته شدن انسان‌ها، خسارت اقتصادی	تقویت سازه‌ها، تدبیرات اضطراری	در تمام مناطق کشور	هر لحظه	تخریب سازه‌ها، کشته شدن انسان‌ها، خسارت اقتصادی
طوفان	در مناطق ساحلی	در فصل بهار و تابستان	تخریب سازه‌ها، کشته شدن انسان‌ها، خسارت اقتصادی	تقویت سازه‌ها، تدبیرات اضطراری	در مناطق ساحلی	در فصل بهار و تابستان	تخریب سازه‌ها، کشته شدن انسان‌ها، خسارت اقتصادی	تقویت سازه‌ها، تدبیرات اضطراری	در مناطق ساحلی	در فصل بهار و تابستان	تخریب سازه‌ها، کشته شدن انسان‌ها، خسارت اقتصادی	تقویت سازه‌ها، تدبیرات اضطراری	در مناطق ساحلی	در فصل بهار و تابستان	تخریب سازه‌ها، کشته شدن انسان‌ها، خسارت اقتصادی
سکون	در مناطق داخلی	در فصل زمستان	تخریب سازه‌ها، کشته شدن انسان‌ها، خسارت اقتصادی	تقویت سازه‌ها، تدبیرات اضطراری	در مناطق داخلی	در فصل زمستان	تخریب سازه‌ها، کشته شدن انسان‌ها، خسارت اقتصادی	تقویت سازه‌ها، تدبیرات اضطراری	در مناطق داخلی	در فصل زمستان	تخریب سازه‌ها، کشته شدن انسان‌ها، خسارت اقتصادی	تقویت سازه‌ها، تدبیرات اضطراری	در مناطق داخلی	در فصل زمستان	تخریب سازه‌ها، کشته شدن انسان‌ها، خسارت اقتصادی

شکل ۱-۶: مسئولیتها و وظایف بخش مدیریت فنی

موضوع وابسته نمودن این مسئولیتها به امور مدیریت فنی با عنایت به این فلسفه است که مدیر فنی مسئول تأمین کلیه خدمات پشتیبانی فنی برای امور تولید می‌باشد. استفاده از شبکه‌های توزیع انرژی، آب، ... نیز نوعی امکانات پشتیبانی فنی تلقی می‌شود. در صورتی که فعالیتهای نشان داده شده در نمودار شکل ۶-۱ را در چهارچوب یک سیستم واحد بنام "مدیریت فنی" موردنظر قرار دهیم، می‌توان این فعالیتهای را به صورت زیر دسته‌بندی نمود:

- ۱- فعالیتهای مستقیم و عملی در زمینه نگهداری و تعمیرات دستگاهها
 - ۲- فعالیتهای مربوط به نوسازی - به‌سازی (تصحیحی) مدرنیزه سازی - تغییر در استقرار ...
 - ۳- فعالیتهای مربوط به ساخت و تولید قطعات یدکی، و بعضی از قطعات مصرفی تولید
 - ۴- فعالیتهای مربوط به پشتیبانی از سیستم نگهداری و تعمیرات، شامل نگهداری قطعات یدکی و مواد و مصالح لازم برای قسمت نت، و همچنین نگهداری اسناد و مدارک فنی پشتیبانی
 - ۵- فعالیتهای متفرقه
- فعالیتهای مستقیم و عملی شامل تعمیرات اضطراری و تعمیرات پیشگیری هستند که عملاً بر روی دارائیهای فیزیکی در کارخانه اعمال می‌شوند. در مورد فعالیتهای تعمیرات پیشگیری در فصل نهم کتاب به تفصیل گفتگو خواهد شد. فعالیتهای مستقیم و عملی از آشناترین و معمولی‌ترین نوع وظایفی است که به عهده مدیریت فنی می‌باشد و عمدتاً بخش اجرائی نگهداری و تعمیرات اجراء آنها را به عهده خواهد داشت.
- فعالیتهای مربوط به نوسازی، به‌سازی، مدرنیزه سازی، و تغییر در استقرار، نقشی اساسی و مهم در بالا بردن راندمان تولید، و بازدهی تجهیزات و نهایتاً در اقتصاد صنعت خواهد داشت.

طرح‌های صنعتی

شایان توجه است که علیرغم دقت‌هایی که در طرح ماشین‌آلات توسط شرکت‌های مشاور و پیمانکاران ساخت و نصب ماشین‌آلات به عمل می‌آید، ضمن استفاده از تجهیزات

در دوران بهره‌برداری، کارکنان صنعت یا مشکلاتی در استفاده از تجهیزات از نظر طرح استقرار و امکانات تعمیر روبرو خواهند گردید. اطلاعات مربوط به این مشکلات به صورت داده‌ها (اطلاعات ورودی) به سیستم مدیریت فنی منتقل شده و از وظایف مدیریت فنی بررسی علل وجودی این مشکلات و تهیه طرح تغییرات و تصحیحات و اجراء طرحها خواهد بود.

در زمینه این فعالیتها، عمدتاً بخشهای مهندسی و اجرای نگهداری و تعمیرات همکاری خواهند داشت. پروژه‌های بهسازی و تصحیحی معمولاً با توجه به تعداد و تکرار خرابیها و از کارافتادگی‌ها پایه‌گذاری می‌شوند. به عنوان مثال ممکن است بر روی ماشینی مرتباً اتفاق بیفتد که بال بیرینگ مربوط به یکی از حرکات دورانی دچار نقص شود. در چنین شرایطی در صورتی که ضمن بررسی علل مشخص گردد که قسمت استفاده کننده از ماشین نیزویی اضافه بر مقدار متعارف بر ماشین وارد نمی‌آورد، و همچنین عملیات پیشگیری (بازرسی، سرویس، روغنکاری) به نحو صحیح بر روی ماشین انجام می‌شود، ولی باز مسئله خراب شدن بال بیرینگ تکرار می‌شود، قسمت مهندسی نت بررسی‌های فنی در طرح ماشین را در برنامه کار خود می‌گذارد. در این مورد احتمالاً در طراحی ماشین قدرت تحمل بال بیرینگ و یا قدرت انتقال روغن به بال بیرینگ، ... درست محاسبه نشده. انتخاب یک نوع بال بیرینگ با قدرت تحمل بیشتر، یا تعویض پمپ روغن با پمپ روغنی با فشار و جریان بالاتر از جمله فعالیت‌های بهسازی (تصحیحی) می‌باشد.

عملیات بهسازی در استقرار ماشین آلات نیز معمولاً از طریق قسمت تولید پیشنهاد می‌شوند. همچنین تغییرات در مشخصات ماشین آلات را قسمت تولید به عنوان داده‌های ورودی به امور فنی پیشنهاد می‌نماید. برای مثال در صورتی که به عنوان یک نمونه ساده یکی از نقاله‌های موجود در مسیر تولید دارای ظرفیت کافی برای انتقال مواد نباشد، مراتب طی گزارشی و یا در بعضی از موارد طی صدور درخواست کار (به فصل هشتم مربوط به وظایف دفتر برنامه‌ریزی نت مراجعه شود)، به اطلاع امور فنی (نگهداری و تعمیرات) می‌رسد. قسمت امور فنی نسبت به تغییر مشخصات نقاله (تعویض موتور و / یا گیربکس، تعویض تسمه نقاله به نوعی عریض‌تر، ...) پس از مطالعات لازم اقدام می‌کند. در انجام این عملیات برقراری تماس با طراحان و سازندگان دستگاهها امری لازم و مفید خواهد بود.

از کاراندازی (بازنشسته سازی) ماشینها

عملیات از کاراندازی (بازنشسته نمودن ماشین و جایگزینی ماشین جدید به جای آن) نیز تحت شرایط و مطالعات "فنی - اقتصادی" توسط امور مدیریت فنی انجام می گیرد. در این بررسی ها عوامل هزینه شامل هزینه های بهره برداری از دستگاه موجود با هزینه های خرید، نصب و راه اندازی و نهایتاً هزینه های بهره برداری از ماشین جدید در یک مدل اقتصادی مورد مقایسه قرار گرفته و نسبت به تعویض ماشینهای فرسوده که در ضمن این مطالعات، عمر اقتصادی آنها تمام شده تلقی می شود، اقدام می گردد. در این عملیات، بررسیهای اقتصادی، تهیه طرح و خرید توسط امور مهندسی انجام گرفته و عملیات اجرایی نصب، راه اندازی و آزمایش و تحویل توسط بخش نگهداری و تعمیرات عملی می شود. (بدیهی است هم فکری و مشاوره امور مهندسی نت با امور اجرایی نگهداری و تعمیرات و با امور تولید در زمان بررسی اقتصادی، تهیه طرح و خرید ماشین الزامی و مفید می باشد).

قابل توضیح است که قبول انجام چنین عملیاتی توسط امور فنی بستگی به حجم پروژه و امکانات قسمت نگهداری و تعمیرات دارد. به عنوان مثال در صورتی که در توسعه کارخانه پروژه ای جهت افزایش میزان تولید یک کارگاه $1/5$ برابر ظرفیت موجود باشد احتمالی کمی دارد که امور فنی بتواند با کادر موجود انجام چنین پروژه ای را چه از نظر طراحی و چه از نظر اجراء به عهده بگیرد. در چنین مواردی معمولاً نظارت و سرپرستی پروژه با قسمت امور فنی بوده ولی انجام آن به عهده شرکتهای مشاور و پیمانکاران واگذار می گردد.

ساخت قطعات

فعالیهای مربوط به ساخت قطعات یدکی و ساخت بعضی از قطعات مصرفی تولید معمولاً در کارگاه مرکزی نگهداری و تعمیرات متمرکز می شود. در این کارگاه که به انواع ماشین آلات ساخت (ماشین افزار) مجهز است قسمتی از قطعات یدکی ماشین آلات موجود در کارخانه ساخته می شوند. سفارش ساخت قطعات یدکی از طریق انبار فنی به قسمت برنامه ریزی نت می رسد و قطعات ساخته به انبار فنی تحویل می شوند. تهیه نقشه های ساخت قطعات و پارامترهای موجودی قطعات (نقطه سفارش - مقدار سفارش ...) توسط

بخش مهندسی عملی می‌گردد. علاوه بر قطعات یدکی ماشین آلات، کارگاه مرکزی نگهداری و تعمیرات قسمتی از وسایل و ابزار ساده مورد استفاده قسمت تولید را نیز ممکنست تولید نماید. فعالیتهای مربوط به پشتیبانی از سیستم نگهداری و تعمیرات، شامل سازمان انبار قطعات یدکی و مواد و مصالح لازم برای قسمت نت، و همچنین فعالیتهای مربوط به سازماندهی و نگهداری اسناد فنی و مدارک پشتیبانی در فصول آینده مورد بحث قرار خواهند گرفت.

۲-۶ خلاصه اهم وظایف امور مدیریت فنی و نگهداری و تعمیرات

در اینجا خلاصه‌ای از وظائف اصلی که باید در چهارچوب مسئولیتهای مدیریت فنی در یک سازمان صنعتی اعمال گردد ارائه می‌شود:

- ۱- ایجاد یک سازمان مجهز و متناسب با اهداف مدیریت فنی و نگهداری و تعمیرات، شامل نیروی انسانی، تجهیزات، قطعات یدکی، اطلاعات و مدارک فنی لازم جهت اداره یک سیستم اقتصادی و کارآ در حفاظت از دارائیهای فیزیکی سازمان.
- ۲- همکاری با امور تولید در تهیه مشخصات، انتخاب، و خرید ماشین آلات تولیدی، با در نظر گرفتن عوامل "قابلیت اطمینان" و "تعمیرپذیری"
- ۳- تعیین مشخصات، انتخاب، نصب و راه‌اندازی و راهبری تجهیزات خدماتی (تأسیسات ضروری)، شامل تجهیزات و شبکه‌های توزیع انرژی الکتریکی، سوخت، آب، ... تصفیه آب و پساب صنعتی؛ و کنترل آلودگی محیط
- ۴- کنترل نحوه بهره‌برداری از ماشین آلات تولیدی با رعایت اصول نگهداری و تعمیرات، به منظور کنترل روند استهلاک و هزینه‌های نگهداری و تعمیر
- ۵- تأمین خدمات مشاوره فنی برای بهره‌برداری کارآ از تجهیزات و دارائیهای سازمان
- ۶- همکاری در طراحی و توسعه کارخانه از نظر اطمینان به کارآیی تولید، قابلیت اطمینان تعمیر، و قابلیت اطمینان سیستم.

- ۷- در نظر داشتن اصول ایمنی برای کارکنان در طراحی و انتخاب دستگاههای تولیدی و خدماتی (پیش‌بینی امکانات لازم روی دستگاهها به منظور تأمین ایمنی برای کارکنان و جلوگیری از خطرات)
- ۸- رعایت اصول استانداردسازی (یکسان‌سازی) ماشین آلات، قطعات یدکی، و مواد مصرفی تولید (سعی در رعایت یک استاندارد یا تعداد معدودی از استانداردهای مناسب در انتخاب ماشین آلات، قطعات یدکی، ...)
- ۹- ایجاد پویایی در سیستم متکی بر تنظیم و بهسازی روشها، سیاستها، امکانات فیزیکی، و نیروی انسانی با بهره‌وری از تجزیه و تحلیل اطلاعات بازتابی از نتایج عملی کاربرد روشها، سیاستها و امکانات موجود.
- ۱۰- اعمال اصول عمومی و متداول در مدیریت، برنامه‌ریزی، و کنترل نحوه کارکرد قسمت خود از نظر فاکتورهای انسانی، روابط و رفتار سازمانی، کنترل امور مالی و هزینه‌ها، و بهره‌وری کارآ و هماهنگ از عوامل نیروی انسانی، ماشین، و مواد.



تشکیلات سازمانی

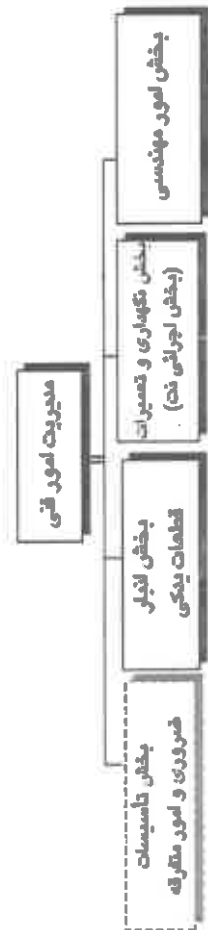
۱-۷ نمودارهای سازمانی پیشنهادی برای امور مدیریت فنی

شکلهای ۱-۷ تا ۴-۷ نشان دهنده ساختار کلی نمودارهای سازمانی پیشنهادی برای امور مدیریت فنی در سازمانهای صنعتی می‌باشند.

در شکل ۱-۷ موقعیت بخشهای اصلی امور مدیریت فنی نشان داده شده‌اند و در شکلهای ۲-۷ تا ۴-۷ نمودارهای سازمانی بخشهای اصلی (به ترتیب امور اجزائی نگهداری و تعمیرات- مهندسی- انبار قطعات یدکی و مواد مصرفی) آمده‌اند.

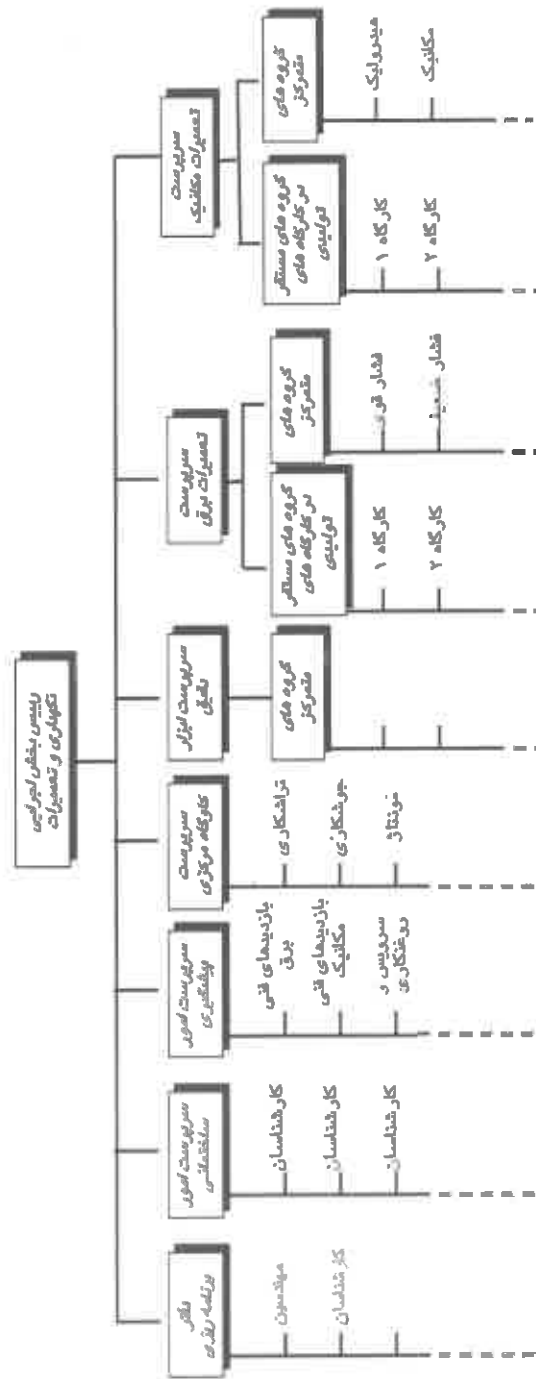
در فصل پنجم این کتاب به یک نتیجه‌گیری کلی دست‌یابی حاصل شد که در اغلب شرایط یک ساختار "نیمه متمرکز" (مختلط) برای امور نگهداری و تعمیرات در یک صنعت می‌تواند مناسب‌تری داشته باشد. در نمودار سازمانی ارائه شده برای "نت" (شکل ۲-۷) همانگونه که ملاحظه می‌شود، امور مکانیکی و برقی به صورت نیمه متمرکز پیشنهاد شده‌اند (این امور شامل گروه‌های مستقر در کارگاههای تولیدی، و گروههای متمرکز می‌باشند).

سایر زیر بخشهای امور نگهداری و تعمیرات که در نمودار سازمانی ارائه شده به صورت متمرکز انجام وظیفه می‌نمایند. همچنین سایر بخشهای اصلی مدیریت فنی (مهندسی و انبار) در نمودارهای ارائه شده کاملاً به صورت متمرکز انجام وظیفه می‌نمایند. جزئیات نحوه عملکرد هر یک از بخشها، در قسمتهای آینده این کتاب مورد بحث واقع می‌شود.



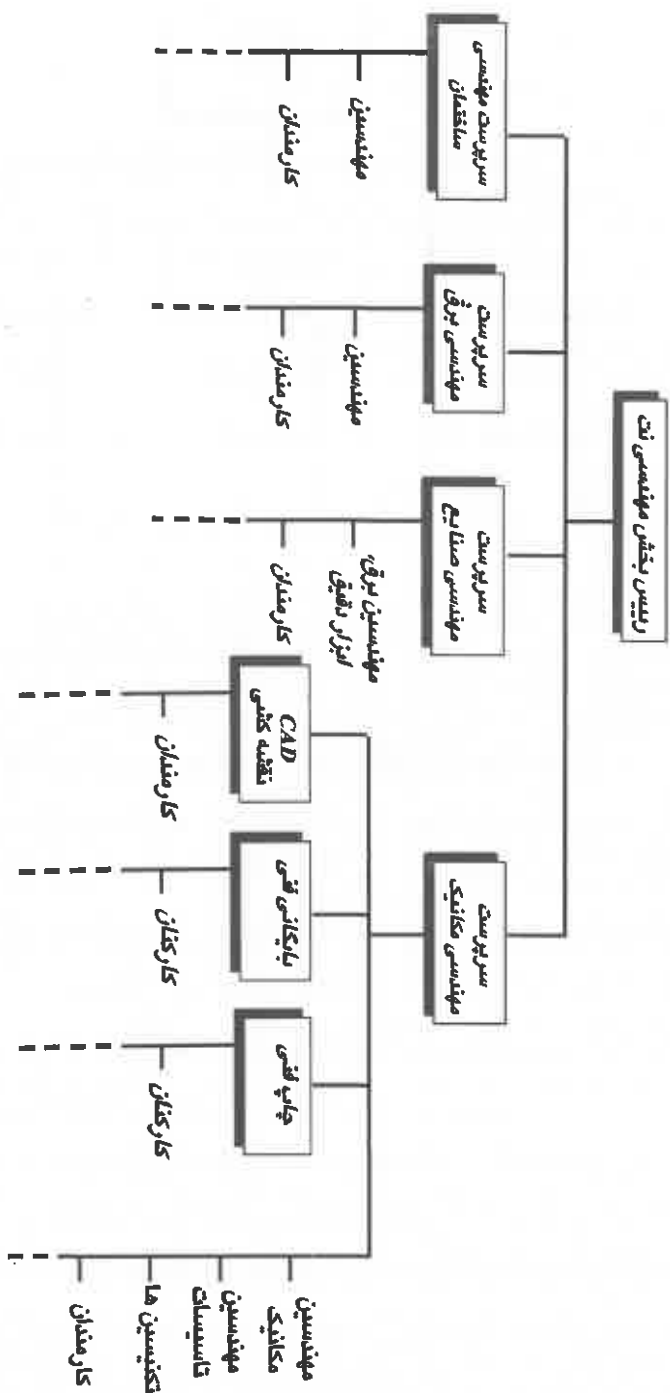
شکل ۱-۷

نمودار سازمانی بخشهای اصلی مدیریت فنی



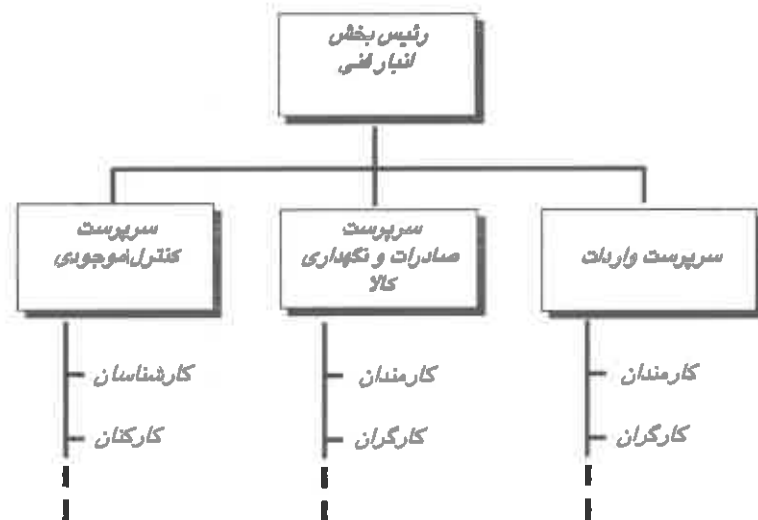
شکل ۲-۷

نمونه‌ای از نمودارهای سازمانی برای بخش اجرایی ذت - (در این نمودار گروههای برق و مکانیک به صورت نیمه متمركز در کارگاههای تولیدی مستقر شده‌اند).



شکل ۳-۷

نمونه‌ای از نمودارهای سازمانی مناسب برای بخش مهندسی در نگهداری و تعمیرات (مدیریت فنی)



شکل ۴-۷

یک نمونه نمودار سازمانی مناسب برای انبار فنی

۲-۷ ویژگیهای اخلاقی ضروری برای کارکنان نگهداری و تعمیرات

در این بحث با یکی از پراهمیت‌ترین فعالیت‌های لازم در مسیر سازماندهی نگهداری و تعمیرات برخورد خواهیم داشت. چه، قسمت عمده بحث در زمینه بررسی و مطالعه ضروریات اخلاقی کارکنان است که عاملی تعیین‌کننده و اساسی در کارایی سیستم صنعتی است، خواهد بود. چنین خصوصیتی باید در هنگام مصاحبه حضوری با متقاضیان استخدام، و ضمن بررسی سوابق کار آنها و نظرات سازمان‌هایی که قبلاً متقاضیان را در استخدام داشته‌اند مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد.

بدون شک "افراد" با ارزش‌ترین سرمایه در یک سیستم صنعتی اداری، مالی، ... یا یک سیستم با هر عنوان و مشخصاتی می‌باشند، بنابراین، انتخاب افراد مناسب پایه اصلی وظایف مدیریت و سازماندهی را تشکیل می‌دهد. ممکن است برای یک سیستم نگهداری و تعمیرات مناسب‌ترین تجهیزات و ابزار کار، دستگاه‌های آزمایش، عیب‌یابی و ساخت و تولید تهیه شده، و به میزان کافی بودجه و امکانات مالی در اختیار سیستم قرار گرفته باشد.

همچنین ممکنست روشهایی مناسب جهت فعال نمودن و به حرکت درآوردن سازمان در دسترس باشد، ولی مطمئناً در صورتی که افرادی واجد شرایط و با مسئولیت‌ها و اختیارات مشخص و مناسب در این تشکیلات نباشند، نتیجه کار عملاً "صفر"، و در مراحل "منفی" خواهد بود.

مدیریت یک سازمان به وسیله ماشین‌ها و تجهیزات امکان‌پذیر نیست. امور مدیریت یک سازمان هر چند هم که عامل "خودکاری" و استفاده از "کامپیوتر" در ساختار آن وجود داشته باشد، به وسیله افراد آن سازمان، چه آنها که در رأس مسئولیت‌ها هستند، و چه کارگرانی که در محدودترین سطح اختیارات انجام وظیفه می‌نمایند اداره خواهد شد.^۱

باید در نظر داشت که در مقایسه با کارکنان قسمتهای تولیدی و یا سایر قسمتهای کارخانه کارکنان قسمت نگهداری و تعمیرات الزاماً باید دارای خصوصیتی که در این قسمت مورد بحث واقع می‌شود باشند. بدیهی است ذکر این مطلب به این معنی نیست که سایر کارکنان مشغول در یک واحد صنعتی را از برخورداری از چنین ویژگی‌هایی مجزی نمائیم، ولی در مورد کارکنان قسمت نت، برخورداری از چنین خصوصیتی از ضروریات خواهد بود.

باید توجه داشت که تحرک (دینامیسم) کار در قسمت نگهداری و تعمیرات عمدتاً توسط افراد ایجاد می‌شود. (مثلاً سرعت حرکت تسمه نقاله مقدار باری را که باید کارگر در انتهای تسمه نقاله از روی آن بردارد و به جایی منتقل نماید کنترل می‌نماید).

همین‌طور کیفیت کارهایی که توسط کارکنان نگهداری و تعمیرات بر روی دستگاهها انجام می‌شود، به طور کامل و مشخص در همان لحظه اتمام کار قابل کنترل نیست. چه بسا نتایج یک کار اشتباه با کیفیت پائین پس از گذشت چندین ماه باعث ایجاد خسارت و خرابی دستگاهی بشود. در آن موقع نیز به طور حتم قابل تشخیص نخواهد بود که آیا این خرابی و خسارت در اثر کار اشتباه تعمیرکار بوده است، یا در نحوه بهره‌برداری از دستگاه توسط قسمت تولید اشتباهی رخ داده است. بنابراین در

۱- براساس مطالعاتی که در آمریکا توسط مؤسسه:

Dun & Brad Street Inc. New York تحت عنوان : Studies of Business Failure به عمل آمده ۹۹/۴ درصد از شکست‌هایی که در صنایع به وقوع پیوسته در اثر ضعف مدیریت بوده است.

زمانی که یک نفر یا یک گروه تعمیرکار بر روی دستگاه و سیستمی کار می‌کنند، تا حد زیادی سرپرست و مسئولین به عامل "وظیفه‌شناسی" و "احساس مسئولیت" کارکنان خود متکی می‌باشند.

در مورد کارکنان تولید ممکنست در این امر با مقایسه با نحوه کار قسمت تعمیرات تفاوت‌هایی باشد. در قسمت تولید در صورت پدید آمدن اشکالی در مشخصات محصول در هر یک از مراحل تولید، احیاناً کارگر و گروهی که در مرحله بعدی روی محصول کار می‌کنند، یا گروه‌های کنترل کیفیت، متوجه اشتباه خواهند شد، و علت وجود اشکال و احیاناً سهل‌انگاری و یا بی‌توجهی کارگر مربوطه قابل قضاوت خواهد بود.

علاوه بر نکته ذکر شده، این امر نیز شایان توجه است که اصولاً در کار تولید پس از گذشتن چند دوره از کار، روش تولید برای کارگر حالت یکتا و یکتاخواخت بخود گرفته و کارگر قسمت تولید در حالت معمولی احتیاج به تفکر و تصمیم‌گیری نداشته، و عملاً تداوم کار بنا به عادات دست‌ها و حرکات بدنی (و یا در مواردی بنا به عادات قوای بینایی، شنوایی، لامسه، ...) امکان‌پذیر خواهد بود.

محل کار برای کارگر تولید تقریباً ثابت بوده و کارگر به مدت‌های طولانی بر روی یک دستگاه و یا یک نوع محصول کار خواهد کرد. در مورد کارکنان قسمت تعمیرات موضوع به این صورت نمی‌تواند باشد. کارگران "نت" در هر مرحله از کار احتیاج به بررسی وضعیت، قضاوت در مورد علت خرابی، و تصمیم‌گیری در مورد روش مناسب کار خواهند داشت. بنابراین، کارگران "نت" برای انجام وظیفه صحیح باید "قدرت و استعداد یادگیری و تجزیه و تحلیل و بررسی"، را در حد وظایف، و خواسته‌های کار خود داشته باشند. (لازمست به این نکته اشاره شود که بیان مطلب فوق به این معنی نیست که مسئولیت اموری نظیر تجزیه و تحلیل و بررسی، و تصمیم‌گیری در مورد روش کار منحصرأ به عهده کارگر می‌باشد. مسلماً سرپرست مربوطه، و رده‌های بالاتر همگی در این مورد مسئول و موظف خواهند بود و به نوبه خود اعمال وظیفه خواهند نمود).

قدرت "برقراری ارتباط صحیح و انتقال اطلاعات به صورت جامع و قابل فهم" نیز از خصوصیتی است که هر یک از افراد گروه نت باید به حد کافی از آن برخوردار باشند. سرپرستی که کاری را به کارگران تحت نظارت خود ارجاع می‌نماید باید به زبانی ساده و

روشن بتواند مطالب مورد نظرش را به افراد مربوطه تفهیم نماید. این مطالب همیشه یکسان و هم شکل نمی باشند. در مورد قسمتهای تولیدی مطالب و اطلاعاتی که بین کارکنان مبادله می شود پس از چندی تقریباً حالت یکنواخت به خود می گیرد ولی در مورد قسمت "نت" می توان گفت که بخش قابل توجهی از اطلاعات و مطالبی که در سالهای اولیه کار یک صنعت بین کارکنان مبادله و مخابره می شود برای اولین بار مطرح شده.

بنابراین، داشتن "کارآئی و توانایی در انتقال دقیق مطالب و دستورهای کار" از طرف سرپرست به افراد مورد نظر و بالعکس از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. کارکنان نت باید بتوانند به راحتی و وضوح اطلاعات فنی را که ضمن بازرسی از دستگاه و باز کردن قطعات آن به دست آورده اند، و یا کارهایی را که روی دستگاه انجام داده اند، بین یکدیگر مبادله نمایند، تا در نتیجه نقل و انتقال اطلاعاتی دقیق و صحیح، امکان تجزیه و تحلیل و تصمیم گیری فراهم آید.

لازمست به این نکته اشاره شود که آنچه بیان شد شامل قسمتی از ویژگیهای ذاتی و اخلاقی کارکنان نگهداری و تعمیرات می باشد که بدون آنها عملاً یک سازمان نت در انجام وظایف خود موفقیت لازم را نخواهد داشت.

بدیهی است علاوه بر ویژگیهای ذکر شده، کارکنان باید مانند هر قسمت دیگر از واحد دارای شرایط اخلاقی، علمی و تجربی لازم جهت کار در یک محیط صنعتی باشند. مسلماً چنین شرایط و خصوصیات عمومی همواره مورد توجه مدیران و مسئولین کارخانه بوده و ذکر آنها خارج از محدوده این کتاب می باشد.

مطالب گفته شده در این قسمت به صورت لوح صفحه بعد خلاصه می شوند:

ویژگیهای ضروری برای کارکنان نگهداری و تعمیرات امور فنی

ویژگی	دلایل
• صداقت، مسئولیت‌شناسی و علاقمندی به انجام وظیفه	- کیفیت کار انجام شده در همان لحظه اتمام کار قابل بررسی و تشخیص نیست. - پس از انجام کار، در صورت پیش آمدن خرابی نمی‌توان به درستی قضاوت نمود که آیا اشکال در اثر ضعف کار "نت" پیش آمده یا دلایل دیگری (نظیر بهره‌برداری غلط از دستگاه) داشته است. - زمان لازم برای انجام کارهای تعمیراتی از قبل به طور دقیق قابل پیش‌بینی نیست. - سرعت پیشرفت کارهای نت کاملاً متأثر از سرعت کار کارگران است. در بخشهای تولید در اغلب موارد سرعت پیشرفت کارها بستگی به سرعت ماشینهای تولیدی دارد.
• قدرت تجزیه و تحلیل	- در انجام امور نت در مراحل زیادی احتیاج به بررسی، قضاوت، و تصمیم‌گیری در مورد نحوه اجراء کار می‌باشد در صورتی که در امور تولید، پس از مدتی کارها حالت یکنواخت به خود گرفته و بدون کمک قوای فکری انجام می‌گیرند. - اقداماتی که در بخش نت انجام می‌شود در موارد زیر برای اولین بار صورت می‌گیرد. در بخش تولید اغلب فعالیتها، روزمره و تکراری هستند.
• قدرت برقراری ارتباط و مبادله اطلاعات فنی	- کارکنان نت به دلیل تنوع کارهای مربوط به حیطه مسئولیت خود احتیاج به داشتن قدرت برقراری ارتباط صحیح و انتقال اطلاعات با همکاران، سرپرستان و افراد تحت نظارت خود دارند.
• سطح آموزش	- حتی برای کارگران، داشتن آموزش و تحصیلات در سطح نقشه خوانی و ثبت اطلاعات به صورت کتبی الزامی است. - آموزش‌های حین انجام کار و آشنائی با فن‌آوریها، ابزارها و روشهای جدید عیب‌یابی و رفع عیب، از اقدامات مورد نیاز دائمی نت می‌باشد.

۷-۳ فاکتورهای انسانی (عوامل مؤثر در جذب و دفع کارکنان نت)

عوامل مثبت و مؤثر در جذب و پایداری نیروهای متخصص در امور فنی و نگهداری و تعمیرات در داخل سازمان به شرح زیر خلاصه می‌شوند. بدیهی است سعی در افزایش تقویت این عوامل باعث ایجاد انگیزه جهت پایداری و تداوم کار کارکنان نت و جلوگیری از ترک محیط کار توسط آنان خواهد شد.

- ۱- احساس امنیت شغلی، مخصوصاً در شرایط ایران که دسترسی به نیروهای متخصص در امور فنی مشکل بوده، و بنابراین احتمال اخراج کارکنان نت در شرایطی که کارخانه‌ای تصمیم می‌گیرد که کارگران زیادی را اخراج نماید بسیار کم خواهد بود.
 - ۲- امکان برخورداری از آموزش فنی و توسعه مهارت و تخصص
 - ۳- احساس برتری نسبت به کارگران خط تولید و برخورداری از حقوق و مزایائی نسبتاً بالاتر از کارگران خط تولید
 - ۴- آزادی عمل بیشتر و برخورداری از تنوع کار در مقایسه با کارکنان تولیدی که به علت یکنواختی کار و ثابت بودن محل، دچار خستگی روحی می‌شوند.
 - ۵- محیط سالم‌تر از نظر فیزیکی (حرارت، رطوبت، سروصدا، ...) و از نظر روابط انسانی با همکاران (به دلیل بالاتر بودن سطح آموزش).
- از جمله عواملی که ممکنست تداوم حضور کارکنان را در قسمت نگهداری و تعمیرات کاهش داده و باعث جذب شدن آنان به سایر قسمتهای کارخانه، یا سایر واحدهای صنعتی بشوند، عوامل زیر می‌باشند:

- ۱- تمایل مسئولین به انجام امور "نت" در تعطیلات آخر هفته و سایر روزهای تعطیل- بسیاری از کارفرمایان و مسئولین کارگاههای تولیدی جهت جلوگیری از رکود تولید، ترجیح می‌دهند که کارهای نت برای روزهای تعطیلی آخر هفته برنامه‌ریزی شوند. در شرایط کار تولید پیوسته گرچه به علت پیوستگی و استمرار تولید، این عامل چندان اثری در میزان تولید نخواهد داشت، معهذا باید سعی شود که از برنامه‌ریزی کار برای کارکنان نت در روزهای آخر هفته جلوگیری شود.

۲- حالت آماده به کاری و دعوت‌های اضطراری به کار در روزهای پنجشنبه و جمعه و تعطیلات و ساعات غیراداری - گرچه کارکنان "نت" در سازمانهای دارای تولید پیوسته به صورت نوبت کاری در هر سه شیفت انجام وظیفه خواهند نمود، ولی در مواردی ممکنست کارهای اضطراری ایجاب نماید که علاوه بر کارکنان حاضر در شیفت، کارکنان نوبتهای دیگر نیز به کمک دعوت شوند. برنامه‌ریزی صحیح تعمیرات پیشگیری و بازرسیها در تقلیل این امر کمک مؤثری خواهد نمود.

۳- شرایط حقوق و دستمزد- شکی نیست که کارکنان گروه "نت" مخصوصاً آنها که از تخصصهای نادر برخوردارند، باید از حقوق و مزایای بیشتری در مقایسه با کارکنان تولید برخوردار باشند. در ایران در موارد زیادی دیده شده که در نظر گرفتن عوامل سختی محیط کار که کارگران تولید از آن برخوردارند، نظیر گرما، رطوبت، گرد و خاک، ... باعث شود که به حقوق و مزایای کارگران تولید توجه زیادی شده و این موضوع باعث اثرات منفی در روحیه کارگران قسمت نگهداری و تعمیرات بشود. در صورتی که برنامه طبقه‌بندی مشاغل به صورت صحیح در صنعت اجراء شده و به همگی عوامل تعیین کننده گروه و میزان حقوق و دستمزد توجه شود، مشخص خواهد گردید که علیرغم وجود شرایط نامساعد محیط کار برای کارگران خط تولید، در نظر گرفتن سایر عوامل باعث خواهد شد که سطح حقوق و دستمزد و مزایای کارکنان "نت" در سطحی بالاتر از کارکنان تولید تعیین شود.

۴- عدم وجود امکانات فنی و پشتیبانی- در صورت عدم وجود وسائل مناسب و ابزار کار صحیح و قطعات یدکی و همچنین در صورت عدم دسترسی به نقشه‌ها، و دستورالعمل‌های فنی، کارگران امور "نت" نمی‌توانند در قسمتهای مربوطه به صورت صحیح و کارا انجام وظیفه نمایند. چنین امری باعث ایجاد دلسردی در آنان شده و از تداوم کار آنها در قسمت نت خواهد کاست.

۵- عدم دقت اپراتورهای قسمت تولید در استفاده صحیح از تجهیزات- باید گفت که یکی از موضوعات اساسی که همواره باعث شکایت و نارضایتی کارکنان "نت"

می‌شود، عدم دقت اپراتورهای بخش تولید در رعایت اصول فنی و بهره‌برداری صحیح از تجهیزات می‌باشد. در ایران این نارضایتی به صورت مشخصی در کادرهای نگهداری و تعمیرات وجود دارد. (شاید یکی از دلایل امر عدم وجود قانون مشخصی برای تنبیه کارگران در صورت استفاده غلط و وارد آوردن خسارات به تجهیزات در اثر بی‌دقتی و یا حتی عمدی می‌باشد. در صورتی هم که بتوان در این مورد قوانینی را یافت، باید اذعان نمود که در کمتر شرایطی چنین قوانینی به صورت کامل به مورد اجراء گذاشته شده‌اند. بدیهی است قبل از استفاده از چنین قوانینی، وجود آموزش صحیح به کارکنان تولید و ایجاد حس دلسوزی در آنها برای حفاظت از تجهیزات الزامی می‌باشد).

۶- احتیاج سایر صنایع به تخصصهای کارکنان "نت" - تخصصهای کارکنان نت نظیر کارگران برقکار، ابزار دقیق، مکانیک، ... به صورتی است که فقط مخصوص یک صنعت یا یک گروه از صنایع نیست، بلکه در اغلب کارخانجات و صنایع قابل کاربرد است. (در مورد تخصصهای کارکنان تولید این امر عمومیت ندارد.) به این جهت، برای کارکنان نت این انگیزه وجود دارد که به محض احساس نارضایتی شغلی به واحد صنعتی دیگری تغییر شغل دهند.

۷- احتمال بیشتر خطرات جانی ناشی از کار در مقایسه با کارکنان تولید- معمولاً در طراحی و استقرار ماشین‌آلات، شرایط ایمنی بهره‌برداران مورد ملاحظه طراح و نصب کننده قرار می‌گیرد، ولی به تأمین شرایط ایمنی برای تعمیرکاران توجه کمتری می‌شود. در نتیجه عموماً میزان حوادث بدنی و جانی ناشی از کار در کارکنان نت بیشتر از کارکنان بهره‌برداری است.

۸- داشتن مسئولیت بیشتر در مقایسه با کارکنان تولید- یک اشتباه از طرف تعمیرکاران ممکنست باعث ایجاد خسارات زیاد به ماشین شده و حتی باعث ایجاد خطرات جانی برای بهره‌برداران بشود، در صورتیکه در مورد کارکنان تولید، اشتباهات و بی‌دقتیها، معمولاً باعث ضایع شدن تنها چند واحد از فرآورده یا مواد و قطعات تولیدی می‌شود. با توجه به آنچه بیان شد، سعی در کاهش و یا حذف این عوامل در داخل صنعت جزء اهم وظایف مدیران و مسئولین می‌باشد.

۴-۷ خروج (استعفای) کارکنان

گواينکه در چند سال اول کار یک واحد صنعتی معمولاً میزان استعفای کارکنان نت، و یا انتقال به سایر قسمتهای واحد یا به سایر واحدها کم است، ولی پس از گذشت چند سال، به دلایلی که در قسمت قبل بیان شدند سرعت استعفای کارکنان "نت" افزایش خواهد یافت. در کشورهای صنعتی، میزان استعفای کارکنان "نت" حدود ۲۵ درصد در سال برآورد شده، در ایران نیز عملاً نرخ استعفا در حدودی مشابه قابل برآورد می‌باشد.

در هر حال با توجه به اینکه استعفاهای کارکنان و احتیاج به استخدام‌های جدید همواره هزینه و زیانهائی قابل توجه را به صنعت تحمیل می‌کند، باید با ایجاد عوامل و انگیزه‌های مناسب و در نظر گرفتن اصول صحیح مدیریت بر منابع انسانی این میزان را به حداقل ممکن رسانید.

هزینه‌هایی که در اثر انتقال (استعفا، اخراج، ...) کارکنان نت به سازمان تحمیل می‌شود عبارتند از:

- ۱- هزینه‌های اداری مربوط به استخدام، اخراج، ...
- ۲- هزینه‌های آگهی جهت استخدام کارکنان جدید.
- ۳- هزینه‌های آموزش و آشنائی کارکنان جدید با صنعت.
- ۴- هزینه‌های مربوط به افزایش زمان لازم برای یافتن عیوب دستگاهها و تعمیر برای کارکنان جدید.
- ۵- هزینه‌های تخریب و ضایع شدن مواد، قطعات یدکی، ... ابزار توسط کارکنان جدید.
- ۶- هزینه‌های افزایش احتیاج به امور سرپرستی و نظارت در کار کارکنان جدید.
- ۷- هزینه‌های اضافه کاری- برای کارگران قدیمی در شرایط خالی بودن محل‌های کار.

بدیهی است اثرات جنبی خروج بیش از حد کارکنان نت نیز نباید در این موارد فراموش شود. در یک حالت کلی خروج هر کارگر از سازمان احتمال خروج سایر کارکنان موجود را افزایش خواهد داد. رعایت اصول مدیریت بر نیروی انسانی و ایجاد انگیزه‌های تشویقی و جلب رضایت کارکنان جزء اهم وظایف هر مدیریتی و از جمله امور مدیریت فنی می‌باشد.



وظایف دفتر

برنامه‌ریزی نت

۸-۱ مقدمه

دفتر برنامه‌ریزی به طور کلی رابطه بین قسمتهای تولید را با گروههای اجرایی قسمت "نت" برقرار می‌سازد. از وظایف مشخص دفتر برنامه‌ریزی، دریافت درخواستهای کار تعمیراتی و انجام برنامه‌ریزی‌های کوتاه‌مدت برای کارهایی است که لازمست توسط گروه‌های اجرایی به عمل آید.

بدیهی است، برای قابل اجرا بودن یک درخواست کار لازمست مصالح موردنیاز آماده بوده و در برنامه کار گروههای اجراکننده نیز وقت کافی (نیروی انسانی لازم) جهت اجرا کار وجود داشته باشد. برای نیل به این منظور دفتر برنامه‌ریزی احتیاج خواهد داشت که زمانهای لازم برای اجراء فعالیتهای مختلف را برآورده نموده، با کاربرد تکنیکهای مناسب نظیر برنامه‌ریزی به روش مسیر بحرانی *PERT*, *CPM* و یا *GERT* و یا در شرایط ساده‌تر با استفاده از نمودارهای گانت^۱، زمان کل اجراء کارها را برآورد نمایند. همچنین دفتر برنامه‌ریزی احتیاج خواهد داشت که نسبت به تدارک مصالح، و قطعات مورد لزوم برای اجراء کارها اقدام نماید.

۱- برای مطالعه روشهای برنامه‌ریزی به کتابهایی با عنوان مدیریت پروژه یا کنترل پروژه، مراجعه فرمایید. برای مثال رجوع کنید به: حاج شیرمحمدی، علی "مدیریت و کنترل پروژه"، انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه صنعتی اصفهان

این مصالح و قطعات یا از انبار نت درخواست شده، و یا در صورتی که جزء موجودیهای دایمی انبار نباشد ضمن صدور درخواست‌های خرید توسط اداره تدارکات خریداری شده و از طریق انبار در اختیار قسمت نت قرار می‌گیرند.

در انجام این وظایف دفتر برنامه‌ریزی احتیاج خواهد داشت که به طور دائم با سرپرستان گروه‌های اجرایی نت و همچنین با قسمت مهندسی و از سوی دیگر با قسمت‌های تولیدی در تماس بوده و با همکاری و هماهنگی آنان کارها را برنامه‌ریزی نماید. اشاره به این نکته لازمست که برای اجراء کارهایی که به صورت پروژه‌های مهندسی به قسمت نت ارجاع می‌شوند، احیاناً برنامه‌های مربوطه توسط گروه مهندسی تهیه گردیده است. معهذا در موارد زیاد تهیه برنامه‌ها با جزئیات، با همکاری و هماهنگی دفتر برنامه‌ریزی "نت" عملی می‌شود. ذیلاً خلاصه اهم وظایف دفتر برنامه‌ریزی آورده می‌شود:

۸-۲ خلاصه وظایف دفتر برنامه‌ریزی

- ۱- دریافت درخواستهای کارهای تعمیراتی
- ۲- شماره‌گذاری درخواستهای کار
- ۳- تعیین اولویت‌ها (بررسی اولویت تعیین شده توسط متقاضی و یا تعیین اولویت به صورت دقیق)
- ۴- بررسی و نوشتن کد هزینه (شماره حساب) به صورت دقیق
- ۵- گرفتن تأیید سرپرست امور نت
- ۶- ارائه درخواست در جلسات هماهنگی و برنامه‌ریزی در نت
- ۷- تهیه درخواست خرید مصالح و قطعات (با همکاری گروه‌های اجرائی)، یا تهیه درخواست سفارش جنس از انبار، و همچنین تأمین نقشه‌ها و دستورالعمل‌های لازم برای اجراء کار ضمن هماهنگی با بخش مهندسی
- ۸- برآورد زمان لازم برای اجراء فعالیت‌های لازم در هر کار
- ۹- تهیه برنامه‌های کنترل کار (کنترل پروژه) $CPM - GERT - PERT$
- ۱۰- قرار دادن کار در برنامه روزانه کارگروه‌های مختلف اجرایی
- ۱۱- پی‌گیری نحوه اجراء کار بر اساس گزارشهای ارائه شده در جلسات هماهنگی

۱۲- دریافت اطلاعات مربوط به هزینه‌های یک ساعت کار و سایر گزارشهای هزینه از حسابداری صنعتی

۱۳- جمع‌آوری ساعات کار مصرف شده برای هر درخواست کار

۱۴- جمع‌آوری هزینه قطعات و مصالح مصرف شده برای هر درخواست کار

۱۵- تعیین هزینه کل انجام کار

۱۶- اطلاع به قسمت متقاضی انجام کار در مورد تکمیل شدن کار و گرفتن تأیید مربوطه

۱۷- تهیه گزارشات مدیریتی در مورد نحوه کارکرد قسمت نت شامل آمارهای مختلف فنی، مالی، ... برای استفاده قسمت مهندسی، و ضمن همکاری با قسمت مهندسی

۸-۳ برآورد (تخمین) زمانها و برنامه‌ریزی کارها

قبل از اجراء کارها برآورد زمان لازم برای اجراء اجزاء مختلف هر کار (فعاليتها) امری مهم بوده و این امر جزء وظایف دفتر برنامه‌ریزی می‌باشد. پس از داشتن برآوردهای دقیق از زمانهای لازم برای اجراء فعاليتها برنامه‌ریزی کل کار امکان‌پذیر می‌گردد. با انجام برنامه‌ریزی برای کارهای نگهداری و تعمیرات فواید زیر حاصل می‌شود:

- تقسیم نیروی انسانی به صورت دقیق
 - کنترل بهتر نحوه کارکرد و پیگیری و تعیین کارآئی عملیات اجرائی نت
 - فراهم آوردن امکانی مناسب برای قسمت تولید در برنامه‌های تولیدی که با عملیات تعمیراتی ارتباط پیدا می‌کند.
 - امکان‌پذیر نمودن اجراء سیستم‌های پرداخت پاداش و مزد تشویقی
- بدیهی است تخمین زمان برای کارهای تعمیراتی به راحتی تخمین زمان برای کارهای تولیدی نیست. دلائل امر به شرح زیر خلاصه می‌شود:
- عدم تشابه عملیات (عدم تکرار مداوم عملیات مشابه)
 - وجود شرایط گوناگون برای اجراء عملیات مشابه (مثلاً یک بار پیچ محکم است یک بار زنگ زده، ... و یک بار به راحتی باز می‌شود).
 - عدم امکان تخمین دقیق زمانهای لازم برای عیب‌یابی.

براساس آمار موجود در کشورهای صنعتی (اروپا)، نسبت‌های زمانهای لازم جهت انجام یک کار تعمیراتی به شرح زیر بوده است^۱:

- تماس با استاد کار و صدور دستور کار
 - به کارگران جهت اعزام به محل
 - منتظر ماندن برای رسیدن وسیله نقلیه
 - رفتن به محل و حمل تجهیزات لازم و مستقر شدن در محل
 - مطالعه نقشه، محاسبات، ...
 - اوقات رفع احتیاجات شخصی
 - زمان عملی کار روی دستگاه (عیب‌یابی و رفع عیب)
- ۳ درصد
۳ درصد
۲۰ درصد
۴ درصد
۱۸ درصد
۵۲ درصد

همانگونه که آمار بالا نشان می‌دهد، زمان عملی رفع معایب در کارخانجات کشورهای صنعتی حدود ۵۰ درصد کل زمان بوده ولی گفته شده است که با برنامه‌ریزی و تهیه سیستم‌های مناسب می‌توان این زمان را تا حدود ۸۰ درصد افزایش داد. بدیهی است قسمت قابل توجهی از زمان عملی کار مربوط به یافتن عیب بوده و قسمت دیگر مربوط به رفع عیب می‌باشد.

عموماً در مورد امور مکانیکی زمان کمتری مصروف به یافتن معایب شده و قسمت عمده زمان مربوط به رفع معایب خواهد بود. در مورد امور برقی و ابزار دقیق معمولاً درصد بیشتری از زمان عملی کار مصروف به یافتن عیب می‌شود.

در تخمین زمانها مناسب است در وهله اول زمان لازم برای انجام هر کار در شرایط معمول (نرمال) را محاسبه نمود و بعد درصدی بابت راندمان کارگران (که در مورد کارگران ایرانی در حال حاضر پائین‌تر از کارگران اروپایی است)، و مشکلات پیش‌بینی نشده، را به تخمینها افزود. (شرایط معمولی = استفاده از کارگران با بازدهی و سرعت کار متوسط، پیچهای به اندازه معمولی محکم شده، شرایط جوی و محیطی نرمال، ...).

برای تخمین زمان ممکنست:

^۱ رجوع کنید به:

۱- از تجربیات مستقیم گذشته تخمین زننده استفاده کرد.

۲- به آمار موجود برای انجام کارهای مشابه در گذشته مراجعه نمود.

۳- از جداول استاندارد موجود نظیر MTS^1 MTS^2 $PDTS^3$ استفاده نمود.

در شرایط کشور ما استفاده از جداول فقط در شرایط بسیار استثنایی که کاربرد امکانات ۱ و ۲ فراهم نباشد پیشنهاد می‌شود. به این علت که استانداردهای ارائه شده با شرایط محلی ایران موافقت نداشته و ضمناً استفاده از آنها وقت زیادی از برنامه‌ریزان را تلف خواهد نمود.

در امر برنامه‌ریزی کارها، استفاده از روشهای $PERT^4$ در امور نگهداری و تعمیرات مناسب‌تر از کاربرد روشهای CPM^5 می‌باشد در سیستم $PERT$ تخمین زمانها براساس سه زمان محتمل (t_m) ، خوش‌بینانه (t_o) ، و بدبینانه (t_p) می‌باشد. این سیستم در شرایط نگهداری و تعمیرات که تخمین دقیق زمان فعالیتها امکان‌پذیر نیست مناسب‌تر است. در یک حالت کلی باید گفت که استفاده از سیستم $GERT^6$ در برنامه‌ریزی امور نگهداری و تعمیرات به مراتب مناسب‌تر از دو سیستم قبلی بوده، و نتایج قابل اطمینان‌تری را ارائه خواهد نمود. مناسب است کاربردهای این روش برای مهندسین و برنامه‌ریزان دفتر برنامه‌ریزی به صورت یک برنامه آموزشی در نظر گرفته شود. قابل ذکر است که کاربرد روشهای برنامه‌ریزی پروژه مربوط به آن دسته از عملیات نت می‌شود که اجرا آنها نیازمند به زمانهای نسبتاً طولانی (بیش از یک شبانه روز) باشد.

۴-۸ درخواستهای کار تعمیراتی

به منظور ایجاد امکانات کنترل و برنامه‌ریزی دقیق در سیستم نگهداری و تعمیرات، لازمست همواره سوابق کارهای تعمیراتی انجام شده، و حجم نیروی انسانی مصرف شده، و مصالح و قطعات به کار رفته مشخص باشد، تا با تجزیه و تحلیل نتایج، نسبت به تنظیم برنامه‌ها و انجام عملیات بهسازی اقدام گردد. تجربه سالیان دراز در صنایع نشان می‌دهد

1- Maintenance Time Standards

3- Pre-Determined Time Standards

5- Critical Path Method

2- Methods Time Measurement

4- Project Evaluation & Review Technique

6- Graphical Evaluation & Review Technique

که در صورتی که فعالیتهای انجام شده در قسمت نگهداری و تعمیرات به صورت منظم ثبت و ضبط نشوند، ممکنست عملیات تعمیراتی زیادی به طور مرتب در روی دستگاهها تکرار شده و هیچگونه فعالیتی در جهت دستیابی به علل خرابیها و پیدا کردن راه حل نهائی برای رفع معایب به صورت اساسی به عمل نیاید.

در موارد زیادی درخواستهای کار تعمیراتی که از قسمتهای تولیدی به دفتر برنامه‌ریزی می‌رسند به صورت اضطرار و با قید فوریت مشخص می‌شوند. تجربه نشان داده است که با برنامه‌ریزی و کنترل صحیح می‌توان امور تعمیراتی را به حالتی تبدیل نمود که از درخواستهای کار اضطراری کاسته شده، و قسمت عمده درخواستهای کار جنبه پیشگیری داشته باشند.

استفاده از فرمهای مناسب درخواست کار باعث خواهد شد که اطلاعات منظمی از نوع کار مورد درخواست و از نوع خرابیها و کارهای انجام شده جهت رفع معایب و ساعات کار و مصالح مصرف شده در دسترس بوده، و بتوان از این اطلاعات در برنامه‌ریزی‌های آینده استفاده نمود.

در شکل ۸-۱ نمونه‌ای از یک فرم درخواست کار نشان داده شده. بدیهی است در مورد سازمان نگهداری و تعمیرات ممکنست در طرح تفصیلی فرمهای مناسب طراحی نمود. مسیر گردش فرمهای درخواست کار نیز در شکل ۸-۳ (در قسمت ۸-۷، گردش عملیات برنامه‌ریزی) آمده است. قابل ذکر است که در یک سیستم مناسب و کارآ قسمت عمده درخواستهای کارهای تعمیراتی مستقیماً توسط قسمت نگهداری و تعمیرات (عمدتاً پس از بازدیدهای فنی) تهیه می‌شود. در حقیقت متقاضی اصلی کارهای تعمیراتی خود قسمت نگهداری و تعمیرات می‌باشد.

به عنوان بخشی از اطلاعات بازتابی مناسب است همواره تعداد درخواستهای کار صادر شده توسط قسمت نگهداری و تعمیرات، با تعداد درخواستهای کار صادر شده توسط سایر قسمتهای کارخانه مقایسه شده، و همین‌طور درخواستهای کاری که جنبه اضطراری دارند با درخواستهای کاری که جنبه پیشگیری دارند مورد مقایسه قرار گیرند، تا شاخص‌های مفیدی برای ارزیابی نحوه کارائی قسمت نگهداری و تعمیرات فراهم آید.^۱

۱- در این مورد به فصل سیزدهم کتاب تحت عنوان سیستمهای اطلاعاتی بازتابی و نیز به مطالبی که در فصل ۲۷ "ارزیابی عملکرد نگهداری و تعمیرات" آمده است مراجعه شود.

درخواست کارهای تعمیراتی و ساخت		شرح کار مورد درخواست	
۱۰	شماره درخواست	۸ درجه اولویت ۱ ۲ ۳ شماره قسمت ساعات کار تاریخ خواسته شده	
۲	قسمت صادر کننده		
۳	نام متقاضی		
۴	تایید توسط		
۵	تاریخ صادر		
۶	شماره مرکز هزینه	۲۳ ۱۲ ۲۴ ۲۵ ۲۶ ۲۷ ۲۸ ۲۹ ۳۰ ۳۱ ۳۲ ۳۳ ۳۴ ۳۵ ۳۶ ۳۷ ۳۸ ۳۹ ۴۰ ۴۱ ۴۲ ۴۳ ۴۴ ۴۵ ۴۶ ۴۷ ۴۸ ۴۹ ۵۰ ۵۱ ۵۲ ۵۳ ۵۴ ۵۵ ۵۶ ۵۷ ۵۸ ۵۹ ۶۰ ۶۱ ۶۲ ۶۳ ۶۴ ۶۵ ۶۶ ۶۷ ۶۸ ۶۹ ۷۰ ۷۱ ۷۲ ۷۳ ۷۴ ۷۵ ۷۶ ۷۷ ۷۸ ۷۹ ۸۰ ۸۱ ۸۲ ۸۳ ۸۴ ۸۵ ۸۶ ۸۷ ۸۸ ۸۹ ۹۰ ۹۱ ۹۲ ۹۳ ۹۴ ۹۵ ۹۶ ۹۷ ۹۸ ۹۹ ۱۰۰	
۷	تایید نگهداری و تعمیرات		
۸	نوع خرابی		
۹	نوع کار انجام شده		
۱۰	تاریخ تکمیل کار		
۱۱	امضاء مسئول کار یا استاندارد	۱۱ ۱۲ ۱۳ ۱۴ ۱۵ ۱۶ ۱۷ ۱۸ ۱۹ ۲۰ ۲۱ ۲۲ ۲۳ ۲۴ ۲۵ ۲۶ ۲۷ ۲۸ ۲۹ ۳۰ ۳۱ ۳۲ ۳۳ ۳۴ ۳۵ ۳۶ ۳۷ ۳۸ ۳۹ ۴۰ ۴۱ ۴۲ ۴۳ ۴۴ ۴۵ ۴۶ ۴۷ ۴۸ ۴۹ ۵۰ ۵۱ ۵۲ ۵۳ ۵۴ ۵۵ ۵۶ ۵۷ ۵۸ ۵۹ ۶۰ ۶۱ ۶۲ ۶۳ ۶۴ ۶۵ ۶۶ ۶۷ ۶۸ ۶۹ ۷۰ ۷۱ ۷۲ ۷۳ ۷۴ ۷۵ ۷۶ ۷۷ ۷۸ ۷۹ ۸۰ ۸۱ ۸۲ ۸۳ ۸۴ ۸۵ ۸۶ ۸۷ ۸۸ ۸۹ ۹۰ ۹۱ ۹۲ ۹۳ ۹۴ ۹۵ ۹۶ ۹۷ ۹۸ ۹۹ ۱۰۰	
۱۲	جمع ساعات		
۱۳	ارزش ریالی		
۱۴	ساعات		
۱۵	ارزش ریالی		
۱۶	کل هزینه	۱۰ ۱۱ ۱۲ ۱۳ ۱۴ ۱۵ ۱۶ ۱۷ ۱۸ ۱۹ ۲۰ ۲۱ ۲۲ ۲۳ ۲۴ ۲۵ ۲۶ ۲۷ ۲۸ ۲۹ ۳۰ ۳۱ ۳۲ ۳۳ ۳۴ ۳۵ ۳۶ ۳۷ ۳۸ ۳۹ ۴۰ ۴۱ ۴۲ ۴۳ ۴۴ ۴۵ ۴۶ ۴۷ ۴۸ ۴۹ ۵۰ ۵۱ ۵۲ ۵۳ ۵۴ ۵۵ ۵۶ ۵۷ ۵۸ ۵۹ ۶۰ ۶۱ ۶۲ ۶۳ ۶۴ ۶۵ ۶۶ ۶۷ ۶۸ ۶۹ ۷۰ ۷۱ ۷۲ ۷۳ ۷۴ ۷۵ ۷۶ ۷۷ ۷۸ ۷۹ ۸۰ ۸۱ ۸۲ ۸۳ ۸۴ ۸۵ ۸۶ ۸۷ ۸۸ ۸۹ ۹۰ ۹۱ ۹۲ ۹۳ ۹۴ ۹۵ ۹۶ ۹۷ ۹۸ ۹۹ ۱۰۰	
۱۷	شرح مختصر کار مورد درخواست		
۱۸	شماره درخواست		
۱۹	تاریخ دریافت چک		
۲۰	شرح مختصر کار مورد درخواست		
۲۱	شماره درخواست		

شکل ۸-۱-۲-۳-۴-۵-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳-۱۴-۱۵-۱۶-۱۷-۱۸-۱۹-۲۰-۲۱-۲۲-۲۳-۲۴-۲۵-۲۶-۲۷-۲۸-۲۹-۳۰-۳۱-۳۲-۳۳-۳۴-۳۵-۳۶-۳۷-۳۸-۳۹-۴۰-۴۱-۴۲-۴۳-۴۴-۴۵-۴۶-۴۷-۴۸-۴۹-۵۰-۵۱-۵۲-۵۳-۵۴-۵۵-۵۶-۵۷-۵۸-۵۹-۶۰-۶۱-۶۲-۶۳-۶۴-۶۵-۶۶-۶۷-۶۸-۶۹-۷۰-۷۱-۷۲-۷۳-۷۴-۷۵-۷۶-۷۷-۷۸-۷۹-۸۰-۸۱-۸۲-۸۳-۸۴-۸۵-۸۶-۸۷-۸۸-۸۹-۹۰-۹۱-۹۲-۹۳-۹۴-۹۵-۹۶-۹۷-۹۸-۹۹-۱۰۰

۸-۵ سایر اطلاعات قابل درج در درخواستهای کار

علاوه بر آنچه که در قسمتهای قبل ارائه شد، گنجاندن مطالب زیر در درخواست کارها، بخصوص در محیط‌هایی که عملیات تعمیرات در شرایط وجود خطرات ایمنی، و یا احتمال وارد آمدن خسارت به محیط‌زیست اجراء می‌شود بسیار مفید، و در بعضی از موارد الزامی است:

- نکات ایمنی که باید در اجراء دستور کار رعایت شوند.
- نکات قابل دقت جهت جلوگیری از ورود خسارت به محیط‌زیست

در جهت تسریع عملیات نیز، علاوه بر نکات بالا، نوشتن نام و یا شماره قطعات، مواد و ابزار خاصی که در اجراء لازم خواهند شد، و اضافه نمودن نقشه‌های شماتیک و یا نوشتن شماره و محل بایگانی نقشه‌هایی که در ضمن اجراء باید به آنها رجوع شوند مناسب می‌باشد.

۸-۶ سایر استفاده‌کنندگان از درخواستهای کار

از جمله استفاده‌کنندگان از اطلاعات موجودی روی درخواست کارها، علاوه بر بخشهای اجرائی نت، بخشهای زیر هستند:

- مهندسین مرتبط با آنالیز قابلیت اطمینان تجهیزات خط تولید، جهت بررسی شکست‌ها، (خرابیها) و دلایل آنها
- مهندسین امور ایمنی، جهت بررسی و حذف عوامل ایجادکننده خطرات ایمنی
- بخشهای انبار و تدارکات، به منظور داشتن اطلاعات در مورد مصارف قطعات یدکی
- مهندسین امور زیست محیطی، جهت بررسی و حذف عوامل ایجادکننده مشکلات زیست محیطی
- بخشهای تولیدی جهت آگاهی از اشکالات، نوع خرابیها، علل خرابیها و اقدامات انجام شده توسط نت
- بخشهای مالی، به منظور دریافت اطلاعات هزینه‌های نیروی انسانی و قطعات به تفکیک دستگاهها

۷-۸ گردش عملیات برنامه‌ریزی

در شکل ۲-۸ گردش عملیات برنامه‌ریزی، اجراء و بازتابش اطلاعات مرتبط با درخواستهای کار تعمیراتی ارائه شده است. در همین فصل در شکل ۳-۸، نوع دیگری نمودار گردش عملیات درخواستهای کار تعمیراتی مشاهده می‌شود.

در نمودار شکل ۳-۸ جزئیات عملیات برنامه‌ریزی به نحوی که در شکل ۲-۸ آمده است نشان داده نشده. دلیل امر اینست که برای بسیاری از درخواستهای کار تعمیراتی که به صورت روزمره و تکراری انجام می‌شوند، یا اجراء آنها در زمانی کوتاه و به سادگی امکان‌پذیر است، و برنامه‌ریزان اطلاعات کافی در خصوص جزئیات این نوع کارها دارند، عملیات برنامه‌ریزی تفصیلی مطابق آنچه که در شکل ۲-۸ آمده است موردنیاز نخواهد بود.

در هر حال در موارد زیادی درخواستهای کار تعمیراتی در حجم و سطحی از تفصیل و پیچیدگی خواهند بود که لازم است برنامه‌ریزان این نوع کارها را در قالب یک پروژه برنامه‌ریزی کنند. در این موارد استفاده از تکنیکهای مدیریت و کنترل پروژه^۱ و اجراء عملیات برنامه‌ریزی مطابق آنچه که در شکل ۲-۸ آمده است ضروری می‌باشد.

در شکل ۲-۸ لازمست به مراحل تجزیه و تحلیل و بازتاب اطلاعات دقت کافی به عمل آید.^۲ در ضمیمه ۱ در انتهای همین فصل توضیحات کامل در مورد مسیر گردش درخواستهای کار تعمیراتی (مطابق شکل ۳-۸) آمده است.

کارهای ساده، کوچک، و تکراری

در قسمت قبلی اشاره‌ای به کارهای روزمره که در محدوده عملیات نت باید روی تجهیزات انجام شوند داشتیم. این کارها می‌توانند شامل عملیاتی نظیر:

- تمیزکاری صنعتی
- محکم کردن پیچ و مهره‌ها
- تعویض بعضی قطعات ساده

۱- در این موارد خوانندگان گرامی می‌توانند به کتابهای مرتبط با موضوع، از جمله کتاب "مدیریت و کنترل پروژه"،

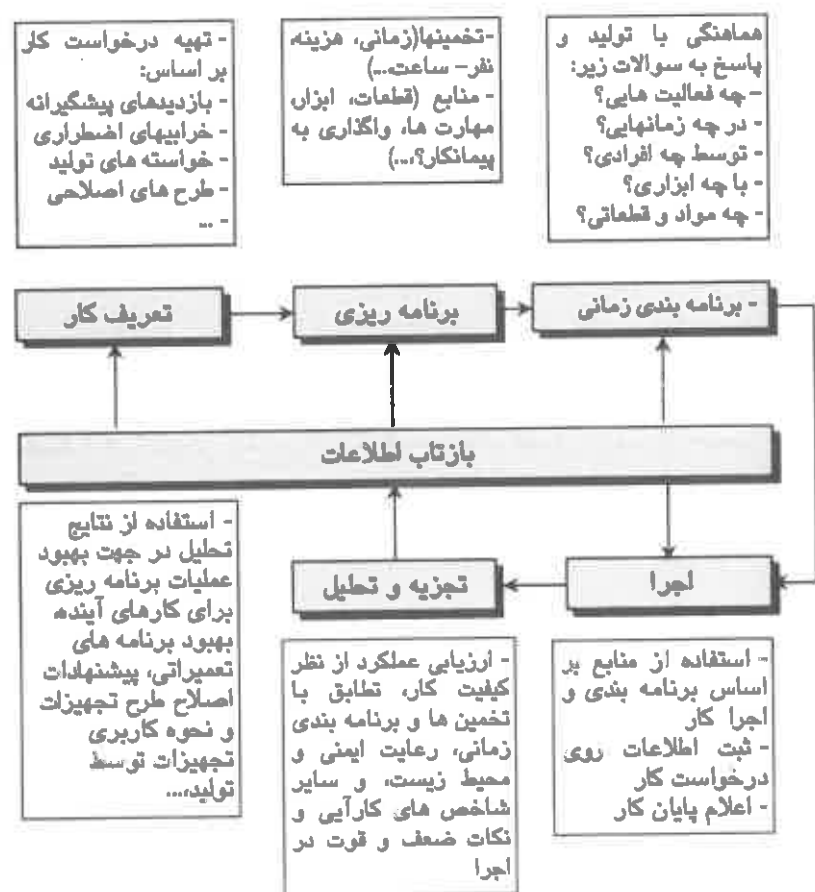
تألیف علی حاج شیرمحمدی، انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی اصفهان، مراجعه فرمائید.

۲- دیده می‌شود که چون این عملیات مربوط به بعد از اجراء کار هستند، اغلب به حد کافی مورد توجه قرار نمی‌گیرد.

• روانکاری، ...

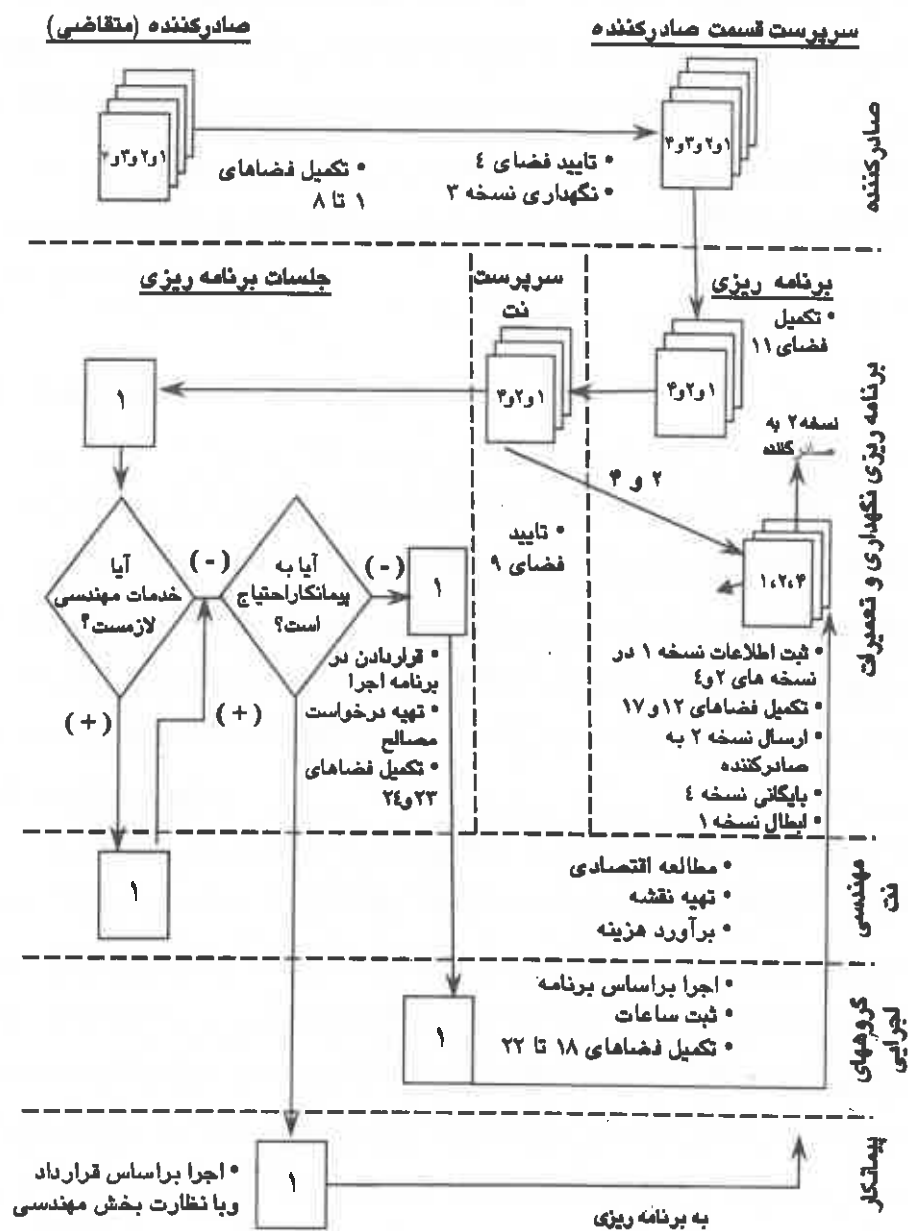
• بازرسیهای روزمره

باشند. برای چنین عملیاتی در هر بار که اجراء می‌شوند نیازی به تهیه درخواست کار نیست. به جای آن ممکن است یک درخواست کار "باز" که مثلاً به مدت یک سال اعتبار اجرایی دارد تهیه شود. بنابراین، مجموع هزینه‌های منابع انسانی، قطعات و مواد مصرف شده، و نظیر این مصارف در پایان دوره اعتبار، روی این درخواست کارها یادداشت می‌شود.



شکل ۸-۲

گردش عملیات برنامه ریزی، اجرا، و بازتابش اطلاعات درخواستهای کار



شکل ۸-۳

نمونه گردش عملیات درخواست کار تعمیراتی

در عین حال خواهیم دید که با آمدن ساختارهای مدیریت نت در چارچوب، نت بهره‌ور فراگیر یا TPM^2 بسیاری از این نوع کارها به گروههای نت مستقل خودکار، و در مواردی به کارکنان بخش تولید که دائماً در کنار تجهیزات هستند واگذار می‌شود. برای این نوع کارها، وظیفه بخش نت تهیه لیست عملیات لازم، و دستورالعمل‌های دقیق برای اجراء آنها می‌باشد. در این موارد در فصل مربوط به TPM (فصل ۲۴ کتاب حاضر) بحث کاملی خواهیم داشت:

۸-۸ اولویت‌ها در انجام کارهای تعمیراتی

برای قسمت برنامه‌ریزی، تشخیص و تصمیم‌گیری در مورد اینکه از کارهای تعمیراتی ارجاع شده کدامیک دارای اولویت (ارجحیت) بالاتری هستند کاری مشکل می‌باشد. روشن است که انجام کارهای اضطراری برای راه‌اندازی ماشینهای تولیدی که متوقف شده‌اند از ارجحیت زیادی برخوردار است. ولی باز ممکن است در آن واحد دو یا چند سیستم تولیدی متوقف شده باشند. در این هنگام تصمیم‌گیری در مورد ارجحیت‌ها مخصوصاً در مورد سیستمهای تولیدی پیوسته مشکل بوده ولی از وظایف اساسی دفتر برنامه‌ریزی نت می‌باشد.

بدیهی است در صورت وجود یک سیستم کاملاً غیرمتمرکز نت اولویت انجام اموری که توسط گروههای مستقر در کارگاهها قابل اجراء است بوسیله خود گروه امکان‌پذیر است. در مورد سیستمهای مختلط یا نیمه متمرکز که در فصل پنجم مورد بحث واقع شده و در فصل هفتم نمونه‌ای از آن ارائه شده مناسب است آن قسمت از کارها که توسط گروههای مکانیک و برقکار مأمور خدمت در هر کارگاه قابل انجام است توسط همان گروهها با کارهای تولیدی هم‌آهنگ شده و به موقع اجراء درآید. در مورد کارهایی که لازمست توسط کارگاه مرکزی انجام گیرد، امر تعیین اولویت‌ها به عهده دفتر مرکزی برنامه‌ریزی در "نت" واگذار می‌شود.

فرمهای درخواست کار معمولاً سه یا چهار طبقه اولویت را در بر می‌گیرند، مثلاً:

فصل هشتم - وظایف دفتر برنامه ریزی بت ۱۰۵

اولویت ۱ - جهت امور اضطراری - ادامه کار با دستگاه خطرات جانی دارد، یا توقف دستگاه باعث رکود تولید شده.

اولویت ۲ - دستگاه در حال کار است ولی احتیاج به تعمیرات دارد تا از رکود و خرابی بیشتر در آن جلوگیری شود.

اولویت ۳ - انجام اموری که مستقیماً به امور تولیدی وابسته نیستند، مانند خدمات تعمیراتی ساختمانها، امور رفاهی، دفتری، ...

ممکنست در کارگاههای کوچک استفاده از همین سه شماره کافی باشد، ولی در کارگاههای بزرگ لازمست یک سیستم اولویت به صورت دقیق تر و با جزئیات بیشتر تدوین شود و مورد کاربرد قرار گیرد.

برای تهیه سیستم اولویت دو عامل اصلی می تواند مورد نظر باشد:

۱ - عامل نوع کار تعمیراتی که باید انجام شود.

۲ - عامل نوع دستگاه تولیدی از نظر اهمیت کار در خط تولید

انواع کارهای تعمیراتی را به ترتیب اهمیت می توان در یک لیست تقسیم بندی نمود، به نحوی که امور "اضطراری" در بالاترین درجه اهمیت قرار گرفته (بالای لیست) و امور غیرتعمیراتی ولی وابسته به تعمیرات نظیر تمیزکاری و جمع آوری ضایعات در پائین ترین درجه اهمیت قرار گیرند. ماشین آلات نیز به همین صورت طبقه بندی می شوند. ماشین آلات کلیدی برای استمرار تولید در بالای لیست و ماشین آلاتی که از درجات کمتری از اهمیت از نظر حفظ استمرار تولید برخوردارند (یا برای آنها سیستمهای یدکی در نظر گرفته شده) در موقعیت پائین تری در روی لیست قرار می گیرند.

در شکل ۸-۴ یک نمونه از جداول تعیین اولویت های کارهای تعمیراتی نشان داده شده. شاخص اولویت هر دستور کار عبارت از حاصل ضرب شاخص های هر یک از دو عامل فوق الذکر می باشند. مثلاً با مراجعه به جدول شکل ۸-۴ شاخص اولویت یک دستور کار مربوط به تعمیرات پیشگیری روی یک کمپرسور هوا در سیستم هوای فشرده که دارای یدک می باشد $۵۴ = ۹ \times ۶$ ، و تعمیرات تصحیحی نوع ۲ روی یکی از سرویسهای کلیدی ولی بدون یدک دارای شاخص اولویت $۶۰ = ۶ \times ۱۰$ خواهد بود.

بنابراین کار تعمیرات تصحیحی نوع ۲ روی یکی از سرویسهای کلیدی، دارای اولویت بالاتری نسبت به کار تعمیرات پیشگیری روی کمپرسور خواهد بود. بدیهی است جدول ارائه شده فقط به صورت یک نمونه قابل کاربرد است. برای هر صنعت در طراحی سیستم نت بنا به مقتضیات و فرآیند تولید می‌توان فرم‌های مناسب و مفصل‌تری را که به صورت کامپیوتریزه قابل استفاده باشند طراحی نمود. قابل توجه است که با وجود تفصیل جدول و سیستم طبقه‌بندی اولویت‌ها، ممکنست در مواردی تعیین اولویت درخواستهای کار با کاربرد فرم به راحتی امکان‌پذیر نباشد. در این موارد بحث و تبادل نظر بین مسئولین امور برنامه‌ریزی نت یا سرپرست نت با قسمت تقاضاکننده الزامی می‌گردد.

فصل هشتم- وظایف دفتر برنامه ریزی نت ۱۰۷

طبقه	نوع کار	عامل نوع کار تعمیراتی	طبقه	گروه تجهیزات	عامل نوع دستگاه
۱۰	تعمیرات اضطراری	رکود در ماشین تولید را متوقف کرده یا به علت نقص در ماشین کیفیت محصول عوض شده یا احتمال خطرات جانی برای افراد وجود دارد.	۱۰	سرویسهای کلیدی	سرویسهای کلیدی و حساس که رکود آنها باعث رکود بیش از یک ماشین خواهد شد، نظیر سیستم هوای فشرده، بخار، آب صنعتی
۹	پیشگیری	بازدیدها- روغنکاری- تعویض قطعات فرسوده برای جلوگیری از رکود ماشین	۹	ماشینهای کلیدی در تولید	ماشین هایی که برای آنها یدک منظور نشده و مواد و قطعات نیمه تمام "بین کارگاهی" نیز بعد از آنها ذخیره نشده
۸	کمک به امور تولید	تعویض ابزار- راه اندازی- تنظیم	۸	ماشینهای بهم پیوسته	در صورت توقف یک ماشین، کل سیستم تولید متوقف می شود.
۷	تصحیحی ۱	تعمیرات تصحیحی که مستقیماً پس از بازدیدهای دوره ای لزوم آن گزارش شده و اگر ظرف ۲۴ ساعت انجام نشوند باعث از کارافتادگی می شوند.	۷	ماشینهای چندتایی	ماشین هایی که از نوع مشابه آنها تعدادی در کارگاه وجود دارد و در صورت خرابی یکی از آنها بقیه قابل استفاده هستند.
۶	تصحیحی ۲	تعمیر و مرمت قطعه یدکی (که روی ماشین نیست) و به غیر از آن قطعه یدکی دیگری در انبار موجود نیست	۶	سرویسهای یدکی	مطابق طبقه ۱۰ ولی دارای یدک

شکل ۸-۴

جدول تعیین اولویت های درخواست های کار (قسمت الف)

عامل نوع دستگاه	گروه تجهیزات	طبقه	عامل نوع کار تعمیراتی	نوع کار	طبقه
جراثیم‌های متحرک - کامپون - لیفتر - تراکتور لودر - که برای آنها معمولاً پدک وجود دارد یا به خط تولید وابسته نیست (در صورت وابسته بودن طبقه ۸)	خودروها	۵	امور روزمره و سرویسی نظیر تمیز کردن فیلترها و شارژ کردن باتری‌ها ...	تعمیعی ۳	۵
ساختمانها و جاده‌هایی که امور تولید به آنها وابسته است	ساختمانها جاده‌ها	۴	انجام تغییرات در دستگاهها و تجهیزات جهت بازده یا پایین آوردن عمل تعمیرات، یا تغییر پروسه تولید	تغییرات	۴
ماشینهایی که به طور دائم مورد استفاده نخواهند بود	ماشینهای دارای کاربرد کم	۳	ساخت، نصب و یا راه‌اندازی یک سیستم جدید تولیدی یا خدماتی	سرمایه‌گذاری	۳
که مستقیماً امر تولید به آنها وابسته نیست مثل باغچه‌ها، چمنها، جاده‌های خطوط غیرتولیدی	ساختمانها جاده‌ها دفاتر	۲	امور تعمیرات ساختمانها، مبلمان، دفاتر، رنگ‌آمیزی، ماشینها، ...	متفرقه	۲
میز و سندی، کمد، ظروف حمل مواد و قطعات، پالت‌ها، ...	مبلمان‌های دفتری، ظروف حمل ...	۱	جمع‌آوری ضایعات - نقل و انتقال ضایعات، تمیزکاری جاده‌ها، ...	تمیزکاری، جمع‌آوری ضایعات	۱

شکل ۸-۴- ادامه

جدول تعیین اولویت‌های درخواستهای کار (قسمت ب)

ضمیمه ۱ - فصل ۸

فرم درخواست کارهای تعمیراتی و ساخت

فرم درخواست کارهای تعمیراتی و ساخت در شکل ۸-۱ نشان داده شده است. این فرم از صدور درخواست کار تا انجام کار و اتمام آن در پنج قسمت گردش می‌نماید. این پنج قسمت عبارتند از:

- ۱- قسمت صادرکننده و سرپرست قسمت صادر کننده.
 - ۲- قسمت برنامه‌ریزی و کنترل در نگهداری تعمیرات، شامل قسمت برنامه‌ریزی، سرپرستان نگهداری و تعمیرات، و جلسات هماهنگی برنامه‌ریزی با حضور برنامه‌ریز، سرپرست نگهداری و تعمیرات، و سرپرستان گروه‌های اجرای نت.
 - ۳- قسمت مهندسی نت
 - ۴- قسمت اجرا (گروه‌های اجرایی) شامل استادکار، کارگر، ...
 - ۵- پیمانکار- برای مواردی که اجراء دستور کار توسط کادر ثابت نت امکان‌پذیر نیست.
- در شکل ۸-۳ مسیر گردش درخواست‌های کار در قسمت‌های فوق‌الذکر نشان داده شده است.

فرم درخواست کار تعمیراتی و ساخت (به شکل ۸-۱ مراجعه فرمائید) به شرح زیر در پنج قسمت مذکور جریان پیدا می‌کند:

صادرکننده مطالب ردیف ۱ تا ۸ را که شامل: شرح کار مورد درخواست، قسمت صادرکننده، نام متقاضی، تأییدکننده، تاریخ صدور، تاریخ خواسته شده، شماره مرکز هزینه، و درجه اولویت است، در چهار نسخه تکمیل و جهت تأیید برای سرپرست می‌فرستد. اولویت‌ها (ردیف ۸) دارای سه طبقه می‌باشند که توضیحات مربوطه در متن مطالب این فصل در قسمت مربوط به "اولویت‌ها در انجام کارهای تعمیراتی" آمده است. بدیهی است قسمت برنامه‌ریزی ممکن است اولویت‌ها را مطابق آنچه که در متن این فصل گفته شده به صورت دقیق‌تری برنامه‌ریزی نماید.

درخواست‌های دارای اولویت ۱- (اضطراری) می‌تواند به صورت شفاهی به دفتر برنامه‌ریزی نت اطلاع داده شود. در این صورت دفتر برنامه‌ریزی ردیف‌های ۱ تا ۸ را خود روی فرم درخواست کار اضافه خواهد نمود.

سرپرست قسمت صادرکننده درخواست کار، ردیف ۴ (تایید توسط) را امضاء می‌نماید و نسخه شماره ۳ را نگهداشته بقیه را به قسمت برنامه‌ریزی و کنترل در نگهداری و تعمیرات ارسال می‌نماید.

قسمت برنامه‌ریزی و کنترل در نگهداری و تعمیرات شرح مختصر کار مورد درخواست را در ردیف ۱۱ می‌نویسد و نسخه‌های ۲۱ و ۴ را برای سرپرست نگهداری و تعمیرات می‌فرستد. سرپرست نگهداری و تعمیرات پس از تأیید جهت برنامه‌ریزی و اجراء (امضاء ردیف ۹) درخواست را به جلسات هماهنگی برنامه‌ریزی می‌دهد.

جلسات هماهنگی برنامه‌ریزی با حضور برنامه‌ریز، سرپرست نگهداری و تعمیرات، و سرپرستان گروه‌های اجرایی تشکیل می‌گردد. در این جلسات ابتدا امکانات اجراء کار بررسی می‌شود. در صورتیکه امکان اجراء کار در قسمت‌های اجرائی نت وجود داشته باشد، درخواست تهیه مصالح (ردیف ۲۳) صادر شده و تاریخ (ردیف ۲۴) بر روی نسخه شماره ۱ تکمیل می‌گردد و در برنامه کار قرار گرفته و جهت اجراء به استاد کار ارسال می‌شود.

چنانچه کار نیاز به مطالعه اقتصادی یا خدمات مهندسی داشته باشد، نسخه شماره ۱ از جلسات هماهنگی برنامه‌ریزی به قسمت مهندسی نت ارسال می‌گردد. در این قسمت مطالعه اقتصادی بر روی پروژه انجام می‌گیرد. در صورتی که امکان انجام اقتصادی کار در قسمت‌های اجرایی نت وجود داشته باشد، مصالح، دستمزد، و هزینه کل برآورد می‌گردد و تأییدیه لازم گرفته می‌شود و نقشه‌های اجرایی تهیه و همراه نسخه شماره ۱ به قسمت برنامه‌ریزی و کنترل در نگهداری و تعمیرات فرستاده می‌شود. پس از ملاحظه سرپرست قسمت نگهداری و تعمیرات و جلسات هماهنگی، کار به استادکار ارجاع داده می‌شود.

چنانچه امکانات انجام کار در قسمت‌های اجرایی نت وجود نداشته باشد کار به پیمانکار داده می‌شود. توضیحات لازم در این مورد در فصل‌های آینده داده خواهد شد.

در صورت ارجاع کار به استادکار، استادکار براساس برنامه کار و نقشه‌ها و اطلاعات، کار را انجام می‌دهد و ساعات کار را ثبت می‌نماید و نوع خرابی (ردیف ۱۸) نوع کار انجام شده

فصل هشتم - وظایف دفتر برنامه‌ریزی نت ۲۱۱

(ردیف ۱۹) و تاریخ تکمیل کار (ردیف ۲۰) و عملیات انجام شده (ردیف ۲۲) را بر روی فرم شماره ۱ تکمیل نموده و ردیف شماره ۲۱ را امضاء می‌نماید. و فرم را به قسمت برنامه‌ریزی و کنترل در نگهداری و تعمیرات می‌فرستد.

در ردیف ۱۸ نوع خرابی مشخص می‌شود. در فرم ارائه شده، خرابیها به پنج دسته تقسیم شده‌اند. تعداد تقسیم‌بندی‌ها می‌تواند بیش از ۵ باشد. در صورتیکه برای مثال خرابیها را به شش دسته تقسیم کنیم مشخصات خرابی‌ها با توجه به علت بوجود آمدن خرابی می‌تواند به شرح زیر باشد:

خرابی نوع ۱ - در اثر وارد آوردن بار اضافی به دستگاه

خرابی نوع ۲ - بهره‌برداری غیر اصولی از دستگاه

خرابی نوع ۳ - استفاده از مواد نامناسب در دستگاه

خرابی نوع ۴ - تنظیم غلط دستگاه

خرابی نوع ۵ - عدم وجود تعمیرات پیشگیری (بازدید و سرویس) لازم و مناسب

خرابی نوع ۶ - سایش و فرسایش طبیعی

قسمت برنامه‌ریزی و کنترل در نگهداری و تعمیرات پس از تکمیل کار نسخه شماره ۱ را از استادکار دریافت می‌نماید. آنگاه مطالب مربوط به ساعات کار در هر قسمت، جمع ساعات کار انجام شده، ارزش ریالی ساعت کار^۱ و مصالح و کل هزینه انجام کار را محاسبه و در ردیفهای ۱۲ تا ۱۷ ثبت نموده و این مطالب را بر روی نسخه ۲ و ۴ منتقل می‌نماید. پس از آن نسخه شماره ۲ را برای سرپرست قسمت صادرکننده فرستاده و نسخه شماره ۴ را بایگانی می‌نماید، تا مطالب آن جهت تهیه اطلاعات بازتایی و تجزیه و تحلیل مورد استفاده قرار گیرد.

۱- فرم مربوط به محاسبه ارزش ریالی یک ساعت کار تعمیراتی در ضمیمه ۳ در همین فصل نشان داده شده.

ضمیمه ۲ - فصل ۸

فرم ثبت ساعات کار

در شکل ۸-۵ یک نمونه فرم ثبت ساعات کار (برنامه کار روزانه) انجام شده بر روی درخواست‌های کار تعمیراتی نشان داده شده. از این فرم همه روزه (یا در هر شیفت) یک عدد در اختیار استادکار هر یک از گروه‌های اجرایی قرار می‌گیرد.

در روی فرم برای نشان دادن نحوه استفاده، شماره محلها و ستونها در داخل دایره‌ها اضافه شده‌اند در محل ۱ تاریخ مربوط به روز موردنظر نوشته شده و در محل ۲ نام و یا شماره قسمت اجرایی مربوطه اضافه می‌شود.

در ردیفهای ستون ۳ شماره درخواست کارهای تعمیراتی که در روز مربوطه در برنامه کار این قسمت قرار گرفته نوشته شده و شرح مختصر کار، مطابق آنچه که بر روی درخواست کار آمده در ستون ۴ یادداشت می‌شود. در محلهای ۱۰ شماره کارگری (شماره کارت استخدام) کارگران قسمت مربوطه (در این مثال، قسمت مکانیک عمومی) نوشته می‌شود. در محل ۵ در زیر شماره هر کارگر، تعداد ساعات کار انجام گرفته توسط هر کارگر در ردیف مربوط به درخواست کار مربوطه نوشته می‌شود.

بنابراین در مورد مثال نمونه‌ای که بر روی فرم آمده داریم:

درخواست کار شماره ۲۵۲۰۳ مربوط به تعمیر جراثقال ۲ در کارگاه نورد در تاریخ ۱۳۹۰/۱/۲۰ در برنامه کار قسمت ۱۱ (مکانیک عمومی) است. روزهای گذشته نیز این درخواست کار در برنامه کار این قسمت بود، و تا صبح روز ۹۰/۱/۲۰ جمعاً ۱۱۰ ساعت کار توسط گروه ۱۱ بر روی درخواست ۲۵۲۰۳ انجام شده. (ستون ۷). در روز ۹۰/۱/۲۰ کارگران ۱۲۱۱۴ و ۱۱۱۸۵ و ۱۱۱۳۰ هر کدام به ترتیب ۳ ساعت، ۲ ساعت و ۲ ساعت (جمع = ۷ ساعت) بر روی این درخواست کار انجام داده‌اند. (مطلب ستون ۶). در تاریخ ۱۳۹۰/۱/۲۱ عدد ۱۱۷ در ستون ۷ قرار می‌گیرد و کار بر روی این درخواست ادامه می‌یابد. در محلهای ۱۱ جمع ساعات کار هر کارگر در تاریخ ۹۰/۱/۲۰ معین می‌شود، و در محل

فصل هشتم- وظایف دفتر برنامه‌ریزی نت ۱۱۳

۱۲ جمع ساعات کار انجام شده توسط گروه مکانیک عمومی در تاریخ ۹۰/۱/۲۰ معین می‌گردد. (گروه مکانیک عمومی امروز جمعاً ۷ ساعت بر روی درخواست ۲۵۲۰۳ کار کرده ولی بقیه ساعات کار را صرف سایر درخواستهای کار نموده است).

در هر تاریخی که کار ۲۵۲۰۳ تکمیل بشود، عدد نشان داده شده در ستون ۸ در مقابل ردیف کار ۲۵۲۰۳ نشانگر جمع ساعات کار انجام شده بر روی درخواست ۲۵۲۰۳ توسط گروه مکانیک عمومی خواهد بود. این جمع نهایتاً روی فرم درخواست کار (به محل ۱۳ در شکل ۸-۱ مراجعه شود) اضافه می‌شود.

بر روی فرمهای برنامه کار روزانه کلیه کارهایی که در برنامه کار یک گروه اجرایی قرار دارد آورده می‌شود. در شکل ۸-۵ تنها دو درخواست کار به عنوان نمونه آورده شده است.

۱۱۳

۱

۲

۳

۴

۵

۶

[illegible]

شکل ۸-۵

پرونامہ کار روزانہ و ثبت ساعات کار

ضمیمه ۳ - فصل ۸

فرم محاسبه هزینه‌های یک ساعت کار تعمیراتی

برای تکمیل اطلاعات ردیف ۱۵ در فرم درخواست کارهای تعمیراتی (ر.ک به شکل ۸-۱) لازمست ارزش ریالی یک ساعت کار تعمیراتی برای هر دوره مشخص زمانی محاسبه شده و در دسترس باشد. بدیهی است هزینه یک ساعت کار تعمیراتی تنها مربوط به دستمزد مستقیمی که به کارگران نگهداری و تعمیرات پرداخته می‌شود نیست. لازم است انواع هزینه‌های سرپرستی، نظارت، برنامه‌ریزی، خدمات پشتیبانی، مصارف عمومی کارگاه، هزینه‌های استهلاک ابزار و ماشین آلات مورد استفاده در کارگاه، و سایر هزینه‌های غیرمستقیم مربوط به قسمت نگهداری و تعمیرات نیز باید در محاسبه هزینه انجام یک ساعت کار تعمیراتی ملحوظ باشد.

در شکل ۸-۶ فرم مناسبی برای محاسبه این هزینه ارائه شده. در هر ماه با استفاده از این فرم عدد مربوط به هزینه اجراء یک ساعت کار تعمیراتی محاسبه شده و از این عدد در تکمیل اطلاع ردیف ۱۵ فرم درخواست کار تعمیراتی، و محاسبه کل هزینه انجام یک کار تعمیراتی مربوط به درخواست کار استفاده می‌شود.

بدیهی است اطلاع از هزینه اجراء یک ساعت کار تعمیراتی شاخص مناسبی نیز برای کنترل هزینه‌های نگهداری و تعمیرات بوده و از این نظر به عنوان یک عامل اطلاعاتی بازتابی برای امور مدیریت فنی در کارخانه، و برای مدیریت کل کارخانه قابل کاربرد می‌باشد.

در شکل ۸-۶، عدد مربوط به ردیف ۱ عبارت از جمع هزینه دستمزد مستقیم کار در ماه مربوطه بوده، و اعداد مربوط به ردیفهای ۳ تا ۶ انواع هزینه‌های بالاسری در نگهداری و تعمیرات را شامل می‌شوند. عدد ردیف ۸ نشان‌دهنده جمع هزینه‌های ماهیانه نگهداری و تعمیرات می‌باشد.

در ردیف ۹ جمع ساعات کار اجراء شده توسط کارگران اجرائی نگهداری و تعمیرات یادداشت می‌شود. (این عدد از جمع زدن اعداد مربوط به ردیف ۱۰ شکل ۸-۵ به ازاء کلیه قسمت‌ها و گروههای اجرائی نت و به ازاء کلیه روزهای کار در یک ماه به دست می‌آید). در

ردیفهای ۱۰ و ۱۱ و ۱۲ شکل ۸-۶ به ترتیب اعداد مربوط به هزینه‌های مستقیم، هزینه‌های بالاسری، و سرانجام جمع هزینه‌های یک ساعت کار تعمیراتی براساس فرمهای ارائه شده قابل محاسبه می‌باشند.

ردیف	فرم محاسبه هزینه‌های یک ساعت کار تعمیراتی	مربوط به ماه: تاریخ:
۱	$D =$ جمع دستمزد مستقیم کارگران و سرکارگران تعمیرات	ریال
۲	$H_1 =$ حقوق سرپرستان، کارمندان دفتری، کارشناسان	ریال
۳	$H_2 =$ دستمزد کارگران عمومی، (تمیزکار، رفتگر، ...)	ریال
۴	$H_3 =$ هزینه‌های عمومی، (آب، برق، سوخت، ...)	ریال
۵	$H_4 =$ مواد و مصالح دارای مصرف عمومی (روغن‌ها، چسب‌ها، ...)	ریال
۶	$H_5 =$ هزینه‌های ماهیانه استهلاک تجهیزات ابزار، ...	ریال
۷	$H_6 =$ سایر هزینه‌های عمومی	ریال
۸	جمع	ریال
۹	$T =$ تعداد ساعات کار عملی تعمیراتی در ماه	ساعت
۱۰	ریال: $C = \frac{D}{T} =$ هزینه‌های دستمزد مستقیم به ازاء هر یک ساعت کار تعمیراتی	
۱۱	ریال: $H = \frac{H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5}{T} =$ هزینه‌های بالاسری به ازاء هر یک ساعت کار تعمیراتی	
۱۲	ریال: $C+H =$ جمع هزینه‌های یک ساعت کار تعمیراتی	
امضاء حسابدار: تاریخ:		امضاء مسئول برنامه‌ریزی: تاریخ:

شکل ۸-۶

فرم محاسبه هزینه‌های یک ساعت کار تعمیراتی

بازرسیهای فنی و تعمیرات پیشگیری

۹-۱ مقدمه

همانگونه که در بخشهای پیشین نیز اشاره شده، از اصلیترین وظائف بخش نت، اولویت دادن به فعالیتهای تعمیرات پیشگیرانه می باشد. با اجراء صحیح عملیات پیشگیرانه انتظار می رود که خرابیهای اضطراری به شدت کاهش یافته و در نتیجه هزینه ها و سایر زیانهای ناشی از تعمیرات اضطراری به حداقل ممکن برسد.

در یک سیستم منظم نگهداری و تعمیرات می تواند تا حدود ۹۴ درصد از کارهای "خالص تعمیراتی" طبیعت بازرسی و پیشگیری یا تصحیحی داشته و فقط حدود ۶ درصد از کارهای خالص تعمیراتی جنبه "اضطراری" داشته باشد.

بدیهی است در این ارقام کارهای "غیرتعمیراتی" که توسط قسمت نگهداری و تعمیرات انجام می شوند، نظیر اجراء امور مهندسی پروژه یا امور انبارداری یا سرپرستی شبکه های تأسیسات ضروری موردنظر نمی باشد.

با توجه به اینکه حدود ۵۰ درصد از فعالیتهای مدیریت فنی جنبه غیرتعمیراتی دارند، باید در یک سیستم منظم امور فنی، فقط ۳ درصد از فعالیتها را تعمیرات اضطراری دانسته، و حدود ۹۷ درصد را تعمیرات پیشگیری و بازرسی و تصحیحی دانست.

درخواست‌های مربوط به انجام عملیات پیشگیری، پس از بازدیدهای فنی دوره‌ای صادر شده، و براساس اولویت‌های تعیین شده در برنامه کار روزانه گروه‌های اجرایی تعمیراتی قرار خواهند گرفت. در این فصل ابتدا تکنیک‌های بازرسی‌های فنی مورد بحث قرار گرفته، و پیرو آن به بحث پیرامون روش‌های برنامه‌ریزی و اعمال بازدیدها پرداخته می‌شود.

۹-۲ سطوح مختلف بازدیدهای فنی

در اجراء عملیات تعمیرات پیشگیرانه، به عنوان اولین قدم، لازم است تجهیزات به صورتی منظم مورد بازرسی و بازدید فنی قرار گیرند. آزمایشات یا بازدیدهای فنی به منظور عملیات پیشگیری را می‌توان به ۴ طبقه (سطح) تقسیم نمود:

طبقه ۱: بازدیدهای انجام شده توسط انسان، ولی بوسیله حواس انسانی براساس برنامه‌های دوره‌ای بازدید.

طبقه ۲: بازدیدهای انجام شده توسط انسان ولی با استفاده از وسایل و تجهیزات مخصوص بازدید.

طبقه ۳: آنالیز شیمیایی روغن‌های صنعتی مستعمل در دستگاهها

طبقه ۴: نصب و استفاده از سیستم‌های ثابت بر روی دستگاهها برای اعلام خطر و وضعیت کار ماشینها.

بازدیدهای طبقه ۱ و ۲ براساس برنامه‌های بازدید (که در این بخش مورد بحث قرار خواهند گرفت) انجام می‌گیرند. در طبقه ۲، وسائل بازدید عبارتند از:

- دورسنج‌ها (برای اندازه‌گیری سرعت‌های دوران)

- آمپر متر، ولت متر، اهم متر، ... (برای اندازه‌گیری مقادیر الکتریکی).

- انواع وسایل اندازه‌گیری ابعاد فیزیکی نظیر کولیس، ورنیه، ... (برای اندازه‌گیری

ابعاد فیزیکی، تولرانس‌های مجاز، ...)

- دستگاههای نوسان سنج (لرزش سنج) (برای اندازه‌گیری میزان ارتعاش).

• دستگاههای پیشرفته که با فرکانسهای مافوق صوت، و اشعه ایکس برای بررسی ساختارهای فلزی و وجود ترکیدگی در داخل بدنه ماشینها مورد استفاده قرار می گیرند.

در بازدیدهای طبقه ۳ روغنهای مستعمل داخل دستگاهها مورد آنالیز قرار می گیرند. در صورتی که میزان ذرات فلز وارد شده در روغن از حدود معینی بیشتر باشد، این پدیده نشان دهنده ساییدگی غیرمجاز بوده، و دستگاه مورد تعمیر قرار می گیرد.

در طبقه ۴، وسائل اعلام خطر و اعلام وضعیت کار ماشینها که به طور دائم روی دستگاه نصب شده اند، مانند دستگاههای ثبات حرارت، فشار، لرزش، ... به طور مستمر این عوامل را ثبت نموده و بازرسی کنندگان را از وضعیت کار دستگاهها مطلع می سازند. استفاده از وسایل ثابت اخطار و اعلام خطر در روی دستگاههای حساس فواید و مزایای زیر را در بردارد:

- ۱- هزینه های نیروی انسانی را برای بازدید کمتر خواهد نمود.
- ۲- احتیاج به توقف دستگاههای تولیدی برای بازدید را کم خواهد نمود.
- ۳- معمولاً اشتباهات احتمالی انسان را کاهش خواهد داد.

۳-۹ روشهای برنامه ریزی بازدیدهای فنی (بازرسی های پیشگیری)

لازمست برنامه هایی مناسب و مطابق با اصول و خواسته های فنی هر دستگاه و متناسب با شرایط محیط و نحوه بهره برداری از دستگاه، در نگهداری و تعمیرات وجود داشته باشد تا براساس آن گروههای بازرسی نت بتوانند عملیات بازرسی فنی دستگاهها را انجام دهند. برای این منظور لازمست فرمهای مشخصی که کلیه اطلاعات لازم را به سادگی و به صورت روشن در اختیار گروه بازدیدکننده می گذارد تهیه شود.

در شروع کار یک، صنعت، معمولاً برای تکمیل فرمها ممکنست از کاتالوگهای فنی که توسط سازندگان ماشینها ارائه شده استفاده شود. در موارد زیادی نیز این امکان وجود دارد که در سفارش خرید ماشین آلات تهیه فرمهای بازرسی های فنی مربوط به هر ماشین در قرارداد گنجانیده شده باشد.

به هر صورت لازم به توضیح است که فرمهای تهیه شده توسط سازندگان دستگاهها، در صورتی هم که همراه با ماشین آلات به صنعت برسند، نمی توانند مستقیماً مورد استفاده گروه

بازرسی قرار بگیرند. بلکه لازم خواهد شد که در یک فرمت استاندارد و مناسب، رأساً توسط صنعت، همگی اطلاعات ارائه شده توسط سازندگان، به نحوی که برای گروه بازرسی قابل استفاده باشد پیاده شود. ذیلأ به شرح کلیاتی در مورد نحوه تهیه و مشخصات لازم برای فرمهای بازرسی پرداخته می‌شود.

۹-۴ فرم پیشگیری

فرم پیشگیری بنا به تعریف عبارت از یک فرم مشخص کننده سرویسهای پیشگیری و بازرسی‌های لازم برای هر دستگاه و ماشین به طور جداگانه می‌باشد. به عبارت دیگر برای هر یک از دستگاههایی که در کارخانه وجود دارد لازمست یک فرم پیشگیری تهیه شود. اطلاعات لازم در روی این فرم در مراحل شروع دوره بهره‌برداری از کارخانه، معمولاً براساس پیشنهادات سازندگان ماشین‌آلات تهیه می‌شود، ولی با پیشرفت زمان و دریافت اطلاعات بازتابی مرتباً نسبت به تصحیح و تکمیل این فرم اقدام می‌شود.

اطلاعات روی این فرم به شرح زیر است:

- تاریخ تهیه فرم.
- شماره تهیه یا تجدیدنظر (به این دلیل که همان‌گونه که گفته شده لازمست این فرمها به طور مستمر مورد تجدیدنظر قرار گیرند).
- شماره و نام ماشین که این فرم برای آن تهیه شده.
- شرح عملیات بازدید، سرویس، تنظیم، که باید روی ماشین انجام شود.
- دوره تناوب هر یک از این عملیات (مثلاً هفتگی، ماهیانه، ...)
- مشخصات تخصص لازم برای هر یک از عملیات (مثلاً مکانیکی- برقی- ساختمانی- ابزار دقیق، ...).

در این فرمها، برای ماشینهای کوچک ممکنست عملیات تخصصی برقی، مکانیکی، ... و غیره در روی یک فرم نوشته شود. برای ماشینهای بزرگ ممکنست برای هر ماشین به تفکیک تخصص‌ها، یک فرم جداگانه تهیه شود. (مثلاً عملیات برقی روی یک فرم و عملیات مکانیکی روی یک فرم دیگر نوشته شوند).

در شکل ۹-۱ نمونه ساده شده‌ای از فرم پیشگیری نشان داده شده.

فصل نهم- بازرسیهای فنی و تعمیرات پیشگیری ۱۲۱

نام ماشین: نورد اصلی شماره ماشین: ۵-۱۰۰۱	محل استقرار: ک گ نورد	تاریخ: ۱۳۹۰/۰۹/۱۰ شماره تجدیدنظر: ۳
شرح عملیات	تخصص / دوره تناوب	
<u>موتورهای برقی</u>		
۱- موتورها را در حال کار از نظر درجه حرارت و میزان لرزش بازدید کنید.	ب / ه	
۲- اتصال بین موتور و کولینگها را بررسی کنید.	م / ما	
۳- اتصال سیمهای برق موتورها را بررسی کنید.	ب / ما	
۴- مقدار جریان (آمپر) فازهای مختلف را اندازه گیری کنید.	ب / ما	
۵- استحکام پیچهای اتصال موتور به بدنه ماشین را بررسی کنید.	م / ما	
۶-		
<u>جعبه دنده ها</u>		
۱- جعبه دنده ها را از نظر درجه حرارت و میزان لرزش بررسی کنید.	م / ما	
۲-	م / ۳ ما	
۳-	م / سا	
<u>تابلوهای کنترل</u>		
۱- وضعیت دربهای تابلوها را از نظر آب بندی بودن بررسی کنید.	ب / ما	
۲- رله ها و کنتاکتورها را از نظر درجه حرارت بررسی کنید.	ب / ما	
۳- رله ها و کنتاکتورها را تمیز کنید.	ب / ۳ ما	
۴- تنظیم رله ها را بررسی کنید.	ب / ما	
۵-		
تهیه شده توسط: ع.ح. ش	تایید توسط:	

یادداشت: برای معانی علائم اختصاری به شکل ۹-۲ مراجعه فرمائید.

شکل ۹-۱

فرم پیشگیری

—

2

دوره‌های تنایوب

(در مثال بالا ماشین نورد اصلی یک بازید برقی هفتگی، یک بازید مکانیکی ماهانه، یک بازید مکانیکی سه ماهه و یک بازید برقی ماهانه دارد).

۵-۹ فرم سالیانه پیشگیری

پس از تهیه شدن فرمهای پیشگیری که در قسمت قبل توضیح داده شدند، فرم سالیانه پیشگیری مستقیماً از روی فرمهای پیشگیری تهیه می‌شود. این فرمها ممکنست در اندازه‌های بزرگ به صورت تابلو جهت نصب بر روی دیوار تهیه شوند. همین‌طور به راحتی ممکنست این فرمها را در فایل‌های حافظه کامپیوتر قرار داد.

در این فرمها برنامه ۱۲ ماهه هر سال (به تفکیک ۵۲ هفته سال) برای بازرسی کلیه دارائیها (ماشین‌آلات- ساختمانها- جاده‌ها - ...) تهیه می‌شود. در این برنامه اطلاعات زیر منعکس می‌شود:

- نام دارائی (ماشین، ...)
 - شماره فنی دارائی (ماشین، ...)
 - شماره هفته‌هائی از سال که باید ماشین (دارائی) مورد بازرسی فنی قرار گیرد.
 - نوع بازرسی که باید در هر یک از هفته‌های تعیین شده بر روی ماشین انجام گیرد.
- در نوع بازرسی مشخص می‌شود که بازدید مربوطه از انواع بازدیدهای مکانیکی، الکتریکی، یا ... بوده و در عین حال این بازرسی در فواصل زمانی هفتگی، ماهانه، سه‌ماهه، ... عملی می‌شود.
- مناسب است برنامه سالیانه طوری تنظیم شود که ساعات کار بازرسی‌های پیشگیری در همان ساعات معمولی کار در روزهای غیرتعطیل قرار گیرد، ولی برای تعمیرات اساسی روی دستگاههای کلیدی که یدک ندارند ممکنست انجام بازرسی‌ها و تعمیرات در تعطیلات منظور گردد. (بدیهی است در بسیاری از کارگاههای دارای سیستم تولیدی پیوسته، کار در تمام روزهای سال به صورت شبانه‌روزی ادامه خواهد داشت). در شکل ۹-۲ حالت ساده شده‌ای از فرم سالیانه پیشگیری نشان داده شده.
- همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، اطلاعات روی فرم سالیانه پیشگیری، شماره هفته‌ای را که لازم است اقدامات پیشگیرانه روی هر تجهیز صورت گیرد نشان می‌دهد، ولی روز و ساعتی از هفته را که برای این کار برنامه‌ریزی می‌شود نشان نمی‌دهد.

۶-۹ برنامه هفتگی

این برنامه مستقیماً از روی برنامه سالیانه قابل برداشت است. مناسب است در شروع هر هفته این فرم برای هر یک از کارگاههای تولیدی (به تفکیک هر کارگاه) آماده باشد.

در روی این فرم اطلاعات زیر می‌آید:

- نام و شماره ماشین‌هایی که در این هفته مورد بازرسی و عملیات پیشگیری قرار می‌گیرند.
- نوع بازرسی که باید روی هر ماشین انجام شود.
- زمان تقریبی لازم برای انجام عملیات بازرسی و پیشگیری.
- روز مشخص هفته (مثلاً شنبه، یکشنبه، ...) که ماشین مورد بازرسی قرار می‌گیرد.
- ساعات مشخص روز که هر ماشین مورد بازرسی قرار می‌گیرد.

در تعیین روز و ساعت موردنظر برای انجام عملیات، مناسب است که برنامه‌ریزی نت مراتب را با امور تولیدی هر کارگاه هم‌آهنگ سازد. این فرم در آخر هر هفته برای هفته بعد تهیه شده و به امضاء سرپرست نت و سرپرست امور بهره‌برداری (یا سرپرست تولید هر کارگاه) رسیده، و نسخه‌ای از آن برای کارگاه تولیدی اربال می‌گردد. در شکل ۹-۳ نمونه ساده شده‌ای از فرم برنامه هفتگی نشان داده شده.

۹-۷ فرم مشخصات کار پیشگیری

فرمهای پیشگیری معمولاً به صورتی نیستند که مستقیماً در اختیار گروههای بازدید کننده پیشگیری قرار گیرند. دلیل امر آنستکه این فرمها نمی‌توانند اطلاعات لازم را به سرعت به کارگر برسانند.

برای رفع این اشکال، به منظور وجود واسطه‌ای برای انتقال خواسته‌های مهندسین پیشگیری به رده کارگر فرمهای مشخصات کار پیشگیری تهیه می‌شود.

در فرمهای پیشگیری (شکل ۹-۱) همگی انواع بازدیدهای هفتگی، ماهیانه، لیست، ... می‌شوند. ولی در فرمهای مشخصات کار پیشگیری (شکل ۹-۴) روی هر فرم فقط یک نوع از کارها با یک تخصص و تناوب مشخص از فرمهای پیشگیری استخراج شده و بر روی فرمهای مشخصات کار پیشگیری یادداشت می‌شود. به عنوان مثال در شکل ۹-۴ فقط کارهای نوع ب/م (تخصص برقی و تناوب ماهیانه) که از روی فرم شکل ۹-۱ برداشت شده نشان داده شده است. برای سایر انواع کارهای نشان داده شده در فرم پیشگیری نیز یک برگه فرم مشخصات کار پیشگیری به همین صورت تهیه می‌شود (مثلاً برای کارهای نوع م/ما، یا ب/۳، ... و غیره).

فصل نهم- بازرسیهای فنی و تعمیرات پیشگیری ۱۲۵

این فرمها در تاریخ و روز مشخص که در برنامه هفتگی تعیین شده در اختیار گروههای بازرسی کننده و پیشگیری قرار می‌گیرد تا آن را با خود به محل استقرار ماشین برده و عملیات بازرسی و پیشگیری را براساس دستورات داخل فرم انجام دهند. پس از انجام عملیات بازرسی و پیشگیری، گروه بازرسی اقدام به تکمیل فرم گزارش بازرسی می‌نماید.

به: کارگاه نورد از: بخش برنامه‌ریزی تعمیرات پیشگیری قرنت ماشینهای زیر در کارگاه شما در تاریخ و ساعتهای ذکر شده مورد بازرسی فنی و تعمیرات پیشگیری قرار خواهند گرفت. خواهشمند است تسهیلات لازم را فراهم نموده و ماشینها را به صورت تمیز و آماده بازرسی تحویل نمائید.						
شماره هفته: هفته پنجم سال			تاریخ آغاز هفته: ۹۰/۱/۲۷			
نام ماشین	شماره ماشین	نوع عملیات تخص/تنا	روز	ساعت	زمان تقریبی	حالت ماشین (+ یا -)
نورد اصلی	۵-۱۰۰۱	ب/ما	شنبه	۱۴:۰۰	۱ ساعت	+
جراثقال سقفی	۵-۱۲۲۱	م/ما	شنبه	۱۶:۳۰	۱ ساعت	-
...						
امضاء برنامه‌ریز:				امضاء مسئول تولید:		
امضاء سرپرست نت:						

حالت ماشین: + = در حال کار - = متوقف

شکل ۹-۳

فرم برنامه هفتگی پیشگیری

۱۲۶ برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات (مدیریت فنی در صنایع)

نام ماشین: نورد اصلی		تاریخ: ۱۳۹۰/۱/۲۲																										
شماره ماشین: ۵-۱۰۰۱	محل استقرار: ک گ نورد	شماره تجدید نظر:																										
شماره هفته‌هایی از سال که این عملیات انجام می‌شود: ۳ و ۷ و ۱۱ و ۱۵ و ۱۹ و ...																												
تخصص: تناوب: ب / ما (برقی / ماهیانه)																												
نیروی انسانی لازم برق کار: ۱ نفر کمک برق کار: ۲ نفر		زمان تخمینی: ۱ ساعت (ماشین در حال کار)																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>شماره کار</th> <th>شرح عملیات</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>موتورهای برقی</td> </tr> <tr> <td>۱</td> <td>اتصال سیمهای برقی موتورها را بررسی کنید.</td> </tr> <tr> <td>۲</td> <td>مقدار جریان (آمپر) فازهای مختلف را اندازه گیری کنید</td> </tr> <tr> <td>۳</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>۴</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td></td> <td>تابلوهای کنترل</td> </tr> <tr> <td>۱۵</td> <td>وضعیت تابلوها را از نظر آببندی بودن بررسی کنید.</td> </tr> <tr> <td>۱۶</td> <td>رله‌ها و کنتاکتورها را از نظر درجه حرارت بررسی کنید.</td> </tr> <tr> <td>۱۷</td> <td>تنظیم رله‌ها را بررسی کنید</td> </tr> <tr> <td>۱۸</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td></td> <td>...</td> </tr> <tr> <td colspan="2">یادداشت: هرگونه اشکال دیگری را که روی ماشین دیدید گزارش کنید.</td> </tr> </tbody> </table>			شماره کار	شرح عملیات		موتورهای برقی	۱	اتصال سیمهای برقی موتورها را بررسی کنید.	۲	مقدار جریان (آمپر) فازهای مختلف را اندازه گیری کنید	۳	...	۴	...		تابلوهای کنترل	۱۵	وضعیت تابلوها را از نظر آببندی بودن بررسی کنید.	۱۶	رله‌ها و کنتاکتورها را از نظر درجه حرارت بررسی کنید.	۱۷	تنظیم رله‌ها را بررسی کنید	۱۸	...		...	یادداشت: هرگونه اشکال دیگری را که روی ماشین دیدید گزارش کنید.	
شماره کار	شرح عملیات																											
	موتورهای برقی																											
۱	اتصال سیمهای برقی موتورها را بررسی کنید.																											
۲	مقدار جریان (آمپر) فازهای مختلف را اندازه گیری کنید																											
۳	...																											
۴	...																											
	تابلوهای کنترل																											
۱۵	وضعیت تابلوها را از نظر آببندی بودن بررسی کنید.																											
۱۶	رله‌ها و کنتاکتورها را از نظر درجه حرارت بررسی کنید.																											
۱۷	تنظیم رله‌ها را بررسی کنید																											
۱۸	...																											
	...																											
یادداشت: هرگونه اشکال دیگری را که روی ماشین دیدید گزارش کنید.																												
تهیه شده توسط: ع. ج. ش		تایید توسط: م. گ.																										

شکل ۹-۴

فرم مشخصات کار پیشگیری (بازرسی)

همان گونه که گفته شد مطالبی که بر روی فرمهای مشخصات کار پیشگیری می آیند باید به صورتی خوانا و روشن که برای گروه کارگران و تکنسین ها قابل درک باشد نوشته شوند. (بدیهی است همان گونه که در آخر این فصل توضیح داده خواهد شد کلیه این فرمها می توانند بر روی حافظه کامپیوتر ذخیره شده و در تاریخهای مشخص یک کپی از آنها چاپ شود).

۸-۹ فرم گزارش بازرسی

این فرمها پس از انجام عملیات بازرسی و پیشگیری توسط گروههایی که عملیات بازرسی و پیشگیری را انجام داده اند تکمیل می شود.

در این فرم، همانگونه که از اسم آن مشخص است نتایج عملیات بازرسی منعکس می شود. در صورتی که کاری جهت رفع معایب توسط گروه بازدیدکننده انجام گرفته در این فرمها یادداشت می شود و در صورتی هم که لازمست کار بیشتری توسط تعمیرکاران انجام گیرد این موضوع نیز یادداشت می شود.

براساس گزارشهای بازرسی که به این صورت تهیه می شود، منشی (یا کارمند) قسمت پیشگیری نسبت به تهیه درخواست کار تعمیراتی در موارد لازم اقدام می کند. درخواستهای کار تعمیراتی که به این صورت تهیه می شود، طبق آنچه که در فصل هشتم این کتاب گفته شد وارد برنامه کار گروههای اجرایی نت می شوند.

در شکل ۵-۹ یک نمونه ساده شده از فرم گزارش بازرسی آمده است. در بعضی از شرایط مناسب است که فرمهای گزارش بازرسی و فرم مشخصات کار پیشگیری با یکدیگر تلفیق شده و به صورت یک فرم واحد برای اجراء عملیات بازرسی و پیشگیری و برای نوشتن گزارش بازرسی مورد استفاده قرار گیرند.

در نمونه نشان داده شده در شکل ۵-۹ بعضی از عملیات تنظیم که توسط گروه بازرسی کننده امکان پذیر بوده انجام ولی برای آب بندی درب تابلو و جلوگیری از نفوذ گرد و خاک درخواست کار شماره ۴۹۹۳ توسط منشی قسمت پیشگیری نوشته شده.

۱۲۸ برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات (مدیریت فنی در صنایع)

نام ماشین : نورد اصلی		تخصص / تناوب	
شماره ماشین: ۵-۱۰۰۱		ب/ما	
محل استقرار: ک گ نورد			
تاریخ: چهارشنبه ۱۳۹۰/۱/۱۷			
:			
شماره کار	نتیجه بازرسی (عملیات انجام شده و شرح مشاهدات)		شماره درخواست کار
۱	خوب		
۲	مقدار جریان در یکی از فازها زیاد است.		
:			
:			
:			
:			
۱۵	درب تابلو آب بندی نیست و گرد و خاک نفوذ می کند، باید تعمیر شود.		۴۹۹۳
:			
:			
۱۷	رله شماره ۱۰-BBC از تنظیم خارج شده. مجدداً تنظیم شد. این رله مرتباً از تنظیم خارج می شود. احتیاج به بررسی دقیق توسط بخش مهندسی نت دارد.		۴۹۹۴
زمان صرف شده:		ساعت	دقیقه
		۱	۱۰
از ساعت: ۱۴:۰۵ تا ساعت: ۱۵:۱۵			
بازدیدکنندگان: ۱- ع. ش ۲- ک. ج ۳- م. ر			
امضاء سرپرست:			

شکل ۹-۵

فرم گزارش بازرسی

۹-۹ کاربرد کامپیوتر در امور تعمیرات پیشگیری

لازم به توضیح است که آنچه در برنامه‌ریزی امور پیشگیری و تهیه فرمهای مربوطه در این فصل مورد بحث قرار گرفت، می‌تواند به راحتی به صورت مکانیزه با کاربرد کامپیوتر به مرحله اجراء درآید^۱. سیستمهای رایانه‌ای نت (CMMS) به همین منظور طراحی شده‌اند.

برنامه‌های سالیانه، فرمهای پیشگیری، و فرمهای مشخصات کار پیشگیری در فرماتی هستند که مستقیماً می‌توانند در فایل‌های کامپیوتر ذخیره شده و در تاریخهای مشخص برای استفاده کننده چاپ شوند. قسمتی از برنامه‌های هفتگی نیز قابل ذخیره بر روی فایل‌ها می‌باشند. ولی آن قسمت از برنامه‌های هفتگی که باید ضمن هماهنگی با امور تولید تکمیل شوند، ممکنست به راحتی به صورت دستی تکمیل گردند.

فرمهای گزارش بازرسی نیز که پس از انجام عملیات بازرسی تکمیل می‌شوند ممکنست به راحتی به صورت دستی تهیه و تکمیل شوند، ولی اطلاعات موجود روی این فرمها در یک سیستم نت کامپیوتریزه باید به حافظه کامپیوتر سپرده شود تا به صورت اطلاعات بازتابی مورد استفاده و تحلیل قرار گیرد.

۹-۱۰ برنامه‌های روان‌کاری

در تهیه برنامه‌های روان‌کاری^۲ ماشین‌آلات می‌توان از سرویسهای خدماتی و مشاورهای که توسط تولیدکنندگان روغنهای صنعتی ارائه می‌گردد استفاده نمود. مهندسین قسمت بازاریابی و فروش در شرکتهای تولیدکننده روغنهای صنعتی، با تجربیات خود در این زمینه می‌توانند در ارائه یک برنامه مناسب و کارآ به بخشهای نگهداری و تعمیرات کارخانجات خدمات ارزنده‌ای را ارائه نمایند.

۱- در این مورد به فصل ۲۶ "سیستم رایانه‌ای مدیریت نت" (CMMS) در همین کتاب مراجعه فرمائید.

۲- در این قسمت هر جا از واژه روان‌کاری استفاده می‌شود انواع روغنها و گریسها، ... که برای جلوگیری از اصطکاک زیاد و سهولت لغزش بکار می‌روند، یا برای انتقال نیرو و سیستمهای هیدرولیک بکار گرفته می‌شوند، یا حتی برای انتقال حرارت مورد استفاده قرار می‌گیرند مورد نظر می‌باشند.

بدیهی است در این موارد باید توجهاتی که شرکت‌های تولیدکننده به معرفی و توصیه در سفارش روغنهای ساخت شرکت خودشان می‌نمایند موردنظر باشد. داشتن یک لیست نشان‌دهنده روغنهایی با مشخصات مشابه، ولی با مارکهای تجارتي مختلف می‌تواند بخش نت را در انتخاب انواع روغنهای مناسب و قابل دسترس یاری نماید.

در برنامه‌های روانکاری لازم است تا حد ممکن از تنوع روغن‌ها و روانکارها که دارای خواص مشابه ولی مارکهای تجارتي مختلف هستند کاسته شود. بدیهی است در اجرای این امر لازم است نیازهای فنی ماشینها با دقت موردنظر قرار گیرند.

در صورتیکه در تهیه برنامه‌های روان کاری تنها از اطلاعات داده شده توسط سازندگان ماشینها استفاده شود. این احتمال وجود دارد که تعداد و تنوع روغنهایی که باید تهیه شده و در انبار ذخیره شوند زیاد بشود. در حالیکه ممکنست بین خصوصیت‌های این روغن‌ها اشتراک و تشابه‌های زیادی وجود داشته باشد.

در تهیه برنامه‌های روان کاری توجه دقیق به مسیری که باید کارگران روانکار دنبال کنند امری مفید می‌باشد. در تعیین این مسیر باید طول رفت و آمد و حمل تجهیزات روان کاری به حداقل برسد. در عین حال، وجود یک مسیر مشخص باعث خواهد شد که از فراموش شدن عملیات روان کاری در بعضی از قسمت‌ها و بر روی بعضی از ماشینها تا حد زیادی جلوگیری شود.

در شروع فعالیتهای برنامه‌ریزی روان کاری، لازمست لیست دستگاهها و تجهیزات کارخانه (مجموعه شناسنامه‌ها، ...) در دسترس باشد.

عوامل زیر در تکمیل برنامه مورد نظر قرار می‌گیرند:

۱- تعداد و محل‌های روان کاری روی هر دستگاه.

۲- دوره تناوب (فاصله زمانی) لازم بین بازدیدهای متوالی یا دو تعویض متوالی.

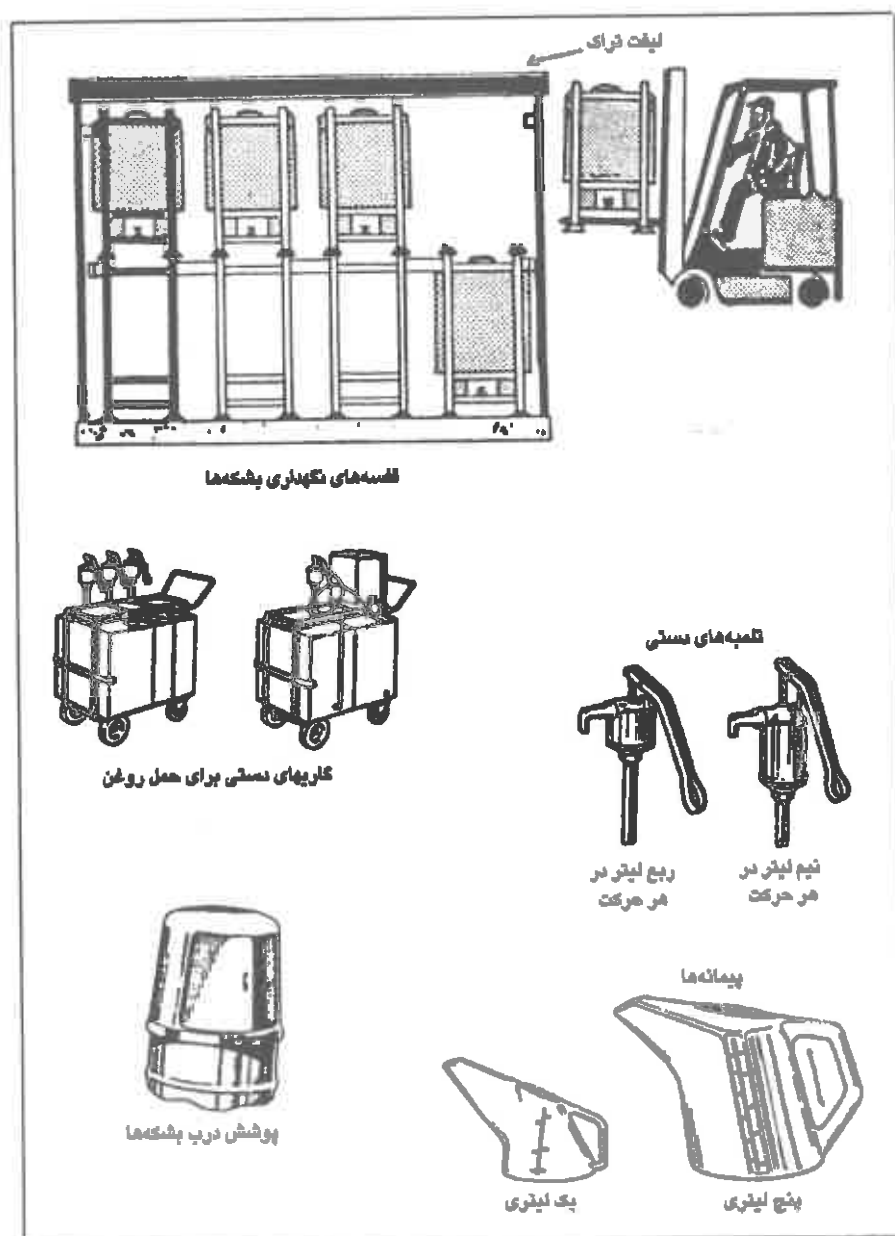
۳- نحوه اعمال روان کاری (استفاده از تلمبه، گریس پمپ، قیف، ...)

۴- مقدار (حجم) روغن لازم برای تعویض کامل.

۵- نوع روغن.

اطلاعات در مورد عوامل فوق از طریق شرکت‌های سازنده روغن‌ها قابل تأمین است ولی مناسب است پس از دریافت این اطلاعات، نظریات سازندگان تجهیزات نیز ملحوظ باشد. با در دست داشتن اطلاعات بالا مهندسین بخش مهندسی نگهداری و تعمیرات می‌توانند نسبت به تعیین عوامل زیر اقدام کنند:

- ۱- نیروی انسانی لازم
 - ۲- تعیین مسیرهای بهینه.
 - ۳- برنامه‌ریزی برای توقف دستگاهها در موارد لازم.
 - ۴- روشهای کنترل موجودی و تعیین پارامترهای مربوط به نقطه سفارش و مقدار سفارش و ذخیره هر روغن.
 - ۵- تبیین مشخصات تجهیزات لازم نظیر ظروف حمل، وسائل حمل، دستگاه‌های روان‌کاری، نردبان‌های متحرک و ثابت، ... (نمونه‌هایی از وسائل مورد لزوم در شکل ۶-۹ نشان داده شده).
 - ۶- آموزش نحوه استفاده از فرمها و برنامه‌ها به تکنسین‌ها و کارگران مأمور برای اجرای عملیات روان‌کاری.
 - ۷- سعی در کاهش تنوع روغن‌ها در حد ممکن و مجاز.
- معمول است که هر صنعت برای نشان دادن انواع عوامل، نظیر فواصل زمانی (دور، تناوب) برای عملیات روان‌کاری، و نوع روغن‌ها از اشکال ساده هندسی، و رنگهای مشخص استفاده نماید. برای مثال ممکن است از شکل دایره برای برنامه‌های روان‌کاری روزانه و مثلث برای برنامه‌های روان‌کاری هفتگی، ... استفاده شده، و رنگهای مختلف نیز برای مشخص نمودن انواع روغن‌ها مورد استفاده قرار گیرند.
- در صورتیکه در کارخانه چنین علائمی تهیه شده باشد، مناسب است این علائم برحسب مورد بر روی ظروف روغن، محل‌های روان‌کاری بر روی ماشین، و حتی در فرمهای مربوط به برنامه‌های روغن کار نشان داده شوند.
- نمونه‌ای از علائم معیار شده برای نشان دادن دوره‌های تناوب، و نوع روغن که توسط *PERA*^۱ ارائه شده در شکل ۶-۹ نشان داده شده.



شکل ۹-۶

علائم استاندارد PERA				
دوره‌های تناوب روغنکاری و مشخصات روغن‌ها				
دوره تناوب	روزانه	هفتگی	ماهانه	سایر تناوبها
شکل (علامت)				
رنگ‌های مشخص‌کننده نوع روغن				
رنگ (علامت)		نوع روغن		
قرمز سیاه نارنجی آبی نوارهای موازی قرمز روی زمینه سفید		روغن ضد اصطکاک- نوع سبک روغن ضد اصطکاک- نوع متوسط (نیمه سبک) روغن ضد اصطکاک- نوع سنگین روغن هیدرولیک روغنهای مخصوص که در لیست بالا نیامده‌اند.		
رنگهای مشخص‌کننده نوع گریس				
رنگ (علامت)		نوع گریس		
زرد صورتی سبز نوارهای موازی زرد روی زمینه سیاه		گریس نوع لیتیوم گریس نوع سود (قلیائی) گریس نوع آهکی گریس‌های مخصوص که در لیست بالا نیامده‌اند.		

شکل ۹-۷

علائم استاندارد PERA

۱۳۴ برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات (مدیریت فنی در صنایع)

فرم مشخصات روغنکاری							
شماره کد ماشین:				نام ماشین:		محل استقرار:	
تهیه کننده:				تصویب کننده:		تاریخ:	
نام اجزاء ماشین	مواضع اعمال روغنکاری	تعداد محل ها	نوع روغن	دوره تناوب		مقدار روغن (لیتر)	زمان تقریبی (دقیقه)
				تمویض	بازدید		
یادداشت: در صورتی که عملیات روغنکاری در حالیکه ماشین مشغول به کار است امکان پذیر می باشد، در کنار نوشته های مربوط به دوره تناوب، علامت (+) و در صورتی که امکان پذیر نمی باشد، علامت (-) بگذارید.							
شماره تجدید نظر:		تاریخ:		توسط:		تأیید:	

شکل ۹-۸
فرم مشخصات روغنکاری

در شکل ۸-۹ فرم مشخصات روان کاری ارائه شده. اطلاعات داخل این فرمها همانگونه که گفته شد، می‌تواند با نظر متخصصین کارخانجات تولید روغن‌های صنعتی برای هر کارخانه تکمیل شود.

با توجه به اینکه براساس اطلاعات بازتابی ممکن است تغییراتی در اطلاعات داده شده روی فرم در طول عمر ماشینها الزامی بشود، در پائین فرم فضاهای لازم جهت ثبت تاریخ و شماره تجدیدنظر و نام اعمال‌کننده و تصویب‌کننده تجدید نظر فراهم شده. برای نشان دادن دوره‌های تناوب ممکنست از علائمی مشابه آنچه که در فرم سالیانه پیشگیری (شکل ۹-۲) آمده است استفاده شود.

(مثلاً ما = ماهیانه، سال = سالیانه، ...)

در شکل ۹-۹ یک نوع فرم مسیرهای روان کاری نشان داده شده. لازمست این فرم در آخر هر هفته برای هفته بعد تکمیل شده در اختیار گروه روان کاران، و در موارد مناسب در اختیار گروه بهره‌برداران از ماشینها (جهت اطلاع و آمادگی آنها) قرار گیرد. پس از انجام عملیات روان کاری در انتهای هر روز کار لازمست فرم گزارش روان کاری تکمیل شود. نمونه‌ای از این فرم در شکل ۹-۱۰ نشان داده شده.

۹-۱۱ تعمیرات کلی (تعمیرات اساسی)

در فواصل زمانی مشخص در طول عمر مفید دستگاهها (مثلاً سالیانه، دو سال یک بار، ...) لازم خواهد بود که ماشین آلات تحت تعمیرات کلی قرار گیرند. در انجام این امر لازم می‌شود که قسمتهای اصلی ماشین از یکدیگر جدا شده و روی بعضی از قطعات تعمیرات و سرویسهای مشخصی انجام گیرد.

به منظور راهنمایی کارکنان نگهداری و تعمیرات در امر تعمیرات کلی، ضروری است که برای هر ماشین کتابچه‌هایی توسط سازندگان ماشین‌آلات در اختیار کاربران قرار گیرد، یا در موارد عدم دسترسی به آنها لازم است قسمت مهندسی نت به تهیه دستورالعمل‌های لازم در این مورد بپردازد.

فرم مسیر روانکاری									
شماره هفته						تاریخ شروع هفته		ایام هفته	
شنبه	شماره ماشین								
	محل استقرار								
	دوره تناوب								
یکشنبه	شماره ماشین								
	محل استقرار								
	دوره تناوب								
دوشنبه	شماره ماشین								
	محل استقرار								
	دوره تناوب								
سه‌شنبه	شماره ماشین								
	محل استقرار								
	دوره تناوب								
چهارشنبه	شماره ماشین								
	محل استقرار								
	دوره تناوب								
پنج‌شنبه	شماره ماشین								
	محل استقرار								
	دوره تناوب								
جمعه	شماره ماشین								
	محل استقرار								
	دوره تناوب								
تهیه توسط:		تایید توسط:		شماره تجدیدنظر:		تاریخ:			

شکل ۹-۹
فرم مسیر روان کاری

در بعضی از کارخانجات معمول است که تعمیرات کلی ماشین آلات را به دوره‌های تعطیلات سالیانه موکول کنند. چنین امری گو اینکه از رکود تولید در دوره‌های کار کارخانه جلوگیری می‌نماید، ولی در هر حال اشکالات و نارساییهای زیر را در بر خواهد داشت:

- سرپرستی و نظارت کافی در دوره‌های تعطیلات اعمال نخواهد شد.
- برای تهیه کلیه قطعات، ابزار و تخصص مورد لزوم برای تعمیرات کلی، باید برنامه‌ریزی بسیار دقیقی اعمال گردد، تا در ضمن انجام کار احتیاج کمتری به تهیه این امکانات به صورت اضطراری پیش بیاید.
- تسهیلات و امکانات رفاهی نظیر حمل و نقل، کمکهای اولیه، رستوران، ... و همچنین امکانات فنی نظیر دسترسی به نقشه‌ها و به بایگانی اسناد فنی و چاپ و تکثیر به راحتی فراهم نخواهد بود.
- لازمست کارکنان نگهداری و تعمیرات نیز در فصل تعطیلات کارخانه (که امکاناً فصل مناسبی برای استراحت و گردش است) مانند سایر کارکنان بتوانند از امکانات تعطیلی برخوردار باشند.

بدیهی است در کارخانجات دارای سیستم تولید دسته‌ای ممکن است بتوان تعمیرات اساسی را به زمانهایی موکول نمود که کارخانه مشغول آماده‌سازی سیستم تولید برای تغییر محصول می‌باشد. همچنین در موارد زیاد دیده شده که امر تعمیرات اساسی ماشین‌آلات نیز به صورت یک برنامه تعمیرات پیشگیری در برنامه سالیانه، مطابق فرم نشان داده شده در شکل ۹-۲ گنجانیده شده. در شرایطی که در طراحی و استقرار کارخانه در کنار ماشین‌آلات اصلی و کلیدی، ماشین‌آلات یدک (کمکی) منظور شده باشند، امر اجراء تعمیرات اساسی به دور از تعجیل و در فرصت‌های مناسب‌تر قابل انجام بوده و از رکود تولید جلوگیری خواهد نمود.^۱ در شکل ۹-۱۱ نمونه‌ای از یک صفحه روشهای انجام تعمیرات کلی برای مثال نشان داده شده. لازمست کتابچه‌های نشان دهنده روشهای

۱- در این موارد لازمست ضمن مقایسه پارامترهای مربوط به هزینه سرمایه درگیر در ماشین آلات یدکی با هزینه‌های مربوط به رکود تولید، میزان بهینه ماشین آلات یدکی که مناسب است در خط تولید منظور شوند، با دیدگاههای اقتصاد مهندسی مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد.

تعمیرات کلی، با نقشه‌های مناسب (ترجیحاً به صورت پرسپکتیوهای انفجاری)^۱ همراه باشد تا درک مطالب و روشهای گفته شده در دستورالعملها را ساده‌تر نموده، احتمال اشتباه در اجراء عملیات را کاهش دهد.

روشهای انجام تعمیرات کلی			
شماره (کد) ماشین :		نام ماشین :	
محل استقرار:		تاریخ:	
فاصله زمانی بین دو تعمیر :		تهیه کننده: تایید:	
(ج) تعمیر پمپ اصلی روغن (نقشه شماره) ضمن رعایت دستورات ایمنی: ۱- فیوز دستگاه را باز کنید. ۲- اتصال برق به موتور پمپ را قطع کنید. ۳- با باز کردن شیر شماره ۴ روغن داخل سیستم را کاملاً تخلیه کنید. ۴- کویلینگ شلنگهای ورودی و خروجی پمپ را باز کنید. (با آچار فرانسه) ۵- شش عدد پیچ اتصال پمپ به بدنه ماشین را با آچار میلیمتری ۱۴ باز کنید. ۶- ⋮ ۱۴- مقدار لقی شافت ۵/۲ را به کمک کولیس اندازه بگیرید. ۱۵- اگر لقی بیش از ۰/۳ میلیمتر است شافت را عوض کنید. (برای تعویض به روش نشان داده شده در صفحه مراجعه کنید). ۱۶- ⋮ ۲۰- مجدداً صفحه روی کاسه نمد را در محل قرار داده پیچها را با نیروی مساوی (۰/۷۵ کیلوگرم- متر) محکم کنید. ۲۱-			
شماره تجدیدنظر:		توسط: تایید: تاریخ:	

شکل ۹-۱۱

نمونه‌ای از یک صفحه روشهای تعمیرات کلی

۱- نمونه‌ای از یک پرسپکتیو انفجاری در شکل ۱۲-۱ نشان داده شده است.

ارتباطات سازمانی (مراوده اطلاعات بین مدیریت فنی با سایر قسمت‌ها)

۱-۱۰ مقدمه

امور فنی کارخانه به عنوان یک بخش سرویس رسانی که تسهیلات فنی لازم را جهت قسمت‌های تولیدی فراهم می‌نماید، لازمست ارتباطات مناسبی برای مراوده اطلاعات با قسمت‌های تولیدی داشته باشد. اهم خطوط ارتباطی بین امور مدیریت فنی (یک سیستم شامل نگهداری و تعمیرات، مهندسی، انبار قطعات یدکی و لوازم مصرفی) با امور تولید، امور حسابداری صنعتی، امور پرسنلی، و امور تدارکات در شکل ۱-۱۰ نشان داده شده.

در مورد ارتباطات قسمت امور فنی با امور تولید، علاوه بر آنچه که در یک حالت کلی در شکل ۱-۱۰ نشان داده شده است لازمست که بین قسمت برنامه‌ریزی امور نیت، و امور تولید ارتباطات اطلاعات زیر برقرار بوده، و در مورد آنها بحث و تبادل نظر به عمل آید:

- ۱- تبادل نظر در مورد درخواستهای کار تعمیراتی که از امور تولید دریافت شده.
- ۲- تبادل نظر در مورد تغییرات در برنامه‌های پیشگیری و بازدید فنی دستگاهها که در اثر به میان آمدن کارهای اضطراری برای قسمت "نت" الزامی شده.
- ۳- تبادل نظر در مورد تغییرات در برنامه‌های پیشگیری و یا بازدیدهای فنی از تجهیزات که در اثر تغییرات در برنامه‌های تولیدی الزامی شده.
- ۴- تبادل نظر در مورد درخواستهای کار تعمیراتی یا برنامه‌های پیشگیری که در اثر کسری قطعات یدکی، مواد، تجهیزات، نیروی انسانی به تأخیر افتاده است.

بدیهی است علاوه بر وجود کانالهای ارتباطی مشخص که باعث تبادل اطلاعات بین مسئولین امور فنی و امور تولیدی می‌شود، در رده‌های پائین‌تر نیز بین کارکنان و کارگران امور فنی و امور تولید الزاماً تماس دائمی برقرار است.

این تماسها به علت احتیاج به تقاضاهای تعمیراتی که از طرف قسمت تولید به عمل می‌آید، و همچنین به علت بازدیدهای فنی منظم که از طرف کارکنان نت بر روی دستگاههای تولید اعمال می‌شود انکارناپذیر خواهد بود. ضمن این تماسها، اطلاعات قابل توجهی بین امور فنی و تولید، در سطح کارگران و تکنسین‌ها مبادله می‌شود که اهم آنها عبارتند از:

۱- بازتاب اطلاعات در مورد شرایط کار دستگاهها

۲- ارائه پیشنهادات و تبادل نظر در مورد نحوه بهره‌برداری از دستگاه در رابطه با حفاظت صحیح و جلوگیری از خرابی و فرسودگی.

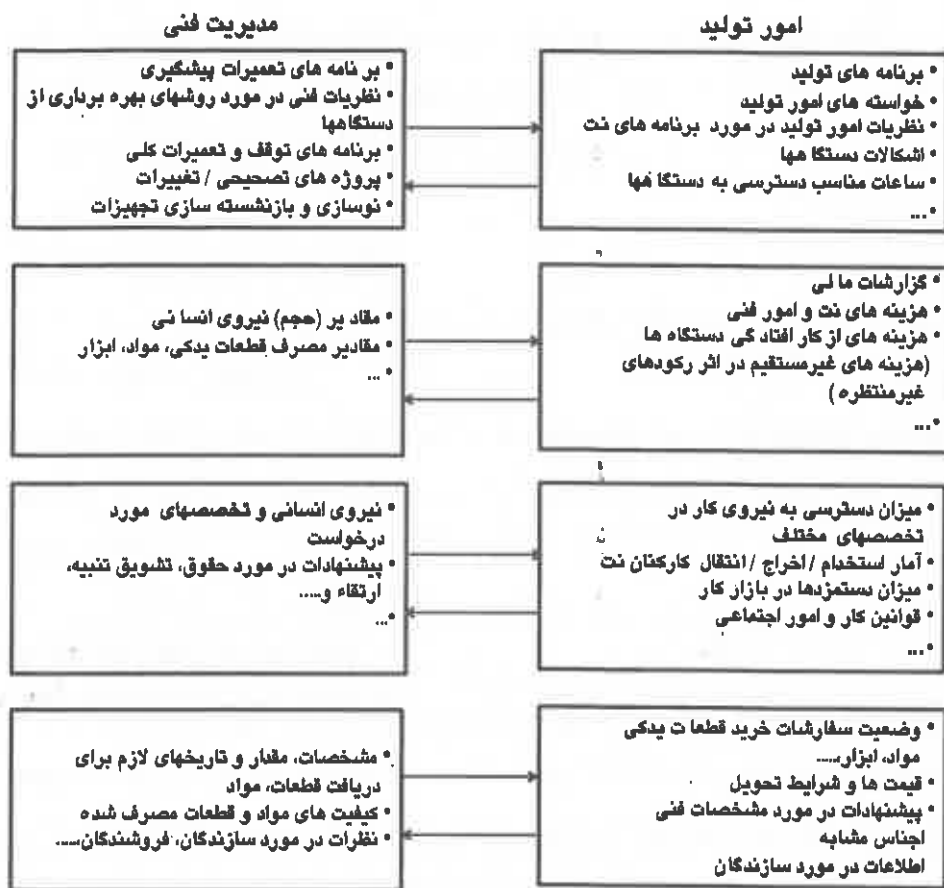
شکی نیست که مراوده اطلاعات بالا در صورتی می‌تواند به نحو مفید و کارآ عملی شود که در مرحله اول ارتباطات انسانی مناسب بین کارکنان امور فنی و امور تولید برقرار باشد. دقت در برقراری چنین ارتباطاتی از وظایف اصلی و مهم مسئولین امور فنی، و مسئولین امور بهره‌برداری بوده، و باید این افراد با تنظیم صحیح سطوح دستمزد، پاداش، آموزش، و سایر عوامل و انگیزه‌های مؤثر در برقراری ارتباطات انسانی مناسب بین کارکنان امور فنی و تولید کوشا باشند.

برقراری ارتباطات و مراوده اطلاعات، مخصوصاً در سطوح کارگران و تکنسین‌های امور فنی و امور تولید فوائد و نتایج زیر را در بر خواهد داشت:

۱- کارگران تولید با احساس صمیمیت و حس همکاری با قسمت امور فنی، شخصاً قسمتی از اشکالات و عیوب ماشین را از طریق حواس انسانی برداشت نموده و قبل از خرابی ماشین مراتب را به اطلاع امور فنی می‌رسانند (یا در صورتی که اشکالات به سادگی قابل رفع باشد، در رفع اشکال همکاری می‌کنند).^۱

۱- با برقراری سیستم نت بهره‌ور فراگیر (TPM) که در فصل ۲۴ این کتاب ارائه شده است، این همکاری جزء وظایف بخش بهره‌برداری خواهد شد.

فصل دهم- ارتباطات سازمانی (مراوده اطلاعات بین مدیریت فنی با سایر قسمت‌ها) ۱۴۳



شکل ۱۰-۱

ارتباطات و مبادله اطلاعات بین امور فنی و سایر قسمتهای صنعت

۲- کارگران تولید در رعایت اصول فنی برای جلوگیری از خرابی ماشین دقت و مراقبت بیشتری به عمل می‌آورند (تمیزکاری ماشین، وارد نیاوردن فشار غیرمجاز به ماشین، ...)

۲-۱۰ وسائل برقراری ارتباطات

علاوه بر نوشتارها، شامل گزارشهای کتبی، و درخواستهای کار که به صورت کتبی به دفتر برنامه‌ریزی ارسال می‌شوند (به وظائف مربوط به دفتر برنامه‌ریزی نت در فصل هشتم

مراجعه شود)، ممکنست قسمت قابل توجهی از ارتباطات به صورت حضوری و شفاهی و یا با امکانات و وسائل برقراری ارتباط از فاصله تأمین گردد. امکانات مناسب برای برقراری ارتباط از فاصله عبارتند از:

۱- تلفن

۲- سیستم پیج (Paging Syst)

۳- گیرنده و فرستنده‌های کوچک و قابل حمل با بردهای کوتاه (محدود در سطح کارخانه)

۴- شبکه‌های کامپیوتری

علاوه بر وسائل ردیف ۱ و ۲ که معمولاً در طرح وسایل خبری کارگاه‌های صنعتی موردنظر قرار می‌گیرند، کاربرد وسائل ردیف ۳ و ۴ مطمئناً در تسریع برقراری ارتباط مفید و مؤثر خواهد بود.

۳-۱۰ زبان فنی در امور فنی

در فصل هفتم مربوط به سازمان نیروی انسانی، در قسمت ۷-۲ شامل ویژگیهای ضروری برای کارکنان امور نگهداری و تعمیرات به این نکته اشاره شد که به دلیل تنوع مطالب و اصطلاحات ضروری که لازمست به طور روزمره در امور فنی برای مبادله اطلاعات مورد استفاده قرار گیرند، لازم خواهد شد که کارکنان این قسمت از قدرت بیان و تفهیم مطالب و تهیه گزارشهای فنی و اطلاعاتی برخوردار باشند. برقراری دوره‌های آموزشی در این موضوع می‌تواند کمک مؤثری ارائه نماید.

متأسفانه باید گفت که برای بسیاری از واژه‌های مورد کاربرد در امور فنی، هنوز معادلهای مناسبی در زبان فارسی ایجاد نشده. قابل ذکر است که حتی در زبانهای رایج در بعضی از کشورهای صنعتی، نظیر زبان انگلیسی نیز، هنوز برای یک موضوع مربوط به امور نت از بسیاری واژه‌های مترادف که در موارد زیاد تا حدی نامربوط و اغواکننده می‌باشند استفاده می‌شود.

کار انجام شده توسط مؤسسه استانداردهای انگلیس، تحت عنوان:

BS 3811, 1974, Maintenance Terms in Terotechnology می‌تواند در ساختار اصطلاحات

مناسب و معادلهای استاندارد در امور نت در زبان فارسی مورد استفاده قرار گیرد.

علاوه بر انتشارات مؤسسه استانداردهای انگلیسی، کار انجام شده توسط مؤسسه کاترپیلر، تحت عنوان *ILSAM*^۱ را باید خاطر نشان ساخت. سیستم ارائه شده توسط کاترپیلر برای اغلب زبانهای زنده دنیا قابل کاربرد بوده و اصول کار آن بر پایه:

- استاندارد کردن اصطلاحات نت
 - استاندارد کردن ساختار جملات فنی در نت
 - حذف اصطلاحات مترادف (انتخاب واژه‌های واحد و توجه به داشتن یک واژه و فقط یک واژه برای هر موضوع فنی) می‌باشد.
- کاترپیلر تقریباً با استفاده از ۸۰۰ واژه مشخص، کلیه دستورالعملهای فنی برای محصولات خود را تهیه نموده (نام قطعات جزء این ۸۰۰ واژه نیستند). سیستم *ILSAM* با کاربرد مخففاها تا حدود بسیار زیادی اشکال ندانستن زبانهای بیگانه را برای کارکنان یک صنعت که از خدمات کارشناسان خارجی استفاده می‌کنند از بین برده است، و بنابراین، در صناعی از ایران که از خدمات مشاوران خارجی استفاده می‌شود می‌تواند کاربردهای مفیدی داشته باشد.

سرویسهای قابل دریافت از پیمانکاران

۱-۱۱ دریافت نیروی کار

در شروع دوره بهره‌برداری از ماشین آلات با توجه به عدم آشنائی کارکنان نگهداری و تعمیرات به ماشینها و پیچیدگی و مشکلات انجام عمل تعمیرات و سرویسهای فنی، و مهم‌تر از همه عدم امکان دسترسی و استخدام کارگران و تکنسین‌های متخصص، مناسب است قسمتی از امور نگهداری و تعمیرات صنعت براساس قراردادهای مشخص به پیمانکاران واگذار گردد.

بدیهی است در صورتی که پیمانکاران وابستگی به کارخانجات سازنده دستگاهها داشته باشند اقدام به چنین عملی را می‌توان با اطمینان بیشتر موردنظر قرار داد. در هر حال مناسب است در شروع کار، این قراردادها به صورت درازمدت منعقد نشوند. طولانی بودن زمان این نوع قراردادها به علت وجود مسائل زیر مقرون به صلاح نخواهد بود:

۱- هزینه قرارداد معمولاً بالاتر از هزینه‌ای است که خود صنعت برای انجام خدمات مشابه متحمل خواهد شد.

۲- در دریافت سرویسهای اضطراری، علیرغم تأکیدهائی که در قرارداد می‌شود تاخیر رخ خواهد داد. (بدیهی است در صورتی که قرارداد به صورتی باشد که پیمانکار نفقات مجربی را به صورت تمام وقت و در سه شیفت یا به صورت آماده بکار در محل صنعت داشته باشد این نوع نارسائی وجود نخواهد داشت).

۳- امکان رکوردگیری دقیق از عملیات تعمیر و وجود نخواهد داشت. و بنابراین جمع‌آوری اطلاعات بازتابی را مشکل خواهد نمود.

۴- امکانات آموزشی و توسعه تجربه پرسنل دائم را کاهش خواهد داد.

۵- برای قطعات یدکی قیمت‌های بالاتر از حدود معمول از صنعت دریافت خواهد گردید.

۶- در صورتی که به دلائلی به طور اجبار و ناگهانی قرارداد قطع شود، در کارخانه آمادگی برای ارائه سرویسها لازم نخواهد بود.

در زمان عقد قراردادهای خرید دستگاهها و همچنین در دوره عقد قراردادهای نصب و راه‌اندازی با پیمانکاران ممکنست هزینه نصب، هزینه راه‌اندازی و هزینه سرویسهای نگهداری و تعمیرات برای مدتی مشخص، به طور مجزا از طرف پیمانکار پیشنهاد گردد، تا امکان بررسی و مطالعه اقتصادی برای دریافت خدمات نگهداری و تعمیرات برای صنعت فراهم آید.

لازم به تذکر است که در شرایط فعلی بازار کار ایران، پیمانکاران نصب و راه‌اندازی می‌توانند امکانات بالقوه مناسبی برای انجام خدمات نگهداری و تعمیرات داشته باشند. با در نظر داشتن این امر صاحب کار می‌تواند نفقات و گروههای مشغول در امور پیمانکاران برای نصب و راه‌اندازی ماشین آلات را از نظر مناسبت برای خدمات نگهداری و تعمیرات مورد ارزیابی قرار دهد. فراهم نمودن امکانات آموزشی (در دوره‌های کوتاه مدت) در داخل و خارج از کشور برای این گروه از افراد که ضمن عملیات نصب با ساختار کلی ماشین آشنایی حاصل نموده‌اند نیز امری مفید می‌باشد.

نماینده‌گی‌های شرکتهای خارجی، مخصوصاً شرکتهای تأمین‌کننده ابزار دقیق الکترونیکی نظیر *Honywell, BBC* ... در ایران می‌توانند به عنوان پیمانکاران انجام خدمات ابزار دقیق در نگهداری و تعمیرات موردنظر باشند.

در هر حال به نظر می‌رسد در ده سال اخیر نسبت خدمات سرویسی نت که توسط پیمانکاران برای کارخانجات انجام شده روند افزایشی داشته است.

قراردادهای سرویسی می‌تواند علاوه بر انجام سرویسهای مستمر، سرویسهای خدماتی بسیار کوتاه مدت را نیز در برگیرد. قراردادها ممکنست شامل خدمات به این شرح باشد:

۱- خدماتی که در یک مدت طولانی فقط برای یک بار مورد لزوم خواهند بود نظیر:

- نصب و راه اندازی یک ماشین جدید
- نصب سیستمهای کامپیوتری برای برنامه ریزی و مدیریت امور
- تعمیرات اساسی ماشینها
- امور دفتری و مهندسی نظیر تهیه شناسنامه تجهیزات یا تهیه برنامه های پیشگیری

۲- خدمات مستمر نظیر:

- انجام قسمتی از امور پیشگیری، سرویس و روانکاری، پشتیبانی سیستمهای مکانیزه (CMMS)

۳- تأمین کارگر و نیروی کار نظیر:

- تأمین کارگر برای تعمیرات اساسی
 - تأمین کارگر برای تمیزکاری دفاتر، درب و پنجره ها، ...
- در انتخاب پیمانکاران مناسب و عقد قراردادها باید عوامل زیر موردنظر باشند:
- ۱- قابلیت اطمینان و توانایی پیمانکار
 - ۲- وجود افراد مشخص که نامهای آنان در قرارداد ذکر شده و قرار است خدمات کلیدی مربوط به قرارداد را انجام دهند.
 - ۳- دسترسی راحت و سریع به پیمانکار
 - ۴- اطمینان از این امر که پیمانکار قطعات یدکی و مواد و مصالح لازم را به حد کافی در اختیار خواهد داشت (در صورتی که تأمین قطعات یدکی طبق قرارداد به عهده پیمانکار باشد).
 - ۵- رعایت اصول ایمنی و مقررات داخلی صنعت و حفظ روابط انسانی مناسب با کارکنان صنعت
 - ۶- قبول مسئولیت آموزش به پرسنل دائمی
 - ۷- تأمین اطلاعات بازتابی از روند خرابیها، علل خرابیها و عملیات انجام شده برای تعمیر
 - ۸- حفظ اطلاعات داخلی سازمان به صورت محرمانه

۱۱-۲ دریافت سرویسهای ساخت (تولید) قطعات یدکی و لوازم مصرفی تولید

در فصل مربوط به چهارچوب فعالیتهای امور مدیریت فنی در صنعت به این نکته اشاره شد که در مواردی به جای سفارش قطعات یدکی دستگاهها از سازندگان اصلی، کارگاه نگهداری و تعمیرات می‌تواند نسبت به ساخت این قطعات اقدام نماید. مسلماً امور کنترل موجودی این قطعات به عهده انبار فنی خواهد بود و عملیات ساخت در حدود ممکن توسط کارگاه مرکزی انجام خواهد گرفت.

بدیهی است در اغلب موارد حجم قطعات یدکی قابل ساخت در ایران که باید در انبار فنی کارخانه نگهداری شوند، بالاتر از حدودی خواهد بود که توسط کارگاه مرکزی نت قابل تولید باشد. علاوه بر آن، تنوع و گستردگی انواع قطعات مورد لزوم، چه از نظر طرح، و چه از نظر مواد و مصالح به کار رفته در آنها باعث خواهد شد که تولید چنین قطعاتی در حجم مورد درخواست یک کارخانه برای کارگاه مرکزی نت مقرون به صرفه نباشد. در این گونه موارد عقد قراردادهائی با سازندگان ایرانی در خارج از سیستم کارخانه مقرون به صلاح خواهد بود. دلایل امر عبارتند از:

۱- اصولاً کار نگهداری و تعمیرات، انجام تعمیرات (پیشگیری و اضطراری) می‌باشد و نباید

چنین عملیاتی تحت الشعاع امور تولید قطعات یدکی در داخل کارگاه قرار گیرند.

۲- ساخت بسیاری از قطعات در حجم محدود اصولاً اقتصادی نمی‌باشد. در حالیکه

یک پیمانکار ممکنست مشابه همین قطعات را برای مصرف کنندگان دیگری نیز

تولید نماید و بنابراین قطعه به صورت انبوهی با هزینه کمتری تولید شود.

۳- وجود تنوع در طرح و در جنس قطعات یدکی مورد لزوم در هر کارخانه باعث

خواهد شد که یک کارگاه منفرد (نظیر کارگاه مرکزی نت) قادر به تهیه انواع محصولات نباشد.

۴- ایجاد کار برای صنایع کوچک و در حال رشد در این سیاست مورد پشتیبانی قرار

می‌گیرد.

شکی نیست که در صورتی که یکی از هدفهای صنایع بزرگ پشتیبانی از سیاست استفاده از خدمات سایر کارخانجات صنعتی داخلی برای تأمین قطعات یدکی باشد لازم

خواهد شد که قبل از آغاز بهره‌برداری، نقشه‌های قطعات یدکی و متدهای کار (روشهای تولید) به صورتی مدون استخراج شده و ضمن تفکیک قطعاتی که قابل ساخت در ایران هستند، فعالیتهایی در زمینه تعیین پیمانکاران مناسب به عمل آید. در هر صورت علیرغم پیگیری این سیاست، خزید قطعات یدکی از سازندگان خارجی برای مصرف حداقل یک تا یک و نیم سال اول دوره بهره‌برداری مقرون به صلاح خواهد بود. دلایل امر عبارتند از:

۱- حصول اطمینان از دسترسی به قطعات یدکی با مشخصات صحیح در شروع دوره بهره‌برداری.

۲- داشتن نمونه‌های فیزیکی از قطعات یدکی جهت تعیین و تدوین مشخصات فنی و مقایسه کیفیت‌ها، تهیه نقشه‌ها و تعیین روشهای ساخت.

۳- تأمین خواسته‌های سازندگان اصلی ماشین آلات در رعایت مفاد و شرایط ضمانت نامه‌ها.

در اینجا قابل ذکر است که همکاری و هم‌آهنگی صنایع در سطح کشور در جهت استاندارد نمودن (یکسان‌سازی) قطعات یدکی می‌تواند کمک مؤثری در اقتصاد مصرفی قطعات یدکی بنماید.

بدون شک حجم قابل توجهی از قطعات یدکی ماشین آلات در صنایع کشور که هم‌اکنون دارای طرح و مشخصات یکسان نیستند ممکن است با تغییرات مختصری یکسان و مشابه شده و در عین حال بر روی ماشینهای موجود قابل نصب باشند. در چنین شرایطی با فراهم آمدن امکانات تولید این قطعات به صورت انبوه، صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در هزینه‌های ریالی و ارزی برای تأمین قطعات یدکی خواهد شد.

اطلاعات و مدارک

پشتیبانی فنی

۱۲-۱ کلیات

هنگام تصمیم‌گیری در مورد خرید ماشین از نکات مهمی که باید مورد توجه قرار گیرند، کیفیت اطلاعات و مدارک فنی است که از طرف فروشنده همراه با ماشین برای استفاده‌کننده از دستگاه ارسال می‌گردد.

با توجه به اینکه در حال حاضر بخش قابل توجهی از تجهیزات صنعتی از خارج از کشور وارد می‌شوند و بنابراین دسترسی و تماس با سازندگان در شرایط اضطرار به راحتی امکان‌پذیر نیست، دقت در جمع‌آوری و نگهداری اسناد و مدارک فنی در یک سیستم منظم و قابل دسترسی از اهم وظائف امور مدیریت فنی (بخش مهندسی) می‌باشد.

به منظور اطمینان از دریافت اطلاعات کامل، لازم است در هنگام عقد قرارداد خرید ماشین، لیست کاملی از اطلاعات و مدارک لازم به عنوان تعهدات فروشنده در متن قرارداد منظور شود. بیان ویژگیهای اطلاعات و مدارک مورد لزوم، نظیر زبان به کار گرفته شده، کیفیت کاغذ و ابعاد نقشه‌ها و دستورالعملها، و ویژگیهای اطلاعاتی که به صورت دیجیتال ارائه می‌شوند می‌تواند استفاده از اطلاعات را برای کاربران راحت‌تر بنماید.

در اینجا لیستی از اطلاعات اصلی مورد لزوم آورده می‌شود:

نوع اطلاعات	نام مدرک فنی	شرح
۱- دستگاه چیست؟	مشخصات فنی دستگاه	نشان دهنده ابعاد فیزیکی، وزن، مدل، قدرت دستگاه، نوع سوخت، مصرف انرژی ...
۲- چگونه نصب و راه‌اندازی می‌شود؟	دستورالعمل‌های نصب و راه‌اندازی	اندازه فونداسیونها، ترتیب نصب قطعات، محل نصب قلابهای بالابر، شرایط ایمنی هنگام نصب، دستورات آزمایش قبل از راه‌اندازی
۳- چگونه کار می‌کند؟	روشهای بهره‌برداری	روشهای فنی استفاده از دستگاه، مأموریت‌های دکمه‌ها و اهرمها، اتصالات و روشهای عیب‌یابی برای بهره‌برداران
۴- چگونه نگهداری و تعمیر می‌شود؟	دستورالعمل‌های نگهداری و تعمیرات	توضیحات کامل از نحوه سرویس، روان‌کاری و تعمیرات اساسی، تعمیرات دوره‌ای، تعویض قطعات یدکی، نقشه‌های عیب‌یابی و نقشه‌های فنی نشان دهنده سیستم‌های الکتریکی، هیدرولیکی، پنوماتیکی، ...
۵- از چه تشکیل شده؟	لیست قطعات	کتابچه نشان دهنده شکل قطعات، شماره فنی قطعه، و نحوه سفارش قطعه
۶- آموزش در حین کار	دیاگرام‌های قابل نصب روی دیوار	نشان‌دهنده روشهای بهره‌برداری و نت و رعایت اصول ایمنی هنگام کار
۷- آموزش کلی	فیلم‌ها، اسلایدها، CD و کتابهای آموزشی	به زبان ساده برای آموزش پرسنل بهره‌برداری و نت

لازمست به این نکته توجه شود که اسناد و مدارک فنی در کیفیت خوب و قابل دوام که هنگام استفاده پیاپی توسط کارگران و تکنسین‌ها از بین نرود ارائه گردند. توجه به این نکته لازمست که در صورتیکه ارائه اسناد و مدارک به زبان فارسی امکان‌پذیر نیست، حتی الامکان این اسناد به یکی از زبانهای انگلیسی یا سایر زبانهای که

در ایران به طور نسبی بیشتر رایج هستند، نظیر زبان آلمانی به ایران برسند (با توجه به تعداد بیشتر افرادی که در ایران به این زبانها آشنائی دارند، و رایج شدن بعضی از اصطلاحات فنی از زبانهای انگلیسی و آلمانی در صنایع ایران).

۱۲-۲ کتابچه لیست قطعات یدکی

لیست قطعات یدکی باید شامل اشکال رسم شده به صورت پرسپکتیو (و نه عکسهای فتوئی) بوده، و به صورت کتابچه‌ای با صحافی و کیفیت خوب ارائه شود. روی قطعات در شکل شماره زده شده، و در صفحه مقابل توضیحات فنی در مورد قطعه داده می‌شود.

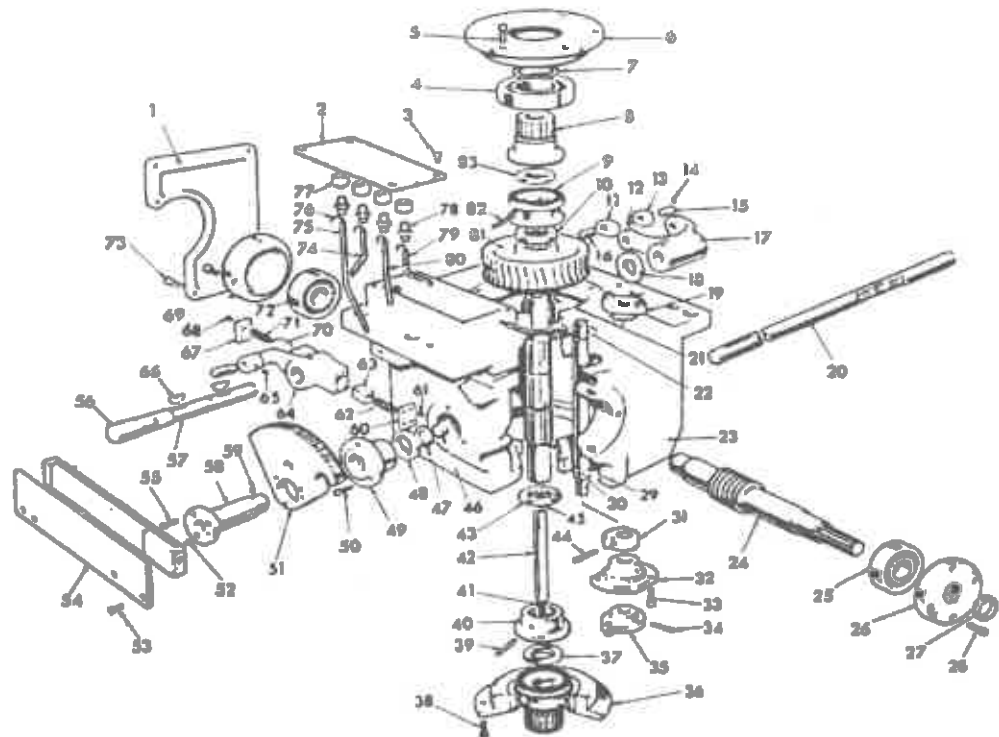
لیست قطعات یدکی باید اطلاعات زیر را در بر داشته باشد:

- ۱- شماره کتابچه قطعات یدکی
- ۲- شماره شکل
- ۳- شماره هر قطعه در روی شکل
- ۴- شماره فنی که سازنده به قطعه داده است
- ۵- نام قطعه
- ۶- تعداد قطعه در روی دستگاه

در بعضی موارد مناسب است که تعداد پیشنهادی سفارش و ذخیره هر قطعه برای مصرف سالیانه نیز در کتابچه آورده شود. (ولی با توجه به عوامل و شرایط مختلفی که یک ماشین می‌تواند تحت آن شرایط کار کند، تعداد پیشنهادی ذخیره معمولاً قابل اطمینان نبوده، و لازمست هر کارخانه نسبت به تعیین مقادیر اقتصادی ذخیره و سفارش قطعات بر اساس مطالعات و محاسبات علمی اقدام نماید.) در شکل ۱۲-۱ نمونه‌ای از یک صفحه از کتابچه قطعات یدکی نشان داده شده.

۱۲-۳ تاریخچه سوابق کار و تعمیرات

برای هر یک از دستگاههای تولیدی و تجهیزات کارخانه لازمست یک کارت به عنوان کارت سابقه و تاریخچه کارکرد و عملیات تعمیراتی انجام شده روی دستگاه نگهداری شود. این کارت براساس شماره (کد) دستگاه قابل بایگانی می‌باشد.



شکل ۱۲-۱

کاربرد اطلاعات کارت سوابق کار دستگاه عملاً مشابه اطلاعاتی است که پزشکان و مؤسسات بهداشتی باید از سوابق بهداشتی افرادی که به آنها مراجعه می‌نمایند در اختیار داشته باشند. این اطلاعات می‌توانند به راحتی روی شبکه‌های کامپیوتری داخلی کارخانه قرار گیرند. بر روی این کارت‌ها تاریخ اجراء عملیات تعمیری، شماره درخواست کار تعمیراتی، شرح خرابی، علل خرابی، و شرح کار انجام شده نوشته شده، و همچنین مدت زمان رکود دستگاه، و مدت زمان صرف شده برای تعمیر نشان داده می‌شود.

در شکل ۱۲-۲ نمونه‌ای از یک فرمت مناسب برای ثبت این اطلاعات ارائه شده. عناوین ستونها بیانگر اطلاعات موردنظر می‌باشند. در ستون "نوع عملیات" ممکنست برحسب مورد با استفاده از واژه‌هایی نظیر اضطراری، پیشگیری، تصحیحی، عملیات انجام گرفته را طبقه‌بندی نمود.

در این ستون، در صورتیکه تعمیرات از نوع پیشگیری باشد، ممکنست دوره تناوب و تخصص به کار گرفته شده را نیز با استفاده از نمادهائی که در فصل نهم ارائه شدند مشخص نمود.^۱ در ستون مربوط به علل خرابی، علاوه بر توضیحات، ممکنست کدهای علل خرابی نیز ثبت گردد.^۲

کارتهای سوابق کار و تعمیرات دستگاهها به طور منظم مورد بازبینی گروه مهندسی نت قرار می‌گیرد. در این بازبینی‌ها انواع خرابیهای مهم و خرابیهای تکراری مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. همچنین، این امکان وجود خواهد داشت که با در دسترس داشتن شماره‌های درخواستهای کار تعمیراتی، هزینه‌های انجام عملیات تعمیراتی نیز ضمن مراجعه به درخواستهای کار تعمیراتی، تعیین شوند.

اطلاعات قابل برداشت از این کارتها مرتباً توسط بخش مهندسی نت مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته، و در نتیجه نسبت به تصحیح و تجدیدنظر و بهسازی دستورالعملهای تعمیر، پیشگیری، و همچنین نسبت به بهسازی طرح ماشین‌آلات، در موارد لزوم اقدام می‌شود.

اطلاعات مربوط به ساعات رکود دستگاهها می‌تواند در تنظیم سازمان نگهداری و تعمیرات و تعیین حجم نیروی انسانی، و تجهیزات لازم مورد استفاده قرار گیرد. از اطلاعات مربوط به هزینه‌های مصرف شده که از طریق درخواستهای کار تعمیراتی قابل تعیین است، محاسبات اقتصاد مهندسی، و تعیین زمان بهینه برای بازنشسته سازی دستگاهها، و بسیاری از پارامترهای دیگر نظیر فواصل مناسب برای اعمال تعمیرات پیشگیری و نوسازی سیستمها استفاده می‌شود. کاربردهای اطلاعات قابل برداشت از تاریخچه سوابق کار دستگاهها در قسمتهای آینده کتاب نشان داده شده. دقت و توجه امور مدیریت فنی در تکمیل و نگهداری و استفاده مستمر از اطلاعات این کارتها امری ضروری بوده و بدون شک در بهسازی سازمان نت دارای اثرات مثبت خواهد بود.^۳

۱- به شکل ۹-۲ در فصل نهم مراجعه فرمائید.

۲- در این مورد به قسمت ۱۳-۳ کتاب مراجعه فرمائید.

۳- بنا به اظهار نظر "Corder" (ر.ک به عنوان مراجع خارجی آخر کتاب) حتی در کشورهای پیشرفته صنعتی نیز در این مورد توجه کافی مبذول نشده، و تنها در موارد اضطراری و خرابیهای زیان بار این کارتها مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۴-۱۲ نمودارهای عیب‌یابی

با توجه به اینکه قسمت قابل توجهی از زمان رکود ماشین آلات مصروف به یافتن عیب و پیدا کردن قطعه معیوب در روی دستگاه می‌شود، در دست داشتن نمودارهای عیب‌یابی مخصوص هر دستگاه امری مفید و ضروری است. لازم است این نمودارها در بایگانی اسناد فنی بخش مهندسی در امور فنی، طبق سیستم منظمی بایگانی شده و قابل دسترسی باشند.

انواع نمودارهای متداول برای عیب‌یابی عبارتند از:

- نمودارهای MDC ^۱
 - نمودارهای درختی^۲
 - نمودارهای نیمه ساز^۳
 - در شکل ۱۲-۳ نمونه‌ای از نمودارهای MDC نشان داده شده.
- اصول طرح و ساختار این نمودارها تقریباً مشابه است. با کاربرد این نمودارها مرتباً دامنه و محدوده بخشی از سیستم که می‌تواند عیب مربوط به آن بخش باشد کوچکتر می‌شود تا نهایتاً عیب تجهیز مشخص شود.

۵-۱۲ بایگانی اسناد فنی

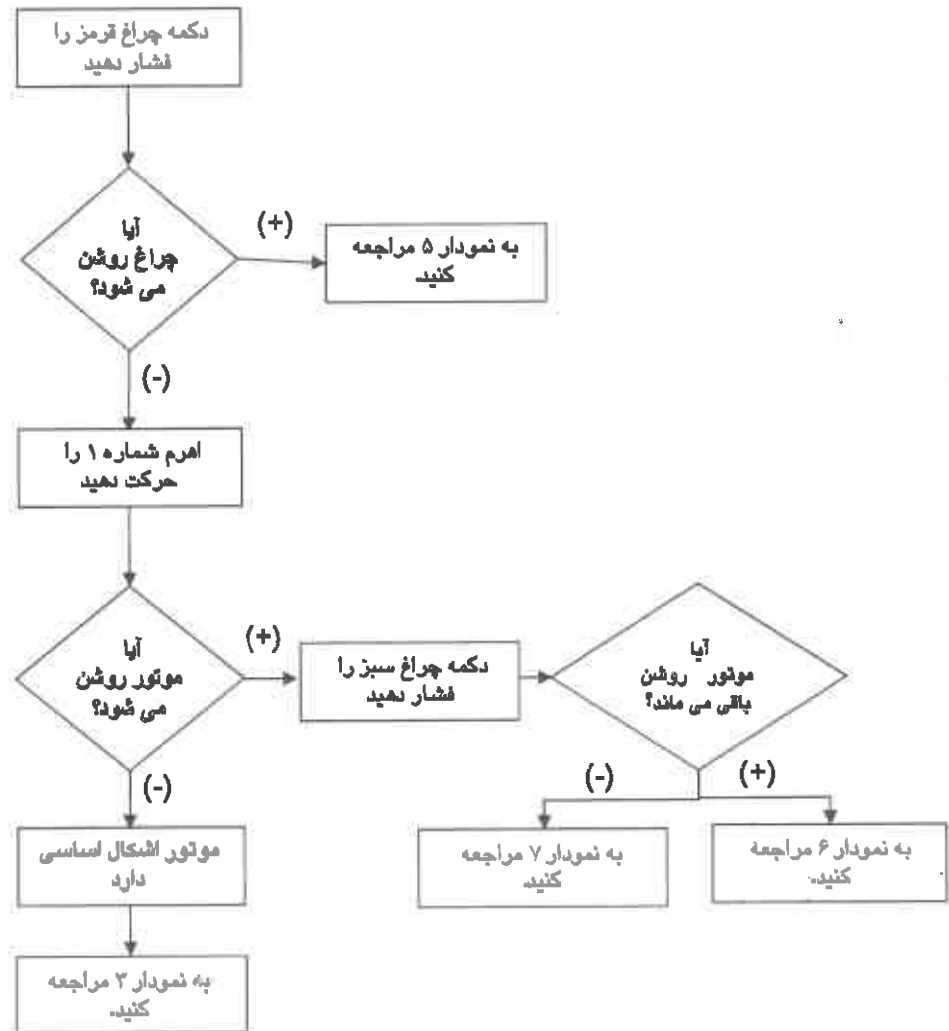
اسناد فنی، نظیر آنچه که در این فصل مورد بحث قرار گرفتند باید در مخلی به نام بایگانی اسناد فنی (در بخش مهندسی امور فنی) نگهداری شوند. نقشه‌ها ممکنست در کشوهای پهن و بزرگ قرار گیرند. مخصوصاً باید در نگهداری نقشه‌های اصلی (کالک) از کشوهای پهن (به جای آویز) استفاده نمود. بسیاری از مدارک و نقشه‌ها را می‌توان به صورت میکروفیلم در بایگانی نگهداری نمود. در این امر در مورد کارخانجاتیکه در آنها بخش مهندسی به صورت متمرکز برای کلیه قسمت‌ها خدمت می‌کند، و در نتیجه حجم نقشه‌ها و اسناد در آن زیاد خواهد بود الزامی^۳

1- Maintenance Dependency Charts

2- Fault Finding Trees

3- Half Split Charts

می‌شود. در عین حال بدیهی است که بخش قابل توجهی از اطلاعات می‌توانند روی سیستمهای کامپیوتری و حافظه‌های دیجیتال نگهداری شوند.



شکل ۱۲-۳

شماره‌های مراجعه به نقشه‌ها و دستورالعملها مناسب است مطابق شماره فنی (کد) دستگاهها و تجهیزات باشد یا با آن شماره رابطه و همبستگی نزدیک داشته باشد. برای

دستیابی (یافتن آدرس) به محل بایگانی هر سند، ممکنست به کاردکس شناسنامه دستگاهها مراجعه شود.

بدیهی است اطلاعات مربوط به شناسنامه و یا آدرس محل بایگانی اسناد فنی باید از راه حافظه کامپیوتر قابل دسترسی باشد، ولی در هر حال داشتن یک کاردکس دستی نیز در موارد زیاد امری الزامی و مفید می باشد.

لازمست برای نقشه ها و مدارک اصلی کپی به تعداد مناسب به عنوان پشتیبانی تهیه شده و اسناد در محل امنی که احتمال وارد شدن خسارت به آنها را به حداقل ممکن می رساند، دور از دسترس روزمره افراد نگهداری شوند. به هنگام نمودن (به روز در آوردن) اسناد و مدارک فنی از وظایف بخش مهندسی در کارخانه می باشد.

سیستمهای اطلاعات بازتابی (اطلاعات مدیریتی)

۱-۱۳ کلیات

در فصل سوم کتاب، تحت عنوان سیاستهای برنامه‌ریزی و کنترل در مدیریت فنی، به عامل کنترل در سازمان مدیریت فنی صنعت اشاره شد و این نکته مورد تأکید قرار گرفت که لازمست اطلاعات فنی، مالی، ... به صورتی منظم، و در یک فرمات مشخص برای تجزیه و تحلیل و تصحیح سیستم و برآورد نحوه کار کل سیستم مدیریت فنی مرتباً به نقاط مشخصی از سازمان برسد. نمونه‌ای از آمارهایی که در سیستم نگهداری و تعمیرات و امور مدیریت فنی می‌تواند به صورتی کارآمد مورد استفاده قرار گیرد به شرح زیر خلاصه می‌شود^۱:

- ۱- درصد کارهای تعمیراتی برنامه‌ریزی شده (غیراضطراری) نسبت به کل کارها (برحسب هزینه‌های مصرف شده یا نیروی انسانی به کار گرفته شده)
- ۲- ساعات از کار افتادگی تجهیزات و دلایل از کار افتادگی، به تفکیک انواع تجهیزات، و به تفکیک کارگاهها.
- ۳- آمار هزینه‌های نت مصرف شده برای تجهیزات، به تفکیک انواع تجهیزات و به تفکیک کارگاهها، و به تفکیک سازندگان
- ۴- نسبت هزینه‌های مصرف شده برای تعمیرات پیشگیری به کل هزینه‌های مصرف شده برای تعمیرات

۱- در فصل ۲۷ کتاب در خصوص شاخصهای ارزیابی عملکرد نت توضیحات جامع آمده است.

۵- روند از کار افتادگیهای تجهیزات (مقایسه با دوره‌های قبل، و با منحنی‌های نشان دهنده دوره عمر تجهیزات)

۶- آمارهایی در مورد میزان قابلیت اطمینان محصولات سازندگان مختلف

۷- میزان کارکرد و بازدیدهای عملی کارکنان نت

۸- مقادیر هزینه مصرف شده برای تعمیرات اضطراری، و برای تعمیرات پیشگیری

۹- آماری از زمانهای مصرف شده در فرایند تعمیرات، شامل آمادگی، عیب‌یابی،

تعویض قطعه، تعمیر قطعه، نصب مجدد قطعه، آزمایش و راه‌اندازی

۱۰- آماری در مورد متوسط زمان برای انجام عمل تعمیر $MTTR^1$ و متوسط فاصله

بین دو خرابی متوالی روی دستگاهها $MTBF^2$

در شکل ۱۳-۱ نمونه‌ای از اطلاعات قابل گزارش به مدیریت فنی و سرپرستان نت که توسط قسمت برنامه‌ریزی تهیه می‌شود ارائه شده. علاوه بر این، در فصل ۲۷ کتاب، اطلاعات جامع‌تری در این خصوص ارائه گردیده است.

۱۳-۲ تجزیه و تحلیل اطلاعات و آمار

در بخش مهندسی امور فنی گزارشها و آمار دریافت شده مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. ضمن تجزیه و تحلیل، عمدتاً مطالب زیر بررسی می‌شود:

۱- شاخصی از زیانهای ناشی از رکود دستگاهها در هر کارگاه برای انواع ماشینها، انواع سازندگان، ...

۲- زمانهای مصرف‌شده برای تعمیر (به تفکیک برای انواع خرابیها، انواع ماشینها، انواع کارگاهها)

۳- دلایل عمده ایجاد خرابیها

1- Mean Time To Repair

2- Mean Time Between Failures

در موارد (۱) و (۲) به فصل ۱۸ کتاب، قسمت ۱۸-۱ مراجعه فرمائید.

فصل سیزدهم - سیستمهای اطلاعات بازتابی (اطلاعات مدیریتی) ۱۶۵

گزارش قسمت برنامه ریزی		ماه:	سال:
شاخص ها	واحد	اعداد مربوط به ماه مورد گزارش	اعداد مربوط به میانگین ۱۲ ماه گذشته
الف) درخواست کارهای رسیده	عدد		
پیشگیری	عدد		
اضطراری	عدد		
سایر	عدد		
جمع	عدد		
نسبت درخواستهای پیشگیری به اضطراری (عددی)	درصد		
ب) درخواست کارهای تکمیل شده	عدد		
پیشگیری	عدد		
اضطراری	عدد		
سایر	عدد		
جمع	عدد		
ج) درخواست کارهای معوق	عدد		
تأخیر قطعی، جنس، ...	عدد		
نرسیدن نوبت	عدد		
ارسال شده به مهندسی	عدد		
سایر دلایل	عدد		
جمع	عدد		
د) نیروی انسانی مستقیم مصرف شده	نفر - ساعت		
روی تعمیرات پیشگیری	نفر - ساعت		
روی تعمیرات اضطراری	نفر - ساعت		
روی سایر انواع تعمیرات	نفر - ساعت		
جمع	نفر - ساعت		
نسبت پیشگیری به اضطراری (نفر-ساعتی)	درصد		
ه) هزینه ها	ریال		
هزینه مستقیم یک نفر - ساعت	ریال		
جمع هزینه های یک نفر - ساعت	ریال		
جمع هزینه های پیشگیری	ریال		
جمع هزینه های اضطراری	ریال		
جمع سایر هزینه ها	ریال		
کل هزینه ها	ریال		
نسبت هزینه های پیشگیری به اضطراری	درصد		
(ریالی)			
و) شاخص های کارایی	ساعت		
جمع ساعات رکود به علت پیشگیری	ساعت		
جمع ساعات رکود به علت اضطراری	ساعت		
مجموع ساعات رکود	ساعت		
نسبت رکود پیشگیری به اضطراری	درصد		
متوسط زمان یک تعمیر (MTTR)	ساعت		
متوسط فاصله بین دو خرابی (MTBF)	ساعت		

یادداشت: در فصل ۲۷ کتاب اطلاعات بیشتری در این خصوص ارائه گردیده است.

شکل ۱۳-۱

اطلاعات قابل گزارش به مدیریت فنی و سرپرستان

از نتایج ردیف ۱ فواید زیر قابل حصول است:

- نسبت حقیقی از کارافتادگی به زمان کارکرد (برای ارائه به مدیریت و جلوگیری از ادعاهای احتمالی امور تولید در بیان دلایل کسر تولید)
- بهسازی روشها و برنامه‌ها، نظیر برنامه‌های پیشگیری (تغییر فرکانس‌های بازرسی، تغییر روشهای بازرسی و سرویس)

از نتایج ردیف ۲ فواید زیر قابل حصول است:

- تقویت تخصص افراد، فراهم آوردن قطعات یدکی و تجهیزات در حد اقتصادی آموزش روشهای عیب‌یابی، تأمین نیروی انسانی (در صورت توقف ماشینها در صف انتظار برای تعمیر به مدت طولانی و غیراقتصادی)
- تعیین سازندگان مناسب (ارزیابی کیفیت سازندگان)، از نظر قابلیت اطمینان محصولات، و قابلیت تعمیر محصول (تعمیرپذیری)

از نتایج ردیف ۳ فواید زیر قابل حصول است:

- نحوه بهره‌برداری از دستگاه توسط گروه تولید
- تغییر و تصحیح روشهای نت
- تغییر و تصحیح در طرح ماشین آلات

۱۳-۳ کدگذاری دلایل از کارافتادگی

مناسب است که در هر صنعت و کارخانه تولیدی به منظور داشتن امکانات برای شناسایی دلایل اصلی و قابل توجهی که باعث از کارافتادگی دستگاهها می‌شوند، یک سیستم مناسب کدگذاری دلایل خرابیها برقرار گردد. گروههای فنی می‌توانند با استفاده از این سیستم ضمن بازرسی‌های فنی، یا انجام عمل تعمیرات، دلایل را به صورت اطلاعات و آمار بازتابی (از طریق گزارشهای بازرسی یا بر روی درخواست‌های کار تعمیراتی) به سطوح مناسب مدیریت منعکس نمایند. در فصل هشتم کتاب در موضوع دفتر برنامه‌ریزی، در قسمت مربوط به روش گردش درخواستهای کار تعمیراتی، نمونه‌ای از کدهای علل خرابی معرفی شدند. در اینجا یک نمونه کامل‌تر که می‌تواند در اغلب صنایع قابل استفاده باشد ارائه می‌گردد.

شرح علت خرابی یا رکود دستگاه	کد خرابی
باردادن بیش از حد مجاز به دستگاه	۱
استفاده از مواد نامناسب در دستگاه	۲
عدم دقت اپراتور در بهره‌برداری از دستگاه	۳
عدم وجود تنظیم در دستگاه	۴
عدم وجود برنامه‌های مناسب نت	۵
عدم دقت یا کمبود تخصص کارکنان نت	۶
کمبود قطعات یدکی	۷
عدم وجود اطلاعات پشتیبانی فنی (اسناد فنی)	۸
اشکال در طرح دستگاه	۹
اشکال در اجناس به کار رفته در ساختمان دستگاه	۱۰

کدهای ردیف ۱ تا ۴ مربوط به اشکالات نحوه بهره‌برداری، کدهای ردیف ۵ تا ۸ مربوط به اشکالات در سازمان نگهداری و تعمیرات، و کدهای ردیف ۹ و ۱۰ مربوط به اشکالات در کار سازندگان و طراحان دستگاهها می‌باشد.

جمع‌آوری تعداد رخ دادهای کدهای گوناگون، و تجزیه و تحلیل نسبت‌ها و روند تغییرات فراوانی رخ دادها امکانات زیر را برای مدیریت فنی فراهم می‌سازد:

۱- انواع عللی که با فراوانی زیاد و غیرمنتظره باعث خرابی و رکود دستگاهها می‌شوند مورد مطالعه قرار گرفته و در رفع کاستی‌هاییکه باعث به وجود آمدن چنین علت‌هایی می‌شود کوشش به عمل می‌آید. برای مثال در صورتیکه کدهای خرابی ۱ یا ۳ به دفعات زیاد تکرار می‌شوند، تشکیل دوره‌های آموزشی در داخل صنعت به منظور راهنمایی استفاده کنندگان از نحوه کار با دستگاه و میزان باردهی مجاز به دستگاه می‌تواند مفید باشد. (در مواردی نیز به روشنی مشاهده شده که جلب رضایت کارکنان و ایجاد روابط انسانی مناسب باعث توجه و دلسوزی بیشتر اپراتورها در نحوه استفاده از دستگاهها شده است).

همین‌طور، در صورتیکه برای مثال کد خرابی شماره ۷ به دفعات زیاد تکرار شود، لازم خواهد بود که در سیاستهای کنترل و ذخیره قطعات یدکی در انبار تجدیدنظر شود.

۲- روند تغییرات تعداد رخدادهای هر کد در فواصل زمانی مشخص (مثلاً ماهیانه) نشانگر نحوه تأثیرگذاری سیاستهای جدید به کار گرفته شده برای بهبود وضعیت‌های مربوط به آن کد می‌باشد. برای مثال، در صورتیکه یک برنامه آموزشی برای یادگیری بیشتر بهره‌برداران از نحوه استفاده از دستگاهها در داخل کارخانه اجراء شده، باید در ماههای بعد تعداد اتفاقات کدهای ۱ تا ۳ روند کاهشی داشته باشد.

انبار قطعات یدکی و لوازم مصرفی نت (انبار فنی)

۱-۱۴ کلیات

به منظور ارائه خدمات لازم به امور نگهداری و تعمیرات، داشتن یک سیستم نگهداری و کنترل قطعات یدکی و لوازم و مصالح مصرفی مربوط به نگهداری و تعمیرات امری ضروری می‌باشد.

کنترل انبار، عبارت از یک سیستم دفتری (یا کامپیوتری) برای کنترل میزان موجودی انبار (قطعات یدکی، لوازم مصرفی، ...) می‌باشد. نگهداری قطعات عبارت از فعالیتهای فیزیکی در امر دریافت، نگهداری، و صدور قطعات و مصالح است. مسلم است که کمبود قطعات یدکی، مخصوصاً برای صنایعی که به صورت یک سیستم تولیدی پیوسته کار می‌کنند، ممکنست در مراحل زیادی باعث به تعویق افتادن امور نت و رکود تولید بشود.

این موضوع مخصوصاً در مورد اجناس و قطعاتی که در داخل کشور قابل تولید نخواهند بود اهمیت بیشتری خواهد داشت. از سوی دیگر نگهداری حجم زیادی از قطعات یدکی هزینه بسیار زیادی را به علت رکود سرمایه ارزی در کارخانه، احتیاج به فضا، پرسنل، هزینه‌های بیمه موجودیها، ... به سازمان تحمیل خواهد نمود.

در این شرایط وجود یک سیستم مناسب برای کنترل موجودیهای انبار، و تعیین مقادیر اقتصادی پارامترهای موجودی ضروری می‌باشد. پارامترهای موردنظر عبارتند از:

۱- تصمیم‌گیری در مورد سیستم سفارشات

- سفارشات دوره‌ای
- سفارشات مستمر
- سفارشات همگام
- ...

۲- تصمیم‌گیری در مورد مقادیر در سیستم سفارش انتخاب شده

- مقدار اقتصادی هر بار سفارش
- فواصل اقتصادی صدور سفارش
- مقدار اقتصادی ذخیره پایه (ذخیره اطمینان) برای اجناس مختلف
-

در تعیین پارامترهای ۲ و ۱، در نظر گرفتن عوامل هزینه الزامی است. عوامل هزینه موردنظر عبارتند از:

۱- هزینه نگهداری (انبارداری)

۲- هزینه صدور سفارشات

۳- هزینه‌های مواجهه با کسری (کمبود) قطعات

برای قسمتی از قطعات یدکی که توسط کارگاه مرکزی نت در داخل کارخانه تأمین می‌شوند نیز دقیقاً پارامترها به همان صورت که در مورد خرید جنس از خارج از محیط عمل می‌کند، عمل نموده و سیاستهای سفارشات به همان صورت اجراء خواهند گردید. تنها در مورد پارامترهای هزینه باید گفت که هزینه‌های مربوط به صدور سفارشات، به هزینه‌های مربوط به آماده نمودن سیستم کارگاه مرکزی برای تولید قطعه موردنظر تبدیل خواهد شد.

علاوه بر عوامل هزینه، در تعیین سیاست و مقادیر، عوامل مؤثر عبارتند از:

۱- سرعت مصرف قطعه

۲- میزان اطمینان از موجودی

بدیهی است که مصرف قطعات یدکی در یک صنعت کاملاً جنبه احتمالی و تصادفی داشته، و بنابراین لازم خواهد شد که سرعتها و منحی توزیع مصرف با تکیه به آمار عملی مصرف هر قطعه تعیین گردیده، و مقادیر انحراف استاندارد (انحراف معیار) نسبت به متوسط سرعت مصرف نیز بر اساس آمار گذشته تعیین گردند. میزان اطمینان لازم برای موجودی هر قطعه با توجه به اهمیت وجود قطعه در لحظه‌ای که لازم می‌شود قابل تعیین خواهد بود.

در نظر گرفتن میزان اطمینان خیلی زیاد برای ذخیره قطعات، مسلماً باعث خواهد شد که حجم ذخیره‌ها را به سرعت اضافه نموده و هزینه قابل توجهی را به سازمان تحمیل نماید. مقادیر اقتصادی و منطقی برای اعداد "میزان اطمینان" با کاربرد روشهای علمی با در نظر گرفتن زیانهای ناشی از کمبود جنس و مقایسه آن با زیانهای ناشی از نگهداری جنس اضافی در انبار، قابل تعیین خواهند بود. بدیهی است که ارائه توضیحات کامل در مورد روشهای علمی و ریاضی برای تعیین سیاستها و پارامترهای کنترل موجودی خارج از وسع کتاب حاضر می‌باشد^۱. در هر حال لازم است اهمیت موضوع و تأثیر قابل توجه این سیاستها در اقتصاد کل صنعت مجدداً مورد تأکید قرار گیرد. در طرح ارائه شده در این کتاب تعیین سیاستهای کنترل موجودیها به عهده بخش مهندسی در امور مدیریت فنی گذاشته شده. بخش مهندسی با دریافت آمار مستمر در مورد مصارف و هزینه‌ها، نسبت به تعیین پارامترهای اقتصادی کنترل سفارشات، اقدام می‌نماید.

۱۴-۲ مسئولیتهای نگهداری موجودیها در انبار قطعات یدکی و لوازم مصرفی

در نگهداری فیزیکی موجودیها، رعایت اصول و دستورالعملهای فنی برای جلوگیری از فاسد شدن قطعات و مواد امری لازم می‌باشد. (مثلاً نگهداری بال بیرینگها در اطاقها یا قفسه‌های کاملاً بسته برای جلوگیری از نفوذ گردوخاک، گریز زدن به اجناس زنگ‌زدنی...) دستورالعملهای لازم براساس توصیه‌های سازندگان (فروشنندگان) قطعات و نیز براساس تجربه و آگاهی علمی کارکنان انبار اعمال می‌شوند.

۱- در این موارد می‌توان به کتاب "اصول برنامه‌ریزی و کنترل تولید و موجودیها" نوشته دکتر علی حاج شیرمحمدی از انتشارات ارکان دانش (۲۳۴۱۳۳۹-۰۳۱۱) مراجعه نمود.

۱- وظائف قسمت واردات انبار

- دریافت کالا از فروشندگان (یا از داخل صنعت-کارگاه مرکزی نت)
- تخلیه در محل موقت برای بررسی
- بررسی کیفی براساس مشخصات فنی و بررسی کمی براساس مقادیر نشان داده شده در سفارشهای خرید یا سفارش تولید
- تحویل کالا به قسمت موجودیها و صادرات
- اطلاع به کنترل موجودی و سفارشات در مورد دریافت کالا

۲- وظائف قسمت موجودیها و صادرات

- دریافت کالا از واردات
- جایگزینی کالا در قفسه‌ها و محل‌های تعیین شده
- رعایت دستورالعملهای فنی لازم در مورد نگهداری کالا
- صدور کالا به مصرف‌کنندگان (عمدتاً به قسمت نت) براساس مجوزهای صدور کالا
- شمارش فیزیکی موجودیها (در همکاری با قسمت کنترل موجودیها و حسابداری صنعتی)

۳- وظائف قسمت کنترل موجودیها

- نگهداری یک سیستم منظم از وضعیت و پارامترهای موجودی (مقدار موجودی، مقادیر اقتصادی سفارش یا فواصل زمانی سفارش، مقدار سفارش شده، سرعت مصرف، ...)
- ارسال گزارشات دقیق به بخش مهندسی
- صدور سفارش خرید (یا تولید در داخل کارخانه-کارگاه مرکزی نت) براساس سیاستهای تعیین شده و پی‌گیری سفارشات
- کدگذاری اجناس و اقلام جدید برای انبار

۳-۱۴ انبارهای اقماری (فرعی)

در موارد زیاد در داخل کارخانجات بزرگ به علت بعد مسافتها لازم می‌شود که علاوه بر انبار مرکزی قطعات و لوازم مصرفی، هر یک از گروههای نت که مستقر (مأمور) در

کارگاههای خود هستند، در محل کار خود در کارگاههای تولیدی انبارهای کوچکی به عنوان انبارهای اقماری داشته باشند. این انبارها همگی از طریق انبار مرکزی امور فنی تغذیه می‌شوند. کنترل موجودی انبارهای اقماری لازمست به عهده استاد کار گروههای مستقر در هر کارگاه تولید باشد. در صورت تشکیل انبارهای اقماری، توجه به نکات زیر الزامی است:

- نگهداری کالاها و قطعاتی که به طور مستمر (روزمره) مورد کاربرد خواهند بود.
- نگهداری کالاها و قطعات در حداقل تعداد و مقدار ممکن.

۱۴-۴ سایر روشهای کنترل

برای کالاهایی با ارزش کم و حجم زیاد، در مراحل نگهداری سیستم دقیق موجودی و کنترل مقرون به صرفه نخواهد بود. برای این نوع کالاها ممکنست روشها و سیاستهای سفارشات به صورت ساده‌تری تعیین گردد. (از جمله، کاربرد روشهای سفارشات بر اساس سیستم "دو ظرفی" برای کارگران ایرانی که احتمالاً همگی آنها حتی از سطوح آموزش کامل ابتدایی برخوردار نیستند می‌تواند کارآ باشد). برای تشخیص و مجزا نمودن کالاهایی که می‌تواند موجودیهای آنها با روشهای ساده‌تری کنترل شود، می‌توان از راه‌حلهای علمی نظیر روش *Pareto* یا *ABC* استفاده نمود.

۱۴-۵ کاتالوگهای انبار

به منظور تسریع در امر دستیابی به کالا و بررسی امکان جایگزینی قطعات، لازمست کاتالوگها (کتابچه‌های) زیر برای انبار آماده شده و در دسترس باشد. طبیعی است که این اطلاعات می‌توانند بر روی کامپیوتر (روی سیستم‌های کنترل موجودی انبار قرار گیرند).

۱- کتابچه (لیست) نشان‌دهنده محل نگهداری کالا،

- به تفکیک نوع کالا

- به تفکیک شماره فنی قطعه که کارخانه در سیستم کدگذاری برای قطعه تعیین نموده

۲- کتابچه (لیست) نشان‌دهنده انواع مارکهای تجارتي مشابه برای قطعات یا برای

موادی که در داخل کارخانه مورد استفاده قرار می‌گیرند. این کتابچه می‌تواند در

قسمت تدارکات (خرید) نیز موجود باشد، تا مأموران خرید را در انتخاب اجناس مشابه راهنمایی کند. مثال: برای بال بیرینگ‌ها (یا طاقان‌ها) که بر روی یک نوع موتور الکتریکی در کارگاه‌های تولیدی قابل نصب است، چنین اطلاعاتی در لیست مورد نظر وجود خواهد داشت:

شماره قطعه (شماره‌ای که در کارخانه در سیستم کدگذاری داده شده) مارک یا شماره تجاری قطعه^۱

1- SKF-1831-27

2- TIMKEN 1900-27-A

3- FAG 1800-1-Z-G

4- RANSONE,...

1500-Z-G بال بیرینگ‌سازی

تبریز-5

PM-06-41

یا برای انواع روغنهای صنعتی داریم:

شماره قطعه (شماره‌ای که در کارخانه در سیستم کدگذاری داده شده) مارک یا شماره تجاری قطعه^۲

1- PARS OIL 8100

2- ESSO MOB- 21

3- SHELL TREFO-45

LO-0-34-910

۱۴-۶ تفکیک انبار فنی از انبار مصارف تولیدی عمومی

انبار قطعات یدکی و لوازم مصرفی امور نگهداری و تعمیرات (انبار فنی) دارای طبیعت و خصوصیتی متفاوت با انبارهای نگهداری مواد و قطعات اولیه برای تولید می‌باشد:

- تنوع اجناس انبار فنی به مراتب بیش از انبارهای تولیدی است.
- حجم موجودیها به مراتب کمتر از انبارهای تولیدی است.
- مصرف‌کننده اصلی موجودیها قسمت نگهداری و تعمیرات (امور فنی) می‌باشد.

توجه به مراتب بالا نشان می‌دهد که انبار فنی لزوماً یک نوع سیستم کنترل متفاوت با انبارهای تولیدی را ایجاب می‌نماید. همچنین باید در نظر گرفت که کارکنان انبار فنی که

(۱) و (۲) مارکها و شماره‌ها به صورت ساختگی (غیرحقیقی) انتخاب شده‌اند.

با کالاهای متفاوت و مشخصات فنی پیچیده سروکار دارند، به مهارت‌های بالایی نیاز دارند. به این دلایل مجزا بودن این انبار، از انبارهای مواد اولیه برای فرایندهای تولیدی و انبارهایی که کالاهای عمومی نظیر وسائل ایمنی و غیره را نگهداری می‌کنند امری منطقی می‌باشد. در ساختارهای سازمانی مناسب است انبار فنی به عنوان بخشی از فعالیتهای تحت نظارت و مدیریت امور فنی (نگهداری و تعمیرات) منظور شود.

۷-۱۴ کاربرد کامپیوتر در انبار فنی

بدیهی است که برای کنترل موجودیها و سفارشات در انبار فنی که مطمئناً مسئولیت کنترل و نگهداری ده‌ها هزار قطعه و کالای مختلف را به عهده خواهد داشت، کاربرد کامپیوتر در کلیه موارد امری ضروری می‌باشد. لازمست اطلاعات مربوط به هزینه‌ها، مصارف، روند مصارف در دوره‌های مختلف (ماهانه، سالیانه ...) و همچنین اطلاعات مربوط به محل‌های نگهداری کالا، مقدار سفارش شده، و وضعیت سفارشات به طور دائم در یک سیستم آئی^۱ از کامپیوتر قابل دریافت باشند.

همچنین، تعیین پارامترهای کنترل سفارشات نظیر مقادیر اقتصادی سفارش، فواصل زمانی اقتصادی سفارش و مقدار ذخیره، ... به عنوان خروجی‌های سیستم کامپیوتر انبار به طور دائم محاسبه شده و برگه‌های درخواست خرید کالا بر این اساس چاپ شوند.

چنین اطلاعاتی در اغلب موارد می‌تواند روی سیستم‌های رایانه‌ای مدیریت نت (CMMS) وجود داشته و پردازش شده و برای کاربران و مدیریت انبار گزارش شود. مطالب مرتبط در این خصوص در فصل ۲۶ کتاب حاضر ارائه گردیده‌اند. پیاده‌سازی و کاربرد سیستم‌های CMMS در سالهای اخیر در صنایع جهانی (و تا حدودی در ایران) رایج شده است.

۸-۱۴ صرفه‌جویی‌های قابل دسترسی در انبار

مدیریت صحیح بر انبار قطعات یدکی اثرات مستقیمی در کاهش هزینه‌های نت و رکود تولید خواهند داشت. اهم عوامل مدیریتی قابل کنترل، و نتایج حاصل از آنها به این صورت خلاصه می‌شوند:

• نگهداری موجودیها در مقدار بهینه (اقتصادی)

- بهینه شدن مجموعه هزینه‌های خواب سرمایه در انبار، هزینه‌های مواجهه با کسری، و در نتیجه کاهش هزینه‌های رکود تجهیزات

• طراحی فیزیکی انبار، و تجهیزات آن و سطح مناسب مکانیزه‌سازی انبار

- سرعت بیشتر در دریافت قطعات یدکی، و در نتیجه کاهش زمان رکود تجهیزات

- استفاده صحیح از فضای انبار

- صرفه جوئی در مصرف نیروی انسانی

- جلوگیری از ذخیره قطعات مشابه، ولی با نامهای تجاری متفاوت

- جلوگیری از ضایعات بی‌رویه مواد و قطعات تحت تأثیر عوامل جوی، انسانی، آتش‌سوزی و غیره.

• بررسی منظم گردش مواد و قطعات

- شمارش فیزیکی موجودیها و تعدیل مقادیر موجودی دفتری (رایانه‌ای) و

- بررسی علل اختلاف، جهت جلوگیری از مصارف غیر مجاز و سوء استفاده و

- نیز عدم مواجهه با کسری

- دستیابی به قطعات و مواد بدون گردش (بدون مصرف) جهت حذف آنها و

- صرفه‌جوئی در سرمایه، فضا، و صرف منابع کنترلی

ضمیمه فصل ۱۴

کارت سفارشات دائمی انبار^۱

نمونه این کارت در شکل ۱۴-۱ نشان داده شده است. مقداری از اطلاعات در روی کارت و بقیه در پشت کارت نوشته می شود.

ردیف های ۱ تا ۱۰ که توسط مسئول کنترل سفارشات انبار پر می شود شامل اطلاعاتی از قبیل شماره جنس، محل استفاده، نقطه سفارش، مقدار سفارش، حداکثر، حداقل، تاریخ، و امضاء است.

هرگاه مقدار موجودی به نقطه سفارش برسد. سفارش خرید صادر می شود. تعیین نقطه سفارش با توجه به مقدار ذخیره ای که لازم است همواره در انبار باشد و مقدار متوسط مصرف در فاصله زمانی تحویل بدست می آید، به عبارتی:

$$\text{مقدار ذخیره (حداقل)} + \left\{ \begin{array}{l} \text{مقدار متوسط مصرف} \\ \text{در فاصله زمانی تحویل} \end{array} \right\} = \text{نقطه سفارش}$$

در صورتیکه فاصله زمانی تحویل و میزان مصرف همواره ثابت باشد، احتیاج به ذخیره نیست ولی به طور معمول فاصله زمانی تحویل و میزان مصرف دائماً در حال تغییر می باشند. بنابراین جهت حصول اطمینان از داشتن موجودی و پیشگیری از مواجهه با کمبود همیشه مقداری جنس به صورت ذخیره در انبار نگهداری می شود.

میزان اطمینان از موجودی اجناس مختلف را ممکن است با مشورت با قسمتهای مختلفی که در رابطه با جنس مذکور می باشند تعیین نمود. مسلماً اقلامی که موجودی آنها اهمیت حیاتی دارد و یا کمبود آنها باعث از کارافتادگی می شود بایستی از میزان اطمینان

۱- اطلاعات مورد بحث در این قسمت می توانند روی سیستمهای کامپیوتری کنترل موجودی انبار، نظیر CMMS (فصل ۲۶) قرار گرفته و پردازش شوند.

بیشتری برخوردار باشند. نقطه سفارش در ردیف ۴ و مقدار ذخیره (حداقل) در ردیف ۷ نوشته می‌شود.

مقدار اقتصادی سفارش (ردیف ۵) را می‌توان با استفاده از فرمول EOQ بدست آورد. (شرح کامل این بحث در مراجعی تحت عنوان کنترل موجودیها قابل دسترسی است). ردیف ۶ مربوط به مقدار حداکثر است که جمع اعداد ردیف‌های ۴ و ۵ می‌باشد. چون مقادیر ردیف‌های ۴ تا ۷ ممکن است در زمانهای مختلف تغییر نمایند، بنابراین جهت این ردیف‌ها چندین ستون در نظر گرفته شده است که بتوان در هر زمان که تغییر دادن مقادیر صورت گرفت مقادیر جدید را در ستونها به همراه تاریخ تغییر ثبت نمود. ردیف ۱۰ مربوط به شرح مشخصات کالا می‌باشد.

ردیف‌های ۱۱ تا ۱۷ توسط کارکنانی که وظیفه تکمیل کارت سفارشات دائمی انبار را دارند در موقع دریافت و یا خروج جنس از انبار پر می‌شود. چنانچه جنس دریافت شود، کارمند مربوطه با ذکر تاریخ مقدار آن را در ردیف ۱۳ ثبت و به مقدار موجودی انبار اضافه نموده و ردیف ۱۵ را تکمیل نموده، سپس ردیف ۱۶ را امضاء می‌نماید. اگر جنس از انبار خارج گردد تاریخ و مقدار خارج شده و مقدار موجودی جدید محاسبه و در ردیف ۱۵ و ردیف ۱۶ امضاء می‌گردد. باید توجه داشت که هرگاه موجودی (ردیف ۱۵) به نقطه سفارش رسید درخواست خرید صادر شود^۱.

در پشت کارت سفارشات دائمی انبار، وضعیت سفارشات ثبت می‌شود. وضعیت سفارشات شامل اطلاعاتی نظیر شماره سفارش، تاریخ، مقدار سفارش، مقدار دریافت، تاریخ دریافت، نام فروشنده، قیمت واحد و قیمت کل است که در ردیف‌های ۱۸ تا ۲۷ نوشته می‌شود.

۱- بدیهی است در صورت کامپیوتریزه شدن سیستم کنترل موجودی، ممکنست صدور درخواست خرید خود به خود توسط کامپیوتر اعلام و چاپ شود.

کارت سفارشات دائمی انبار																							
شماره کالا		نام کالا		قابل استفاده																			
۱		۲		۳		۴	نقطه سفارش	۵	مقدار سفارش														
						۶	حداکثر																
						۷	حداقل																
						۸	تاریخ																
						۹	امضاء																
Matl .Description						شرح مشخصات کالا																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ردیف</th> <th>تاریخ</th> <th>دریافت Recvd</th> <th>خارج شده Issued</th> <th>موجودی Balance</th> <th>امضاء Sig</th> <th>ملاحظات : Remark</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>۱۱</td> <td>۱۲</td> <td>۱۳</td> <td>۱۴</td> <td>۱۵</td> <td>۱۶</td> <td>۱۷</td> </tr> </tbody> </table>										ردیف	تاریخ	دریافت Recvd	خارج شده Issued	موجودی Balance	امضاء Sig	ملاحظات : Remark	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷
ردیف	تاریخ	دریافت Recvd	خارج شده Issued	موجودی Balance	امضاء Sig	ملاحظات : Remark																	
۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷																	
وضعیت سفارشات																							
۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷														
					(پشت کارت)																		

شکل ۱-۱۴

کارت سفارشات دائمی انبار

نکات قابل مطالعه هنگام تصمیم‌گیری در مورد خرید ماشین‌آلات

۱-۱۵ کلیات

هنگام تصمیم‌گیری در مورد خرید تجهیزات، علاوه بر توجه به عواملی نظیر ظرفیت تولید، قیمت، زمان تحویل، و شرایط حمل و نصب و راه‌اندازی، ... لازمست عوامل "قابلیت تعمیر" و "قابلیت اطمینان" دستگاه موردنظر امور فنی و بخش مهندسی قرار گیرند. در نظر داشتن این عوامل ضمن تشکیل جلسات و گفتگو با نمایندگان فنی طراحان و کارخانجات سازنده دستگاهها و ضمن مسافرت‌هایی که مهندسین بخش نت برای بازدید از سازمانهای طراحی و کارخانجات سازنده به عمل می‌آورند سودمند می‌باشد. در اینجا خلاصه‌ای از اهم عوامل پشتیبانی فنی که مخصوصاً در شرایط ایران قابل ملاحظه می‌باشند مطرح می‌شوند:

الف: قابلیت تعمیر دستگاه در چه حد است؟

- ۱- آیا قطعات یدکی این دستگاه در این مملکت به راحتی قابل دسترسی است؟ چند درصد از قطعات یدکی قابل تهیه در ایران هستند؟
- ۲- آیا از این نوع دستگاه در مراکز صنعتی در این نزدیکی (یا در این مملکت) استفاده می‌شود؟
- ۳- نمایندگی فروش دستگاه و تأمین خدمات بعد از فروش در ایران وجود دارد؟

۴- اسناد و مدارک فنی لازم برای امور نصب، راه‌اندازی، بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات و لیست قطعات یدکی، توسط فروشنده تأمین خواهد گردید؟

۵- آیا امکانات آموزش پرسنل در بهره‌برداری و نگهداری و تعمیرات دستگاه توسط سازنده تأمین خواهد گردید؟

۶- آیا در طرح ماشین این عامل در نظر گرفته شده که هر قطعه را به راحتی و در شرایط ایمنی و به سرعت بتوان از روی دستگاه باز نمود و یا روی دستگاه نصب نمود؟

۷- قیمت قطعات یدکی منطقی و عادلانه است؟

۸- چند درصد از قطعات یدکی (اجزاء ماشین) توسط خود سازنده ساخته شده؟

۹- آیا اندازه‌ها متریک هستند؟ آیا از استانداردهای مشخصی در ساخت ماشین پیروی شده؟

۱۰- آیا قطعات یدکی به هم پیوسته و غیر قابل تفکیک هستند، یا هر عنصر یدکی کوچک به تنهایی قابل تعویض است؟

۱۱- آیا ابزار و تجهیزات لازم برای نگهداری و تعمیرات دستگاه از نوع استاندارد و مورد مصرف عموم هستند؟

ب: قابلیت اطمینان دستگاه در چه حد است؟

۱- نصب چراغها، علائم عیب‌نما، بوق‌های اخطار، ... تا چه حدی روی دستگاه رعایت شده؟

۲- آیا قطعات اصلی کلیدی که روی دستگاه نصب شده‌اند و امکان خرابی آنها زیاد است منفردند یا برای این قطعات کلیدی قطعات دیگری هم به صورت یدکی نصب شده تا در صورت خرابی آنها قطعه دیگر به راه بیفتد و باعث رکود ماشین نشود؟

۳- آیا قسمتهای حساس دستگاه دارای محافظت کامل در مقابل ورود گرد و خاک، رطوبت، بخارهای اسید، ... و شرایط نامساعد محیط کار هستند؟

۴- آیا روی دستگاه شرایط ایمنی برای کارکنان رعایت شده؟

۵- آیا زیر سیستمهای کنترل کننده وضعیت کار ماشین (نظیر ترموستات‌ها، شیرهای اطمینان، ...) منفردند یا برای بالا بردن قابلیت اطمینان و ایمنی بیشتر ماشین، دو یا چند زیر سیستم مسئولیت مشابهی را به عهده دارند، و در نتیجه در صورت خرابی یکی از زیر سیستمها، سایر زیر سیستمهای مشابه مسئولیت حفاظت را ادامه خواهند داد؟^۱ و^۲

- ۱- به عنوان یک مثال ساده در صورتیکه احتمال خرابی یک شیر اطمینان بر روی یک مخزن محتوی گاز تحت فشار برابر با $\frac{1}{1000}$ باشد روی مخزنی که دو شیر اطمینان نصب شده احتمال خرابی هر دوی آنها در آن واحد برابر با $\frac{1}{1,000,000}$ خواهد بود. در نتیجه با نصب دو شیر قابلیت اطمینان مخزن در مقابل انفجار ۱۰۰۰ برابر افزایش می‌یابد.
- ۲- در نوشتار زیر نیز لیستی از عوامل قابل ملاحظه هنگام تصمیم‌گیری در مورد انتخاب تجهیزات قابل دسترسی است.

کاربرد کامپیوتر در برنامه‌ریزی و کنترل امور مدیریت فنی (نت)

۱-۱۶ کلیات^۱

در جریان طراحی سیستم‌های مدیریت و برنامه‌ریزی و کنترل در نظر گرفتن کامپیوتر به عنوان وسیله‌ای برای داده‌پردازی، یا در نظر داشتن سیستم‌های دستی و کاربرد نیروی انسانی تفاوت چندانی نخواهد داشت. آنچه که در برقراری یک سیستم کامپیوتری لازم است در نظر باشد، توجه به این حقیقت است که کامپیوتر نمی‌تواند یک جایگزین برای امور مدیریت باشد.

کامپیوتر تنها به عنوان وسیله‌ای برای تسریع و دقت در امر پردازش داده‌ها قابل کاربرد خواهد بود. عملاً در موارد زیادی این نتیجه بدست آمده که یک سیستم دستی مناسب و دارای بازده بالا به راحتی و با هزینه کم و تغییراتی اندک قابل تبدیل شدن به یک سیستم کامپیوتری‌تر بوده است.

در مورد سیستم‌های مدیریت فنی و نگهداری و تعمیرات در کارخانجات، استفاده از کامپیوتر به دلایل زیر مقرون به صلاح خواهد بود:

- ۱- فزونی حجم اطلاعات مورد نیاز
- ۲- احتیاج به دسترسی سریع به اطلاعات در شرایط اضطرار

۱- در فصل ۲۶ کتاب حاضر به تفصیل در مورد سیستم‌های رایانه‌ای مدیریت انبار بحث شده، معه‌ذا از آنجا که ممکن است بعضی از صنایع و کارخانجات در ایران ترجیح بدهند که خودشان یک برنامه (نرم‌افزار) برای کنترل امور نت تهیه کنند، ذکر این مطالب در این فصل مناسب به نظر رسید. (مؤلف)

۳- احتیاج به دقت و صحت اطلاعات

۴- احتیاج به برخورداری سیستم از خاصیت پویایی، و در نتیجه نیاز به "بهنگام‌سازی" سریع اطلاعات

۵- بالا بودن نسبی هزینه‌های نیروی انسانی در نگهداری و تعمیرات

۶- پائین بودن نسبی هزینه‌های تهیه، نصب و راه‌اندازی سیستم‌های کامپیوتری (سخت‌افزار)

۷- امکان دسترسی به نرم‌افزارهای مناسب در زمینه‌های امور مدیریت فنی

در مورد دلیل ردیف هفتم در لیست بالا قابل توصیه است که رعایت احتیاط امری ضروری است. استفاده از نرم‌افزارهای موجود در بازار بدون مطالعه و ارزیابی دقیق این احتمال را ایجاد می‌نماید که طراحی سیستم تا حدودی تحت تأثیر نرم‌افزارها قرار گیرند، یا در مواردی نرم‌افزارهای به کار گرفته شده خود تعیین‌کننده سیاستها و خط‌مشی‌ها باشند.

در مورد سیستم‌های مدیریت و کنترل و برنامه‌ریزی در امر مدیریت فنی و نگهداری و تعمیرات در کارخانجات ایران، استفاده از نرم‌افزارهای آماده نمی‌تواند مقرون به صرفه باشد. چه، نرم‌افزارهای موجود در اغلب موارد برای کاربرد در محیط کشورهای صنعتی که دارای شرایط و خصوصیات کاملاً متفاوت با شرایط محیط صنعتی ایران هستند طراحی شده‌اند. میزان قابلیت کاربرد نرم‌افزارهای موجود در بازار را برای امور نگهداری و تعمیرات تنها پس از طراحی کامل خطوط اصلی سیستم می‌توان ارزیابی نمود.

بدیهی است در صورت تناسب کاربرد نرم‌افزارهای آماده برای بعضی از زیرسیستم‌های طراحی شده هزینه خرید این نرم‌افزارها به مراتب پائین‌تر از هزینه طراحی و ساخت آنها خواهد بود.

از سیستم‌های نرم‌افزارهای مورد استفاده در امور نگهداری و تعمیرات، می‌توان *MANCOM* را نام برد. در این سیستم همواره یک فایل به طریق دستی برای هر نوع عملیاتی که قرار است توسط کامپیوتر انجام گیرد تهیه شده، و پس از آزمایش، عملیات به عهده کامپیوتر واگذار می‌شود. علاوه بر نرم‌افزار در *MANCOM*، در حال حاضر،

نرم افزارهای زیادی با نام عمومی *CMMS* از بازار قابل تهیه هستند. این نرم افزارها قابلیت پذیرش شرایط خاص هر کارخانه و صنعت را دارند. از جمله مهمترین اطلاعات قابل دسترس برای سیستمها به شرح زیر می باشند:

نام زیرسیستم	اطلاعات داخل زیر سیستم
سابقه ماشین	اطلاعات شناسنامه ماشین و هزینه های نگهداری و تعمیرات
روان کاری	برنامه های روان کاری
نگهداری و تعمیر	برنامه های تعمیرات و پیشگیری
قطعات یدکی	لیست قطعات یدکی، مشخصات، شماره فنی، ...
سوابق، آمار و اطلاعات	سوابق اطلاعاتی جهت بازتاب به سیستم

استفاده از یک سیستم کامپیوتر شخصی (*PC*) در حجم حافظه های قابل دسترسی در بازار می تواند کاملاً جوابگوی احتیاجات امور مدیریت فنی در کارخانجات کوچک و متوسط باشد. در سیستمهای کامل تر، یک شبکه کامپیوتری داخلی (*Interanet*) وظیفه پردازش و انتقال اطلاعات را بین بخشهای مختلف مدیریت فنی (نگهداری و تعمیرات به عهده دارد). زمینه های اصلی استفاده از کامپیوتر در سیستم مدیریت فنی در کارخانجات به شرح زیر خلاصه می شود:

۱- تأمین یک بانک اطلاعاتی - اطلاعات مورد لزوم را با برخورداری از دقت و صحت کافی و با سرعت زیاد، در فرمتهای مورد درخواست برای استفاده کننده قابل دسترسی می سازد.

۲- یک وسیله کنترل - اطلاعات موجود در ماشین به سرعت توسط ماشین پردازش شده و امکان آزمایش گزینه های مختلف و نتایج تغییر پارامترها را برای استفاده کننده فراهم می سازد.

در لیست ارائه شده در زیر اهم خدمات قابل دریافت از کامپیوتر در امور مهندسی و نت آمده اند. مجدداً قابل ذکر است که تصمیم گیری نهائی در مورد کامپیوتریزه کردن هر یک از روشها و سیاستها تنها بعد از طراحی روش و میزان پیچیدگی و وابستگی روش موردنظر با سایر اطلاعات و روشهای کامپیوتریزه شده در داخل سیستم مدیریت فنی عملی می باشد.

۱۶-۲ لیست نمونه‌ای از خدمات قابل دریافت از کامپیوتر در امور

مدیریت فنی

اطلاعات کلی در مورد سازمان در ارتباط با امور مدیریت فنی

- ساختار سیستمهای اطلاعاتی مدیریت (MIS) در سازمان (کارخانه)
- نمودارهای سازمانی قسمتهایی مختلف که ارتباطات بیشتری با امور مدیریت دارند.
- ...

سازمان - نیروی انسانی

- نمودارهای سازمانی بخشهای نت - مهندسی - انبار قطعات یدکی
- آمار نیروی انسانی به تفکیک قسمتها - تخصصها - مسئوليتها
- آمار نقل و انتقال (استخدام - اخراج - ...)
- آمار حضور و غیاب ...
- کارآئی نیروی انسانی در نت (نسبت ساعات کار مفید به کل ساعات حضور در سازمان)

هزینه‌های امور نت و مهندسی و انبار قطعات یدکی

- جمع بودجه برنامه‌ریزی شده
- بودجه هزینه شده (مصرف شده)
- هزینه‌های مستقیم (دستمزدها به تفکیک رده‌ها، تخصصها، ...)
- هزینه‌های مستقیم قطعات یدکی
- هزینه‌های بالاسری
- آمار نسبت هزینه‌های تعمیرات پیشگیری به تعمیرات اضطراری

برنامه‌ریزی کارهای مورد درخواست

- برنامه‌ریزی کارهای نت (کاربرد روشهای ... GERT, CPM - PERT)
- تخمین زمانهای لازم و پیش‌بینی هزینه‌های لازم برای کارها

- آمار تعداد درخواستهای کار دریافت شده - انجام شده - و به انتظار مانده به تفکیک ماه - مراکز هزینه، ...
- ...

روشها، دستورالعملها و اطلاعات در مورد تجهیزات

- روشها - دستورالعملها و برنامه های زمان بندی برای اعمال تعمیرات پیشگیری
- سوابق فنی تجهیزات (تاریخچه سوابق کار و تعمیر دستگاهها)
- لیست به هنگام از قطعات یدکی لازم برای ماشین
- متوسط زمانهای کارکرد یا از کار افتادگی تجهیزات
- تعداد دفعات از کار افتادگی ماشینها به صورت اضطراری
- تعداد دفعات توقف ماشینها به منظور تعمیرات برنامه ریزی شده
- ...

انبار - قطعات یدکی

- روشهای ذخیره، سفارش، دریافت و صدور کالا
- وضعیت موجودیها و سفارشات و سیستمهای کنترل موجودی
- جانمایی قطعات در انبار
- مشخص نمودن قطعاتی که دور از انتظار، مصرف زیاد یا کمی داشته اند.
- آمار صادرات قطعات به تفکیک نوع، مرکز هزینه مصرف کننده، ...
- لیستهایی از قطعات دارای خصوصیتهای فنی کاملاً مشابه ولی با مارکهای تجارتي متفاوت^۱
- ...

بخش دوم



محاسبات فنی و اقتصادی
در مهندسی نگهداری و تعمیرات

احتمالات و کاربرد آن در مهندسی نگهداری و تعمیرات

۱-۱۷ کلیات

بسیاری از عوامل کمی مورد کاربرد در امور نگهداری و تعمیرات، متکی بر اصول آمار و احتمالات و توابع توزیع می‌باشند. برای مثال، احتمال کارکرد سالم و بدون عیب یک ماشین برای یک مدت معین، احتمال خرابی آنی (لحظه‌ای) یک سیستم و احتمال اینکه دستگاهی را که در اثر یک خرابی اضطراری از کار افتاده است، بتوان حداکثر در مدت مشخص (مثلاً یک ساعت) تعمیر و راه‌اندازی نمود، هر یک متکی بر یک نوع تابع توزیع هستند.

در صورت وجود اطلاعات و آمار از شرایط و نحوه کارکرد ماشینها در گذشته، با بهره‌وری از اصول و تئوریهای آمار و احتمال می‌توان وضعیت و شرایط کار آینده ماشینها را برآورد نمود.

در این فصل سعی خواهد شد که قسمتی از اصول آمار و احتمال که در محاسبات مهندسی نگهداری و تعمیرات کاربرد دارند تشریح شوند. بدیهی است بحث کامل در این موضوع از دامنه مطالب این کتاب فراتر می‌باشد. در صورت نیاز به مطالعه عمیق در این مباحث ممکنست به مراجع ریاضی در زمینه اصول احتمالات و آمار مهندسی و یا کتابهایی که مستقلاً در موضوع مشخصه‌های "قابلیت اطمینان" و "تعمیرپذیری" انتشار یافته مراجعه شود.

۲-۱۷ هیستوگرامهای نشان‌دهنده توزیع نسبی زمان

وضعیتی را که تعداد زیادی از یک نوع وسیله در شرایط تقریباً مساوی و در یک لحظه همراه با یکدیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند در نظر می‌گیریم. برای مثال، فرض کنیم تعداد ۱۰۰ عدد لامپ الکتریکی مشابه از یک منبع برق تغذیه شده و در یک فضای یکنواخت از نظر شرایط محیطی در حالت روشن باقی می‌مانند.

در صورتیکه فرض بر آن باشد که مشخصات و شرایط کار این لامپها کاملاً یکسان است، از نظر تئوری انتظار می‌رود که این لامپها دقیقاً دارای عمر مساوی باشند، و همگی در یک لحظه، مثلاً بعد از ۲۰۰۰ ساعت کار، از کار بیافتند. بدیهی است در عمل چنین اتفاقی پیش نخواهد آمد.^۱

• گویانکه لامپها در یک فرایند تولیدی ساخته شده‌اند، ولی در صورت اعمال دقت و ریزینی کامل در فرآیند تولید می‌توان گفت که مواد اولیه و شرایط تولید، و در نتیجه کیفیت و مشخصات آنها کاملاً یکسان نیست.

• گویانکه لامپها در یک فضای واحد در کنار یکدیگر به حالت روشن قرار گرفته‌اند معیناً شرایط محیطی اطراف کاملاً یکسان نیست، لامپهایی که در میان انبوه دیگر لامپها قرار گرفته‌اند، احتمالاً در درجه حرارت بالاتری قرار دارند، و آنها که در کنار انبوه قرار گرفته‌اند در درجه حرارت پائین‌تری هستند.

• علاوه بر دو عامل فوق می‌توان عواملی به ظاهر بی‌اهمیت ولی در عین حال "تأثیرگذار" در عمر لامپها را نام برد. مثلاً میزان لرزش لامپ یا المان داخلی آن در اثر سروصدا، لرزش‌های خفیف ساختمان و زمین و جریان هوا (حرکتهای باد) برای همگی یکسان نخواهد بود.

۱- لامپهای چراغهای اصلی یک اتومبیل نو مسلماً از یک کارخانه هستند و به احتمال زیاد در یک پروسه تولیدی توسط کارخانه سازنده لامپ تولید شده‌اند. این لامپها در روی اتومبیل تقریباً در شرایط مساوی بوده و همراه با هم روشن و خاموش می‌شوند. آیا موردی را می‌توان یافت که لامپهای یک اتومبیل نو پس از مدتی کارکرد، هر دو درست در یک لحظه از کار بیفتند؟

فصل هفدهم - احتمالات و کاربرد آن در مهندسی نگهداری و تعمیرات ۱۹۵

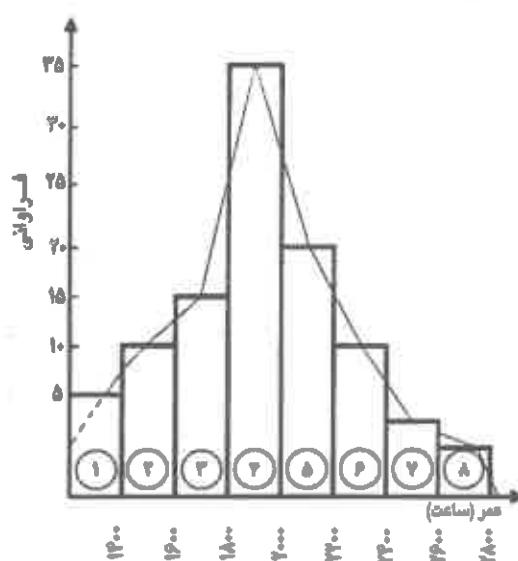
با توجه به استدلال ارائه شده، در دو یا چند ماشین به ظاهر مشابه که از طراحی پیچیده‌ای برخوردار بوده و هر کدام از چند صد یا چند هزار قطعه ساده تشکیل شده‌اند شرایط "عدم یکسانی" در خصوصیات آنها بیشتر ملموس و قابل درک خواهد بود. فرض کنیم عمر ۱۰۰ عدد لامپ مورد مثال از لحظه‌ای که روشن شده‌اند تا لحظه‌ای که از کار افتاده‌اند اندازه‌گیری شده و مطابق جدول زیر نموده شده است:

عمر لامپ (با تقریب فواصل ۲۰۰ ساعتی)	تعداد لامپ‌هایی که این عمر را داشته‌اند
۱۲۰۰-۱۴۰۰	۵
۱۴۰۰-۱۶۰۰	۱۰
۱۶۰۰-۱۸۰۰	۱۴
۱۸۰۰-۲۰۰۰	۳۴
۲۰۰۰-۲۲۰۰	۲۰
۲۲۰۰-۲۴۰۰	۱۲
۲۴۰۰-۲۶۰۰	۳
۲۶۰۰- به بالا	۲
جمع	۱۰۰

در شکل ۱۷-۱ یک نوع هیستوگرام توزیع عمر لامپهای مورد مثال نشان داده شده. محور افقی نشان‌دهنده فواصل اندازه‌گیری عمر و محور قائم نشان‌دهنده تعداد (فراوانی) لامپهایی است که دارای عمری در فواصل مربوطه بوده‌اند. در صورتیکه لازم باشد نسبت لامپهایی که عمر آنها مساوی یا کمتر از ۱۸۰۰ ساعت بوده است تعیین شود، این نسبت عبارت خواهد بود از:

$$\text{نسبت لامپها با عمر ۱۸۰۰ ساعت یا کمتر} = \frac{\text{جمع مساحت مستطیل‌های ۱، ۲، ۳}}{\text{جمع مساحت همه مستطیل‌ها}}$$

$$= \frac{(200 \times 5) + (200 \times 10) + (200 \times 14)}{200 \times (5 + 10 + \dots + 2)} = 0.29$$



شکل ۱۷-۱

یا در صورتیکه لازم باشد نسبت لامپ‌هایی که عمر آنها بین ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ ساعت است بدست آید:

$$\text{نسبت لامپها با عمر ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ ساعت} = \frac{\text{جمع مساحت مستطیل‌های ۴ و ۵}}{\text{جمع مساحت همه مستطیل‌ها}}$$

$$= \frac{(200 \times 34) + (200 \times 20)}{20,000} = \frac{10,800}{20,000} = 0.54$$

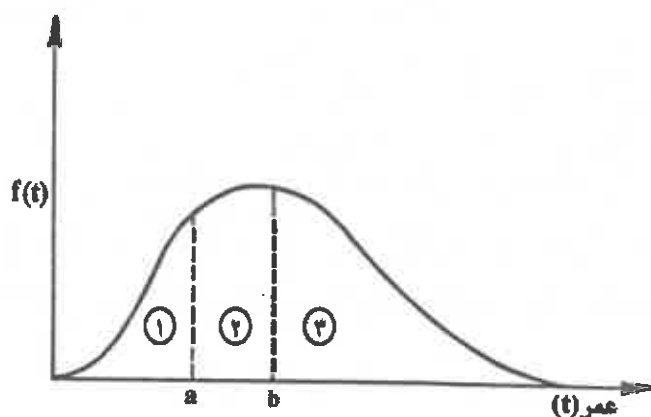
با توجه به آنچه که گفته شد، می‌توان پیش‌بینی نمود که اگر یک عدد لامپ با مشخصات مشابه با ۱۰۰ عدد لامپی که قبلاً در همین شرایط آزمایش شده‌اند و توزیع طول عمر آنها در جدول صفحه قبل آمده است مورد آزمایش قرار گیرد، احتمال اینکه این لامپ عمری مساوی یا کمتر از ۱۸۰۰ ساعت داشته باشد برابر با ۵۴٪ و احتمال اینکه عمری بین ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ ساعت داشته باشد برابر با ۵۴٪ (یا ۵۴ درصد) خواهد بود.

۳-۱۷ توابع احتمالی توزیع عمر

در مثال قبل دامنه فاصله زمانی عمر در هر یک از گروه‌ها برابر با ۲۰۰ ساعت در نظر گرفته شد. با وصل کردن نقاط میانی ضلع بالائی مستطیل‌ها در شکل ۱-۱۷ یک چند ضلعی که به چند ضلعی فرکانسی^۱ معروف است ایجاد می‌شود.

فرض کنیم دامنه فواصل زمانی در هر گروه به جای ۲۰۰ ساعت، مقدار کمتری، مثلاً ۵۰ ساعت در نظر گرفته شود. در این صورت تعداد مستطیل‌های هیستوگرام به جای ۸ مستطیل، به ۳۲ مستطیل تبدیل شده و چند ضلعی حاصله تقریباً به سمت یک منحنی پیوسته که آن را تابع توزیع عمر^۲ می‌نامیم نزدیک می‌شود.

در شکل ۲-۱۷ یک نمونه منحنی تابع توزیع عمر نشان داده شده.



شکل ۲-۱۷

در صورتیکه مساحت کل زیر منحنی برابر با یک واحد سطح فرض شود منحنی حاضر یک تابع توزیع چگالی^۳ نامیده شود.

فرض کنیم منحنی شکل ۲-۱۷ مربوط به توزیع عمر یک ماشین تولیدی در داخل کارخانه می‌باشد. (عمر یک ماشین را فاصله زمانی بین دو تعمیر متوالی می‌نامیم). به این

1- Frequency polygon
2- Age Distribution Function
3- Density Distribution Function

مفهوم که یک ماشین تولیدی در کارخانه برای دفعات متوالی تعمیر شده و مورد بهره‌برداری قرار گرفته و هر بار که این دستگاه تعمیر شده است، زمان کارکرد آن تا تعمیر بعدی (عمر دستگاه) اندازه‌گیری و یادداشت شده، به این صورت می‌توان یک هیستوگرام چندضلعی مطابق شکل ۱۷-۱ برای توزیع عمر ماشین به جود آورد. با نزدیک‌تر نمودن فواصل اندازه‌گیری عمر، چندضلعی حاصله به یک منحنی پیوسته مطابق شکل ۱۷-۲ قابل تقریب است. با در دست داشتن منحنی تابع چگالی توزیع عمر دستگاه خواهیم داشت:

- احتمال اینکه این ماشین در دفعه آینده بعد از تعمیر عمری حداکثر برابر با a داشته باشد برابر با مساحت قسمت ۱ از منحنی، تقسیم بر کل مساحت منحنی خواهد بود. با توجه به اینکه مساحت منحنی برابر با یک واحد است، احتمال موردنظر دقیقاً برابر با مساحت قسمت ۱ می‌باشد.

$$P[\text{عمر} \leq a] = \int_0^a f(t).dt \quad (۱۷-۳-۱)$$

که در این عبارت، $f(t)$ معادله منحنی توزیع چگالی عمر دستگاه می‌باشد.

- احتمال اینکه عمر دستگاه عددی بین a تا b باشد برابر است با مساحت قسمت ۲ از منحنی:

$$P[a \leq \text{عمر} \leq b] = \int_a^b f(t).dt \quad (۱۷-۳-۲)$$

- احتمال اینکه عمر دستگاه حداقل برابر با b باشد (کمتر از b نباشد) برابر است با مساحت قسمت ۳ از منحنی:

$$P[\text{عمر} \geq b] = \int_b^{\infty} f(t).dt \quad (۱۷-۳-۳)$$

۱۷-۴ مقادیر میانگین و انحراف معیار (انحراف استاندارد)

برای مقادیر متغیر یک تابع توزیع می‌توان مشخصه‌های میانگین و انحراف معیار (انحراف استاندارد) را به شرح زیر تعریف نمود:

میانگین مقادیر یک مجموعه عبارت از مقدار متوسط این مقادیر (یا متوسط حسابی مقادیر) می‌باشد. فرض کنیم مجموعه اعداد موردنظر عبارت از زمانهای صرف شده در گذشته برای تعمیر یک ماشین بوده است. به عبارت دیگر یک ماشین صنعتی تا بحال ۴۰ بار دچار خرابی شده و هر بار که این ماشین تعمیر شده، زمانهای صرف شده به صورت جدول زیر یادداشت شده:

جدول ۱۷-۱

زمانهای صرف شده برای هر بار تعمیر ماشین به واحد دقیقه

۱۵	۱۲	۹	۱۰	۸	۱۴	۱۷	۱۰	۱۲	۱۱
۲۰	۱۱	۱۲	۱۴	۱۲	۶	۸	۱۹	۱۱	۱۲
۱۲	۱۱	۱۵	۱۴	۱۲	۶	۱۲	۱۰	۹	۱۰
۱۵	۹	۷	۱۱	۱۵	۱۳	۱۴	۹	۱۶	۱۴

اگر در یک مجموعه شامل n عدد هر یک از اعداد (t_i زمانها) نامیده شوند و عدد میانگین با نماد $\bar{t}$ نشان داده شود، طبق تعریف خواهیم داشت:

$$\bar{t} = \frac{\sum t_i}{n} \quad (۱۷-۴-۱)$$

برای مجموعه اعداد بالا، عدد میانگین تقریباً برابر است با:

$$m = \text{میانگین} = \frac{۱۵+۱۲+۰+۰+۱۶+۱۴}{۴۰} = ۱۲$$

انحراف معیار یا انحراف استاندارد

انحراف معیار یا انحراف استاندارد مشخصه‌ای برای تعیین میزان پخش‌شدگی اعداد یک توزیع، نسبت به عدد میانگین می‌باشد. بنا به تعریف:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (t_i - \bar{t})^2}{n-1}} \quad (۱۷-۴-۲)$$

که در آن s عبارت از انحراف معیار توزیع می‌باشد.

در مثال مجموعه اعداد جدول ۱۷-۱، برای محاسبه انحراف معیار مناسب است که جدولی مطابق ۱۷-۲ تشکیل شود:

جدول ۱۷-۲

x_i	$ x_i - \bar{x} $	$(x_i - \bar{x})^2$
۱۵	۳	۹
۲۰	۸	۶۴
۱۲	۰	۰
۱۵	۳	۹
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$

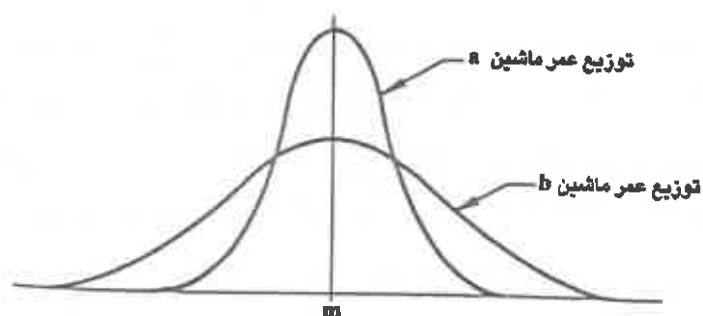
جمع = ۳۹۴

با توجه به اینکه جمع مربعات تفاضل هر عضو از مجموعه (هر عدد) نسبت به میانگین مطابق جدول ۱۷-۲ برابر با ۳۹۴ می‌شود، خواهیم داشت:

$$s = \sqrt{\frac{394}{40-1}} = 3/178$$

با حفظ میانگین ۱۲، در صورتیکه زمانهای تعمیر نسبت به این میانگین پخش‌شدگی بیشتری داشته باشند (تعداد زیادی زمانهای خیلی کمتر از ۱۲، و تعداد زیادی زمانهای خیلی بیشتر از ۱۲ داشته باشند)، عدد s از مقدار به دست آمده در بالا بزرگتر خواهد شد. همینطور، در صورتیکه اعداد مربوط به زمانها خیلی نزدیک به عدد ۱۲ باشند، آنگاه مقدار انحراف معیار (s) از آنچه که در بالا به دست آمده کوچکتر شده و نشانگر این خاصیت خواهد بود که در مجموعه بالا اعداد به یکدیگر نزدیک می‌باشند.

برای روشن شدن بیشتر موضوع، در شکل ۱۷-۳ دو تابع توزیع با میانگین‌های مساوی ولی با انحراف معیارهای متفاوت نشان داده شده‌اند. فرض کنیم این توابع نشان دهنده توزیع عمر ماشینهای a و b (ساعات کارکرد بعد از هر تعمیر) هستند.



شکل ۱۷-۳

در این صورت می‌توان گفت که در آینده نیز در صورتیکه از این ماشینها استفاده شود، ماشین a با اطمینان بیشتر، عمری در حدود متوسط عمر خواهد داشت، ولی برای ماشین b این احتمال وجود دارد که عمر آن نسبت به عمر متوسط خیلی کمتر یا خیلی بیشتر بشود.

۱۷-۵ توابع توزیع احتمالی مورد استفاده در محاسبات نگهداری و تعمیرات

هر ماشین یا دستگاه صنعتی بنا به شرایط کار، نحوه ترکیب قطعات، فرآیند ساخت ماشین و بسیاری از عوامل دیگر، از یک تابع توزیع عمر که وابسته به عوامل و مشخصه‌های محیط بر ماشین و محاط در داخل ماشین است پیروی می‌نماید. در این قسمت به توضیح انواع توابع احتمالی توزیع که ماشین‌ها عموماً در تقریب نزدیک از آنها پیروی می‌کنند پرداخته می‌شود. توابع توزیع می‌توانند مربوط به عمر ماشین یا هر عامل متغیر دیگری نظیر زمانهای لازم برای تعمیر ماشین و غیره باشند.

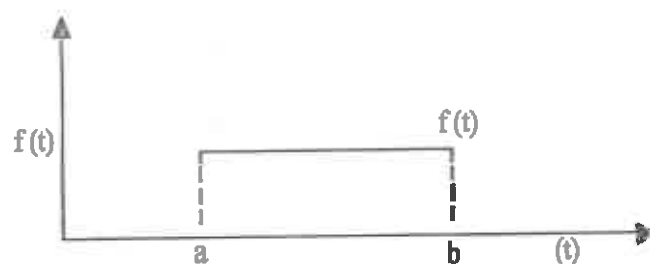
۱۷-۵-۱ تابع توزیع یکنواخت

ساده‌ترین نوع تابع توزیع پیوسته، تابع توزیع یکنواخت^۱ است که در مواردی در محاسبات مهندسی نت به کار گرفته می‌شود. متغیر x در تابع یکنواخت در فاصله بین دو

مقدار معین a و b قرار می‌گیرد، و تمام نقاط فاصله دارای امکان یکسان خواهند بود. در شکل ۴-۱۷ نمونه‌ای از یک تابع توزیع یکنواخت نشان داده شده:

تابع چگالی توزیع یکنواخت دارای مساحتی برابر با واحد سطح بوده و بنابراین فرمول تابع چگالی یکنواخت عبارتست از:

$$f(t) = c = \frac{1}{b-a} \quad t \text{ در فاصله }]a, b[\quad (۱۷-۵-۱)$$



شکل ۴-۱۷

در صورتیکه t عبارت از عمر دستگاه بعد از هر تعمیر باشد، تجهیزاتی که تابع توزیع عمر آنها نزدیک به تابع یکنواخت باشد، با احتمال مساوی طول عمری بین حداقل a و حداکثر b را خواهند داشت.

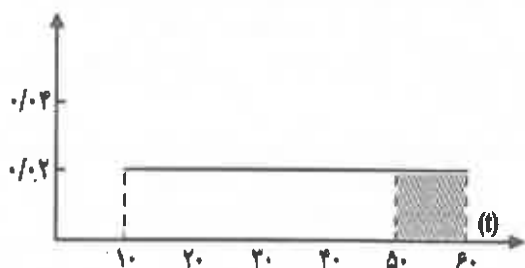
محاسبات احتمالات در مورد تجهیزاتی که دارای تابع توزیع یکنواخت هستند به دلیل سادگی شکل تابع توزیع، به راحتی امکان‌پذیر است.

مثال

یک سیستم تلفن مرکزی تا بحال چندین بار دچار خرابی شده و براساس آمار گذشته عمر این سیستم بعد از هر تعمیر حداقل ۱۰ و حداکثر ۶۰ روز بوده است. هم‌اکنون این سیستم تعمیر شده و آماده بهره‌برداری می‌باشد. با رسم هیستوگرام توزیع دفعات خرابی این نتیجه به دست آمده که تابع توزیع عمر سیستم نزدیک به توابع یکنواخت می‌باشد. احتمال اینکه بتوان این بار از سیستم تلفن به مدت ۵۰ روز بدون اشکال بهره‌برداری نمود چند درصد است؟

حل

در شکل ۱۷-۵ تابع توزیع عمر سیستم تلفن مرکزی نشان داده شده.



شکل ۱۷-۵

داریم:

بنابراین: $b = 60$ ، $a = 10$

$$c = \frac{1}{b-a} = \frac{1}{60-10} = 0.02$$

فرمول تابع توزیع عبارتست از:

$$f(t) = 0.02$$

مساحت موردنظر عبارت از سطح هاشور زده شده در شکل ۱۷-۵ خواهد بود. این سطح برابر است با:

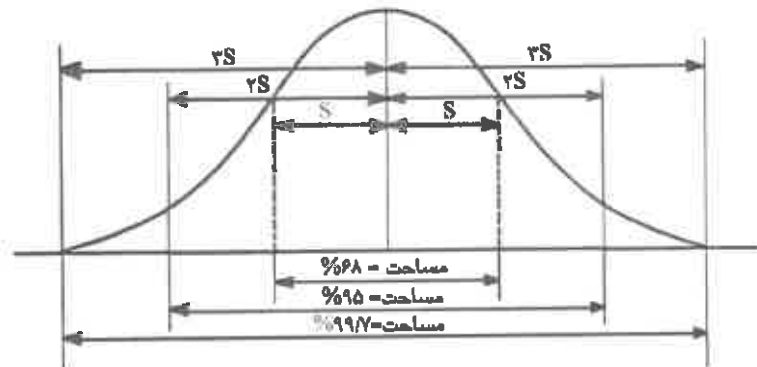
$$\text{مساحت} = (60-50) \times 0.02 = 0.2$$

بنابراین احتمال کارکرد صحیح سیستم به مدت حداقل ۵۰ روز برابر با ۰/۲ یا ۲۰ درصد خواهد بود.

$$P[\text{عمر} \geq 50] = 0.2 \text{ یا } 20\%$$

۱۷-۵-۲ تابع توزیع نرمال

تابع توزیع نرمال^۱ نسبت به محوری که از نقطه میانگین آن می‌گذرد دارای تقارن می‌باشد. این تابع با عوامل میانگین و انحراف معیار تعریف می‌شود. در شکل ۱۷-۶ نمونه‌ای از یک تابع توزیع نرمال نشان داده شده:



شکل ۱۷-۶

از مشخصه‌های توابع توزیع نرمال آن است که در صورتیکه به اندازه یک، دو، یا سه انحراف معیار از طرفین مقدار میانگین فاصله گرفته شود، مساحت‌های محصور بین خطوط مربوطه به ترتیب حدود ۶۸، ۹۵، و ۹۹/۷ درصد از مساحت کل منحنی را در بر خواهد گرفت. معادله تابع توزیع نرمال عبارتست از:

$$f(t) = \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t-\bar{t})^2}{2s^2}} \quad (۱۷-۵-۲)$$

نمادهای داخل معادله در قسمتهای قبل معرفی شده‌اند.

قابل توجه است که گویانکه فرمول عمومی تابع چگالی توزیع نرمال مقدار متغیر t را بین $-\infty$ تا $+\infty$ قبول می‌نماید، ولی در مورد مسائل نگهداری و تعمیرات، اعداد منفی عمر مفهومی نخواهند داشت.

بدیهی است در صورتیکه میانگین عمر سیستم نسبت به مقدار انحراف معیار بزرگ باشد ($t > 3 \times s$)، آنگاه قسمتی از ابتدای منحنی که در سمت چپ محور قائم قرار می‌گیرد سطح بسیار ناچیزی از مساحت کل منحنی را در بر گرفته و در نتیجه مساحت بین صفر تا ∞ که از منحنی به دست می‌آید با تقریب نزدیک با مساحت کل منحنی برابر خواهد بود.

تجربه نشان داده است که لامپهای الکتریکی، بال بیرینگ‌های نصب شده روی محورهاى دوار، و بسیاری از زیرسیستم‌های کامل‌تر، نظیر موتورهای اتوبوس‌های مسافربری

داخل شهری از توابع توزیع عمر نزدیک به نرمال پیروی می‌کنند. با توجه به شکل ۶-۱۷ مشهود است که در این تابع، عمرهای بسیار کوتاه و بسیار بلند با احتمال کمتری اتفاق می‌افتند و عمر سیستم‌هایی که از این تابع پیروی می‌کنند با احتمال زیاد به میانگین نزدیک خواهد بود.

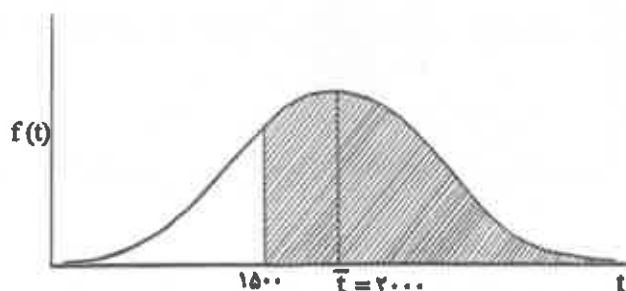
مثال

تابع توزیع عمر یک سری موتورهای دیزلی که بر روی اتوبوسهای شرکت واحد اتوبوسرانی نصب شده‌اند نزدیک به نرمال، با متوسط ۲۰۰۰ ساعت کار، و انحراف معیار ۲۵۰ ساعت بوده است. یک موتور دیزلی هم اکنون تعمیر و بر روی اتوبوس نصب شده:

الف) احتمال اینکه این موتور از لحظه نصب بتواند حداقل به مدت ۱۵۰۰ ساعت بدون اشکال و خرابی کار کند چند درصد است؟

حل:

برای یافتن پاسخ لازمست مساحت هاشور زده شده زیر منحنی در شکل ۷-۱۷ محاسبه شود.



شکل ۷-۱۷

برای این منظور تعداد انحراف معیارهای بین عدد ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ (عدد میانگین) محاسبه می‌شود تعداد انحراف معیارها با نماد z نمایش داده می‌شوند:

$$z = \frac{[t - \bar{t}]}{s} = \frac{2000 - 1500}{250} = 2$$

حال با مراجعه به جداول نشان دهنده مقادیر مساحت‌های زیر منحنی نرمال (به ضمیمه یک در آخر کتاب مراجعه شود)، در مقابل عدد $z = 2$ مساحت برابر با $0/4772$ دیده می‌شود. این مساحت مربوط به فاصله بین اعداد 1500 تا 2000 است. با توجه به اینکه مساحت نیمه سمت راست منحنی برابر با $0/5$ است. بنابراین عدد مربوط به مساحت موردنظر عبارت خواهد بود از:

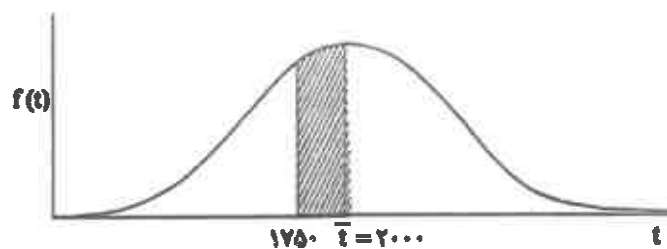
$$0/5 + 0/4772 = 0/9772$$

یا با احتمال $97/72$ درصد (تقریباً 98 درصد) این موتور حداقل عمری برابر با 1500 ساعت خواهد داشت.

ب) احتمال اینکه عمر این موتور چیزی بین 1750 تا 2000 ساعت باشد چند درصد است؟

حل:

مساحت نشان دهنده این احتمال در شکل ۱۷-۸ نشان داده شده:



شکل ۱۷-۸

در اینجا مقدار z عبارتست از:

$$z = \frac{2000 - 1750}{250} = 1$$

با توجه به آنچه که در شکل ۱۷-۶ نشان داده شده، در صورتیکه فاصله مرز مساحت موردنظر نسبت به میانگین برابر با یک انحراف معیار باشد، مساحت تقریباً برابر با 34

فصل هفدهم - احتمالات و کاربرد آن در مهندسی نگهداری و تعمیرات ۲۰۷

درصد می‌شود. (ممکنست در این مورد به جدول ضمیمه یک نیز مراجعه شود). بنابراین با احتمال ۳۴ درصد عمر موتور بین ۱۷۵۰ تا ۲۰۰۰ ساعت خواهد بود.

ج) احتمال اینکه عمر موتور حداکثر ۱۷۵۰ ساعت باشد چه خواهد بود؟

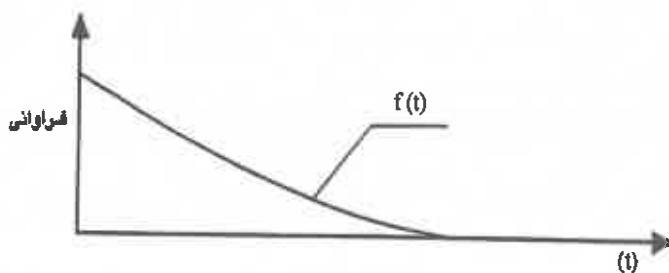
در اینجا برای یافتن احتمال در پی مساحت محصور بین عدد صفر تا ۱۷۵۰ می‌باشیم. (ر.ک به شکل ۱۷-۸) با توجه به آنچه که در قسمت (ب) بدست آمده داریم:

$$\text{مساحت} = ۰/۵ - ۰/۳۴ = ۰/۱۶$$

یا با احتمال ۱۶ درصد عمر موتور بیش از ۱۷۵۰ ساعت نخواهد بود. (بدیهی است می‌توان گفت با احتمال $۰/۸۴ = ۱ - ۰/۱۶$ یا ۸۴ درصد، عمر موتور بیش از ۱۷۵۰ ساعت خواهد بود).

۱۷-۵-۳ تابع توزیع نمائی منفی

نمونه‌ای از این تابع در شکل ۱۷-۹ نشان داده شده:



شکل ۱۷-۹

معادله تابع عبارتست از:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad t \geq 0 \quad (۱۷-۵-۳)$$

در صورتیکه توزیع عمر یک دستگاه مطابق تابع بالا باشد، نماد λ عبارت از متوسط تعداد خرابی در واحد زمان (سرعت خرابی) دستگاه خواهد بود. برای مثال در صورتیکه در معادله بالا واحد زمان برابر با "ساعت" باشد، و دستگاه موردنظر به طور متوسط هر ۱۰۰ ساعت یکبار از کار بیفتد، عدد λ برابر با ۰/۰۱ خرابی در هر واحد زمان خواهد بود.

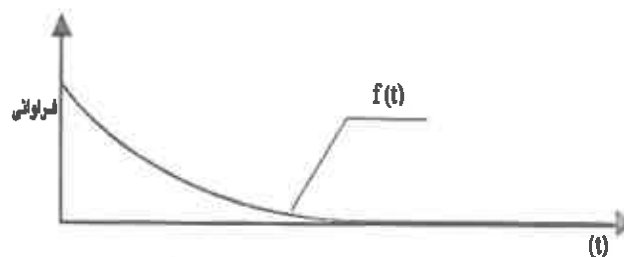
برای وسائلی که از کارافتادگی هر یک از قطعات آنها باعث از کار افتادگی کل دستگاه می‌شود، تحت شرایط معینی تابع توزیع عمر نزدیک به نمایی منفی می‌شود.^۱ با توجه به شکل ۱۷-۹ مشخص است که در دستگاههایی که از نظر توزیع عمر از این تابع پیروی می‌کنند احتمال عمرهای کوتاه زیاد بوده، و عمرهای بلندتر از میانگین با احتمال کمتری اتفاق می‌افتند.

۱۷-۵-۴ تابع فوق نمایی

معادله توابع فوق نمایی^۲ به شرح زیر است:

$$f(t) = 2k^2 \cdot \lambda e^{(-2k\lambda t)} + 2\lambda(1-k)^2 \cdot e^{-2k(1-k)\lambda t} \quad (17-5-4)$$

که در آن k با توجه به شکل تابع، مقادیری بین صفر تا ۰/۵ را به خود اختصاص داده و L نشانگر میانگین سرعت خرابی سیستم می‌باشد. این تابع در شکل ۱۷-۱۰ نشان داده شده.



شکل ۱۷-۱۰

تابع فوق نمایی در مقایسه با تابع نمایی از انحناء (تقعر) بیشتری برخوردار است. سیستمهای الکترونیکی در موارد زیاد تابع توزیع عمری نزدیکتر به تابع فوق نمایی دارند.

۱۷-۵-۵ تابع توزیع پواسون

از تابع توزیع پواسون^۱ می‌توان برای تعیین احتمال وقوع خرابی تجهیزات در یک فاصله زمانی مشخص استفاده نمود. همچنین با توجه به نزدیک بودن تابع توزیع مصرف قطعات

1- Negative Exponential Distribution Function
2- Hyper Exponential Distribution Function

یدکی به تابع پواسون، برای تعیین حجم ذخیره قطعات یدکی و مقدار سفارش قطعات یدکی از این تابع استفاده می‌شود.^۲

تابع پواسون با فرمول زیر تعریف می‌شود:

$$e^{-\lambda t} + e^{-\lambda t}(\lambda t) + \frac{e^{-\lambda t}(\lambda t)^2}{2!} + \frac{e^{-\lambda t}(\lambda t)^3}{3!} + \dots + \frac{e^{-\lambda t}(\lambda t)^n}{n!} = 1 \quad (5-5-17)$$

در فرمول فوق λ عبارت از تعداد خرابی در واحد زمان (سرعت خرابی)، و t عبارت از زمان کارکرد سیستم می‌باشد. برابری‌های جملات عبارت بالا به شرح زیر است:

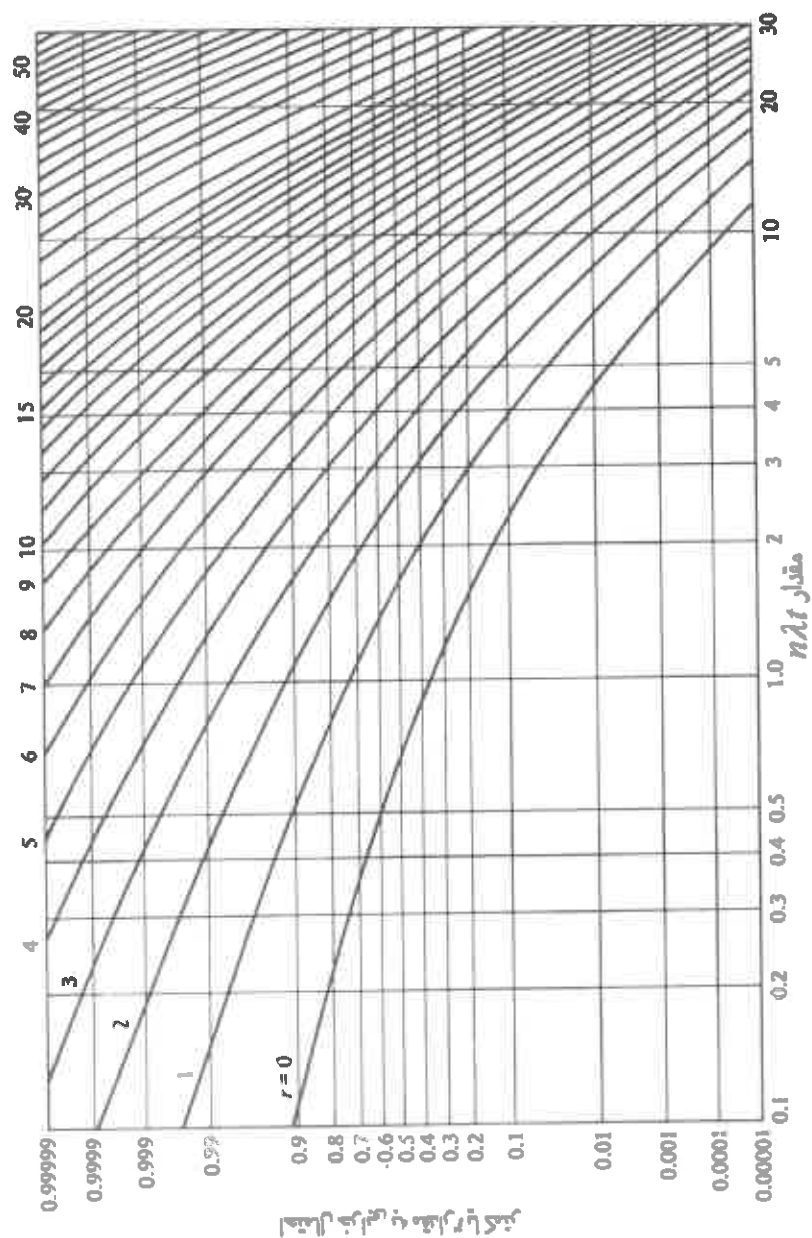
- احتمال صفر خرابی در مدت زمان کارکرد t (این احتمال برابر با قابلیت اطمینان سیستم می‌باشد که در قسمت ۱۷-۷ کتاب آمده)
 - احتمال یک خرابی در مدت زمان کارکرد t
 - احتمال دو خرابی در مدت زمان کارکرد t
 - ...
 - احتمال n خرابی در مدت زمان کارکرد t
- فرمول عمومی تابع تابع پواسون عبارتست از:

$$f(r) = \frac{e^{-\lambda t}(\lambda t)^r}{r!} \quad (6-5-17)$$

با استفاده از فرمول بالا می‌توان احتمال وقوع r خرابی را در فاصله زمانی کارکرد t به نحوی که بعد از هر خرابی سیستم تعمیر شده و مجدداً به کار انداخته شده، محاسبه نمود. در صورتیکه در یک سیستم n قطعه (یا n زیر سیستم) وجود داشته باشد و سرعت خرابی هر یک از این قطعات (یا زیر سیستم‌ها) برابر با λ باشد، آنگاه سرعت خرابی سیستم عبارت از $n\lambda$ شده، و در نتیجه فرمول عمومی تابع توزیع پواسون عبارت خواهد بود از:

$$f(r) = \frac{e^{-n\lambda t}(n\lambda t)^r}{r!} \quad (7-5-17)$$

در شکل ۱۱-۱۷ نمودار احتمال جمعی پواسون به ازاء مقادیر مختلف r نشان داده شده برای روشن نمودن کاربرد نمودار مثال‌هایی ارائه می‌شوند:



شکل ۱۱-۱۷

مثال ۱

سیستم رادار نصب شده روی یک هواپیما عمر متوسطی برابر با ۲۰۰ ساعت پرواز داشته و تابع توزیع عمر به تابع پواسون قابل تقریب است. چند درصد می‌توان مطمئن بود که این رادار برای مدت ۵۰ ساعت پرواز بدون هیچگونه اشکالی کار کند؟

(به عبارت دیگر قابلیت اطمینان این رادار برای ۵۰ ساعت کار چند درصد است؟)

حل

داریم:

$\lambda = \frac{1}{200} = 0.005$	خرابی ساعت
$t = 50$	ساعت
$n = 1$	تعداد خرابی در ۵۰ ساعت
$r = 0$	تعداد زیر سیستم‌ها

در نتیجه:

$$n\lambda t = 1 \times 0.005 \times 50 = 0.25$$

با مراجعه به نمودار شکل ۱۷-۱۱ با انتخاب عدد ۰/۲۵ روی محور افقی و حرکت در راستای قائم به سمت منحنی $r = 0$ و از آنجا حرکت در راستای افقی به سمت محور قائم، عدد احتمال (یا قابلیت اطمینان) تقریباً برابر با ۰/۷۸ یا ۷۸ درصد بدست می‌آید.

مثال ۲

فرض کنیم لازمست در یک مأموریت جنگی حداقل ۲۳ فروند هواپیما با سیستم‌های رادار مشابه آنچه در مثال اول آمد، به مدت ۱۰ ساعت بدون اشکال کار کنند. برای حصول اطمینان، تعداد ۲۵ فروند هواپیما به این مأموریت گماشته می‌شوند. احتمال کار موفقیت‌آمیز رادارها روی حداقل ۲۳ هواپیما از مجموعه ۲۵ هواپیماهای مأمور خدمت چند درصد است؟

حل

در اینجا تعداد خرابیها می‌تواند حداکثر ۲ خرابی در مدت ۱۰ ساعت مأموریت باشد.

$$n\lambda t = 25 \times 0.005 \times 10 = 1/25$$

$$r = 2$$

با مراجعه به نمودار شکل ۱۷-۱۱ مشاهده می‌شود که حدود ۸۷ درصد اطمینان وجود دارد که از ۲۵ دستگاه رادار مربوط به هواپیماهای موجود، حداقل ۲۳ رادار به مدت ۱۰ ساعت بدون اشکال انجام وظیفه خواهند نمود.

۱۷-۵-۶ تابع توزیع ویبول

توزیع عمر بعضی از تجهیزات، از جمله لامپهای الکترونی به تابع توزیع ویبول^۱ نزدیک است. فرمول مربوط به این تابع تجربی مطابق زیر است:

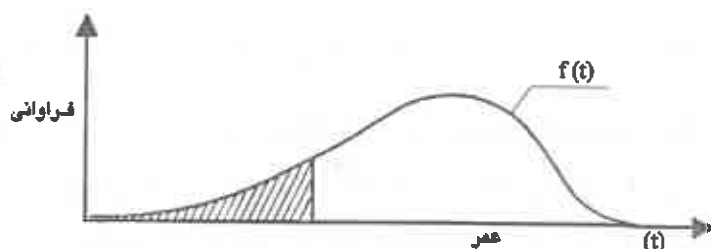
$$f(t) = \frac{b}{m} \left(\frac{t}{m}\right)^{b-1} \times e^{-\left(\frac{t}{m}\right)^b} \quad t \geq 0 \quad (17-5-8)$$

در این فرمول b پارامتر شکل توزیع و m پارامتر خاصیتی توزیع نامیده می‌شود که به متوسط عمر بستگی دارد. در شرایطی که $b = 1$ باشد تابع فوق با تابع نمائی منفی همسان می‌شود. به نحوی که در آن $\lambda = \frac{b}{m} = \frac{1}{m}$ خواهد بود. در صورتیکه در این تابع پارامتر شکل به اعداد بزرگتر از ۱ میل کند، تابع ویبول از نظر شکل به سمت تابع نرمال نزدیک می‌شود.

۱۷-۶ توابع توزیع جمعی

در موارد زیادی در مهندسی نگهداری و تعمیرات لازمست مشخص شود، احتمال اینکه یک سیستم عمری مساوی یا کمتر از زمان مشخص t داشته باشد چه خواهد بود؟ به عبارت دیگر، لازمست احتمال اینکه یک سیستم بیش از زمان مشخص t کار نکند تعیین شود. در صورتیکه تابع توزیع عمر سیستم مطابق شکل ۱۷-۱۲ باشد طبق آنچه که در

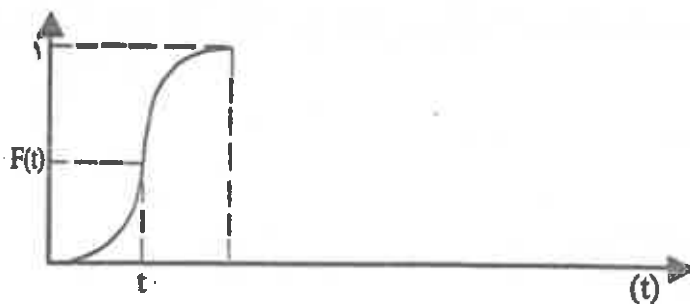
گذشته گفته شد لازمست مساحت قسمت هاشور زده شده در زیر منحنی محاسبه شود. تابع تعیین کننده مساحت زیر منحنی $f(t)$ را تابع توزیع جمعی^۱ نامیده و با نماد $F(t)$ نمایش می دهیم. داریم:



شکل ۱۷-۱۲

$$F(t) = \int_0^t f(t) dt \quad (17-6-1)$$

حال در صورتیکه مقدار $F(t)$ را به ازاء مقادیر مختلف t محاسبه نموده، و منحنی تغییرات $F(t)$ را رسم کنیم، منحنی حاصله، منحنی تابع توزیع جمعی $f(t)$ نامیده می شود.



شکل ۱۷-۱۳

مقادیر $F(t)$ در شکل ۱۷-۱۳ نشان دهنده مساحت منحنی $f(t)$ در فاصله بین صفر تا t هستند. با توجه به اینکه منحنی $f(t)$ یک منحنی چگالی با مساحت کل یک واحد می باشد، منحنی شکل ۱۷-۱۳ خط مجانبی در ارتفاع $F(t) = 1$ خواهد داشت.

در شکل ۱۷-۱۴، فرمول و شکل تقریبی منحنی‌های توزیع جمعی مربوط به توابع توزیعی که در این فصل توضیح داده شده‌اند، آمده است.
در ضمیمه یک در آخر کتاب، جدول مساحت‌های زیر منحنی نرمال معیار شده (Normal Standard) نشان داده شده.

مثال

برای یک نوع بال بیرینگ مورد استفاده بر روی دستگاه‌های دوار در داخل یک کارخانه تابع توزیع عمر، از نوع نرمال با متوسط ۲۵۰۰۰ ساعت کارکرد و انحراف معیار ۱۰,۰۰۰ ساعت تعریف شده. با چند درصد احتمال این بال بیرینگ بیشتر از ۳ سال کار نخواهد کرد؟ این کارخانه به طور متوسط ۲۲/۳ روز در هر ماه و در دو نوبت ۸ ساعت در هر روز کار می‌کند.

حل

با توجه به آنچه که در مثالهای مربوط به قسمت ۱۷-۵-۲ گفته شد، خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} \text{ساعت} & \times ۸ \frac{\text{نوبت}}{\text{روز}} \times ۲ \frac{\text{روز}}{\text{ماه}} \times \frac{۲۲}{۳} \times \frac{\text{ماه}}{\text{سال}} \times ۱۲ \times \text{سال} = \text{تعداد ساعات کار} \\ & = ۱۲۸۴۴/۸ \text{ ساعت} \end{aligned}$$

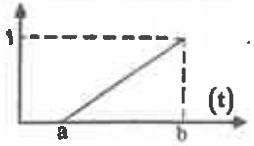
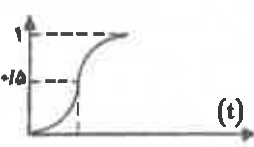
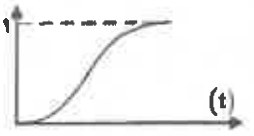
بنابراین:

$$Z = \frac{۲۵۰۰۰ - ۱۲۸۴۴/۸}{۱۰۰۰۰} = ۱/۲۱$$

با مراجعه به جدول ضمیمه یک در انتهای کتاب، به ازاء $Z = ۱/۲۱$ مقدار مساحت برابر است با:

$$۰/۱۱۳۱ = ۰/۳۸۶۹ - ۰/۵ = \text{احتمال} = \text{مساحت}$$

یا ۱۱/۳ درصد

نام تابع	فرمول تابع توزیع جمعی	نمودار تقریبی تابع توزیع جمعی
یکنواخت	$F(t) = \int_a^t c \cdot dt = \frac{t-a}{b-a} \quad a < t < b$ $\frac{1}{b-a} = \text{مقدار ثابت} = c$	
نرمال	$F(t) = \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{\left[\frac{-(t-m)^2}{2s^2} \right]} \cdot dt$ $m = \text{میانگین متغیر } t$ $s = \text{انحراف معیار}$	
نمایی منفی	$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$ $\lambda = \text{سرعت خرابی}$	
فوق نمایی	$F(t) = 1 - k e^{-r k \lambda t} - (1-k) \cdot e^{-r(1-k)\lambda t}$ $\lambda = \text{سرعت خرابی}$ $0 < k < 1$ $n = \text{پارامتر شکل توزیع}$	
پواسون	$F(t) = \sum_{r=0}^t \frac{e^{-n\lambda t} \cdot (n\lambda t)^r}{r!}$ $r = 0, 1, 2, \dots$ $\lambda = \text{سرعت خرابی}$ $n = \text{تعداد زیرسیستم‌ها}$	به شکل ۱۷-۱۱ مراجعه شود.
ویبول	$F(t) = e^{-\left[\frac{t}{m} \right]^b}$ $b = \text{پارامتر شکل توزیع}$ $m = \text{پارامتر خاصیتی توزیع}$	

شکل ۱۷-۱۴

۱۷-۷ سرعت لحظه‌ای خرابی

قبلاً گفته شد که برای یک سیستم با تابع چگالی توزیع عمر $f(t)$ ، در صورتیکه لازم باشد احتمال کارکرد سیستم برای مدت مشخصی بین t_a تا t_b محاسبه شود، این احتمال از اینتگرال صفحه بعد به دست می‌آید:

$$P[t_a \leq \text{عمر} \leq t_b] = \int_{t_a}^{t_b} f(t).dt \quad (۱-۷-۱۷)$$

حال به نوع دیگر احتمال توجه می‌کنیم. لازمست بدانیم در صورتیکه یک سیستم با تابع توزیع چگالی عمر $f(t)$ تا لحظه t به طور سالم کار کرده است، احتمال اینکه در فاصله زمانی کوتاه t تا $t + \delta t$ از کار بیفتد چه خواهد بود؟

در اینجا با یک نوع احتمال شرطی مواجه هستیم. به این مصداق که سیستم تا لحظه t خراب نشده و بنابراین احتمال عمرهای کمتر از t برای سیستم وجود نخواهد داشت، داریم:

$$P[X|Y] = ?$$

که در آن:

X = خرابی سیستم در فاصله کوتاه بعد از t

Y = تا لحظه t خرابی اتفاق نیفتاده است.

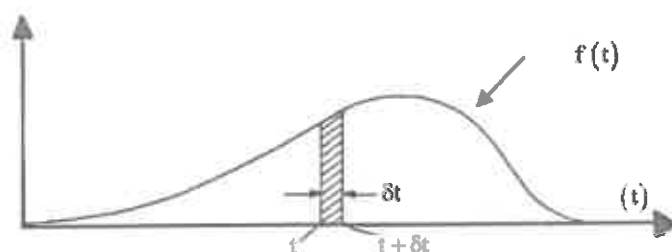
براساس قوانین احتمالات داریم:

$$P[X|Y] = \frac{P[X,Y]}{P[Y]} \quad (۲-۷-۱۷)$$

ولی $P[X,Y]$ عبارت از احتمال کارکرد سیستم در فاصله زمانی t تا $t + \delta t$ می‌باشد. مطابق فرمول ۱-۷-۱۷ داریم:

$$P[X|Y] = \int_t^{t+\delta t} f(t).dt \quad (۳-۷-۱۷)$$

مقدار عبارت بالا مساوی مساحت هاشور زده شده در شکل ۱۷-۱۵ می‌باشد.



شکل ۱۷-۱۵

این مساحت برابر است با تفاضل توابع تجمعی $f(t)$ مربوطه به نقاط t و $t + \delta t$ یعنی:

$$\int_t^{t+\delta t} f(t).dt = F(t + \delta t) - F(t) \quad (۴-۷-۱۷)$$

در فرمول ۲-۷-۱۷ عبارت از احتمال کارکرد صحیح سیستم تا لحظه t یا احتمال اینکه عمر سیستم حداقل برابر با t باشد) بوده و مقدار آن برابر است با:

$$P[Y] = \int_t^{\infty} f(t).dt = 1 - \int_0^t f(t).dt \quad (۵-۷-۱۷)$$

و بنابراین با جایگزینی مقادیر مربوط به تساویهای ۴-۷-۱۷ و ۵-۷-۱۷، در فرمول ۲-۷-۱۷ داریم:

$$P[X | Y] = \frac{F(t + \delta t) - F(t)}{\int_t^{\infty} f(t).dt} = \frac{F(t + \delta t) - F(t)}{1 - F(t)} \quad (۶-۷-۱۷)$$

حال در صورتیکه تابع سرعت خرابی لحظه‌ای را با $r(t)$ نشان دهیم، در فاصله زمانی کوتاه δt بعد از لحظه t حاصل ضرب $r(t). \delta t$ برابر با احتمال خرابی در فاصله δt به شرط کارکرد سیستم تا لحظه t خواهد بود یا:

$$r(t). \delta t = \frac{F(t + \delta t) - F(t)}{1 - F(t)} \quad (۷-۷-۱۷)$$

با تقسیم کردن طرفین معادله ۷-۷-۱۷ به δt خواهیم داشت:

$$r(t) = \frac{\frac{F(t + \delta t) - F(t)}{\delta t}}{1 - F(t)} \quad (۸-۷-۱۷)$$

و با حرکت دادن δt به سمت صفر و تعیین حد صورت کسر فوق با توجه به تعریف مشتق یک تابع داریم:

$$\lim_{\delta t \rightarrow 0} \left[\frac{F(t + \delta t) - F(t)}{\delta t} \right] = f(t) \quad (۹-۷-۱۷)$$

و در نتیجه:

$$r(t) = \frac{f(t)}{1-F(t)} \quad (10-7-17)$$

$r(t)$ عبارت از سرعت لحظه‌ای خرابی^۱ سیستم می‌باشد. به این مفهوم که برای سیستمی که تا این لحظه به مدت t واحد زمان بدون اشکال کار کرده است احتمال می‌رود که تعداد دفعات خرابی آن در واحد زمان برابر با $r(t)$ باشد.

مثال ۱

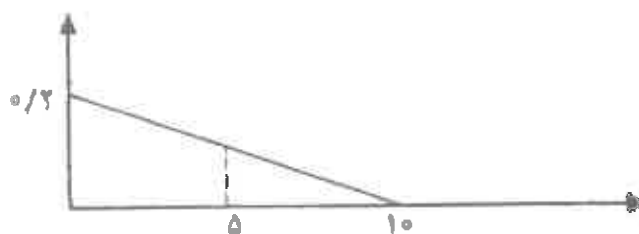
یک شرکت تولیدی تصمیم دارد تا آن لحظه از تجهیزات خود استفاده نماید که سرعت آنی (لحظه‌ای) از کارافتادگی آنها به $0/4$ خرابی در سال ($4=$ خرابی در هر ۱۰ سال) برسد. شرکت درست در تاریخی که ماشین‌ها به این موقعیت می‌رسند آنها را از طریق مزایده به فروش رسانیده و با ماشین نو جایگزین می‌نماید. برای یک دستگاه ماشین تولیدی، تابع چگالی توزیع عمر به صورت زیر تعریف شده:

$$f(t) = 0/2 - 0/02t \quad 0 \leq t \leq 10$$

این ماشین بعد از چند سال بهره‌برداری باید جایگزین شود؟

حل

قابل توجه است که در این مثال، تابع توزیع چگالی عمر ماشین یک تابع مثلثی مطابق شکل ۱۶-۱۷ خواهد شد.



شکل ۱۶-۱۷

داریم:

$$r(t) = \frac{f(t)}{1-F(t)} = 0.4$$

$$F(t) = \int_0^t f(t) \cdot dt \quad r(t) = \frac{(0.2 - 0.2t)}{1 - (0.2t - 0.1t^2)} = 0.4$$

و با حال معادله درجه دوم بالا برای t ، دو جواب بدست می‌آید:

$$t_1 = 10 \quad t_2 = 5$$

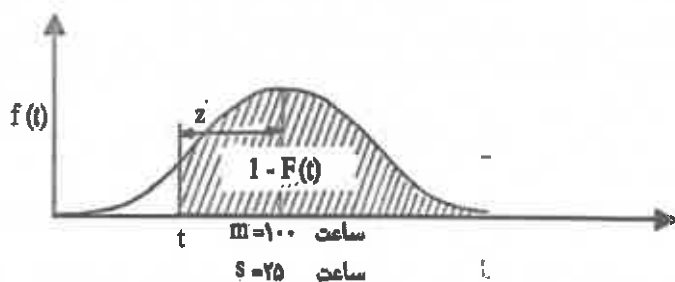
از بین دو جواب تنها $t=5$ قابل قبول است. (به ازای $t=10$ مقدار تابع $r(t)$ مبهم می‌شود). بنابراین لازمست این شرکت بعد از هر ۵ سال کارکرد ماشین را به فروش برساند.

مثال ۲

تابع چگالی توزیع عمر یک ماشین از نوع تابع نرمال با متوسط عمر ۱۰۰ ساعت و انحراف معیار ۲۵ ساعت برآورد می‌شود. در شرایطی که این ماشین:

الف) ۵۰ ساعت ب) ۷۵ ساعت ج) ۱۰۰ ساعت د) ۱۲۵ ساعت ه) ۱۷۵ ساعت

بدون اشکال کار کرده باشد، سرعت خرابی لحظه‌ای ماشین را حساب کنید.



شکل ۱۷-۱۷

حل

داریم:

$$r(t) = \frac{f(t)}{1-F(t)}$$

(۱۱-۷-۱۷)

با مراجعه به شکل ۱۷-۱۷ داریم:

$f(t)$ = ارتفاع منحنی به ازاء نقطه t . (این ارتفاع را با مراجعه به جدول نشان داده شده در ضمیمه ۲ در آخر کتاب، با در دست داشتن مقدار z که عبارت از تعداد انحراف معیارهای بین محور تقارن و نقطه t موردنظر است می‌توان بدست آورد).

$1 - F(t)$ = مساحت هاشور زده شده در شکل ۱۷-۱۷. (این مساحت را با مراجعه به جدول مساحت‌های زیر منحنی نرمال استاندارد، که در ضمیمه ۱ در آخر کتاب نشان داده شده می‌توان بدست آورد).

در جدول شکل ۱۷-۱۸ مقادیر خواسته شده محاسبه شده‌اند.

$r(t) = \frac{f(t)}{s[1-F(t)]}$	$1-F(t)$ ضمیمه ۱	$\frac{f(t)}{s}$ ضمیمه ۲	$z = \frac{t-m}{s}$	t
۰/۰۰۲۲۱۱	۰/۹۷۷۲	۰/۰۰۲۱۶۰	-۲	۵۰
۰/۰۱۱۵۰۴	۰/۸۴۱۳	۰/۰۰۹۶۸۰	-۱	۷۵
۰/۰۳۱۹۱۲	۰/۵۰۰۰	۰/۰۱۵۹۵۶	۰	۱۰۰
۰/۰۶۰۹۹۶	۰/۱۵۸۷	۰/۰۰۹۶۸۰	۱	۱۲۵
۰/۱۳۵۳۸۴	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۰۱۷۶	۳	۱۷۵

شکل ۱۷-۱۸ (جدول)

توجه به این نکته لازمست که مقادیر برداشت شده از جدول ضمیمه ۲ مربوط به منحنی نرمال استاندارد می‌باشد و بنابراین اعداد مربوط به $f(t)$ که از جدول برداشت می‌شوند باید به عدد انحراف معیار (s) تقسیم شوند.

قابل توجه است که با افزوده شدن به عمر ماشین، سرعت لحظه‌ای خرابی به شدت افزایش می‌یابد. برای مثال، بعد از ۵ ساعت کارکرد تنها احتمال وجود ۵/۵۳ خرابی در هر ۱۰۰ ساعت وجود دارد، ولی بعد از ۱۷۵ ساعت کارکرد، سرعت خرابی به ۳۳۸/۵ خرابی در هر ۱۰۰ ساعت خواهد رسید.

یادداشت

گواينکه در مثال فوق، و در اغلب مثالهاييکه در اين قسمت آمده، منحنی توزیع عمر ماشین را در تمام طول عمر ماشین ثابت در نظر گرفتیم ولی خواهیم دید که با گذشت زمان کارکرد، منحنی توزیع عمر ماشینها تغییر شکل داده و از حالت‌های نمائی به حالت‌های نرمال و ویبول مایل می‌شود. (به قسمت ۱۷-۸ تحت عنوان سیکل عمر سیستمهای صنعتی مراجعه فرمائید).

مثال ۳

آمار موجود در مورد عمر بعد از هر تعمیر یک ماشین تراش NC نشان می‌دهد که تابع توزیع عمر ماشین تقریباً از نوع نمائی منفی با متوسط عمر ۲۰۰ ساعت می‌باشد. این ماشین بعد از آخرین تعمیر تا بحال ۸۰ ساعت بدون اشکال کار کرده، سرعت آبی خرابی ماشین در این لحظه چه می‌باشد؟

حل

داریم:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad \lambda = \frac{1}{200} \quad t = 80$$

$$r(t) = \frac{f(t)}{1 - F(t)}$$

$$r(t) = \frac{0.005 \times e^{-0.005t}}{1 - \int_0^{80} 0.005 \times e^{-0.005t} dt} = 0.005$$

یادداشت

بدیهی است در حالت داشتن تابع نمائی منفی، مقدار سرعت لحظه‌ای خرابی بستگی به زمان کارکرد نداشته، و همواره برابر با سرعت خرابی می‌باشد. $[r(t) = \lambda]$. (به شکل ۱۷-۲۱ مراجعه فرمایید).

مثال ۴

یک زیر سیستم در اتاق کنترل فضائی بعد از هر چند دقیقه کار مداوم دچار اشکال شده ولی با فشار یک دکمه از زیر سیستم رفع اشکال شده و مجدداً مأموریت خود

را از سر می‌گیرد. آمار گذشته نشان می‌دهد که این زیر سیستم جمعاً ۵۰۱ بار دچار اشکال شده. توزیع زمان کارکرد (عمر) این زیر سیستم مطابق جدول زیر است:

عمر	تعداد دفعاتی که این عمر اتفاق افتاده است
۱	۲۱
۲	۴۲
۳	۶۳
۴	۸۳
۵	۱۰۴
۶	۱۲۵
۷	۱۰۶۳
جمع	۵۰۱

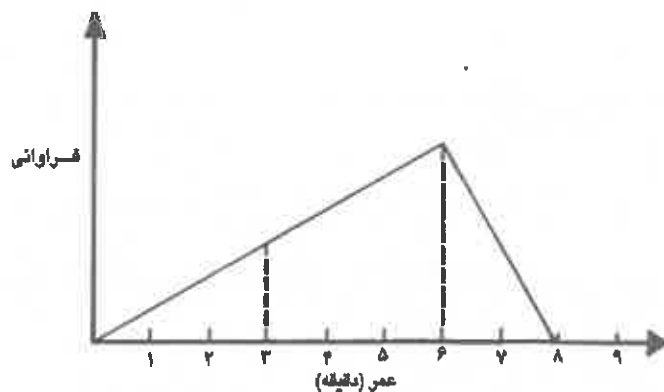
شکل ۱۷-۱۹ (جدول)

الف) در صورتیکه در این لحظه دکمه رفع اشکال زیر سیستم فشار داده شود و زیر سیستم مجدداً شروع به کار نماید، احتمال اینکه زیر سیستم بتواند حداقل به مدت ۳ دقیقه بدون اشکال کار کند چند درصد خواهد بود؟

حل

برای حل مسئله مناسب است هیستوگرام تقریبی توزیع عمر زیر سیستم ترسیم شود. با رسم هیستوگرام و اتصال نقاط میانی ضلع بالای مستطیل‌ها، تابع توزیع عمر به شکل مثلثی قابل تقریب است. (شکل ۱۷-۲۰).
برای اینکه مساحت زیر منحنی تابع برابر با واحد بوده و در نتیجه منحنی حاصله نشان دهنده تابع چگالی توزیع عمر باشد، ارتفاع مثلث عبارت خواهد بود از:

$$\frac{1}{2} \times \text{ارتفاع} \times ۸ = ۱ \rightarrow \text{ارتفاع} = \frac{۲}{۸} = ۰/۲۵$$



شکل ۱۷-۲۰

حال پاسخ سؤال الف عبارت از مساحت زیر منحنی در شکل ۱۷-۲۰ در فاصله بین نقاط ۳ تا ۸ خواهد بود. گویانکه می‌توان معادله منحنی را نوشته و با گرفتن اینتگرال مساحت موردنظر را محاسبه نمود، ولی راه ساده‌تر آنستکه مساحت‌ها با توجه به هندسه شکل محاسبه شوند.

$$[\text{مساحت بین صفر تا ۳}] = 1 - [\text{مساحت بین ۳ تا ۸}] = P[\text{عمر} \geq 3]$$

$$= 1 - \frac{3 \times 0.125}{2} = 0.8125$$

یعنی ۸۱/۲۵ درصد احتمال دارد که این بار زیر سیستم حداقل به مدت ۳ دقیقه بدون اشکال انجام وظیفه نماید.

ب) این زیر سیستم تا بحال ۳ دقیقه بدون اشکال کار کرده، سرعت خرابی آنی زیر سیستم در این لحظه چه خواهد بود؟
داریم:

$$r(t) = \frac{f(t)}{1-F(t)}$$

و با مراجعه به شکل و مطابق آنچه که در قسمت الف انجام گرفت:

$$f(3) = 0.125 \quad 1-F(3) = 0.8125$$

و در نتیجه:

$$r(3) = \frac{0/125}{0/8125} = 0/1538 \frac{\text{خرابی}}{\text{دقیقه}}$$

یادداشت

با توجه به آمار موجود، متوسط عمر زیر سیستم عبارت است از:

$$\frac{(21 \times 1) + (42 \times 2) + \dots + (63 \times 7)}{501} = 4/66 \text{ دقیقه}$$

و در نتیجه، سرعت متوسط خرابی برابر است با:

$$\lambda = \frac{1}{\text{متوسط عمر}} = \frac{1}{4/66} = 0/214 \frac{\text{خرابی}}{\text{دقیقه}}$$

ولی عدد ۰/۲۱۴ عبارت از متوسط سرعت خرابی بوده، و مقدار سرعت خرابی آنی در هر لحظه مطابق فرمول مربوط به $r(t)$ ، تابعی از مقدار t خواهد بود. در زمانیکه این زیر سیستم تنها ۳ دقیقه کار کرده است، همانگونه که ملاحظه شد سرعت خرابی از عدد متوسط کمتر می‌باشد.

مثال ۵

برای یک ماشین سرعتهای خرابی در طول عمر ماشین ثابت بوده و برابر با مقدار λ می‌باشد. تابع چگالی توزیع عمر ماشین را به دست آورید.

حل

با توجه به آنچه که در مثال ۳ آمد، روشن است که تابع چگالی توزیع عمر این ماشین از نوع نمایی منفی خواهد بود. در اینجا به صورت تحلیلی به این نتیجه دست می‌یابیم:

$$r(t) = \frac{f(t)}{1-F(t)} \quad (12-7-17)$$

یا:

$$f(t) = r(t) \cdot [1-F(t)] \quad (13-7-17)$$

از طرفی:

$$F(t) = \int_0^t f(t).dt \quad (14-7-17)$$

با گرفتن مشتق از طرفین رابطه بالا داریم:

$$\frac{dF(t)}{dt} = f(t) \quad (15-7-17)$$

با استفاده از رابطه‌های ۱۳-۷-۱۷ و ۱۵-۷-۱۷:

$$\frac{dF(t)}{dt} = r(t).[1-F(t)]$$

یا:

$$\frac{dF(t)}{1-F(t)} = r(t).dt$$

یا:

$$\frac{d[1-F(t)]}{1-F(t)} = -r(t).dt$$

با توجه به اینکه $F(0) = 0$ است داریم:

$$\ln[1-F(t)] - \ln 1 = -\int_0^t r(t).dt$$

و بنابراین

$$1-F(t) = e^{-\int_0^t r(t).dt}$$

با استفاده از رابطه ۱۲-۷-۱۷

$$1-F(t) = \frac{f(t)}{r(t)}$$

در نتیجه:

$$\frac{f(t)}{r(t)} = e^{-\int_0^t r(t).dt}$$

رابطه اخیر حالت عمومی داشته، و بستگی به توابع توزیع $f(t)$ و $r(t)$ ندارد. در مثال

موردنظر داریم:

$$r(t) = \lambda$$

$$f(t) = \lambda. e^{-\int_0^t \lambda. dt}$$

$$f(t) = \lambda. e^{-\lambda t}$$

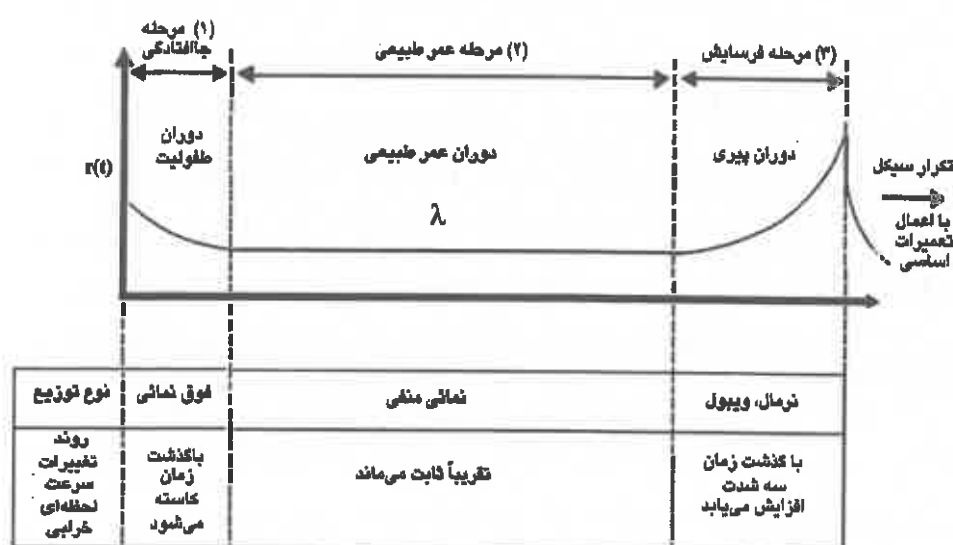
نام تابع	فرمول تابع سرعت لحظه‌ای خرابی	نمودار تقریبی تابع سرعت خرابی
یکنواخت	$r(t) = \frac{1}{b-t}$ $a \leq t \leq b$	
نرمال	$r(t) = \frac{e^{-\frac{(t-m)^2}{2s^2}}}{\int_t^{\infty} e^{-\frac{(t-m)^2}{2s^2}} dt}$ $s =$ انحراف معیار $m =$ میانگین	
نمایی منفی	$r(t) = \lambda$ $\lambda =$ سرعت خرابی	
فوق نمایی	$r(t) = \frac{r\lambda \left[\frac{k^r + (1-k)^r}{r} \right] e^{-[r\lambda + (1-rk)]}}{k + (1-k)e^{-[r\lambda + (1-rk)]}}$ $\lambda =$ سرعت خرابی $k =$ پارامتر شکل توزیع	
ویبول	$r(t) = \frac{b}{M} \left(\frac{t}{M} \right)^{b-1}$ $b =$ پارامتر شکل توزیع $M =$ پارامتر خاصیتی توزیع	

شکل ۱۷-۲۱

در شکل ۱۷-۲۱ فرمول و شکل تقریبی توابع سرعت لحظه‌ای برای توزیع مورد بحث در این فصل نشان داده شده.

۸-۱۷ سیکل (چرخه) عمر سیستمهای صنعتی

تجربه نشان می‌دهد که برای اغلب ماشین‌آلات و تجهیزات، در آغاز دوره بهره‌برداری تابع توزیع عمر سیستم مقارن با توابع فوق نمائی بوده، پس از گذشت زمان، تابع توزیع عمر به نمائی منفی نزدیک شده و در دوره‌های آخر عمر به توابع نرمال و ویبول تمایل می‌یابد. با مراجعه به شکل ۱۷-۲۱ مشهود است که در صورتیکه توابع عمر سیستم‌ها مطابق آنچه که گفته شد تغییر حالت بدهند، آنگاه نمودارهای سرعت لحظه‌ای خرابی آنها در مراحل جافتادگی، عمر طبیعی، و فرسایش مطابق آنچه که در شکل ۱۷-۲۲ آمده است خواهد بود.



شکل ۱۷-۲۲

در آغاز دوره بهره‌برداری (مرحله ۱) دستگاهها احتیاج به تنظیم شدن و رفع نقائص و سازگار شدن با محیط اطراف دارند. در این دوران، با گذشت زمان دستگاهها با محیط اطراف سازگاری حاصل نموده و حال تنظیم شده‌ای به خود می‌گیرند. بعضی از انواع مواد و مصالح به کار گرفته شده در ساختار دستگاهها نیز، پس از قرار گرفتن در شرایط بهره‌برداری استحکام و مقاومت بیشتری را به خود می‌گیرند، و در نتیجه

در این دوران نسبتاً کوتاه با استفاده از دستگاه، از احتمال خرابی و از کارآفتادگی آن کاسته خواهد شد. با گذراندن دوران طفولیت، دستگاه در دوران عمر طبیعی خود قرار گرفته، و با توجه به آنچه که گفته شد در این دوران سرعت خرابی لحظه‌ای دستگاه ثابت می‌ماند. پس از طی دوره عمر طبیعی و نزدیک شدن به دوران فرسایش (پیری) سرعت خرابی لحظه‌ای دستگاه‌ها روند افزایشی به خود گرفته و در نتیجه در این دوران هر مقدار که از عمر دستگاه می‌گذرد، سرعت خرابی لحظه‌ای (احتمال خرابی) در آن بیشتر خواهد شد.^۱

جالب توجه است که در دوران جاافتادگی سیستم، اعمال عملیات پیشگیری شامل تعویض (نوسازی) قطعات نه تنها به حال سیستم نافع نخواهد بود، بلکه احتمال و سرعت خرابی‌ها را افزایش خواهد داد. (برای مثال، واضح است که تعویض رینگ‌ها و سایر قطعات ساینده داخل موتورهای اتومبیل‌های نو، که هنوز کارکردی کمتر از ۲۰۰۰ کیلومتر دارد، احتمال خرابی‌های اضطراری در موتور را افزایش خواهد داد). در دوران جاافتادگی سیستم‌ها، مخصوصاً سیستم‌های مکانیکی نظیر موتورهای اتومبیل، همواره توصیه می‌شود که موتورها در دور کم کار کنند تا از بروز خرابی (سائیدگی غیرطبیعی) در آنها جلوگیری شود. در دوران عمر طبیعی نیز باید تعمیرات پیشگیری عمدتاً معطوف به انجام عملیات لازم برای حفظ سیستم در موقعیت موجود باشد. چنین عملیاتی شامل روغنکاری، تمیزکاری، بازرسیهای متناوب برای دستیابی به اشکالات احتمالی و رفع آنها می‌باشد.

در دوران فرسودگی (پیری) با تعویض قطعات یا تعمیرات اساسی عملاً حرکتی به سمت چپ (در جهت مخالف با محور زمان در شکل ۱۷-۲۲) ایجاد می‌شود، یا به عبارت دیگر از سرعت خرابیهای لحظه‌ای سیستم کاسته می‌شود.

۱- سیکل نشان دهنده عمر سیستم‌ها با آنچه که دستگاه عظیم آفرینش نیز برای انسانها و سایر موجودات زنده مقرر داشته تا حد زیادی صادق است. در بدو تولد و دوران طفولیت احتمال کسالت و مریضی (تعداد مریضی‌ها) برای کودکان زیاد است. از سنین تقریباً ۱۰ الی ۱۲ سالگی به بعد تاگذرانیدن دوران جوانی و میان سالی تقریباً در تمام ادوار احتمال کسالت و مریضی کمتر از دوران طفولیت و کودکی بوده، و در این دوران سرعت مریضی‌ها و کسالت‌ها نیز تقریباً ثابت می‌ماند. با رسیدن به سنین پیری (۵۰-۶۰ سالگی به بعد)، با گذشت زمان، احتمال کسالت‌ها روز به روز افزایش می‌یابد. بدیهی است اعداد بیان شده تقریبی هستند، و شرایط محیط، بهداشت، تغذیه، ... در هر جامعه تعیین‌کننده حدود این اعداد می‌باشد.

فواصل زمانی اقتصادی برای تعویض (نوسازی) قطعات و تعمیرات اساسی در دوران فرسایش با ایجاد مدل‌های ارزیابی اقتصادی شرایط ماشین قابل تعیین می‌باشد. بدیهی است در شرایط محاسبات اقتصادی نشان‌دهنده این حقیقت خواهند بود که در اواخر دوران فرسایش به جای تعمیرات اساسی، صرف به بازنشسته سازی ماشین و جایگزینی آن با ماشین نو خواهد بود. پیشرفتهای تکنولوژیکی نیز که مرتباً باعث طراحی و ارائه ماشین‌های با قابلیت‌های بیشتر و مشخصات بهتر می‌شود نیز ممکنست انگیزه‌ای برای بازنشسته سازی ماشینها در دوران فرسودگی آنها باشد.

به هر حال برای ماشینها و سیستمهای صنعتی بزرگ که به صورت سفارشی مخصوص یک صنعت ساخته شده‌اند، شاید بازنشسته سازی ماشین در دوران فرسایش مقرون به اقتصاد نباشد. -

در این شرایط به جای باز نشسته نمودن ماشینها، کار تعمیرات اساسی (تعمیرات کلی) روی آنها اعمال می‌گردد. فرض بر آنستکه در اعمال تعمیرات اساسی، کلیه قسمت‌ها و زیر سیستمهای ماشین "نوسازی" شده و بنابراین شرایط ماشین تقریباً به حالت نو بازگردانیده می‌شود. با اعمال تعمیرات اساسی مطابق آنچه که در شکل ۱۷-۲۲ آمده است سیکل عمر مجدداً تکرار می‌شود^۱.

۱- با توجه به شکل منحنی، اصطلاحات، وان حمام "Bath tub" و "مقطع رودخانه" برای این منحنی‌ها معمول گردیده است.

قابلیت اطمینان و شاخص‌های ارزیابی

۱-۱۸ کلیات

در امور مهندسی نگهداری و تعمیرات و در برنامه‌ریزیهای تولید در داخل صنایع، همینطور، در انجام خدمات و مأموریت‌های فضائی و جنگی، ... یک عامل مهم که باید همواره مورد ارزیابی قرار گرفته و اطلاع جامعی از آن در دست باشد، آگاهی از این احتمال است که سیستم‌های موجود با چند درصد اطمینان برای انجام مأموریت تعیین شده آمادگی دارند؟

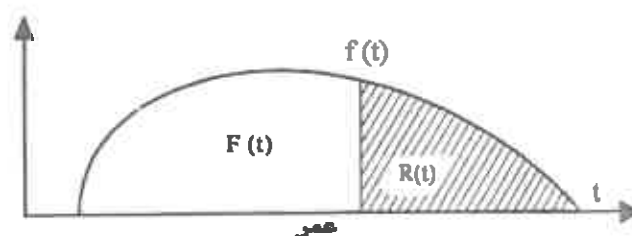
به عبارت دیگر چه احتمالی وجود دارد که سیستم‌های مأمور، در ضمن انجام کار دچار خرابی و رکودهای اضطراری بشوند. در یک برخورد حقیقی با مسئله، بدیهی است که اطمینان کامل (صد در صد) از انجام موفقیت‌آمیز مأموریت امکان‌پذیر نخواهد بود. در هر حال چنین امکاناتی را باید همواره در کنار عامل احتمال بیان نمود. به بیان دیگر، در بررسی امکانات و قابلیت‌های یک سیستم، باید "احتمال" کارکرد موفقیت‌آمیز و بدون اشکال آن را ارزیابی نمود.

روشن است که احتمال کارکرد سالم یک سیستم، علاوه بر وابستگی به طرح اولیه، و شرایط محاط در داخل سیستم، به شرایط محیط بر سیستم نیز بستگی دارد. نحوه بهره‌برداری، میزان بار وارده بر سیستم، شرایط اقلیمی، نظیر حرارت، رطوبت و گردوغبار

محیط، ... و بسیاری از عوامل دیگر نظیر روشهای نگهداری و حفاظت فنی، از جمله شرایط و عوامل محیط پر سیستم هستند که در تعیین مشخصه احتمال کارکرد صحیح و بدون اشکال سیستم تأثیرگذار می‌باشند. با توجه به آنچه که گفته شد، در ارزیابی امکانات بهره‌برداری از یک سیستم، مشخصه قابلیت اطمینان به شرح زیر تعریف می‌شود:

قابلیت اطمینان یک سیستم عبارت از احتمال کارکرد سالم و بدون اشکال سیستم برای یک مدت مشخص و در شرایط مشخص و از پیش تعیین شده می‌باشد.

توابع چگالی توزیع عمر سیستم‌ها در فصل هفدهم معرفی شدند. فرض کنیم تابع چگالی توزیع عمر یک ماشین مطابق شکل ۱-۱۸ معرفی شده.



شکل ۱-۱۸

با توجه به تعریف شاخص قابلیت اطمینان، لازم خواهد بود که احتمال اینکه عمر سیستم حداقل برابر با عدد مشخص t باشد برآورد شود. به بیان دیگر لازمست احتمال اینکه عمر سیستم از عدد مشخص t کمتر نباشد محاسبه شود. با توجه به آنچه که در فصل هفدهم گفته شد این احتمال برابر با مساحت هاشور زده شده در شکل ۱-۱۸ خواهد بود. در صورتیکه تابع قابلیت اطمینان را با نماد $R(t)$ نشان دهیم:

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t).dt \quad (1-1-18)$$

با توجه به اینکه تابع $f(t)$ ، یک تابع چگالی با مساحت یک واحد است داریم:

$$F(t) = \int_0^t f(t).dt = 1 - R(t) \quad (2-1-18)$$

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (۳-۱-۱۸)$$

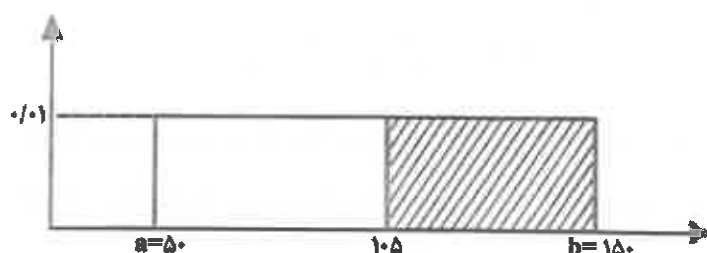
در اینجا $F(t)$ عبارت از تابع توزیع تجمعی عمر سیستم می‌باشد که در قسمت ۶-۱۷ مورد بحث واقع شد.

مثال ۱

تابع توزیع عمر یک دستگاه کامپیوتر شخصی در شرایط و محیطی که هم اکنون از کامپیوتر استفاده می‌شود قابل تقریب به یک تابع توزیع یکنواخت با حداقل ۵۰ ساعت و حداکثر ۱۵۰ ساعت کار می‌باشد. لازمست برای مدت سه هفته به طور مداوم از این کامپیوتر برای طراحی یک سیستم بانک اطلاعاتی استفاده شود. با توجه به برنامه ۵ روز کار در هفته، و ۷ ساعت کار در روز، احتمال اینکه این کامپیوتر بتواند بدون اشکال خدمات لازم را ارائه نماید چند درصد است؟

حل

تابع چگالی توزیع عمر کامپیوتر بنا بر آنچه که در صورت مسئله آمده است، مطابق شکل ۲-۱۸ خواهد بود.



شکل ۲-۱۸

داریم:

$$\text{ساعت } ۱۰۵ = ۷ \times \frac{\text{ساعت}}{\text{روز}} \times ۵ \times \frac{\text{روز}}{\text{هفته}} \times ۳ \text{ هفته}$$

بنابراین باید با استفاده از فرمول ۱۸-۱-۱ مقدار $R(105)$ محاسبه شود. طبق آنچه که در رابطه ۱۷-۵-۱ آمده است:

$$f(t) = c = \frac{1}{b-a} = \frac{1}{150-50} = \frac{1}{100}$$

$$R(t) = \int_{105}^{150} 0.01 dt = 0.01(150-105) = 0.45$$

یادداشت

بدیهی است که در مورد توابع احتمالی ساده و دارای اشکال هندسی قابل تعریف، احتیاج به گرفتن اینتگرال نخواهد بود. در مثال بالا، با توجه به اینکه مقدار قابلیت اطمینان برابر با سطح هاشور زده در شکل ۱۸-۲ است داریم:

$$R(t) = (150-105) \times 0.01 = 0.45 \text{ درصد یا } 45\%$$

روشن است که قابلیت اطمینان یک سیستم بستگی به مدت زمان موردنظر برای انجام مأموریت داشته، و با افزایش زمان روند کاهشی خواهد داشت. در مثال بالا، در صورتیکه لازم بود قابلیت اطمینان کامپیوتر برای کارکرد مطلوب به مدت ۱۴۰ ساعت محاسبه شود، از سطح هاشور زده شده در شکل ۱۸-۲ کاسته شده، و مقدار عددی قابلیت اطمینان برابر با ۱۰ درصد ارزیابی می‌شد.

$$R(t) = (150-140) \times 0.01 = 0.1 \text{ یا } 10\%$$

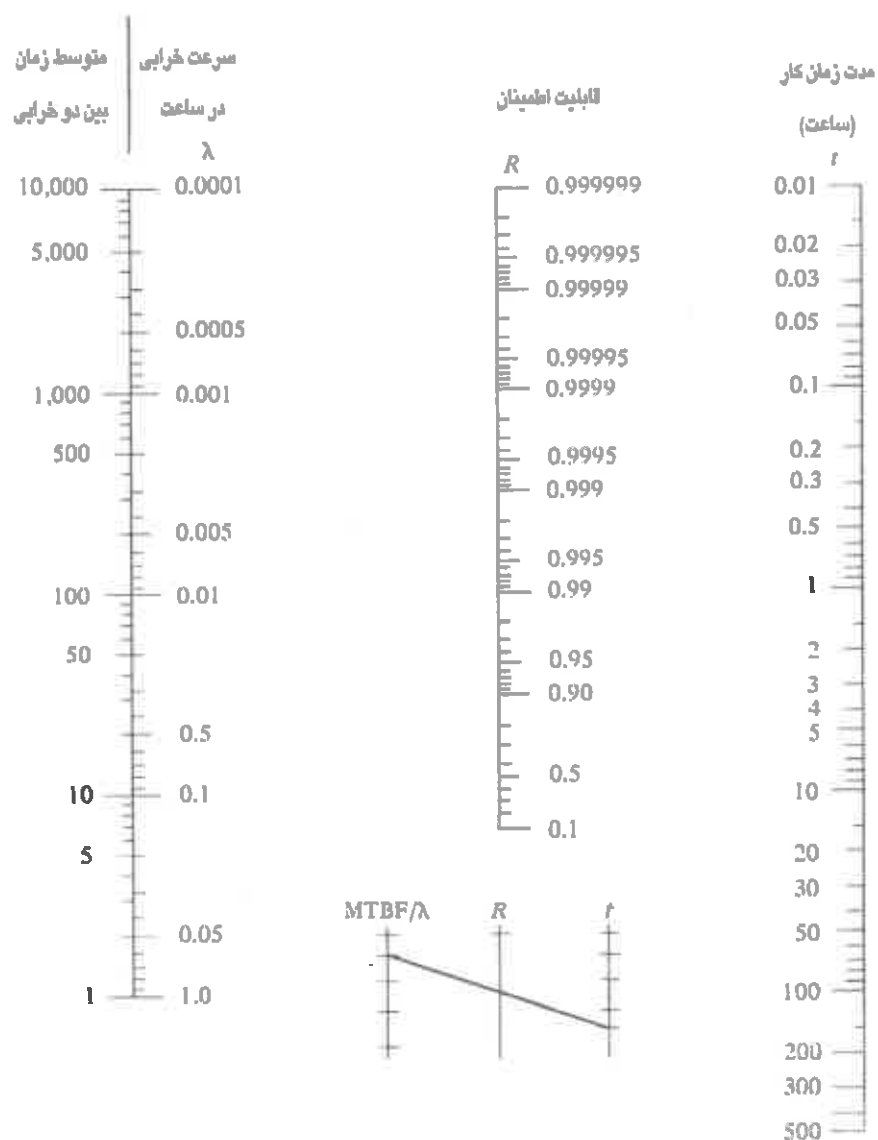
در شکل ۱۸-۳ فرمولهای توابع قابلیت اطمینان برای توابع چگالی عمر که در گذشته مورد بحث واقع شدند ارائه شده، و نمودارهای شکل توابع به صورت تقریبی نشان داده شده.

با مراجعه به رابطه ۱۸-۱-۳ مشخص است که برای دستیابی به مقادیر قابلیت اطمینان می‌توان از جداول توزیع تجمعی استفاده نمود. در ضمیمه یک در آخر کتاب جدول مساحت‌های زیر منحنی نرمال استاندارد ارائه شده. بنابراین، با استفاده از این جدول، مقادیر قابلیت اطمینان برای دستگاه‌هاییکه تابع توزیع عمر آنها به منحنی‌های نرمال نزدیک است قابل برداشت است.

در شکل ۴-۱۸ نمودار مناسبی برای به دست آوردن قابلیت اطمینان در شرایطی که متوسط سرعت خرابی (یا متوسط عمر) معلوم بوده، و توزیع عمر دستگاه از توابع نمایی منفی پیروی کند ارائه شده در مثال ۳ در همین فصل، کاربرد نمودار نشان داده شده است.

نام تابع	فرمول تابع قابلیت اطمینان	نمودار تقریبی تابع قابلیت اطمینان
یکنواخت	$R(t) = \int_t^b c \cdot dt = \frac{b-t}{b-a}$ a = حداقل b = حداکثر c = ثابت	
نرمال	$R(t) = \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} \int_t^{\infty} e^{-\frac{(t-m)^2}{2s^2}} dt$ m = میانگین s = انحراف معیار	
نمایی منفی	$R(t) = e^{-\lambda t}$ λ = سرعت خرابی	
فوق نمایی	$R(t) = ke^{-rk\lambda t} + (1-k) \cdot e^{-r(1-k)\lambda t}$ λ = سرعت خرابی n = پارامتر شکل توزیع	
پواسون	$R(t) = e^{-n\lambda t}$ λ = سرعت خرابی n = تعداد زیرسیستم‌ها	
ویبول	$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{m}\right)^b}$ b = پارامتر شکل توزیع m = پارامتر خاصیتی توزیع	

شکل ۴-۱۸



شکل ۱۸-۴

مثال ۲

یک دستگاه تنظیم موتورهای بنزینی (*Tune-up*) که در کارگاه نت مورد بهره‌برداری قرار گرفته، به طور متوسط هر ۴۵ روز یک بار در اثر خرابیهای اضطراری از کار افتاده و احتیاج به تعمیر دارد. این دستگاه را هم اکنون تعمیر و

آماده نموده و برای کار در جهاد سازندگی به محل دوردستی فرستاده‌اند. دستگاه باید به مدت ۳۰ روز مورد استفاده جهاد قرار گیرد. با توجه به اینکه توزیع عمر این دستگاه تقریباً نزدیک به نرمال بوده و انحراف معیار آن حدود ۷ روز می‌باشد، چند درصد می‌توان اطمینان داشت که این دستگاه در مدت مأموریت خود بدون اشکال و خرابی کار کند؟ (قابلیت اطمینان سیستم برای انجام یک مأموریت ۳۰ روزه چند درصد است؟).

حل

با توجه به آنچه که در مورد روش استفاده از جداول و مساحت‌های منحنی نرمال در مثالهای مربوط به قسمتهای ۱۷-۵-۲ و ۱۷-۵-۶ گفته شد، مساحت زیر منحنی چگالی نرمال که در سمت راست نقطه ۳۰ قرار می‌گیرد مورد درخواست می‌باشد.

$$z = \frac{45 - 30}{7} = 2/14$$

با مراجعه به جدول ضمیمه یک در آخر کتاب داریم:

$$\text{مساحت} = 0/4838$$

$$\text{احتمال} = 0/5 + 0/4838 = 0/9838$$

یا با قابلیت اطمینان ۹۸/۳۸ درصد سیستم به صورت مطلوب از عهده مأموریت برخوردار خواهد آمد.

مثال ۳

یک ماشین تولیدی صنعتی در دوران عمر مفید خود به سر می‌برد. در چند سال گذشته که آمار خرابیهای ماشین جمع‌آوری شده، فاصله زمانی بین هر دو خرابی اضطراری روی این ماشین تقریباً ۱۴۰ روز بوده، و این عدد در چند سال گذشته تقریباً ثابت مانده است. در صورتیکه این ماشین هم اکنون تعمیر شده باشد، قابلیت اطمینان ماشین برای یک تولید مداوم ۱۸۰ روز (۶ ماهه) چند درصد است؟

حل

با توجه به اینکه ماشین در دوران عمر طبیعی خود به سر می‌برد، می‌توان حدس زد که تابع توزیع آن از نوع نمائی منفی باشد. (به مطالب قسمت ۱۷-۸ مراجعه فرمائید). این امر که متوسط فاصله بین دو خرابی ثابت بوده است نیز مبین این حقیقت می‌باشد. داریم:

$$\text{روز } m = 140 = \text{متوسط عمر}$$

$$\text{سرعت خرابی } \lambda = \frac{1}{m} = \frac{1}{140} = 0.00714$$

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} = 0.00714 e^{-0.00714 t} = 0.00276$$

یادداشت

به جای محاسبات بالا می‌توان از نمودار شکل ۱۸-۴ نیز برای بدست آوردن مقدار تقریبی قابلیت اطمینان استفاده نمود. روی محور سمت چپ عدد سرعت خرابی برابر با ۰/۰۰۷ انتخاب می‌شود. (یا روی همین محور عدد متوسط عمر برابر با ۱۴۰ انتخاب می‌شود). روی محور سمت راست، عدد ۴ برابر با ۱۸۰ انتخاب می‌شود. خط مستقیم اتصال‌دهنده نقاط انتخاب شده روی این دو محور، محور وسطی را که نشان‌دهنده قابلیت اطمینان (R) است در نقطه‌ای حدود ۰/۲۸ (۰/۲۵ تا ۰/۳) قطع می‌نماید.

مثال ۲

در شبکه آبرسانی شهر اصفهان تعداد ۱۲ عدد پمپ به صورت موازی بر روی رودخانه زاینده‌رود نصب شده و آب موردنیاز توسط این ۱۲ پمپ به داخل تصفیه خانه پمپاژ می‌شود. متوسط عمر این پمپ‌ها بین هر دو تعمیر حدود ۱۸ ماه بوده و تابع عمر آنها به پواسون قابل تقریب است.

الف) قابلیت اطمینان سیستم پمپاژ آب برای کارکرد ۳ ماهه تابستان چند درصد است؟
ب) در سه ماهه زمستان امکانات تعمیر پمپ‌ها وجود ندارد، بنابراین در آخر پائیز پمپ‌ها را تعمیر نموده‌اند، در طول زمستان لازمست حداقل ۸ دستگاه از این ۱۲

دستگاه پمپ سالم بماند. چند درصد می‌توان به این عمر اطمینان داشت؟ (فرض آنستکه در زمستان نیز در صورتیکه پمپ‌ها سالم باشند از همگی آنها با دبی پائین‌تری استفاده می‌شود. ولی این امر تأثیری در متوسط طول عمر پمپ‌ها نخواهد داشت).
(ج) در صورتیکه برای شرایط ب احتیاج باشد که تا ۵۰ درصد مطمئن باشیم، حداقل باید چند پمپ را به صورت موازی در شبکه نصب نمود؟

حل

(الف)

با توجه به آنچه که در قسمت ۱۲-۵-۵ گفته شد داریم:

$$t = 3 \text{ ماه} \quad n = 12 \quad \lambda = \frac{1}{m} = \frac{1}{18} = 0.0555 \frac{\text{نمرایی}}{\text{ماه}}$$

$$n\lambda t = 12 \times \frac{1}{18} \times 3 = 2$$

با مراجعه به شکل ۱۱-۱۷ (در فصل هفدهم)، با داشتن مقادیر $n\lambda t = 2$ و $r = 0$ مقدار قابلیت اطمینان برابر با ۰/۱۴ یا ۱۴ درصد خواهد بود.

(ب)

با توجه به اینکه حداقل باید ۸ پمپ به طور سالم در مدار باقی بماند، تعداد پمپ‌های دچار سانحه شده می‌تواند حداکثر ۴ دستگاه باشد. ($r = 4$)
با داشتن مقدار $n\lambda t = 2$ و $r = 4$ ، مقدار قابلیت اطمینان از شکل ۱۱-۱۷ تقریباً مساوی با ۰/۹۴ یا ۹۴ درصد به دست می‌آید.

یادداشت

به جای استفاده از نمودار شکل ۱۱-۱۷، برای محاسبات دقیق‌تر می‌توان از فرمول

عمومی:

$$F(t, r) = \sum_{r!}^t \frac{(n \cdot \lambda \cdot t)^r \cdot e^{-n\lambda t}}{r!} \quad (4-1-18)$$

که در گذشته نیز به آن اشاره شد (به قسمت ۱۷-۵-۵ مراجعه فرمائید) استفاده نمود. داریم:

$$n\lambda T = r$$

$$f(r, 0) = \frac{r^0 \times e^{-r}}{0!} = 0/1353$$

$$f(r, 1) = \frac{r^1 \times e^{-r}}{1!} = 0/2706$$

$$f(r, 2) = \frac{r^2 \times e^{-r}}{2!} = 0/2706$$

$$f(r, 3) = \frac{r^3 \times e^{-r}}{3!} = 0/1804$$

$$f(r, 4) = \frac{r^4 \times e^{-r}}{4!} = 0/0902$$

$$F(t, r) = \text{جمع} = 0/9471$$

(ج)

در اینجا با استفاده از نمودار شکل ۱۷-۱۱ باید با کاربرد یک روش سعی و خطا بهترین ترکیب اعداد صحیح n و r را برای داشتن اطمینان ۵۰٪ بیابیم:

اعداد انتخابی n	r	$n\lambda t$	قابلیت اطمینان (تقریبی)
۱۲	۴	۲/۰۰	۰/۹۴
۱۱	۳	۱/۸۳	۰/۹۰
۱۰	۲	۱/۶۷	۰/۸۰
۹	۱	۱/۵۰	۰/۵۰

که به نظر می‌رسد با داشتن ۹ پمپ در شبکه، تقریباً ۵۰ درصد اطمینان حاصل خواهد شد.

یادداشت

با استفاده از فرمول عمومی پواسون، مقدار دقیق‌تر $F(3, 1) = F(t, r)$ برابر با ۰/۵۵۷ به دست می‌آید.

۱۸-۲ قابلیت اطمینان سیستمهای مرکب

یک سیستم معمولاً از تعدادی اجزاء یا عناصر، یا تعدادی سیستمهای کوچکتر یا "زیرسیستم" تشکیل شده. نحوه استقرار اجزاء سیستم در کنار یکدیگر و وابستگی‌های بین این اجزاء بر قابلیت اطمینان سیستم تأثیرگذار خواهند بود.

در صورتیکه یک کارخانه تولیدی به عنوان یک سیستم منظور شود، آنگاه ماشین‌ها و سایر امکانات داخل کارگاه، مجموعه اجزاء یا "زیرسیستمهای" تشکیل‌دهنده کارگاه تلقی می‌شوند. در یک ماشین به عنوان یک سیستم، قطعات و اجزاء داخلی ماشین عبارت از "زیرسیستمهای" ماشین خواهند بود.

۱۸-۲-۱ ترکیبهای متوالی

یک کارگاه دارای سیستم تولیدی پیوسته را در نظر می‌گیریم. در این کارگاه بنا به نیازهای فرایند تولید، ماشینهای مختلفی که هر یک وظیفه‌ای جداگانه را به عهده دارند به صورت زنجیره‌ای به دنبال یکدیگر مستقر شده‌اند. در این جا رکود هر یک از ماشینها باعث رکود کارگاه و توقف فرایند تولید خواهد شد. در شکل ۱۸-۵ ماشینها (یا اجزاء سیستم) به صورت پیوسته یا زنجیره‌ای در کنار یکدیگر مستقر شده‌اند.



شکل ۱۸-۵.

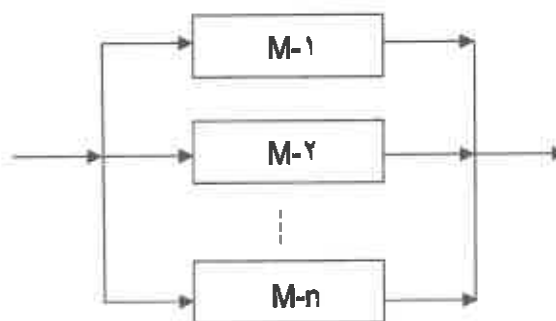
در فرایند تولید لازم خواهد شد که محصول از k مرحله مختلف، (ماشینهای $M-۱$ ، $M-۲$ ، ...، $M-k$ عبور نماید). سیستم‌هایی که ارتباطات بین اجزاء آنها مطابق مدل نشان داده شده در شکل ۱۸-۵ باشد را سیستمهای دارای "ترکیب متوالی" یا "سری" یا "زنجیره‌ای" می‌نامند. برای مثال، برای تولید یک کتاب لازمست ماشینهای برش کاغذ، چاپ، و صحافی به ترتیب مأموریت‌های لازم را برای تکمیل فرایند انجام دهند و رکود هر یک از ماشینها عمل تولید کتاب را متوقف خواهد نمود^۱.

۱- فرض آنستکه بین ماشینها فضا برای ذخیره محصولات نیمه تمام در نظر گرفته نشده.

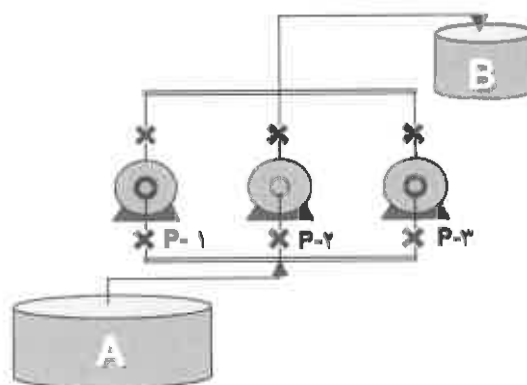
۲-۲-۱۸ ترکیبهای موازی

برای معرفی نوع دیگر از ترکیب اجزاء، سیستمی را که قادر است عملیات لازم در فرایند را تنها در یک مرحله و توسط یک جزء از سیستم اجراء نماید در نظر می‌گیریم. در شکل ۱۸-۶ الف نمونه‌ای از این نوع ترکیب نشان داده شده. در اینجا هر یک از ماشینهای $M-1$ تا $M-n$ به تنهایی قادر خواهند بود که کل مأموریت سیستم را اجراء نمایند.

تنها در صورتی در سیستم رکود ایجاد خواهد شد که همگی ماشینها از کار بیفتند. ترکیبهای نشان داده شده در مدل شکل ۱۸-۶ الف را ترکیبهای "موازی" می‌نامند. در شکل ۱۸-۶ ب یک نمونه عملی از ترکیبهای موازی تعدادی الکتروپمپ نشان داده شده. دبی لازم که باید از منبع A به منبع B منتقل شود به تنهایی توسط هر یک از پمپها قابل تأمین خواهد بود. در نتیجه تنها کارکرد یکی از زیرسیستمها برای اجراء مأموریت سیستم کافی بوده و دو زیر سیستم دیگر به صورت یدک آماده به کار می‌باشند.



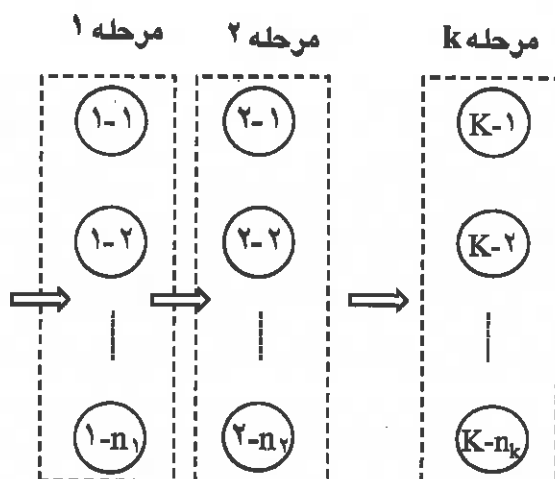
شکل ۱۸-۶ (الف)



شکل ۱۸-۶ (ب)

۳-۲-۱۸ ترکیبهای متوالی- موازی

در یک سیستم پیوسته شامل k مرحله، ممکنست برای انجام مأموریت در هر یک مراحل بیش از یک ماشین (یا جزء) مستقر گردد، تا در صورت خراب شدن یکی از ماشینها سیستم متوقف نشود. در این صورت برای کارکرد سیستم کافی خواهد بود که در هر یک از مراحل حداقل یک ماشین سالم و قابل بهره‌برداری باشد. مدل مربوط به این ترکیب، در شکل ۷-۱۸ نشان داده شده.

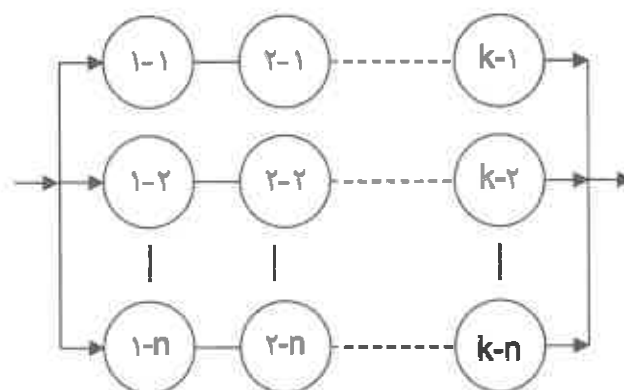


شکل ۷-۱۸

۴-۲-۱۸ ترکیبهای موازی از خطوط متوالی

برای بالا بردن قابلیت اطمینان یک سیستم متوالی این امکان وجود دارد که به جای استقرار یک خط متوالی، چند خط مشابه را که در هر یک از آنها اجزاء به صورت متوالی مستقر شده‌اند، به صورت موازی در کنار یکدیگر قرار داد. در شکل ۸-۱۸ مدلی برای نشان دادن این نوع ترکیب ارائه شده است.

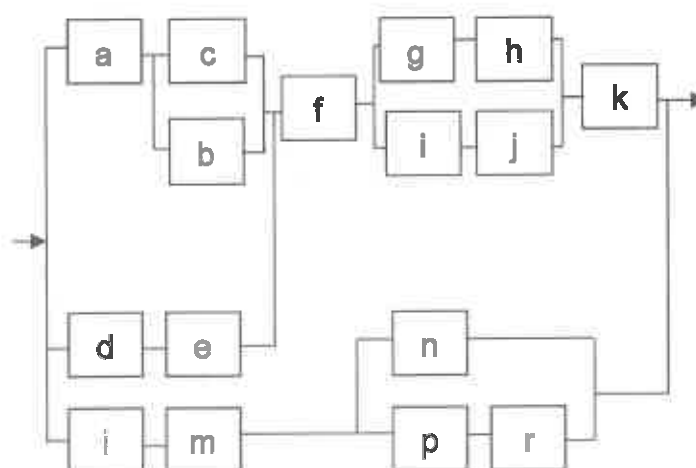
در این سیستم برای عمل کرد مطلوب لازم خواهد بود که از n خط موجود در سیستم، حداقل یکی از خطوط آمادگی لازم برای اجراء مأموریت را داشته باشد. به عبارت دیگر تنها قدرت و ظرفیت یک خط از n خط مستقر شده برای تأمین خدمات لازم کافی خواهد بود.



شکل ۱۸-۸

۱۸-۲-۵ ترکیبهای مختلط

در شکل ۱۸-۹ ارتباطات بین اجزاء یک سیستم نشان داده شده. این اجزاء ممکنست جمعاً تشکیل دهنده یک ماشین باشند، یا هر جزء عبارت از یک ماشین کامل باشد و مجموعه اجزاء یک سیستم کارگاه تولیدی را تشکیل دهند. فرض کنیم برای کارکرد مطلوب سیستم باید حداقل در یکی از مسیرهای سیستم امکان اجراء مأموریت وجود داشته باشد.



شکل ۱۸-۹

در صورت زیاد بودن تعداد عناصر (یا اجزاء) و وجود خطوط ارتباطی زیاد بین اجزاء تعداد مسیرهای ممکن در شبکه افزونی قابل توجهی خواهد داشت. در شکل ۱۸-۹ جمعاً ۸ مسیر به صورت زیر وجود دارد.

۱) مسیر $a-c-f-g-h-k$

۲) مسیر $a-c-f-i-j-k$

۳) مسیر $a-b-f-g-h-k$

۴) مسیر $a-c-f-i-j-k$

۵) مسیر $d-e-f-g-h-k$

۶) مسیر $d-e-f-i-j-k$

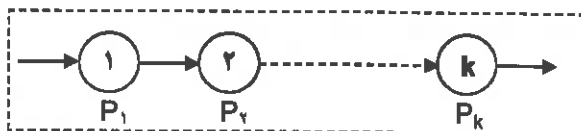
۷) مسیر $l-m-n$

۸) مسیر $l-m-p-r$

همانگونه که گفته شد برای عملکرد مطلوب سیستم لازم است که حداقل در یکی از مسیرهای ۸ گانه بالا، کلیه اجزاء سالم باشند.

۱۸-۲-۶ محاسبه قابلیت اطمینان در ترکیبهای متوالی

در شکل ۱۸-۱۰ یک ترکیب متوالی شامل k زیر سیستم یا k مرحله نشان داده شده. احتمال عملکرد سالم یک زیرسیستم در مرحله i را P_i می‌نامیم. با توجه به قوانین احتمالات و آنچه که در قسمت ۱۸-۲-۱ بیان شد داریم:



شکل ۱۸-۱۰

$$R_s = P_1 \times P_2 \times \dots \times P_k = \prod_{i=1}^k P_i \quad (1-2-18)$$

در اینجا R_s عبارت از احتمال کارکرد مطلوب سیستم (محصور شده در خطچین) یا "قابلیت اطمینان" کل سیستم می‌باشد.

مثال

برای تولید آندهای الکترولیز در یک کارخانه تولید آلومینیوم، لازمست مواد گرافیکی کک و قیر در یک کوره تحت حرارت قرار گرفته و از آنجا به داخل دستگاههای به هم زن (میکسر) منتقل شوند. پس از مخلوط شدن کامل، مواد به سمت یک دستگاه پرس برای شکل‌گیری هدایت شده و نهایتاً به کوره‌های پخت آند منتقل می‌شوند. احتمال کارکرد سالم و بدون عیب هر یک از اجزاء سیستم تولید آند برای یک ماه آینده به شرح زیر تخمین زده می‌شود.

نام اجزاء	درصد احتمال کارکرد سالم (P_i)
کوره اولیه	۹۰
میکسر	۸۵
پرس	۹۵
کوره پخت	۹۹

احتمال کارکرد سالم سیستم تولید آندهای الکترولیز برای یک ماه آینده چند درصد خواهد بود؟

حل

براساس فرمول (۱۸-۲-۱) داریم:

$$R_s = \prod p_i = 0.9 \times 0.85 \times 0.95 \times 0.99 = 0.72 \text{ درصد } ۷۲ \text{ یا}$$

۱۸-۲-۷ محاسبه قابلیت اطمینان در ترکیبهای موازی

در شکل ۱۸-۱۱ یک ترکیب موازی شامل n ماشین برای انجام مأموریت در یک مرحله تولیدی نشان داده شده. همان‌گونه که در قسمت ۱۸-۲-۲ گفته شد، تنها در صورتیکه همگی ماشینهای سیستم دچار رکود شوند، عملیات سیستم متوقف خواهد شد. می‌دانیم:

$$\text{احتمال خرابی} = 1 - \text{احتمال کارکرد مطلوب}$$

یا با کاربرد نماهای معرفی شده از قبل:

احتمال خرابی تمام - $R_s = 1 -$

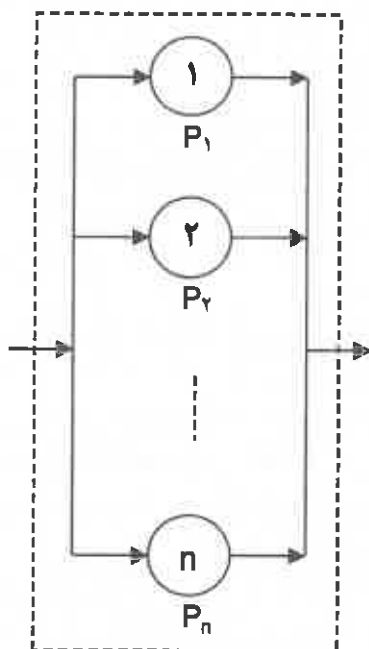
P_i = احتمال کارکرد سالم جزء i $1 - P_i$ = احتمال خرابی جزء i

با توجه به قوانین احتمالات، احتمال خرابی تمام اجزاء:

$$\text{احتمال} = (1 - P_1) \times (1 - P_2) \times \dots \times (1 - P_n)$$

یا در صورتیکه $1 - P_i$ را q_i بنامیم: (q_i عبارت از احتمال خراب شدن جزء i خواهد بود).

$$R_s = 1 - q_1 \times q_2 \times \dots \times q_n = 1 - \prod_{i=1}^n q_i \quad (2-2-18)$$



شکل ۱۸-۱۱

مثال

در یک ایستگاه بنزین شامل ۴ دستگاه پمپ، به علت خلوت بودن محل، همواره برای مشتری این امکان وجود دارد که به محض ورود به ایستگاه هر یک از ۴ پمپ را به دلخواه برای پرکردن باک اتومبیل انتخاب نماید. احتمال کارکرد سالم پمپ‌های ۱ تا ۴ به ترتیب $0/9$ ، $0/8$ ، $0/9$ ، $0/7$ تخمین زده می‌شود. چند درصد اطمینان وجود دارد که مشتری بتواند بنزین موردنیاز خود را از ایستگاه دریافت نماید؟

حل

داریم:

شماره پمپ	P_i	$q_i = 1 - P_i$
۱	$0/9$	$0/1$
۲	$0/8$	$0/2$
۳	$0/9$	$0/1$
۴	$0/7$	$0/3$

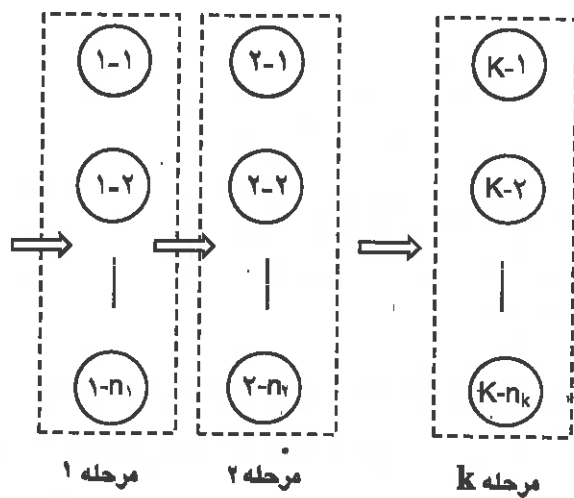
$$R_s = 1 - \prod_{i=1}^f q_i = 1 - 0/1 \times 0/2 \times 0/1 \times 0/3 = 0/9994$$

پس احتمال نزدیک به یقینی برای دریافت بنزین وجود خواهد داشت.

۱۸-۲-۸ قابلیت اطمینان در ترکیبهای موازی / متوالی

در شکل ۱۸-۱۲ یک مدل عمومی از این نوع ترکیب نشان داده شده.

شماره هر یک از اجزاء به صورت (i_j) در داخل دایره نشان داده شده. سیستم شامل k مرحله متوالی بوده و در هر مرحله تعدادی از اجزاء به صورت موازی در کنار یکدیگر مستقر شده‌اند. نماد i نشان‌دهنده مرحله و نماد j نشان‌دهنده شماره جزء در داخل مرحله i می‌باشد. هر مرحله i دارای n_i جزء موازی می‌باشد.



شکل ۱۸-۱۲

داریم:

قابلیت اطمینان مرحله یکم

$$R_{s1} = 1 - \prod_{j=1}^{n_1} q_{1,j}$$

قابلیت اطمینان مرحله دوم

$$R_{s2} = 1 - \prod_{j=1}^{n_2} q_{2,j}$$

قابلیت اطمینان مرحله k ام

$$R_{sk} = 1 - \prod_{j=1}^{n_k} q_{k,j}$$

قابلیت اطمینان کل سیستم:

$$R_s = \prod_{i=1}^k R_{si} = \prod_{i=1}^k \left(1 - \prod_{j=1}^{n_i} q_{i,j} \right) \quad (3-2-18)$$

در صورتیکه اجزاء داخل هر مرحله با یکدیگر مشابه باشند یعنی داشته باشیم:

$$q_{i,1} = q_{i,2} = \dots = q_{i,n_i}$$

آنگاه داریم:

$$\prod_{j=1}^{n_i} q_{i,j} = q^{n_i}$$

و در نتیجه:

$$R_s = \prod_{i=1}^k R_{s_i} = \prod_{i=1}^k (1 - \prod_{j=1}^{n_i} q_{i,j}) \quad (4-2-18)$$

مثال

در یک سیستم تولیدی شامل مراحل متوالی و ماشینهای موازی برای هر یک از

مراحل (مطابق مدل عمومی شکل ۱۸-۱۲)، داریم:

تعداد مراحل = ۳ مرحله

تعداد ماشینهای متشابه در مراحل ۱، ۲، ۳ =

به ترتیب ۳، ۲، ۳ ماشین

قابلیت اطمینان هر ماشین در مراحل ۱، ۲، ۳ =

به ترتیب ۰/۸، ۰/۷ و ۰/۹

در این شرایط قابلیت اطمینان کل سیستم چه خواهد بود؟

حل

داریم:

$$q_i = 1 - P_i$$

بنابراین:

$$q_1 = 1 - 0/8 = 0/2$$

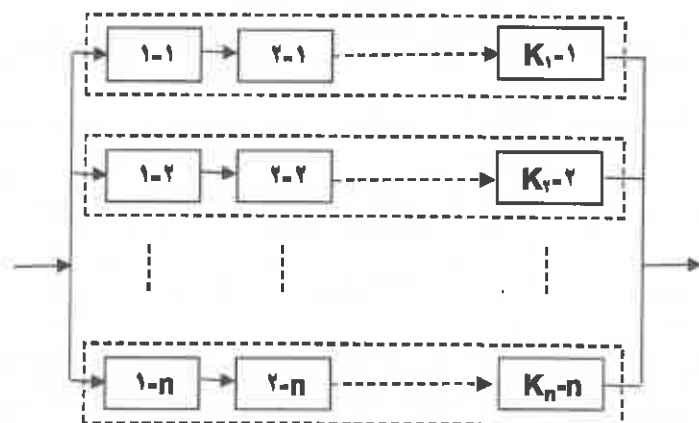
$$q_2 = 1 - 0/7 = 0/3$$

$$q_3 = 1 - 0/9 = 0/1$$

در نتیجه، براساس فرمول (۴-۲-۱۸) خواهیم داشت:

$$R_s = \prod_{i=1}^k R_{s_i} = \prod_{i=1}^k (1 - q^{n_i}) = (1 - 0/2^3) \times (1 - 0/3^2) \times (1 - 0/1^3) = 0/902$$

۹-۲-۱۸ محاسبه قابلیت اطمینان در ترکیبهای موازی از خطوط متوالی
در شکل ۱۳-۱۸ یک مدل عمومی از این ترکیب نشان داده شده:



شکل ۱۳-۱۸

در صورتیکه هر یک از خطوط پیوسته را که شامل k_i جزء متوالی است، یک "زیرسیستم" فرض کنیم، مجموعاً n زیر سیستم که به صورت موازی با یکدیگر ارتباط دارند ایجاد خواهد شد. (شکل ۱۴-۱۸)

قابلیت اطمینان هر یک از زیرسیستمهای، ۱، ۲، ...، n مطابق آنچه که در ۶-۲-۱۸ گفته شد عبارتست از:

$$R_1 = P_{1,1} \times P_{2,1} \times \dots \times P_{k_1,1} = \prod^{k_1} P_{i,1}$$

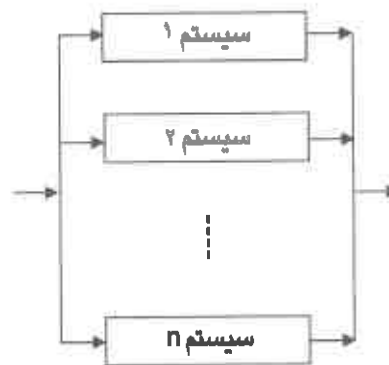
$$R_r = P_{1,r} \times P_{2,r} \times \dots \times P_{k_r,r} = \prod^{k_r} P_{i,r}$$

$$R_n = P_{1,n} \times P_{2,n} \times \dots \times P_{k_n,n} = \prod^{k_n} P_{i,n}$$

حال، با مراجعه به شکل ۱۴-۱۸، قابلیت اطمینان کل سیستم عبارتست از قابلیت اطمینان n سیستم موازی، و بنابراین، طبق آنچه که در قسمت ۷-۲-۱۸ گفته شده،

$$R_s = 1 - q_1 \times q_r \times \dots \times q_n = 1 - (1 - R_1)(1 - R_r) \times \dots \times (1 - R_n)$$

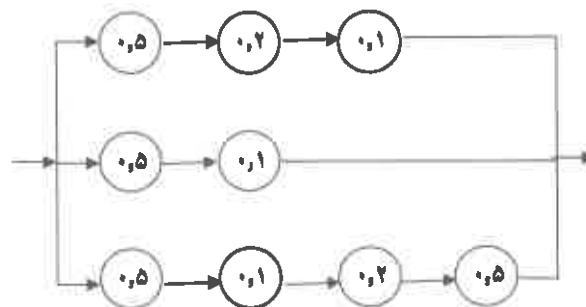
$$R_s = 1 - (1 - \prod^{k_1} P_{i,1})(1 - \prod^{k_r} P_{i,r}) \dots (1 - \prod^{k_n} P_{i,n}) \quad (۵-۲-۱۸)$$



شکل ۱۸-۱۴

مثال

در ترکیب نشان داده شده در شکل ۱۸-۱۵، قابلیت اطمینان هر یک از اجزاء در داخل دایره نشان داده شده. قابلیت اطمینان کل سیستم را حساب کنید.



شکل ۱۸-۱۵

حل

مطابق فرمول ۱۸-۲-۵ داریم:

$$R_s = 1 - [1 - (0.5 \times 0.2 \times 0.1)][1 - (0.5 \times 0.1)] \times [1 - (0.5 \times 0.1 \times 0.2 \times 0.5)] = 0.632$$

یا تقریباً ۶۳ درصد

۱۸-۲-۱۰ محاسبه قابلیت اطمینان در ترکیبهای مختلف

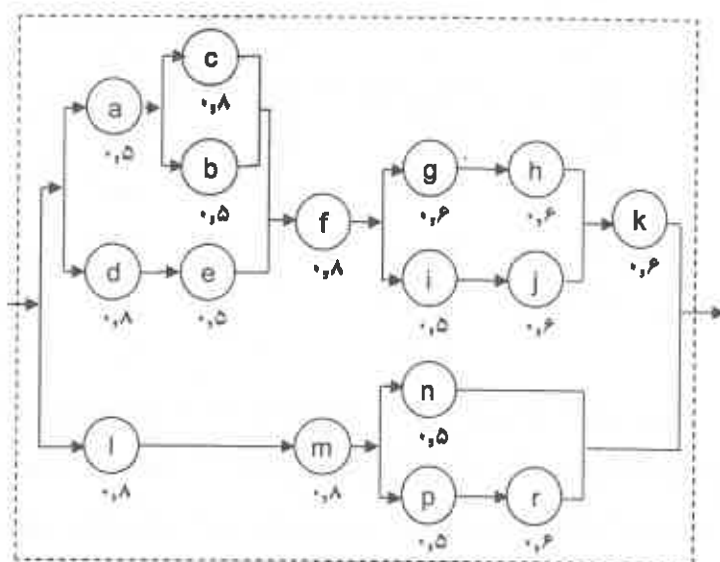
برای محاسبه قابلیت اطمینان در ترکیبهای مختلف (برای مثال به شکل‌های ۱۸-۱۶ و ۱۸-۹ مراجعه شود)، ممکنست یک سیستم را به چند زیرسیستم کوچکتر که هر یک از

آنها شامل چند قطعه یا چند جزء می‌باشند تقسیم نمود. انتخاب زیرسیستم‌ها می‌تواند به نحوی انجام گیرد که شکل داخل هر زیرسیستم با یکی از ترکیبهای گفته شده در قسمتهای قبلی مطابقت داشته باشد. در صورت پیچیده بودن ارتباطات و فزونی اجزاء سیستم، ممکنست لازم بشود هر زیر سیستم را نیز به چند زیرسیستم کوچکتر که هر یک از آنها شامل تعدادی از اجزاء باشند، تقسیم نمود، ...

با محاسبه قابلیت اطمینان زیرسیستم‌های کوچک، و بعد محاسبه قابلیت اطمینان زیرسیستم‌های بزرگتر، نهایتاً قابلیت اطمینان کل سیستم قابل محاسبه خواهد بود. مثال زیر روش محاسبات را روشن می‌سازد:

مثال

ترکیب نشان داده شده در شکل ۱۸-۱۶ موردنظر است. لازمست قابلیت اطمینان کل سیستم محاسبه شود. مقادیر قابلیت اطمینان هر یک از اجزاء سیستم در روی شکل نشان داده شده.



شکل ۱۸-۱۶

حل

با توجه به مقادیر قابلیت اطمینان که در شکل داده شده، مقادیر احتمال خرابی هر یک از اجزاء قابل محاسبه می‌باشد.

در صورتیکه برای نشان دادن قابلیت اطمینان از نماد R ، و برای نشان دادن احتمال خرابی از نماد q استفاده شود:

$$q = 1 - R$$

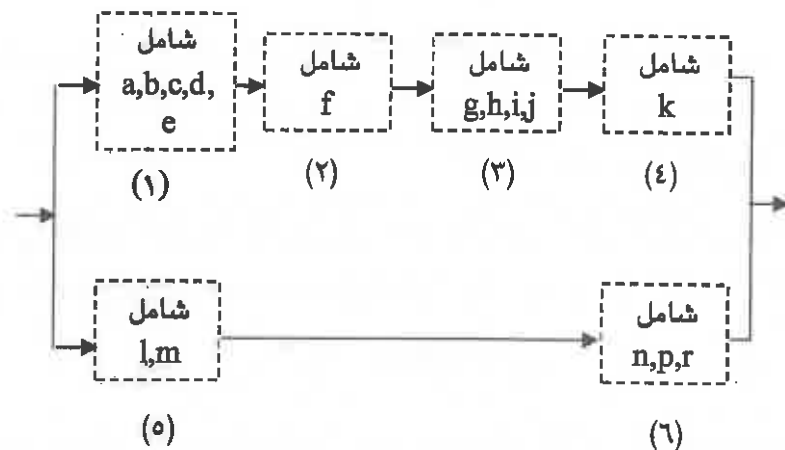
در جدول ۲-۱۸ مقادیر R و q برای اجزاء نشان داده شده در شکل ۱۶-۱۸ نوشته شده‌اند:

جدول ۲-۱۸

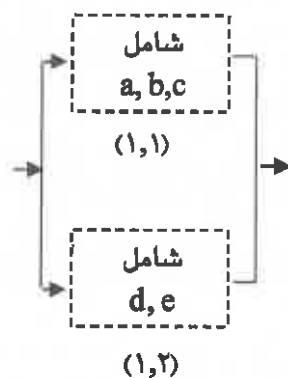
نام جزء	R	q	نام جزء	R	q
a	۰/۵	۰/۵	i	۰/۵	۰/۵
b	۰/۵	۰/۵	j	۰/۶	۰/۴
c	۰/۸	۰/۲	k	۰/۶	۰/۴
d	۰/۸	۰/۲	l	۰/۸	۰/۲
e	۰/۵	۰/۵	m	۰/۸	۰/۲
f	۰/۸	۰/۲	n	۰/۵	۰/۵
g	۰/۶	۰/۴	p	۰/۵	۰/۵
h	۰/۶	۰/۴	r	۰/۶	۰/۴

در مرحله اول، سیستم به چند زیرسیستم مطابق شکل ۱۷-۱۸ تقسیم شده: حال، به علت لزوم، بعضی از زیرسیستمهای شکل ۱۷-۱۸ به زیرسیستمهای ساده‌تر تقسیم می‌شود. مناسب است این عمل در مورد زیرسیستم (۱) انجام گیرد، تا ترکیب‌های حاصله براساس آنچه که در قسمتهای گذشته گفته شد قابل تعریف باشد.

در شکل ۱۸-۱۸، زیر سیستم (۱) به دو زیرسیستم (۱-۱) و (۲-۱) تقسیم شده:



شکل ۱۷-۱۸



شکل ۱۸-۱۸

زیرسیستم (۱-۱) عبارت از یک ترکیب متوالی- موازی، شامل دو مرحله است. در مرحله یکم تنها جزء a قرار گرفته، و در مرحله دوم اجزاء b, c مستقر هستند. بنابراین طبق فرمول ۱۸-۲-۳ داریم:

$$R_{(1,1)} = (1 - P_a)(1 - P_b \times q_c)$$

$$= (1 - 0.5)(1 - 0.5 \times 0.2) = 0.45$$

زیر سیستم (۲-۱) شامل یک ترکیب متوالی از اجزاء d و e است. طبق فرمول ۱۸-۲-۱ داریم:

$$R_{(r,1)} = R_d \times R_e = 0.1 \times 0.5 = 0.05$$

بنابراین، قابلیت اطمینان زیرسیستم (۱) که از دو زیرسیستم موازی (۱-۱) و (۲-۱) تشکیل شده، طبق فرمول ۱۸-۲-۲ عبارتست از:

$$R_{(1)} = 1 - q_{(1-1)} \times q_{(2-1)} = 1 - (1 - 0.95)(1 - 0.05) = 0.975$$

قابلیت اطمینان زیرسیستم (۲)، شامل جزء f ، مطابق شکل ۱۸-۱۶ برابر است با:

$$R_{(2)} = 0.1$$

قابلیت اطمینان زیر سیستم (۳)، با توجه به ترکیب موازی از دو خط متوالی قابل محاسبه است. طبق فرمول ۱۸-۲-۵ داریم:

$$\begin{aligned} R_{(3)} &= 1 - (1 - R_g \times R_h)(1 - R_i \times R_j) \\ &= 1 - (1 - 0.6 \times 0.6)(1 - 0.5 \times 0.6) = 0.552 \end{aligned}$$

قابلیت اطمینان زیرسیستم (۴) طبق شکل ۱۸-۱۶ برابر است با:

$$R_r = R_k = P_k = 0.6$$

زیرسیستم (۵) شامل دو جزء متوالی m و l است. بنابراین، براساس فرمول ۱۸-۲-۱۸ داریم:

$$R_{(5)} = R_l \times R_m = 0.1 \times 0.1 = 0.01$$

زیرسیستم (۶) شکل دو خط موازی از ترکیبهای متوالی است که در یکی از خطوط، تنها جزء n مستقر شده، و در خط دیگر، اجزاء p و r مستقر هستند. بنابراین، براساس فرمول (۱۸-۲-۱۸) داریم:

$$\begin{aligned} R_{(6)} &= 1 - (1 - R_n)(1 - R_p \times R_r) \\ &= 1 - (1 - 0.5)(1 - 0.5 \times 0.6) = 0.65 \end{aligned}$$

حال، در صورتیکه شکل ۱۸-۱۷ موردنظر قرار گیرد، کل سیستم از دو خط موازی که هر یک شامل چند زیرسیستم متوالی هستند تشکیل شده، و بنابراین براساس فرمول ۱۸-۲-۵ داریم:

$$R_s = 1 - (1 - R_{(1)} \times R_{(2)} \times R_{(3)} \times R_{(4)}) (1 - R_{(5)} \times R_{(6)})$$

$$= 1 - (1 - 0.67 \times 0.8 \times 0.552 \times 0.6) (1 - 0.64 \times 0.65) = 0.52 \text{ یا } 52\%$$

۱۸-۳ طرح بهینه یک سیستم متوالی / موازی

با استفاده از نتایج حاصل از مدل‌های منظور شده در قسمت ۱۸-۲-۸، می‌توان روش‌های مناسبی را به منظور بهینه نمودن سیستم‌های متوالی / موازی، با هدف حداکثر نمودن قابلیت اطمینان، ولی در چارچوب محدودیت‌های عواملی نظیر بودجه، فضا، ... ارائه نمود. روشن است که در یک شکل متوالی / موازی، با اضافه نمودن به تعداد اجزاء موازی، قابلیت اطمینان سیستم افزایش خواهد یافت ولی به دلیل محدودیت‌های حاکم بر سیستم، تعداد اجزاء موازی که می‌توان در یک سیستم منظور نمود، محدود خواهند بود. برای مثال، عواملی نظیر بودجه منظور شده برای خرید سیستم، یا قیمت تمام شده برای ساخت سیستم، همین‌طور حداکثر حجم یا وزن سیستم همگی از عواملی هستند که تعداد اجزاء موازی (یدک) در داخل سیستم را محدود خواهد نمود.

برای روشن شدن موضوع، فرض کنیم در یک کارگاه که به تولید یک قطعه فلزی خواهد پرداخت، لازمست عملیات ریخته‌گری، تراشکاری، و پولیش (صیقل دهی) روی قطعه انجام گیرد. برای این منظور، در صورتیکه از ماشینهای ریخته‌گری، تراشکاری و پولیش، هر کدام یک دستگاه برای کارگاه فراهم شود، و ظرفیت تولید هر یک از ماشینها درست برابر ظرفیت اسمی تولید کارگاه باشد، کارگاه تنها در صورتی قادر خواهد بود که قطعه موردنظر را در تعدادی برابر با ظرفیت اسمی تولید نماید که همگی ماشینها دائماً سالم و آماده به کار باشند. بدیهی است که به دلائل متعدد، ممکن است در هر آن، بعضی از ماشینها خراب باشند، و در نتیجه به دلیل پیوستگی فرآیند تولید، با خراب شدن هر

ماشین، کل سیستم تولید متوقف شود^۱. مهندسی نگهداری و تعمیرات تصمیم می‌گیرد. برای بالاتر بودن قابلیت اطمینان سیستم، به دلیل حساسیت و اهمیت تولید قطعه، در کنار ماشینهای موجود، ماشینهای یدکی را به صورت موازی منظور نماید.

فرض کنیم برای نصب هر ماشین، فضائی برابر با ۱۰ مترمربع لازم خواهد بود، و کل زمین قابل استفاده برای نصب یدک در کنار ماشینهای موجود، ۳۰ مترمربع می‌باشد در نتیجه امکان اضافه نمودن ۳ ماشین به سیستم موجود وجود دارد. در اینجا مجموعاً ۱۰ ترکیب مختلف و منطقی برای طراحی سیستم تولید وجود خواهد داشت. این ۱۰ ترکیب در جدول ۳-۱۸ نشان داده شده‌اند.

جدول ۳-۱۸: تعداد ماشینهای ممکن در کل سیستم تولید با توجه به محدودیت فضا

شماره ترکیب	ریخته‌گری	تراشکاری	پولیش
۱	۴	۱	۱
۲	۳	۲	۱
۳	۲	۳	۱
۴	۱	۴	۱
۵	۳	۱	۲
۶	۲	۲	۲
۷	۱	۳	۲
۸	۲	۱	۳
۹	۱	۲	۳
۱۰	۱	۱	۴

برای مثال، در ترکیب ۱، برای ماشین ریخته‌گری ۳ دستگاه یدک منظور شده، و برای دو ماشین دیگر، یدک در نظر گرفته نشده. یا در ترکیب ۶، برای هر یک از سه ماشین یک دستگاه یدک منظور گردیده است. میزان قابلیت اطمینان سیستم، به ازاء هر یک از

۱- برای ساده شدن مثال، فرض آنستکه در بین ماشینها فضائی برای نگهداری محصولات نیمه تمام (WIP) در نظر گرفته نشده.

ترکیبهای ارائه شده در جدول ۱۸-۳ می‌تواند عدد متفاوتی باشد. هدف از ایجاد مدل، یافتن بهترین ترکیب از بین ترکیبهای ممکن و منطقی ارائه شده در جدول ۱۸-۳ است که به ازاء آن قابلیت اطمینان سیستم به مقدار حداکثر برسد.

در صورتیکه لازم باشد هدف فوق‌الذکر توسط نمادهای ریاضی تعیین شود، با استفاده از نمادهای تعریف شده در این فصل، و کاربرد فرمول (۱۸-۲-۴) خواهیم داشت:

$$R_s = \prod_{i=1}^k (1 - q^{n_i}) \quad (\text{تابع هدف})$$

$$\sum n_i x_i \leq B \quad (\text{تابع محدودیت})$$

در فرمول تابع محدودیت، نماد n_i مربوط به جمع تعداد اجزاء (ماشینها) در مرحله i بوده، c_i پارامتر محدودیت مربوط به یک جزء در مرحله i ، و B عدد مربوط به محدودیت پارامتر موردنظر می‌باشد. در مثال ذکر شده در بالا، پارامترهای محدودیت مربوط به فضا یا مترمربع زمین می‌باشند. در این مثال، عدد c_i برای کلیه مراحل برابر با ۱۰ مترمربع بوده، و عدد B برابر با ۶۰ مترمربع در نظر گرفته می‌شود. (۳۰ مترمربع ماشینهای موجود و ۳۰ مترمربع ماشینهای یدک) در حل مسائل مربوط به اینگونه مدلها، می‌توان از روشهای برنامه‌ریزی ریاضی که در چارچوب موضوعات تحقیق در عملیات تدوین می‌شوند، نظیر برنامه‌ریزی اعداد صحیح، استفاده نمود. در شرایطی که تعداد ترکیبهای منطقی و ممکن کم باشند ممکن است با استفاده از روش "شمارش مستقیم" یا به عبارتی، ارزیابی همگی ترکیبها به صورت "سعی و خطا" به ترکیب بهینه دست یافت.

مثال

قرار است در طرح یک چاپخانه که ممکنست به دلیل خرابی اضطراری ماشینها دچار رکود شود، دستگاههای یدک در کنار دستگاههای موجود در نظر گرفته شود. سیستم چاپخانه از چهار مرحله عملیات، مطابق شکل ۸-۱۹ تشکیل شده. این چهار مرحله عبارتند از:

- مرحله ۱، ماشینهای چاپ
- مرحله ۲، ماشینهای تاکن

• مرحله ۳، ماشین برش

• مرحله ۴، ماشینهای صحافی

در این سیستم، به دلیل محدودیت‌های بودجه و محدودیت امکانات دسترسی به ماشینهای مشابه به عنوان یدک، تعداد ماشینهای چاپ و برش مشخص شده‌اند و قابل تغییر نیستند. (۲ دستگاه ماشین چاپ و یک دستگاه ماشین برش در سیستم منظور خواهد شد). بنابراین باید در چارچوب محدودیت بودجه، تعداد ماشینهای یدک برای مرحله‌های ۲ و ۴ را تعیین نمود.

این امر به عهده امور مهندسی نت واگذار شده است که با توجه به شرایط بالا، تعداد ماشینهای تاکن و صحافی را تعیین نماید. حداکثر (سقف) بودجه تعیین شده برای این سیستم برابر با ۵۱۰۰ واحد پول است. بدیهی است برای پاسخگویی به تولید موردنظر، در هر یک از مراحل چهارگانه وجود یک ماشین منفرد کافی خواهد بود. ولی به دلیل خرابیهای اضطراری، نصب ماشینهای یدک به صورت موازی با ماشینهای اصلی موردنظر قرار گرفته. قیمت هر یک دستگاه از ماشینها در مراحل مختلف در شکل ۱۸-۱۹ با نماد c نشان داده شده است.

همین طور اعداد مربوط به قابلیت اطمینان هر یک از دستگاهها در داخل چهار ضلعی در شکل نشان داده شده. لازمست اعداد بهینه n_2 و n_4 محاسبه شوند.

حل

مطابق آنچه که در این قسمت بیان شد، تابع قابلیت اطمینان که باید ماکزیمم شود عبارتست از:

$$R_s = R_1 \times (1 - q_2^{n_2}) \times (1 - q_3^{n_3}) \times (1 - q_4^{n_4})$$

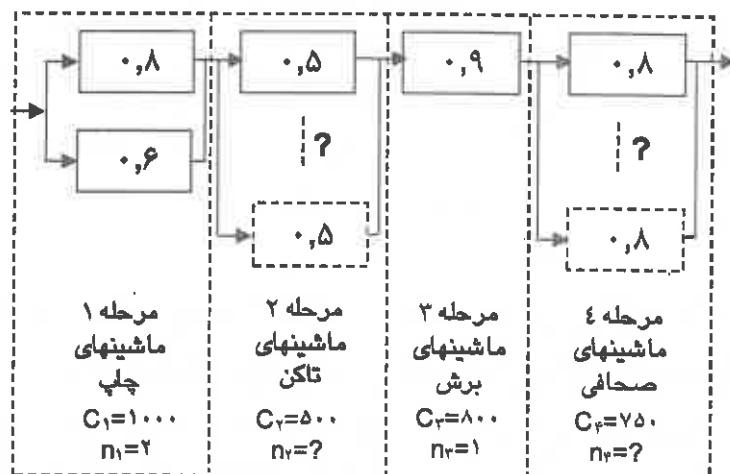
در فرمول فوق، R_1 مربوط به قابلیت اطمینان مرحله ۱ بوده، و مقادیر داخل هر پرانتز به ترتیب مربوط به مقادیر قابلیت اطمینان مراحل ۲، ۳، و ۴ می‌باشد.

محدودیت مسئله عبارتست از:

$$\sum n_i . c_i \leq B$$

یا

$$n_1 \cdot C_1 + n_2 \cdot C_2 + n_3 \cdot C_3 + n_4 \cdot C_4 \leq B$$



شکل ۱۸-۱۹

مطابق اطلاعات داده شده در صورت مسئله داریم:

$$R_1 = 1 - (1 - 0/1)(1 - 0/6) = 0/92$$

مقادیر q_2 تا q_4 به ترتیب برابرند با: $0/5$ ، $0/1$ و $0/2$ و بنابراین:

$$= 0/128(1 - 0/5^{n_2})(1 - 0/1^{n_4})$$

$$R_s = 0/92 \times (1 - 0/5^{n_2})(1 - 0/1)(1 - 0/2^{n_4})$$

از سوی دیگر، به دلیل محدودیت بودجه تعیین شده خواهیم داشت:

$$(1000 \times 2) + (500 \times n_2) + (800 \times 1) + (750 \times n_4) \leq 5100$$

یا

$$500 \cdot n_2 + 750 \cdot n_4 \leq 2300$$

یا

$$n_2 \leq \frac{2300 - 750 \cdot n_4}{500}$$

حال کلیه ترکیبهای ممکن و منطقی در نظر گرفته می‌شود:

مقدار انتخابی n_p	مقدار منطقی n_p با توجه به شرط محدودیت بودجه	مقدار R_s
۱	$n_p \leq 3/1 \rightarrow n_p = 3$	۰/۵۷۹۶
۲	$n_p \leq 1/6 \rightarrow n_p = 1$	۰/۳۹۷۴
۳	غیرمنطقی $n_p \leq 0/1 \rightarrow$	-

از اعداد جدول بالا مشهود است که n_p نمی‌تواند عدد صحیح بزرگتر از ۲ باشد، چون در این صورت عدد صحیح n_p کوچکتر از یک شده، و ماشین تاکن از سیستم تولید حذف می‌شود. این ترکیب غیرمنطقی خواهد بود بنابراین تنها دو حالت وجود دارد که از بین این دو حالت ترکیب $n_p = 1$ و $n_p = 3$ مقدار قابلیت اطمینان سیستم (R_s) را حداکثر می‌کند. بدیهی است مقدار بودجه لازم برای طراحی از سقف پیش بینی شده بیشتر نخواهد شد:

$$\sum n_i . C_i = 2 \times 1000 + 3 \times 500 + 1 \times 100 + 1 \times 750 = 5050$$

بنابراین ترکیب بهینه سیستم چاپ با توجه به محدودیت بودجه به شرح زیر است:

ماشین چاپ : ۲ دستگاه

ماشین تاکن : ۳ دستگاه

ماشین برش : ۱ دستگاه

ماشین صحافی : ۱ دستگاه

۱۸-۴ شاخصهای ارزیابی امکانات پشتیبانی

در قسمتهای گذشته ضمن تعاریف ارائه شده در مورد شاخص قابلیت اطمینان، مقادیر کمی این شاخص مورد بحث و تحلیل واقع گردیدند. همچنین، ضمن ارائه مثالهای عددی، یا در متن مباحث، به عواملی نظیر سرعت خرابی یا میانگین فاصله زمانی بین دو خرابی متوالی اشاره شد. در این قسمت، اهم پارامترهای کمی مورد استفاده در ارزیابی امکانات

پشتیبانی، شامل "قابلیت اطمینان" و "قابلیت تعمیر" یا "تعمیرپذیری"^۱ "مورد بحث واقع می‌شوند.

۱-۴-۱۸ شاخصهای مربوط به قابلیت اطمینان

فرکانس یا سرعت خرابی عبارت از تعداد خرابیها در واحد زمان می‌باشد. فرکانس خرابی را با نماد λ نشان می‌دهیم:

$$\lambda = \frac{\text{تعداد خرابیها در یک سیکل زمانی}}{\text{جمع زمان سیکل}} \quad (۱-۴-۱۸)$$

برای مثال، در صورتیکه در یک سیکل زمانی ۱۱ ماهه، شامل ۲۲ روز کار در هر ماه و ۲ نوبت ۸ ساعت کار در هر روز، جمعاً روی یک ماشین ۱۰ بار خرابی اتفاق افتاده باشد، خواهیم داشت:

$$\lambda = \frac{۱۰}{۱۱ \times ۲۲ \times ۲ \times ۸} = ۰/۰۰۲۶ \frac{\text{خرابی}}{\text{ساعت}}$$

متوسط فاصله زمانی بین دو خرابی متوالی: متوسط فاصله زمانی بین دو خرابی را با نماد μ نمایش می‌دهیم:

$$\mu = \frac{1}{\lambda} \quad \text{واحد زمانی (ساعت)} \quad (۲-۴-۱۸)$$

متوسط فاصله زمانی بین دو خرابی با نماد $MTBF$ ^۲ نیز نشان داده می‌شود.

$$MTBF = \mu = \frac{1}{\lambda} \quad (۳-۴-۱۸)$$

با در دست داشتن مقادیر λ یا μ (یا $MTBF$) می‌توان عدد مربوط به قابلیت اطمینان را به ازاء عمرهای مختلف محاسبه نمود. (در شکل‌های ۱۱-۱۷ و ۱۸-۴ نمودارهای مناسبی جهت محاسبه مقادیر قابلیت اطمینان ارائه شده).

سه (یا ده) سیستم یا ماشین با بیشترین خرابی
یا بیشترین زحمت بری (TTT):

برای مشخص نمودن سیستم‌ها یا ماشین‌هاییکه بیشترین خرابی را در یک دوره زمانی داشته‌اند، می‌توان از شاخص TTT' استفاده نمود. فرض کنیم در یک ماه مشخص، عدد λ (فرکانس خرابی) برای ۱۵ ماشین موجود در یک کارگاه مطابق جدول زیر بوده:

جدول ۱۸-۴

نام ماشین λ (خرابی / هفته)	a	b	c	d	e	f	g	h
	۵	۲	۷	۳	۱۰	۱۲	۲	۷
نام ماشین λ (خرابی / هفته)	i	j	k	l	m	n	p	
	۴	۵	۱۳	۲	۱۵	۴	۳	

از مجموعه ۱۵ ماشین بالا، یک زیرمجموعه شامل سه ماشین را که بزرگترین عدد λ را دارند انتخاب و این زیرمجموعه را TTT می‌نامیم:

$$TTT = \{m, f, k\}$$

حال در صورتیکه ماشینی برای m دوره متوالی یا n دوره غیرمتوالی ($m < n$) در زیر مجموعه TTT ظاهر شود، ممکنست نسبت به بررسی علل خرابی و ایجاد تغییرات در طرح ماشین یا نحوه بهره‌برداری از ماشین اقدام نمود.

در تعیین زیرمجموعه TTT ممکنست به جای λ ، از شاخصهای دیگری نظیر بودجه صرف شده جهت تعمیرات در یک دوره مشخص، یا نفر-ساعت صرف شده در یک دوره مشخص استفاده نمود.

متوسط زمان بین دو تعمیر (شامل تعمیرات اضطراری و تعمیرات پیشگیری)

یک سیستم ممکنست هر چندگاه یکبار دچار خرابی اضطراری شود که در این صورت لازمست تعمیرات اضطراری بر روی سیستم اعمال شود. علاوه بر آن لازم خواهد بود که در

1- Three Top Troubling = Tripple Tee

« سه ماشین با بیشترین زحمت. در مرحله‌ی کلمه اول به جای Three، تبدیل به کلمه Ten یا ده شده و بنابراین زیرمجموعه شامل ۱۰ ماشین یا بیشترین زحمت خواهد بود.

فواصل مشخص و از پیش تعیین شده، تعمیرات پیشگیری روی سیستم اعمال گردد. در صورتیکه لازم باشد متوسط زمان بین دو تعمیر متوالی که ممکنست از نوع پیشگیری یا اضطراری باشد محاسبه شود، داریم:

$$MTBM = \frac{1}{\frac{1}{MTBF} + \frac{1}{MTBP}} = \frac{1}{\lambda + F} \quad (۵-۴-۱۸)$$

که در آن:

$MTBM$ = متوسط زمان بین دو تعمیر^۱

$MTBF$ = متوسط زمان بین دو تعمیر اضطراری^۲

$MTBP$ = متوسط زمان بین دو تعمیر پیشگیری^۳

λ = فرکانس خرابیهای اضطراری

F = فرکانس تعمیرات پیشگیری

مثال

یک ماشین به طور متوسط هر سه ماه یک بار دچار خرابیهای اضطراری می‌شود. طبق برنامه‌های پیشگیری که برای این ماشین تهیه شده، ماشین باید هر یک ماه یک بار تحت تعمیرات پیشگیری قرار گیرد. این ماشین به طور متوسط چند روز یکبار برای انجام تعمیرات متوقف می‌شود؟

حل

داریم:

$MTBF = ۳$ ماه

$MTBP = ۱$ ماه

$$MTBM = \frac{1}{\frac{1}{3} + \frac{1}{1}} = ۰/۷۵ \text{ ماه} = ۲۲/۵ \text{ روز}$$

-
- 1- Mean Time Between Maintenance
2- Mean Time Between Failures
3- Mean Time Between Preventive Maintenance

۱۸-۴-۲ شاخصهای مربوط به تعمیرپذیری

دو ماشین با مشخصات مشابه را که توسط دو کارخانه مختلف طراحی شده‌اند در نظر می‌گیریم. برای مثال، دو دستگاه موتور الکتریکی با توان، دور، ولتاژ، ...، مشابه که یکی توسط کارخانه X و دیگری توسط کارخانه Y طراحی و تولید شده است در نظر گرفته می‌شود. گویانکه این دو موتور از نظر مشخصات بهره‌برداری مشابه هستند، ولی به احتمال زیاد از نظر طراحی و نحوه اتصال قطعات با یکدیگر تفاوت‌هایی خواهند داشت. تفاوت در طرح و شکل قطعات طبیعتاً باعث ایجاد تفاوت در شرایط لازم برای باز و بست کردن و تعمیر دستگاهها خواهد شد.

مثلاً در صورتیکه سیم‌پیچی استاتور هر دو موتور دچار سوختگی شود، ممکنست با یک سری امکانات تعمیراتی ثابت، بتوان یکی از دو موتور را در مقایسه با موتور دیگر در فرصت کوتاهتری مجدداً سیم‌پیچی و آماده بهره‌برداری نمود. در این صورت می‌توان گفت موتوری که در فرصت کوتاه‌تر قابل تعمیر بوده است از خاصیت "تعمیرپذیری" بیشتری برخوردار است. برای ارزیابی مقایسه‌ای خصوصیت تعمیرپذیری، شاخصهای معمول و متداول به شرح زیر معرفی می‌شوند:

متوسط زمان لازم برای تعمیر اضطراری

یک سیستم که در n نوبت در گذشته دچار خرابی اضطراری شده و زمان لازم برای تعمیر سیستم در نوبت i برابر با t_i بوده است، متوسط زمان لازم برای تعمیر آن برابر خواهد بود یا:

$$T_e = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \quad (18-4-6)$$

در صورتیکه برای عناصر یا اجزاء یک سیستم مرکب مقدار T_e تعیین شد، باشد، متوسط زمان لازم برای تعمیر سیستم که هر یک از اجزاء آن احتمال خراب شدن دارند عبارت خواهد بود از:

$$T_e = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i T_i}{\sum \lambda_i} \quad (18-4-7)$$

که در آن:

T_i = متوسط زمان لازم برای تعمیر جزء یا عنصر i
 λ_i = فرکانس خرابی عنصر i (= سرعت خرابی عنصر i) می‌باشد.
 مقدار T_e را با نماد $MTTR$ یا متوسط زمان لازم برای تعمیر نیز نشان می‌دهند.

مثال

یک سیستم به دو زیر سیستم مکانیکی و الکتریکی قابل تقسیم است. روی قسمتهای الکتریکی به طور میانگین در ماه ۱۰ بار خرابی ایجاد شده، و متوسط زمان لازم برای تعمیر عیوب الکتریکی ۲۴ دقیقه بوده است. قسمتهای مکانیکی به طور متوسط در ماه ۲ بار خرابی دارند و زمان لازم برای رفع اشکالات مکانیکی به طور میانگین ۱/۵ ساعت بوده است. در این شرایط متوسط زمان لازم برای تعمیر سیستم چه خواهد بود؟

حل

براساس فرمول ۱۸-۴-۷ داریم:

T_i	λ_i	زیر سیستم (i)
۲۴ دقیقه	$\frac{۱۰}{\text{ماه}}$	الکتریکی
۹۰ دقیقه	$\frac{۲}{\text{ماه}}$	مکانیکی

در نتیجه:

$$T_e = \frac{(10 \times 24) + (2 \times 90)}{10 + 2} = 35 \text{ دقیقه}$$

متوسط زمان برای تعمیرات پیشگیری:

ممکنست بر روی یک سیستم انواع تعمیرات پیشگیری با دوره‌های تناوب مختلف اعمال گردد. داریم:

$$T_p = \frac{\sum F_i \cdot P_i}{\sum F_i} \quad (۸-۴-۱۸)$$

که در آن:

T_p = متوسط زمان لازم برای اعمال تعمیرات پیشگیری روی سیستم

F_i = فرکانس اعمال تعمیرات پیشگیری نوع i

P_i = متوسط زمان لازم برای اعمال تعمیرات پیشگیری نوع i

مثال

بر روی یک ماشین پرس سه نوع تعمیرات پیشگیری با زمانهای متوسط نشان داده شده در زیر اعمال می‌شود.

متوسط زمان لازم برای هر بار تعمیر پیشگیری روی این سیستم چند دقیقه است؟

نوع تعمیرات (i)	فرکانس (F_i)	متوسط زمان (P_i)
هفتگی	$\frac{۵۰}{\text{سال}}$ بار	۱۰ دقیقه
ماهانه	$\frac{۱۲}{\text{سال}}$ بار	۳۰ دقیقه
۶ ماهه	$\frac{۲}{\text{سال}}$ بار	۱۳۰ دقیقه

$$T_e = \frac{(۵۰ \times ۱۰) + (۱۲ \times ۳۰) + (۲ \times ۱۳۰)}{۵۰ + ۱۲ + ۲} = ۱۷/۵ \text{ دقیقه}$$

متوسط زمان لازم برای تعمیر، شامل تعمیرات پیشگیری و اضطراری

مقدار کمی این شاخص از فرمول زیر قابل محاسبه است:

$$T = \frac{(\lambda \times T_e) + (F \times T_p)}{\lambda + F} \quad (۹-۴-۱۸)$$

که در آن:

T = متوسط زمان لازم برای هر تعمیر (پیشگیری یا اضطراری)

F = تعداد دفعات (فرکانس) اعمال تعمیرات پیشگیری در واحد زمان

λ = متوسط تعداد دفعات خرابی اضطراری در واحد زمان و نمادهای T_p و T_e مطابق تعاریف قسمت قبل هستند.

مثال

بر روی یک سیستم در یک سال جمعاً ۶۴ بار تعمیرات اعمال می‌شود، و متوسط زمان لازم برای هر تعمیر ۱۷/۵ دقیقه محاسبه شده. این سیستم به طور میانگین ۴ بار در سال دچار خرابی اضطراری شده و متوسط زمان لازم برای رفع خرابیهای اضطراری ۴۰ دقیقه بوده است. متوسط زمان لازم برای هر تعمیر روی این سیستم چند دقیقه است؟

حل

داریم:

$$T_p = 17/5 \quad F = 64 \quad T_e = 40 \quad \lambda = 4$$

بنابراین مطابق فرمول ۱۸-۴-۹ خواهیم داشت:

$$T = \frac{(4 \times 40) + (64 \times 17/5)}{4 + 64} = 18/1$$

تئوریهای مهندسی نگهداری و تعمیرات

۱-۱۹ بحثی پیرامون فواصل زمانی مناسب بین دو تعمیر پیشگیری (PM)

برای جلوگیری از خرابیهای اضطراری و به منظور بالا بردن عمر مفید سیستمها مطمئناً اعمال تعمیرات پیشگیری در شرایط بخصوصی لازم و مفید می باشد. بدیهی است میزان اعمال تعمیرات پیشگیری باید در حدودی اقتصادی و قابل قبول باشد. به این دلیل که انجام تعمیرات پیشگیری خود شامل هزینه های نیروی انسانی، مواد، قطعات، هزینه توقف ماشینها، و سایر هزینه های بالاسری معمول در نگهداری و تعمیرات خواهد بود.

روشن است که در سیستم های تولید پیوسته و انبوهی در صورتیکه لازم باشد سیستمها به منظور تعمیرات پیشگیری متوقف شوند، آنگاه هزینه های رکود سیستم که به منظور بازرسیهای فنی و سایر امور مربوط به تعمیرات پیشگیری انجام گرفته بسیار زیاد خواهد بود. از سوی دیگر طولانی شدن فواصل زمانی بین تعمیرات پیشگیری نیز باعث ایجاد خسارت به علت بروز خرابیهای اضطراری خواهد گردید. در این میان لازمست در هر سیستم تولیدی و برای هر ماشین، فاصله زمانی بهینه برای انجام تعمیرات پیشگیری که به ازاء آن جمع هزینه های تعمیرات اضطراری و پیشگیری به حداقل می رسد محاسبه شود.

در یک حالت ایده‌آل مناسب است تعمیرات پیشگیری دقیقاً در لحظه‌ای اعمال شوند که اگر در این لحظه اعمال نشوند، دستگاه دچار خرابی خواهد شد.^۱ ولی متأسفانه پیش‌بینی دقیق لحظه‌ای که خرابی اتفاق خواهد افتاد امکان‌پذیر نیست. در شرایط ویژه‌ای ممکنست بتوان روی دستگاه وسائلی را نصب نمود که وضعیت آن را به طور مستمر نشان دهد. برای مثال نصب وسایل اخطاردهنده (بوقها، چراغهای قرمز، ...) شرایط دستگاه را دائماً کنترل نموده و اعلام می‌نمایند.^۲ در این شرایط ممکنست با دریافت علائم از وسایل اخطاردهنده به تعمیرات پیشگیری روی دستگاه پرداخت. ولی برای بسیاری از سیستم‌ها نصب چنین وسایل اخطاردهنده روی کلیه اجزاء سیستم امکان‌پذیر نیست. به این دلیل که با نصب وسایل اخطاردهنده هزینه‌های طراحی، و ساخت دستگاه به حد غیراقتصادی افزایش یافته، و حجم و وزن ماشینها نیز به صورتی غیرمتناسب زیاد خواهد شد. در مواردی نیز دستگاهها در مراحل که خطرانی برای آنها در پیش باشد به طور طبیعی علائمی را از خود بروز می‌دهند. برای مثال، ممکنست با شنیدن صداهای ناهنجار و غیرطبیعی یا لرزشهای بیش از حد به احتمال بروز خساراتی روی دستگاه پی برده، و سریعاً به عملیات پیشگیری قبل از خرابی پرداخت.^۳

بدیهی است در موارد زیاد این علائم زمانی ظاهر می‌شوند که عملاً دستگاه دچار خسارت شده است. (دود کردن یا تاقانهای موتور اتومبیل وقتی اتفاق می‌افتد که یا تاقانها سوخته‌اند).

دستگاهی را که طبق برنامه مشخص و از پیش تعیین شده‌ای تحت تعمیرات پیشگیری قرار می‌گیرد در نظر می‌گیریم. این دستگاه در ضمن بهره‌برداری به دو حالت متفاوت متوقف شده و تحت تعمیر قرار می‌گیرد:

۱- یک لامپ برقی را که لازمست دائماً در یک فضای تاریک به صورت روشن باقی بماند به عنوان یک سیستم در نظر می‌گیریم. برای جلوگیری از خرابی اضطراری (سوختن لامپ) می‌توان هر چند مدت یک بار (قبل از سوختن لامپ) آن را با یک لامپ نو تعویض نمود. حالت ایده‌آل آنست که در صورتیکه قرار است لامپ ۲۰۰۰ ساعت کار کند درست بهد از ۱۹۹۹/۹۰۰ ساعت کار لامپ را عوض کنیم ولی متأسفانه عدد ۲۰۰۰ کلاً احتمالی است.

۲- برای مثال درجه حرارت آب اتومبیل به طور مستمر نشان داده می‌شود.

۳- برای مثال با شنیدن صداهای غیرطبیعی در ترمز اتومبیل می‌توان به سائیده شدن لنت ترمز پی برد.

حالت اول: توقف دستگاه به خاطر انجام تعمیرات پیشگیری

حالت دوم: توقف دستگاه به خاطر خرابیهای اضطراری

"کارآئی"^۱ دستگاه را با تعریف "نسبت زمان آماده به کار بودن دستگاه به زمان برنامه ریزی شده برای کار" معرفی می کنیم. برای مثال، در صورتیکه یک ماشین در یک نوبت ۸ ساعته که برای کار تولیدی برنامه ریزی شده، به طور متوسط ۱/۵ ساعت به خاطر تعمیرات اضطراری یا پیشگیری متوقف باشد، کارآئی دستگاه عبارت خواهد بود از:

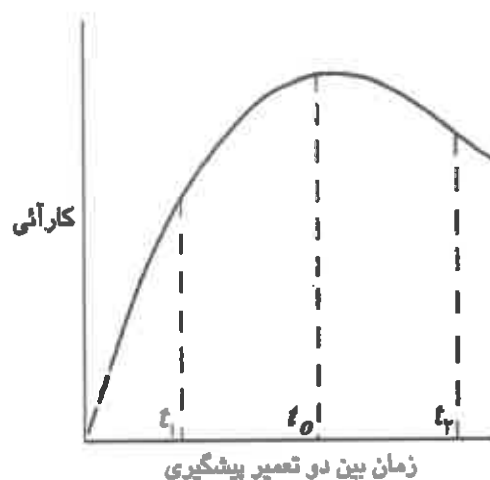
$$O.E = \frac{8 - 1/5}{8} = 0.875 \text{ یا } ۸۷.۵\%$$

توجه به این نکته لازمست که در صورتیکه دستگاه در فواصل بسیار کوتاه تحت تعمیرات پیشگیری قرار گیرد، گواينکه از زمانهای رکود اضطراری آن کاسته خواهد شد، ولی در هر حال زمانهای رکود لازم برای اعمال تعمیرات پیشگیری روی دستگاه زیاد بوده و در نتیجه کارآئی دستگاه کاهش خواهد یافت.

از سوی دیگر در صورتیکه تعمیرات پیشگیری در فواصل طولانی (دیر به دیر) اعمال شوند، آنگاه به علت فراوانی تعداد دفعات تعمیرات اضطراری، مجدداً کارآئی دستگاه کاهش خواهد داشت. توجه به این نکته نیز لازمست که معمولاً زمان لازم برای اعمال تعمیرات اضطراری از زمان لازم برای اعمال تعمیرات پیشگیری طولانی تر خواهد بود.

در نمودار شکل ۱۹-۱، تغییرات کارآئی یک سیستم با توجه به تغییرات زمان بین دو تعمیر پیشگیری نشان داده شده.

در صورتیکه فاصله زمانی بین دو تعمیر پیشگیری PM کوتاه باشد (مثلاً ۴) کارآئی سیستم به علت زمانهاییکه دستگاه برای تعمیر PM متوقف شده کم خواهد بود. به همین منوال در صورتیکه فاصله زمانی بین دو تعمیر PM خیلی زیاد انتخاب شود (مثلاً ۴۲) آنگاه نیز سیستم به علت فزونی زمانهای رکود به علت تعمیرات اضطراری دچار کاهش کارآئی خواهد گردید.

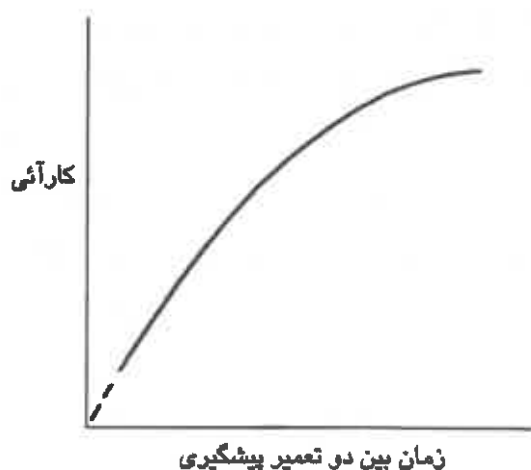


شکل ۱۹-۱

فاصله زمانی بهینه بین دو تعمیر PM در شکل ۱۹-۱ برابر با t_0 می‌باشد که به ازاء آن کارایی سیستم در حداکثر ممکن قرار خواهد گرفت^۱.

در فصل هفدهم کتاب (قسمت ۸-۱۷) به این نکته اشاره شد که در شرایط نبودن ماشینها انجام تعمیرات پیشگیری و تعویض قطعات نه تنها باعث افزایش قابلیت اطمینان نخواهد شد، بلکه در این شرایط، انجام تعمیرات پیشگیری، احتمال خرابی آنی سیستم‌ها را افزایش خواهد داد. در شرایط نو بودن سیستمها توابع توزیع عمر آنها نزدیک به نوع فوق نمائی منفی (*Hyper-exponential*) می‌باشد. توابع نزدیک به نوع فوق نمائی منفی دارای انحراف معیار زیاد (یا واریانس زیاد) نسبت به مقدار متوسط هستند. (به عبارت دیگر میزان پخش‌شدگی یا گستردگی آنها نسبت به مقدار متوسط زیاد است). برای دستگاههایی که توزیع عمر آنها از چنین توابعی پیروی می‌کنند، اعمال تعمیرات PM به معنی تعویض قطعات قبل از خرابی نه تنها باعث افزایش کارایی نخواهد شد، بلکه هر قدر که فاصله زمانی بین اعمال دو تعمیر پیشگیری کمتر باشد، کارایی دستگاه گاهش بیشتری خواهد داشت. این امر در نمودار شکل ۱۹-۲ نشان داده شده.

۱- بدیهی است در اینجا بهینه بودن زمان تنها از نظر کارایی مطرح گردیده. در صورتیکه عوامل اقتصادی و هزینه موردنظر باشد ممکنست نقطه بهینه محل دیگری را در روی محور زمان به خود اختصاص دهد.



شکل ۱۹-۲

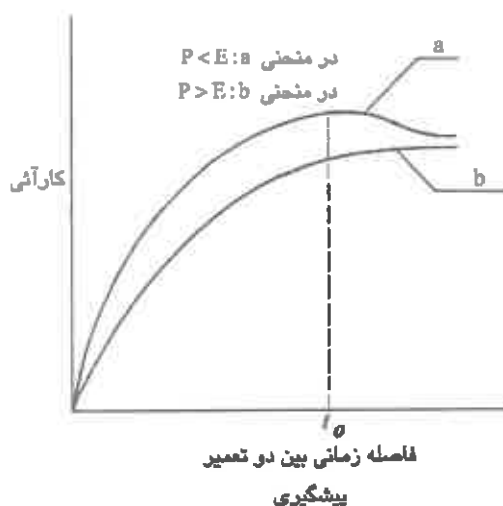
نمودار ۱۹-۲ نشان می‌دهد که برای ماکزیمم شدن کارآئی، فاصله زمانی بین دو تعمیر پیشگیری به سمت بی‌نهایت نزدیک می‌شود (به عبارت دیگر، در صورتیکه اصلاً تعمیرات PM روی دستگاه اعمال نشود، کارآئی سیستم به حداکثر خواهد رسید).^۱

منحنی نشان داده شده در شکل ۱۹-۱ (شکل قبلی) مربوط به دستگاههایی است که توابع توزیع عمر آنها گسترده نبوده و به توزیع نرمال و ویبول نزدیک باشند. بالعکس، منحنی نشان داده شده در شکل ۱۹-۲ کارآئی سیستمهایی را نشان می‌دهد که توابع توزیع عمر آنها دارای واریانس زیاد (گسترده‌گی زیاد) می‌باشد، و به توابع نمائی یا فوق نمائی نزدیک هستند.

ذکر این نکته ضروری است که منحنی نشان داده شده در شکل ۱۹-۱ در صورتی برای سیستمهای دارای توزیع عمر نزدیک به نرمال و ویبول با انحراف معیار (یا واریانس) کم تحقق می‌یابد که زمان لازم برای اعمال تعمیرات پیشگیری روی این سیستمها از زمان لازم برای اعمال تعمیرات اضطراری کمتر باشد. (و این موضوع به طور معمول صحت دارد).

۱- روشن است که انجام عملیاتی نظیر روان‌کاری، تنظیم و سرویس بر روی بسیاری از سیستمها در این شرایط نیز برای حفظ سیستم در موقعیت موجود الزامی خواهد بود. ولی انجام تعمیرات پیشگیری به معنای تعویض قطعات و نوسازی به زیان سیستم می‌باشد.

در صورتیکه زمان لازم برای تعمیرات پیشگیری مساوی یا طولانی‌تر از زمان لازم برای اعمال تعمیرات اضطراری باشد، آنگاه تعمیرات پیشگیری نه تنها کمکی به افزایش کارآئی ($O.E$) نخواهد نمود، بلکه باعث کاهش کارآئی نیز خواهد گردید. در شکل ۳-۱۹ نمودار تغییرات کارآئی به صورت منحنی‌های a و b نشان داده شده است. این دو منحنی هر دو می‌توانند مربوط به سیستم‌هایی باشند که تابع توزیع عمر آنها به نوع نرمال یا ویبول نزدیک بوده و دارای گستردگی کم می‌باشند. زمانهای لازم برای تعمیرات پیشگیری و اضطراری را به ترتیب P و E می‌نامیم.



شکل ۳-۱۹

در سیستم وابسته به منحنی a عدد P کوچکتر از E بوده و در نتیجه انجام تعمیرات PM در فواصل زمانی θ_0 باعث خواهد شد که سیستم از حداکثر کارآئی برخوردار گردد. در منحنی b گویانکه سیستم مربوطه از نظر تابع توزیع عمر دارای شرایط مناسب برای اعمال تعمیرات پیشگیری می‌باشد، معینا به دلیل طولانی بودن زمان لازم برای اعمال تعمیرات PM ($P > E$)، انجام تعمیرات PM از نظر افزایش کارآئی با آن تعریف که در ابتدای این بحث مطرح گردید، صحیح نخواهد بود^۱.

۱- لازم به توضیح است که در این بحث منظور از تعمیرات پیشگیری، تعویض قطعات یا اجزاء سیستم قبل از خرابی آنها است. در صورتیکه در مفهوم کلی عملیاتی نظیر تنظیم‌ها و سرویس‌های نظیر روانکاری و غیره نیز در تعمیرات پیشگیری منظور شود، بدیهی است که انجام این عملیات در زمانهای کوتاه امکان‌پذیر بوده و باعث افزایش عمر و کاهش احتمال از کارافتادگی خواهد شد.

شایان توجه است که هدف از اعمال تعمیرات PM تنها افزایش کارآئی (با توجه به تعریفی که از شاخص کارآئی به عمل آمد) نمی باشد. در صورتیکه پارامترهای اقتصادی، شامل هزینه های اعمال تعمیرات PM و اضطراری و هزینه های رکود سیستم نیز در مدل های تعیین فواصل بهینه تعمیرات PM منظور گردند، مدل های بهینه سازی و نتایج قابل حصول، با آنچه که در این قسمت مطرح گردید متفاوت خواهند بود. این مطالب در قسمت بعد مورد بحث قرار خواهند گرفت.

۱۹-۲ نمودارهای تعیین زمان بهینه برای تعمیرات پیشگیری با در نظر گرفتن عوامل زمان و هزینه

گفته شد که اعمال تعمیرات پیشگیری تنها در شرایطی که تابع توزیع عمر سیستمها دارای گستردگی زیاد نباشد منطقی و مفید خواهد بود.

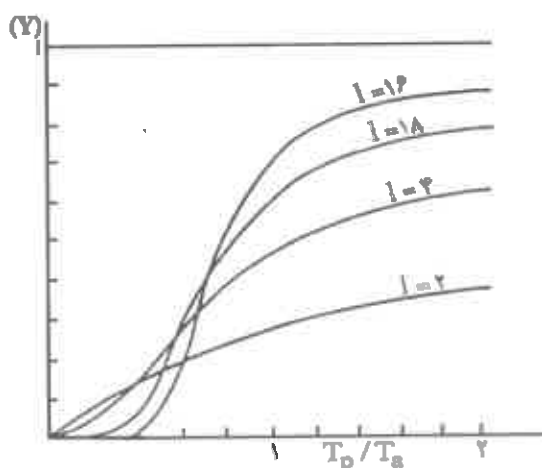
آن دسته از توابع توزیع عمر که گستردگی آنها کمتر از توابع نمائی باشد، معمولاً خواص لازم را دارند که سیستم های دارای توابع عمری نزدیک به این توابع تحت عملیات پیشگیری (PM) قرار گیرند. این توابع توزیع عمر در حالت کلی با فرمول ارلانگ^۱ ($Erlang$) قابل تعریف می باشند. در توابع توزیع ارلانگ، در صورتیکه پارامتر تعیین کننده میزان گستردگی (پخش شدگی) با نماد k نشان داده شود، میزان گستردگی تابع با نماد k نسبت معکوس خواهد داشت.

به عبارت دیگر، با بزرگتر شدن مقدار عددی k تابع گستردگی کمتری داشته، و با کوچکتر شدن عدد k تابع دارای گستردگی بیشتر، و در نتیجه انحراف معیار بزرگتری خواهد بود. در شرایطی که مقدار پارامتر گستردگی (k) به واحد نزدیک شود، تابع توزیع ارلانگ به تابع توزیع نمائی نزدیک می شود و با افزایش مقدار عددی k ، تابع توزیع ارلانگ به سمت توابع ویبول و نرمال نزدیک می گردد.

با توجه به آنچه که در مورد توابع ارلانگ گفته شد، می توان نتیجه گرفت که اعمال تعمیرات پیشگیری روی سیستم هایی که تابع توزیع عمر آنها نزدیک به توابع ارلانگ با

۱- برای مطالعه در توابع Erlang ممکنست به کتابهایی در موضوع آمار و احتمال مراجعه نمود. از جمله مراجعه شود به: A.W. Drake Fundamentals of Applied Probability Theory Mc.Graw Hill, Newyork.

پارامتر I بزرگتر از واحد است، منطقی و مفید خواهد بود. در این بحث لازمست علاوه بر عامل کارآئی (که در قسمت ۱۹-۱ مطرح شد) عوامل هزینه نیز موردنظر قرار گیرند. شکی نیست که در یک حالت کلی و عمومی هزینه‌های رکودهای اضطراری بیش از هزینه‌های رکودهای برنامه‌ریزی شده می‌باشد. برای مثال هزینه رکود اضطراری موتور ینک هواپیمای یک، موتوره که در حال پرواز است، به دلیل خطرات جانی که علاوه بر خطرات مالی در آن نهفته است بسیار زیاد خواهد بود. هزینه رکود برنامه‌ریزی شده (پیشگیری) برای این هواپیما هزینه‌ای را که به علت بیکار ماندن هواپیما مثلاً به مدت ۱۰ ساعت به خاطر تعویض موتور به سازمان هواپیمائی تحمیل شده شامل شده، و همین طور شامل هزینه‌های نیروی انسانی و قطعات و مصالح به کار گرفته شده جهت تعویض موتور خواهد شد. با توجه به آنچه که ضمن این مثال بیان شد، این نتیجه قابل حصول است که در تعیین سیاستهای بهینه برای انجام تعمیرات پیشگیری، تنها عامل کارآئی نمی‌تواند مورد ملاحظه قرار گیرد، بلکه لازم خواهد بود که به عوامل هزینه که عمدتاً شامل هزینه رکود و تعمیرات اضطراری و یا رکود و تعمیرات پیشگیری می‌شوند، توجه شود. در شکل ۱۹-۴ منحنی‌های مناسبی برای تعیین فاصله زمانی بهینه برای اعمال تعمیرات پیشگیری با در نظر گرفتن عوامل هزینه ارائه شده است.



شکل ۱۹-۴

پارامترهای زیر را تعریف می‌کنیم:

T_a = میانگین عمر سیستم

T_p = فاصله زمانی بین دو تعمیر پیشگیری متوالی

C_e = هزینه انجام یک ساعت تعمیرات اضطراری

C_p = هزینه انجام یک ساعت تعمیرات پیشگیری

C_D = هزینه یک ساعت رکود سیستم

t_p = زمان لازم برای انجام تعمیرات پیشگیری

t_e = زمان لازم برای انجام تعمیرات اضطراری

در شکل ۴-۱۹ پارامتر مربوط به محور قائم با Y نشان داده شده. داریم:

$$Y = \frac{t_p(C_D + C_p)}{t_e(C_D + C_e)} \quad (۱-۲-۱۹)$$

مقدار Y با داشتن مقادیر هزینه و زمان در فرمول فوق قابل محاسبه بوده و در نتیجه با

در دست داشتن میزان گستردگی تابع توزیع عمر (داشتن t)، مقدار کسر $\frac{T_p}{T_a}$ از شکل

۴-۱۹ قابل برداشت بوده، و از آنجا با داشتن T_a مقدار T_p قابل محاسبه می‌باشد. مثال زیر کاربرد منحنی را روشن می‌نماید.

مثال

براساس آمار جمع‌آوری شده توسط گروه مهندسی نت در یک شرکت تولیدی در

مورد یک دستگاه پرس هیدرولیکی اطلاعات زیر قابل برداشت است:

تابع توزیع عمر: نزدیک به ارلانگ با پارامتر گستردگی ($l=1$) و متوسط عمر ۶ هفته

متوسط زمان لازم برای اعمال تعمیرات پیشگیری: ۳ ساعت

متوسط زمان برای اعمال تعمیرات اضطراری: ۴ ساعت

هزینه اعمال یک ساعت تعمیرات پیشگیری: ۲۰۰۰ ریال

هزینه اعمال یک ساعت تعمیرات اضطراری: ۴۵۰۰ ریال

ارزش (هزینه) یک ساعت رکود ماشین: ۲۰,۰۰۰ ریال

الف) فاصله زمانی اقتصادی (بهینه) برای اعمال تعمیرات پیشگیری روی این دستگاه پرس چند روز است؟

حل

با توجه به فرمول ۱۹-۲-۱ داریم:

$$Y = \frac{3(20000 + 2000)}{4(20000 + 4500)} = 0.67$$

با انتخاب نقطه ۰/۶۷ روی محور Y و حرکت افقی به سمت منحنی با مقدار $l = 8$ و از آنجا حرکت قائم به سمت محور افقی، مقدار $\frac{T_p}{T_a}$ تقریباً برابر با ۱/۲ به دست می‌آید. (شکل ۱۹-۴) حال با توجه به اینکه مقدار متوسط عمر T_a برابر با ۶ هفته است. خواهیم داشت:

$$T_p = 1/2 \times T_a = 1/2 \times 6 = 3 \text{ هفته (یا تقریباً ۵۰ روز)}$$

ب) در صورتیکه در این مثال مقدار $l = 4$ باشد، مقدار T_p چه خواهد بود؟

حل

می‌توان پیش‌بینی نمود که با کوچکتر شدن l تابع توزیع گسستردگی بیشتری خواهد داشت، و در نتیجه فاصله زمانی بین دو تعمیر پیشگیری باید افزایش زیادی نشان دهد. با مراجعه به شکل ۱۹-۴ مشخص است که خط افقی خروجی از نقطه $Y = 0.67$ منحنی $l = 4$ را در "بی‌نهایت" دور قطع می‌کند. به عبارت دیگر انجام تعمیرات PM روی این دستگاه صحیح و مقرون به صرفه نخواهد بود.

ج) در صورتیکه زمان لازم برای اعمال تعمیرات پیشگیری روی این دستگاه به جای ۳ ساعت، ۳/۵ ساعت باشد، فاصله زمانی بهینه برای اعمال تعمیرات پیشگیری چند روز خواهد بود؟ (با این فرض که طبق معلومات و مفروضات قسمت الف، مقدار $l = 8$ باشد).

حل

قابل پیش‌بینی است که در صورتیکه مفروضات مسئله مانند قسمت الف بوده و تنها زمان اعمال عملیات پیشگیری افزایش یافته باشد (به عبارت دیگر هزینه‌های تعمیرات

پیشگیری افزایش یافته باشد) آنگاه باید فاصله زمانی بهینه برای اعمال تعمیرات پیشگیری از آنچه که در قسمت الف به دست آمده بیشتر بشود.
داریم:

$$Y = \frac{3 / 5(20000 + 2000)}{4(20000 + 4500)} = 0.78$$

با مراجعه به نمودار شکل ۱۹-۴ مقدار $\frac{T_p}{T_a}$ تقریباً برابر با ۱/۸۵ به دست آمده، و در نتیجه:

$$T_p = 1/85 T_a = 11/1 \text{ هفته} = 78 \text{ روز (تقریباً)}$$

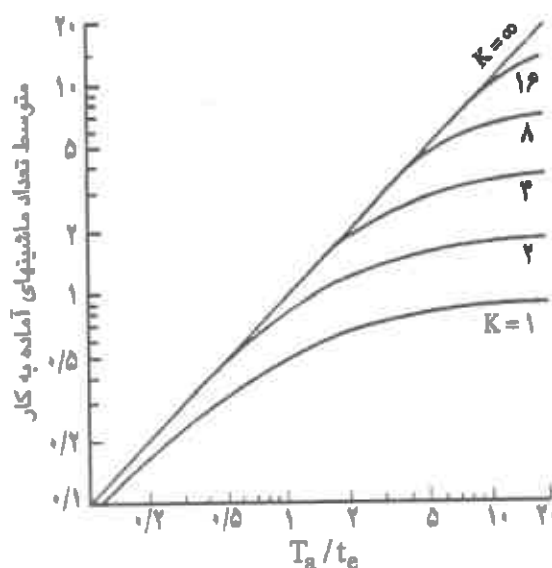
۱۹-۳ تعمیرات بعد از خرابی در شرایط گستردگی تابع توزیع عمر

در این جا شرایطی را در نظر می‌گیریم که برخلاف آنچه که در قسمت قبل مفروض بود، تابع توزیع عمر سیستم دارای گستردگی زیاد می‌باشد، و بنابراین براساس آنچه که در آغاز این فصل بیان شد، از نظر اقتصاد کل سیستم، انجام تعمیرات پیشگیری نتیجه مفیدی نداشته و باعث کاهش کارآئی نیز خواهد شد. سیاستهای نگهداری و تعمیرات در این شرایط به تعمیرات بعد از خرابی و انجام سرویسهای معمول، نظیر تنظیم و روانکاری، ... محدود می‌شود. در صورتیکه در یک سیستم تولیدی تعدادی ماشینی مشابه موردنظر قرار گیرند، همانگونه که در ضمن مباحث این کتاب در موارد زیاد گفته شد، زمان خرابیهای ماشینها قابل پیش بینی نبوده و این خرابیها به صورت تصادفی اتفاق خواهد افتاد. زمانهای لازم برای انجام تعمیر نیز در همه موارد نمی‌تواند یکسان باشد، و به دلیل تفاوت نوع خرابی، تفاوت در سرعت کار تعمیرکاران، و بسیاری از عوامل پیش بینی نشده دیگر، زمانهای مصروفه برای انجام تعمیرات نیز متغیر خواهد بود.

در این شرایط در صورتیکه با فرضیات نزدیک به حقیقت، تابع توزیع فواصل زمانی بین خرابیها (تابع توزیع عمر) نزدیک به توابع نمائی بوده و همچنین زمانهای مصروفه برای تعمیر نیز تشکیل تابع توزیعی نزدیک به نمائی بدهند، خوشبختانه تئوریهای مدون در خصوص "خطوط انتظار" یا "تئوریهای آماری صف" در تحلیل مسائل به خوبی قابل کاربرد خواهند بود.

۱۹-۳-۱ تعمیرات اضطراری در شرایط داشتن یک تیم منفرد تعمیراتی

شرایطی را که در سیستم تولیدی تنها یک تیم تعمیراتی مستقر شده و کلیه امکانات این تیم در آن واحد تنها به تعمیر یک ماشین می‌پردازند در نظر می‌گیریم. نمودار شکل ۱۹-۵ مربوط به این شرایط می‌باشد.

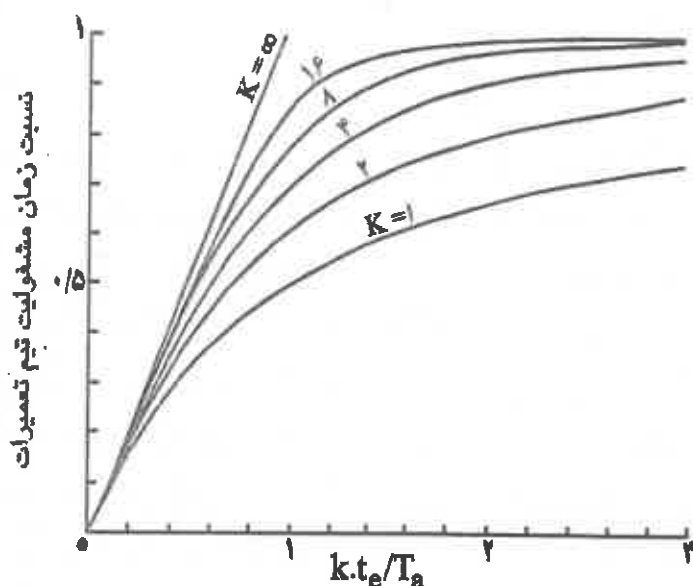


شکل ۱۹-۵

بدیهی است که در این شرایط ممکنست در موقعیتهائی از K ماشین موجود در سیستم تعدادی آماده به کار بوده، یکی از آنها تحت تعمیر بوده، و تعدادی نیز در صف انتظار برای تعمیر قرار گیرند. در شکل ۱۹-۵ محور قائم نشان دهنده میانگین تعداد ماشینهای آماده به کار (سالم) می‌باشد. نمادهای T_a و t_e به ترتیب عبارت از متوسط زمان لازم برای تعمیر یک ماشین و متوسط عمر یک ماشین هستند و K عبارت از تعداد ماشینهای موجود در سیستم تولیدی است.

این نکته قابل توجه است که در شرایط مفروض در این مدل، به دلیل تصادفی بودن عمر ماشینها، موقعیتهائی نیز پیش خواهد آمد که تمام ماشینها سالم و آماده به کار باشند و در نتیجه تیم تعمیرات بی‌کار بماند.

در حقیقت در شرایط مورد بحث نمی‌توان سازمان تعمیرات و تعداد نفرات و امکانات تیم تعمیراتی را به نحوی تنظیم نمود که افراد تیم در تمام لحظات مشغول به کار باشند (ایجاد چنین شرایطی تنها در حالت‌های فرضی وجود بی‌نهایت ماشین امکان‌پذیر می‌شود). در نمودار شکل ۱۹-۶ محور قائم کسری از زمان را که تیم تعمیراتی مشغول به کار می‌باشد نشان می‌دهد.



شکل ۱۹-۶

در این شکل، نمادهای مربوط به محور افقی همان‌ها هستند که ضمن بحث در این قسمت تعریف شدند. مراجعه به نمودار شکل ۱۹-۵ نشان می‌دهد که در صورتیکه نسبت T_a/t_e بزرگ باشد (یا به عبارت دیگر، خرابیها دیر به دیر اتفاق بیافتد)، تعداد ماشینهای سالم نزدیک به تعداد کل ماشینهای موجود در سیستم خواهد بود.

برای مثال، در صورتیکه این نسبت برابر با عدد ۲۰ باشد، و در سیستم ۸ ماشین موجود باشد، میانگین ماشینهای آماده به کار، حدود ۷ ماشین خواهد بود. حال فرض کنیم نسبت T_a/t_e به دلیل خرابیهای مکرر (که باعث کوچک شدن عدد T_a می‌شود)، یا به دلیل

کندی کار تیم تعمیراتی (که باعث بزرگ شدن عدد t_e می‌شود)، به سمت مقادیر کوچکتری میل کند.

مثلاً در شرایطی که این نسبت به عدد ۴ می‌رسد، با مراجعه به شکل ۱۹-۵ مشهود است که از ۸ ماشین موجود در کارگاه تنها حدود ۴ ماشین سالم بوده و ۴ ماشین در سیستم تعمیر قرار گرفته‌اند. (یک ماشین در حال تعمیر شدن بوده، و سه ماشین دیگر در صف انتظار برای تعمیر هستند).

یادداشت

نکته شایان توجه در این بحث این است که در صورت پایین بودن نسبت T_a / t_e اضافه کردن به ماشینهای موجود، امری اشتباه و عاری از منطق خواهد بود. برای مثال، در حالیکه این نسبت برابر با ۴ باشد، در صورتیکه علاوه بر ۸ ماشین موجود مثلاً ۸ ماشین دیگر نیز خریداری و به سیستم تولیدی اضافه شود، نهایتاً از ۱۶ ماشین موجود ($K=16$) به طور میانگین همان ۴ ماشین سالم و آماده به کار بوده، و بقیه ماشینها در صف انتظار و تحت تعمیر خواهند بود.^۱ (به نمودار مراجعه شود). در این شرایط لازم خواهد شد که با افزایش امکانات کارگاههای نگهداری و تعمیرات، زمان لازم برای تعمیر کاهش یابد. همچنین، در انتخاب ماشینها به عوامل قابلیت اطمینان و تعمیرپذیری توجه کافی مبذول گردد. انجام سرویسهای منظم نظیر روانکاری، تنظیم، و دقت در بهره‌برداری صحیح و مطابق با اصول خواسته شده، به افزایش عمر ماشین (افزایش T_a) کمک خواهد نمود. تقویت امکانات نگهداری و تعمیرات شامل تأمین نیروی انسانی در تخصصهای لازم و در حجم مناسب، تأمین امکانات فنی پشتیبانی نظیر نقشه‌ها و نمودارهای عیب‌یابی، قطعات یدکی و ابزار و تجهیزات خواهد بود. برنامه‌ریزی دقیق، و تبیین روشهای مدیریت و کنترل در داخل کارگاه نت و ترتیب‌بندی فعالیتهای تعمیرات در افزایش کارآئی کارگاه نت (کاهش t_e) نقش مؤثری خواهد داشت. برای مثال در صورتیکه تشکیلات یک شرکت

۱- در این بحث فرض بر آنستکه ماشینهای جدید نیز از نظر شرایط فنی و قابلیت اطمینان مشابه ماشینهای موجود بوده و در نتیجه عدد T_a برای آنها مساوی با عدد T_a برای ماشینهای موجود خواهد بود.

واحد اتوبوسرانی داخل شهری با این مشکل مواجه شود که همواره تعداد زیادی از اتوبوسها در تعمیرگاهها در انتظار تعمیرات بوده، و در نتیجه تعداد اتوبوسهای سالم و آماده به کار برای تأمین خدمات حمل و نقل کافی نباشد، خرید اتوبوسهای جدید راه حل مناسب و منطقی برای حل مشکلات نخواهد بود. تقویت نیرو و امکانات نت و دقت در بهره‌برداری صحیح از اتوبوسهای موجود، طبق آنچه که گفته شد نسبت T_a / t_e را افزایش داده، و در نتیجه تعداد اتوبوسهای آماده به کار را افزایش خواهد داد.

مثال

یک تیم تعمیرکار مسئولیت تعمیر ۸ دستگاه ماشینهای سنگین معدن کاری را به عهده دارد. آمار نشان می‌دهد که عمر ماشینها و زمان لازم برای تعمیر آنها هر دو نزدیک به توابع نمائی هستند. در حال حاضر به طور متوسط از ۸ دستگاه ماشین ۵ دستگاه سالم و آماده به کار هستند. متوسط عمر ماشینها بعد از هر تعمیر ۱۰ روز است. امور بهره‌برداری احتیاج دارد که به طور متوسط ۶ دستگاه از ماشینها سالم و آماده به کار باشند. در این شرایط امکانات قسمت نگهداری و تعمیرات را باید به چه نسبتی افزایش داد؟

حل

با مراجعه به شکل ۱۹-۵ مقادیر نمادهای مورد استفاده به صورت زیر هستند:

$$T_a / t_e = ? \quad T_a = 10 \quad K = 8$$

با توجه به اینکه در حال حاضر به طور میانگین ۵ ماشین آماده به کار هستند، با انتخاب عدد ۵ روی محور قائم و حرکت افقی به سمت منحنی $K = 8$ و از آنجا حرکت قائم به سمت محور افقی، مقدار T_a / t_e تقریباً برابر با ۵ به دست می‌آید. در نتیجه:

$$t_e = \frac{T_a}{5} = \frac{10}{5} = 2 \text{ روز}$$

بنابراین، در حال حاضر هر تعمیر به طور متوسط ۲ روز به طول می‌انجامد. در صورتیکه لازم باشد به طور متوسط ۶ دستگاه از ماشینها آماده به کار باشند، بدیهی است که باید

سرعت تیم تعمیرات افزایش یابد (t_e کاهش یابد). با مراجعه به نمودار ۱۹-۵ در شرایط جدید، نسبت T_a/t_e تقریباً مساوی با ۸ به دست می‌آید. در نتیجه:

$$t_e = \frac{10}{8} = 1/25 \text{ روز}$$

لازمست سرعت کار از ۲ روز به ازاء هر تعمیر به ۱/۲۵ روز به ازاء هر تعمیر افزایش یابد بنابراین سرعت کار باید به نسبت:

$$\frac{2 - 1/25}{2} \times 100 = 60 \text{ درصد}$$

افزایش یابد. این امر مستلزم افزایش امکانات تیم تعمیراتی موجود در کارگاه خواهد بود. در شرایط حاضر درصد مشغولیت تیم تعمیرات (با مراجعه به شکل ۱۹-۶) قابل محاسبه است.

$$K \cdot \frac{t_e}{T_a} = 8 \times \frac{1/25}{10} = 1$$

در این حالت درصد مشغولیت تقریباً برابر با ۰/۷۷ یا ۷۷ درصد خواهد بود. قابل توجه است که با افزایش امکانات، زمان بیکاری تیم افزایش خواهد یافت ولی برای تأمین سرویس لازم (۶ ماشین آماده به کار از ۸ ماشین)، این بیکاری الزامی است^۱.

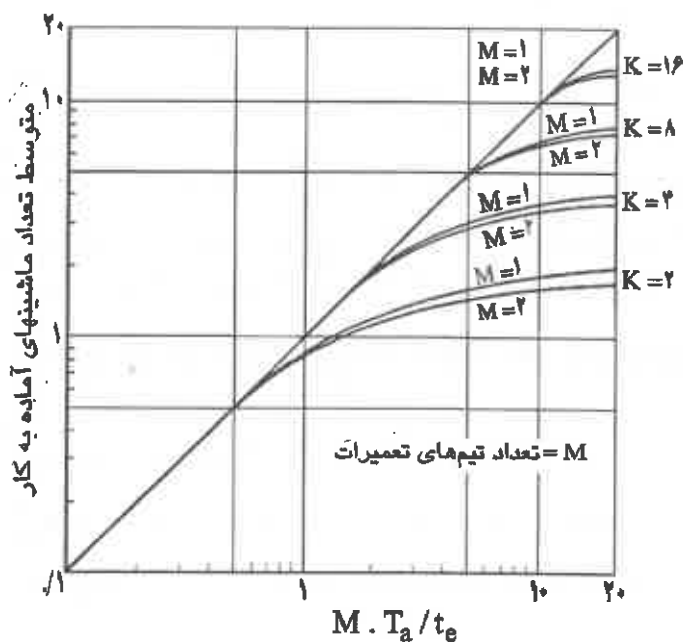
۱۹-۳-۲ تعمیرات اضطراری در شرایط داشتن دو تیم تعمیراتی

فرضیات موردنظر در توابع توزیع عمر و زمان تعمیر که در قسمت ۱۹-۳-۱ بیان شدند، در اینجا نیز مفروض می‌باشند. تنها در این قسمت به جای در نظر گرفتن یک تیم منفرد که در آن واحد می‌تواند به تعمیر یک ماشین بپردازد، فرض بر آنستکه دو تیم تعمیراتی مجزا در کارگاه مستقر شده‌اند (یا دو کارگاه مجزا، هر کدام شامل یک تیم در کارخانه مستقر شده‌اند). بدیهی است در صورت وجود دو تیم در یک کارگاه، در صورتیکه تنها یک ماشین خراب باشد و احتیاج به تعمیر داشته باشد، فقط یکی از دو تیم بر روی آن کار می‌کند و تیم دیگر به حالت آماده‌باش خواهد بود. ماشینهایی که احتیاج به دریافت سرویسهای

۱- ممکنست یک نوع کار تعریف شده غیرتعمیراتی را برای زمانهای بیکاری افراد در شرح وظایف آنها گنجانید، به این شرط که به محض رسیدن یک کار تعمیراتی به این کار بپردازند.

تعمیراتی دارند، در لحظه احتیاج به تیم (یا کارگاه تعمیراتی) که بی‌کار و آماده به کار است مراجعه خواهند نمود. در صورت بی‌کار بودن هر دو تیم، یکی از آنها به تصادف انتخاب می‌شود و در شرایط مشغول بودن هر دو تیم (یا هر دو کارگاه تعمیراتی) به گروهی که کمترین مقدار کار را در صف انتظار داشته یا در دست انجام دارد مراجعه می‌شود. در این شرایط می‌توان از نمودار شکل ۷-۱۹ برای تخمین تعداد ماشینهای آماده به کار استفاده نمود.

در این شکل نماد، M مربوط به تعداد تیم‌ها (یا کارگاههای) تعمیراتی می‌باشد. سایر نمادها در قسمتهای قبل تعریف شده‌اند. مثال‌های زیر کاربرد نمودار را نشان می‌دهد:



شکل ۷-۱۹

مثال

در یک کارخانه پارچه باقی مسئولیت تعمیرات ۴ دستگاه ماشین مشابه به عهده ۲ نفر تعمیر کار واگذار گردیده است. این دو نفر به طور مستقل کار تعمیرات ماشینها را انجام می‌دهند (روی هر ماشین که احتیاج به تعمیر دارد فقط یک نفر کار

می‌کند). متوسط زمان لازم برای تعمیر هر ماشین توسط یک نفر تعمیر کار یک روز برآورد شده و متوسط عمر هر ماشین بعد از هر تعمیر ۱۰ روز تخمین زده می‌شود (یک روز = یک نوبت ۸ ساعته)

الف) در این شرایط متوسط تعداد ماشینهای در حال کار چند دستگاه خواهد بود؟

حل

با مراجعه به شکل ۷-۱۹ داریم:

$$\text{ساعت } t_e = ۸ \quad \text{ساعت } T_a = ۱۰ \times ۸ = ۸۰ \quad \text{نفر } M = ۲ \quad \text{دستگاه } K = ۴$$

در نتیجه:

$$M = \frac{T_a}{t_e} = ۲ \times \frac{۸۰}{۸} = ۲۰$$

با مراجعه به منحنی مربوط به $M = ۲$ و $K = ۴$ ، تعداد ماشینهای آماده به کار تقریباً ۳/۵ دستگاه خواهد بود. (روی محور افقی عدد ۲۰ انتخاب شده و با یک خط قائم به سوی منحنی مربوط به $M = ۲$ و $K = ۴$ حرکت می‌کنیم. از نقطه تقاطع خط قائم با این منحنی، یک خط افقی به سوی محور قائم ترسیم می‌شود. این خط، محور قائم را تقریباً در نقطه ۳/۵ قطع می‌نماید).

ب) مدیریت کارخانه تصمیم گرفته سیاست تعمیرات را عوض نموده و از دو نفر تعمیرکار بخواهد تماماً روی یک ماشین کار کنند. در نتیجه زمان لازم برای تعمیر یک ماشین به نصف روز (۴ ساعت) می‌رسد. در این شرایط تعداد متوسط ماشینهای آماده به کار چه خواهد بود؟

حل

با توجه به اینکه در سیاست جدید هر دو نفر تعمیرکار با هم روی یک ماشین کار می‌کنند، تعداد تیم‌های تعمیراتی برابر با یک خواهد بود ($M = ۱$). بنابراین:

$$M \frac{T_a}{T_e} = ۱ \times \frac{۸۰}{۴} = ۲۰$$

اکنون با مراجعه به نمودار شکل ۱۹-۷، مشخص است که منحنی مربوط به $M = 1$ بالاتر از منحنی مربوط به $M = 2$ بوده و در نتیجه تعداد ماشینهای آماده به کار بیشتر از حالت الف خواهد بود.

یادداشت

در مثال ۱ به موضوع جالب توجهی می‌رسیم: نتیجه کار یک تیم تعمیراتی بزرگ با سرعت کار ۷ بهتر از دو تیم تعمیراتی کوچک با سرعت $\frac{7}{2}$ است. به عبارت دیگر داشتن یک کارگاه بزرگ تعمیراتی با تجهیزات کامل به نحوی که بتواند روزانه مثلاً ۱۰ ماشین را تعمیر کند مفیدتر از تشکیل دو کارگاه کوچک است که هر یک از آنها روزانه از عهده تعمیر ۵ ماشین برمی‌آیند. در شرایط داشتن یک تیم یا یک کارگاه بزرگ در مقایسه با داشتن دو تیم یا دو کارگاه کوچک، علاوه بر اینکه تعداد ماشینهای آماده به کار افزایش می‌یابد معمولاً هزینه‌های بالاسری مربوط به سرپرستی، فضا، و تجهیزات، ... نیز کاهش یافته و بنابراین در جمع به نفع سازمان خواهد بود.

مثال

دو دستگاه ماشین ریخته‌گری تحت فشار در یک کارگاه ریخته‌گری مشغول به کار می‌باشند. بر اساس آمار موجود، متوسط زمان بین دو تعمیر متوالی بر روی هر ماشین حدود ۶۰ روز می‌باشد. در حال حاضر یک تیم تعمیراتی شامل ۲ نفر کارگر متخصص مسئولیت تعمیرات این دو ماشین را به عهده دارند.

ارقام مربوط به هزینه به شرح زیر است:

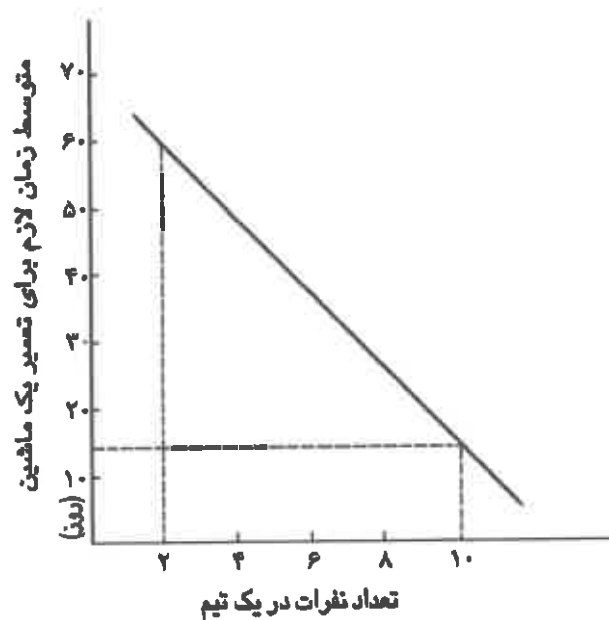
- هزینه یک روز کار یک نفر کارگر: ۵,۰۰۰ ریال

(شامل هزینه‌های بالاسری)

- هزینه رکود یک ماشین در یک روز: ۲۰۰,۰۰۰ ریال

پیشنهاد شده است که تعداد کارگران از ۲ نفر به ۱۰ نفر افزایش یابد و این ده نفر در یک تیم تعمیراتی مسئولیت تعمیر ماشینها را به عهده داشته باشند. آیا این

پیشنهاد مقرون به صرفه است؟ در شکل ۸-۱۹ متوسط زمان لازم برای تعمیر به ازاء تعداد کارگران یک تیم تعمیراتی نشان داده شده.



شکل ۸-۱۹

حل

با مراجعه به شکل ۸-۱۹ مقدار t_e یا زمان لازم برای تعمیر یک ماشین، در شرایطی که تعداد افراد تیم تعمیراتی ۲ نفر باشند، برابر با ۶۰ روز به دست می‌آید. بنابراین در شرایط حاضر داریم:

$$\text{روز } t_e = 60 \quad \text{روز } T_n = 60 \quad \text{تیم } M = 1 \quad \text{دستگاه } K = 2$$

بنابراین:

$$M \frac{T_n}{t_e} = 1 \times \frac{60}{60} = 1$$

با مراجعه به شکل ۸-۱۹ به روشی که در مثال ۱ گفته شد، تعداد ماشینهای آماده به کار به طور میانگین تقریباً برابر با ۰/۸ ماشین خواهد بود. در این شرایط:

$$\text{ریال} \quad 10,000 = \frac{\text{ریال}}{\text{نفر-روز}} \times 5,000 \times 2 = \text{هزینه روزانه کارگران}$$

$$\text{ریال} \quad 240,000 = \frac{\text{ریال}}{\text{ماشین-روز}} \times 200,000 \times (2-0/8) = \text{هزینه روزانه رکود ماشین}$$

$$\text{ریال} \quad 250,000 = \text{جمع}$$

در شرایط پیشنهادی با توجه به اینکه تعداد کارگران به ۱۰ نفر افزایش می‌یابد، مطابق آنچه که از شکل ۸-۱۹ قابل برداشت است، متوسط زمان لازم برای تعمیر هر ماشین به ۱۵ روز می‌رسد.
بنابراین داریم:

$$K = 2 \text{ دستگاه} \quad M = 1 \text{ تیم} \quad T_a = 60 \text{ روز} \quad t_e = 15 \text{ روز}$$

در نتیجه:

$$M \frac{T_a}{t_e} = 1 \times \frac{60}{15} = 4$$

با مراجعه به شکل ۷-۱۹ تعداد ماشینهای آماده به کار تقریباً برابر با ۱/۵ ماشین خواهد بود در نتیجه:

$$\text{ریال} \quad 50,000 = \frac{\text{ریال}}{\text{نفر-روز}} \times 5,000 \times 10 = \text{هزینه روزانه کارگران}$$

$$\text{ریال} \quad 100,000 = \frac{\text{ریال}}{\text{ماشین-روز}} \times 200,000 \times (2-1/5) = \text{هزینه روزانه رکود ماشین}$$

$$\text{ریال} \quad 150,000 = \text{جمع}$$

بنابراین کاملاً مقرون به صرفه است که تعداد نفرات تیم تعمیراتی به ۱۰ نفر افزایش یابد.

کنترل موجودی انبار قطعات یدکی

۲۰-۱ مقدار اقتصادی هر بار سفارش

بحث تفصیلی پیرامون کنترل موجودیهای انبار، مخصوصاً در شرایطی که سرعت مصرف قطعات و مواد معین نبوده، بلکه حالت احتمالی و تصادفی داشته باشد، در محدوده عناوین موردنظر در موضوع برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات قابل گنجایش نیست^۱. با این حال، با توجه به اهمیت تدوین یک نظام منظم کنترل سیستم سفارش و ذخیره قطعات یدکی در انبارهای نگهداری و تعمیرات، در این فصل اهم نکات مورد بحث واقع می‌گردد.

در برنامه‌ریزی و تدوین سیاستهای نگهداری قطعات در انبار سعی بر آن است که با در نظر گرفتن انواع هزینه‌هایی که به سازمان تحمیل می‌شود، مقدار هر بار سفارش کالا و مقدار ذخیره به نحوی تعیین شوند که جمع هزینه‌های موجودیها به حداقل ممکن برسد. اهم هزینه‌های موردنظر عبارتند از:

- ۱- هزینه‌های تدارکاتی مربوط به هر بار سفارش (C)
- ۲- هزینه‌های نگهداری (انبارداری) شامل هزینه‌های اداری، فضای انبار، بیمه، سرمایه درگیر، ... (I)

۱- در این مباحث ممکنست به کتابهایی تحت عنوان برنامه‌ریزی و کنترل موجودیها مراجعه شود. برای مثال به کتاب "اصول برنامه‌ریزی و کنترل تولید و موجودیها"، تألیف دکتر علی حاج شیرمحمدی، انتشارات ارکان دانش، مراجعه شود.

۳- هزینه‌های مواجهه با کسری قطعات یدکی در هنگام لزوم (شامل هزینه رکود ماشین به علت نبودن قطعه یدکی) (C')

مقدار اقتصادی هر بار سفارش کالا و مقدار ذخیره کالا در انبار باید به نحوی تعیین شوند که مجموعه هزینه‌های بالا در یک سال به حداقل ممکن برسد. برای تعیین مقدار اقتصادی هر بار سفارش (EOQ)^۱ می‌توان از فرمول زیر استفاده نمود.

$$EOQ = \sqrt{\frac{rCr}{I}} \times \sqrt{\frac{I + C'}{C'}} \quad (1-1-20)$$

در اینجا:

EOQ = مقدار اقتصادی از کالا (قطعه یدکی) که باید در هر بار سفارش خریداری شود (عدد)

C = هزینه‌های تدارکاتی مربوط به هر بار سفارش (ریال)

r = میانگین مقدار مصرف در واحد زمان (عدد / سال)

I = واحد هزینه نگهداری کالا (ریال / عدد / سال)

C' = واحد هزینه مواجهه با کسری کالا (ریال / عدد / سال)

مثال

متوسط مصرف سالیانه یک نوع بال بیرینگ که روی محورهای ماشینهای ریسندگی در یک کارخانه ریسندگی نصب می‌شود، ۱۰۰ عدد تخمین زده می‌شود. واحد هزینه نگهداری این کالا در انبار ۱۶ ریال به ازاء هر یک عدد بال بیرینگ در سال است. در صورتیکه به این کالا احتیاج حاصل شده و این کالا در انبار موجود نباشد واحد هزینه سالیانه مواجهه با کسری این بال بیرینگ به ازاء هر عدد کسری ۱۶۰۰ ریال برآورد می‌شود. هزینه‌های تدارکاتی مربوط به سفارش این کالا به ازاء هر بار سفارش ۱۸۰۰ ریال برآورد می‌شود. مقدار اقتصادی هر بار سفارش این کالا چه است؟

حل

با توجه به فرمول ۲۰-۱-۱ با جایگزینی مقادیر در فرمول خواهیم داشت:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times 1100 \times 100}{16}} \times \sqrt{\frac{16 + 1600}{1600}} = 150 \text{ عدد (تقریباً)}$$

بنابراین مناسب است هر بار که لازمست این بال بیرینگ سفارش شود، به تعداد ۱۵۰ عدد سفارش و خریداری شود.

یادداشت

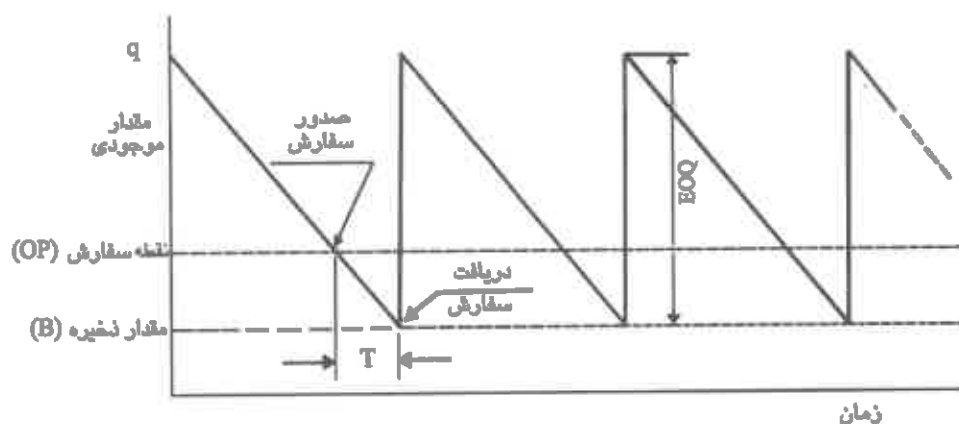
توجه به این نکته لازمست که در صورتیکه تعداد هر بار سفارش از ۱۵۰ عدد بیشتر باشد هزینه‌های نگهداری کالا در انبار به علت انباشتگی موجودی این کالا زیاد خواهد بود. همچنین در صورتیکه در هر بار خرید تعدادی کمتر از ۱۵۰ عدد خریداری شود، آنگاه تعداد دفعات خرید زیاد شده، و در نتیجه هزینه‌های تدارکاتی مربوط به سفارش خرید (مخصوصاً در شرایطی که خرید از خارج از کشور انجام شود) زیاد خواهد بود.

۲۰-۲ سیستم سفارشات

در یک انبار قطعات یدکی نگهداری و تعمیرات ممکنست سیستم سفارشات کالا بر این اصل متکی باشد که مقدار موجودی هر کالا دائماً تحت کنترل قرار گیرد و هر گاه مقدار موجودی کالا به عدد مشخصی که آن را "نقطه سفارش" می‌نامیم برسد، آنگاه نسبت به صدور سفارش جدید برای این کالا اقدام شود. در شکل ۲۰-۱ نمودار تغییرات موجودی یک کالا در مقابل تغییرات زمان نشان داده شده.

در لحظه‌ای که مقدار سفارش شده به انبار رسیده و به موجودی اضافه شده، موجودی کالا برابر با q می‌باشد. با مصرف کالا مرتباً موجودی کاهش می‌یابد تا به نقطه سفارش (OP)^۱ می‌رسد. در این لحظه سفارش جدید برای کالا صادر می‌شود. فاصله زمانی از

تاریخی که انبار سفارش کالا را صادر می‌کند تا لحظه‌ای که کالا به انبار می‌رسد "فاصله زمانی تحویل" نامیده می‌شود.



شکل ۲۰-۱

این زمان در شکل با نماد T نشان داده شده. در فاصله زمانی تحویل طبیعتاً مقداری کالا مصرف می‌شود و سرانجام در لحظه‌ای که سطح موجودی به حدود مقدار B رسید کالای سفارش شده دریافت شده و مجدداً موجودی به حدود q افزایش می‌یابد.

بدیهی است که نمودار نشان داده شده در شکل ۲۰-۱ مربوط به شرایطی است که سرعت مصرف کالا تقریباً ثابت باشد. در عمل، مخصوصاً در شرایط وجود انبار قطعات یدکی در نگهداری و تعمیرات سرعتهای مصرف ثابت نبوده و دستخوش احتمال خواهند بود. همچنین عموماً فاصله زمانی تحویل ثابت نبوده و ممکن است برای یک کالای به خصوص، در یک نوبت کالا سریعاً پس از صدور سفارش به انبار برسد و در نوبت دیگر از تاریخ صدور سفارش تا تاریخ دریافت کالا زمان بیشتری صرف شود.

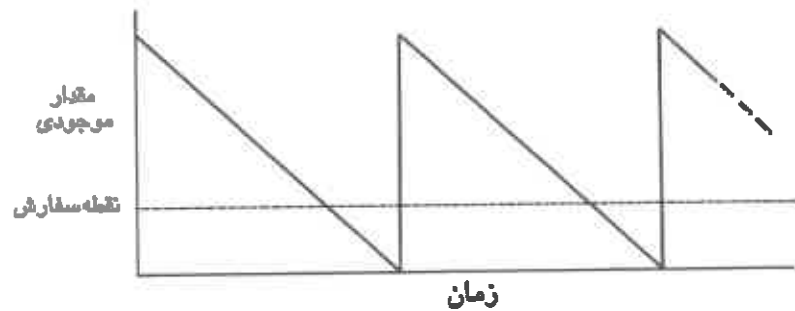
مخصوصاً در شرایطی که خرید قطعات یدکی از خارج از کشور انجام می‌گیرد، مقادیر T حتی برای یک کالای مشخص در هر بار سفارش متفاوت خواهد بود. با توجه به متغیر بودن سرعت مصرف و فاصله زمانی تحویل، همواره این احتمال وجود دارد که در لحظه رسیدن کالا به انبار، مقدار موجودی از مقدار ذخیره اطمینان (B) کمتر یا بیشتر باشد.

در فصل چهاردهم کتاب در ضمیمه ۱ کارت سفارشات دائمی نشان داده شده. پارامترهای "نقطه سفارش" و "مقدار سفارش" که در کارت آمده‌اند به روشی که در فصل حاضر توضیح داده می‌شود قابل محاسبه خواهند بود. همانگونه که گفته شد مقدار سفارش یا EOQ از طریق فرمول مربوطه که به صورت ساده شده‌ای در قسمت ۲۰-۱ نشان داده شد، با تقریبی قابل قبول محاسبه می‌شود. برای تعیین نقطه سفارش لازمست روند احتمالی مصرف کالا (تابع توزیع مصرف) در دسترس بوده و همچنین "میزان اطمینان از موجودی" نیز تعیین شده باشد. میزان اطمینان از موجودی یک قطعه یا یک کالا بستگی به اهمیت در دسترس بودن کالا و اثرات اقتصادی عدم دسترسی به کالا و هزینه‌های نگهداری آن در انبار دارد. در قسمت بعد این موضوع مورد بحث واقع می‌شود.

۲۰-۳ نقطه سفارش

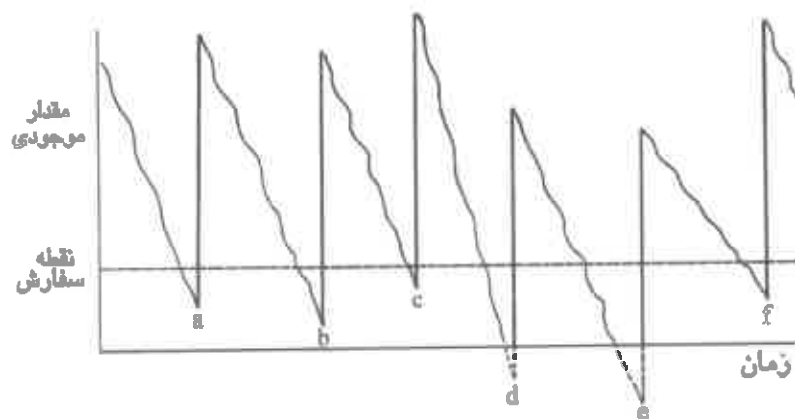
از جمله پارامترهای مهم در تدوین نظام کنترل موجودی تعیین نقطه سفارش برای هر یک از کالاهای قابل ذخیره در انبار می‌باشد. فرض کنیم برای یک کالا سرعت مصرف تقریباً ثابت و عبارت از ۵ واحد در روز است. همین طور فرض شود فاصله زمانی تحویل برای این کالا نیز ثابت و معادل با ۱۰ روز می‌باشد. در نتیجه مناسب است که نقطه سفارش این کالا دقیقاً برابر با $50 = 5 \times 10$ واحد تعیین شود. به این معنی که در هر لحظه که موجودی این کالا در انبار به عدد ۵۰ رسید سفارش برای خرید کالا صادر می‌شود. در این شرایط ظرف ۱۰ روز که از تاریخ صدور سفارش تا لحظه دریافت کالا طول خواهد کشید، دقیقاً ۵۰ واحد از کالا مصرف می‌شود. در نتیجه درست در لحظه دریافت کالای جدید، مقدار موجودی به صفر خواهد رسید. نمودار مربوط به این سیاست در شکل ۲۰-۲ نشان داده شده.

طبیعی است که در شرایط عملی، مخصوصاً در مورد انبار قطعات یدکی در نگهداری و تعمیرات، پارامتر سرعت مصرف نمی‌تواند ثابت باشد. به همین منوال فاصله زمانی تحویل نیز (با توجه به اینکه قسمت قابل توجهی از سفارشات قطعات یدکی از خارج کشور است) نمی‌تواند همواره ثابت بماند. در نتیجه ممکنست یکی از دو حالت زیر در لحظه دریافت کالای مربوط به سفارش جدید وجود داشته باشد.



شکل ۲۰-۲

- ۱- همگی مقدار کالای مربوط به نقطه سفارش مصرف نشده باشد و در نتیجه هنوز در انبار کالای موردنظر مقداری موجودی باشد (موجودی مثبت)
 - ۲- قبل از رسیدن کالای مربوط به سفارش جدید، کلیه موجودی مصرف شده و انبار با کمبود نیز مواجهه شده باشد (موجودی منفی)
- با در نظر گرفتن این شرایط نمودار شکل ۲۰-۳ به صورتی نزدیک‌تر به واقعیت نشانگر تغییرات موجودی در مقابل زمان خواهد بود.



شکل ۲۰-۴

در شکل ۳-۲۰ در لحظات $a, b, \dots, f$ کالای سفارش شده به انبار رسیده. از این ۶ نوبت که کالا به انبار رسیده در چهار نوبت (لحظات a, b, c, f) در لحظه دریافت کالای جدید، موجودی انبار مثبت بوده، و در ۲ نوبت (لحظات d, e)، در لحظه دریافت کالای جدید، موجودی انبار منفی بوده است.

می‌توان گفت که اگر این روند رفتاری در آینده نیز ادامه داشته باشد، در نظام فعلی تقریباً از هر ۶ دوره سفارش در ۴ دوره انبار با کمبود مواجه نشده و در ۲ دوره با کمبود مواجه خواهد گردید. به بیان دیگر، میزان اطمینان از موجودی برابر است با:

$$(۱-۳-۲۰) \quad \text{میزان اطمینان} = \frac{\text{تعداد دفعات موجودی مثبت}}{\text{جمع تعداد دفعات سفارش}} = \frac{۴}{۶} \times ۱۰۰ = ۶۶/۷ \text{ درصد}$$

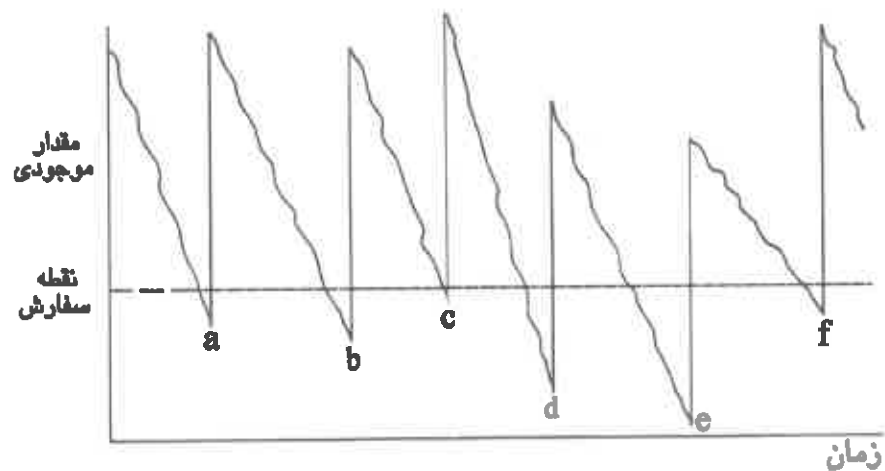
ممکن است این میزان اطمینان از موجودی برای مسئولین نت و کارخانه کافی نباشد. عدم دسترسی به یک قطعه یدکی در ۲ نوبت از ۶ نوبت که این کالا سفارش می‌شود. به دلیل رکود ماشینهای تولیدی می‌تواند به شدت زیان‌بار باشد. برای کسب میزان اطمینان بیشتر ممکنست نقطه سفارش را افزایش داد. با افزایش نقطه سفارش تعداد دفعات مواجهه با کسری کاهش می‌یابد.

گواينکه از نظر تئوری، در صورت تصادفی بودن مصرف، میزان اطمینان از موجودی هرگز به صددرصد نخواهد رسید، ولی می‌توان با در نظر گرفتن مقادیر زیاد برای نقطه سفارش، این اطمینان را به اطمینان کامل نزدیک نموده، یا به عبارت دیگر، احتمال مواجهه با کسری را به صفر نزدیک کرد.

در شکل ۴-۲۰ خطوط مربوط به تغییرات موجودی دقیقاً همانست که در شکل ۳-۲۰ ایجاد شد.

تنها در نظام کنترل موجودی که در نمودار شکل ۴-۲۰ نشان داده شده، نقطه سفارش بالاتر از آنستکه در نظام شکل ۳-۲۰ منظور بوده، در نتیجه در مدت زمانی که در نمودار نشان داده شده، در هیچ مورد انبار یا کمبود مواجه نشده.

قابل توجه است که با افزایش مقدار عددی نقطه سفارش (بالاتر بودن نقطه سفارش) متوسط موجودی کالا در انبار افزایش یافته و این امر به نوبه خود هزینه‌های نگهداری کالا را افزایش خواهد داد.



شکل ۴-۲۰

مدلهای اقتصادی کنترل موجودی سعی بر آن دارند که پارامترهای تابع هزینه کل (شامل هزینه‌های نگهداری، سفارش، مواجهه با کسری، ...) را به نحوی تعیین نمایند که جمع هزینه‌ها در حداقل مقدار ممکن واقع شود.

فرمول ۱-۱-۲۰ نیز که جهت تعیین مقدار اقتصادی سفارش در قسمت ۱-۲۰ ارائه گردید بر این مبنا به دست آمده است. همانگونه که گفته شد، هزینه‌های نگهداری کالا در انبار عمدتاً مربوط به سرمایه درگیر، فضا، بیمه، مالیات، هزینه پرسنل انبار، ... خواهد بود. با توجه به اینکه قطعات یدکی (که اغلب نیز از خارج از ایران وارد می‌شوند) معمولاً قیمت‌های بالائی را دارند، هزینه سرمایه راكد و دربند در انبار قابل توجه خواهد بود. بنابراین در انتخاب نقطه اقتصادی سفارش باید نهایت دقت به عمل آمده و مقدار عددی آن به نحوی تعیین گردد که مجموع هزینه‌های نگهداری کالا و مواجهه با کسری کالا را به حداقل ممکن برساند.

برای این منظور اطلاع از روند مصرف قطعه یدکی (تابع توزیع مصرف) و همچنین آگاهی از پارامترهای هزینه مربوط به نگهداری کالا و مواجهه با کسری امری ضروری خواهد بود. در فصول اولیه کتاب، ضمن تشریح سازمان و تشکیلات، مرتباً به این موضوع اشاره شد که جمع‌آوری آمار گذشته جهت تعیین این روندها و پارامترهای هزینه امری ضروری می‌باشد. امور مهندسی نت با تحلیل این آمار به تعیین پارامترهای بهینه در نظام کنترل موجودی خواهد پرداخت.

۴-۲۰ محاسبه نقطه سفارش استفاده از نمودارهای کنترل موجودی

در سیستم‌های نگهداری و تعمیرات، توابع توزیع مصرف قطعات یدکی اغلب به توابع توزیع پواسون نزدیک هستند. فرمول زیر، نقطه سفارش هر کالا را به ازاء مقدار مشخص اطمینان از موجودی که موردنظر می‌باشد ارائه می‌دهد.

$$A = \sum_{n=0}^s \frac{R(-\ln R)^n}{n!} \quad (۱-۴-۲۰)$$

در این فرمول داریم:

A = میزان اطمینان از موجودی (یا احتمال دسترسی به قطعه در لحظه لزوم)

R = قابلیت اطمینان یا احتمال کارکرد سالم قطعه به مدت زمان T ($R = e^{-K\lambda T}$)

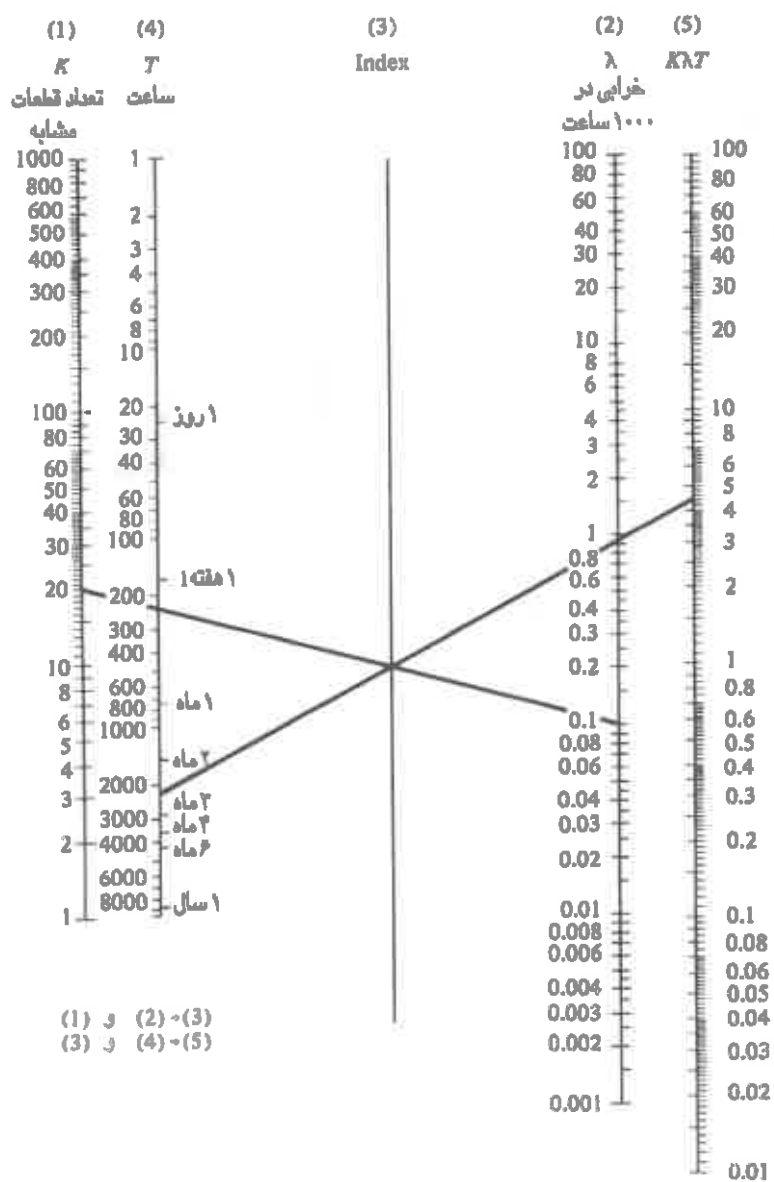
$\ln R$ = لگاریتم طبیعی R ($\ln R = -K\lambda T$)

λ = سرعت خرابی قطعه

K = تعداد قطعات مشابه موردنظر بر روی یک ماشین

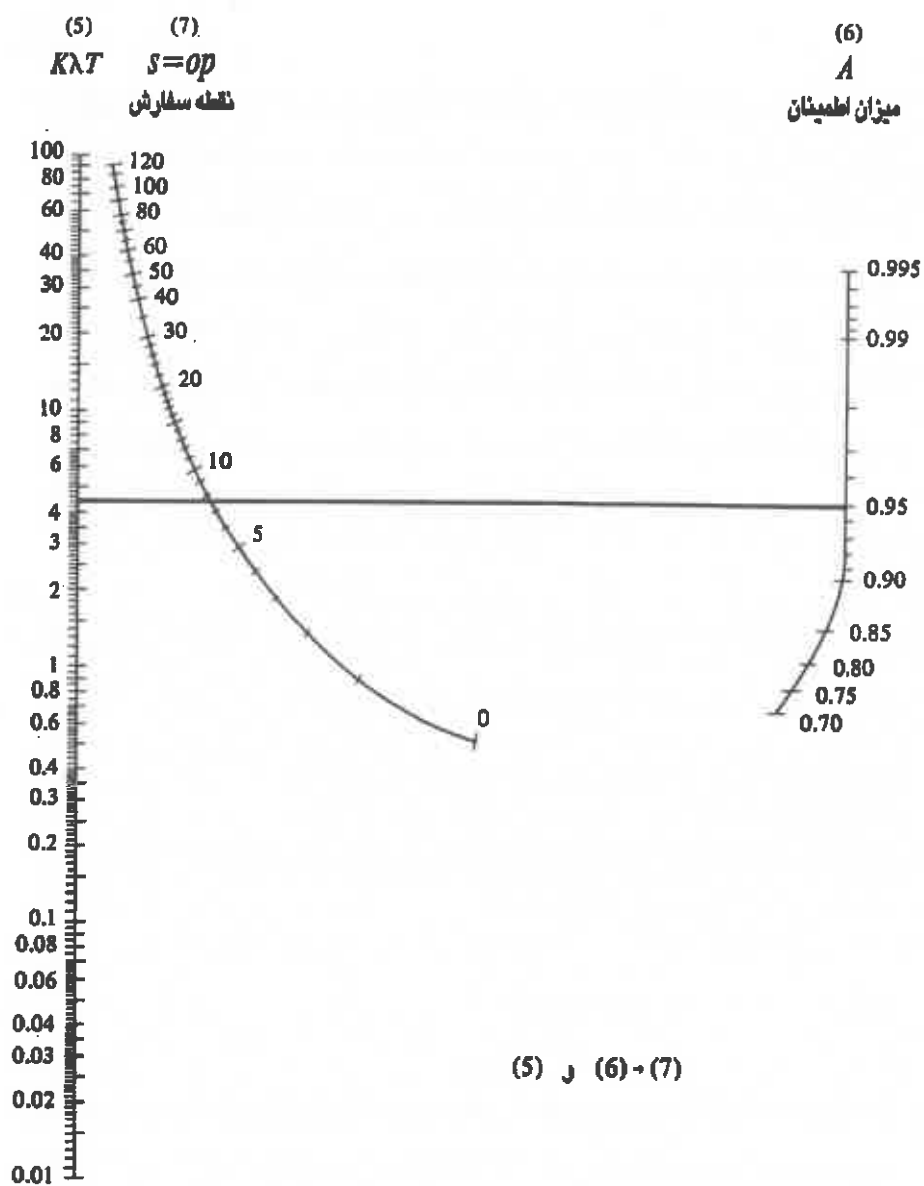
T = فاصله زمانی تحویل

برای ساده شدن عملیات محاسباتی، ممکن است به جای استفاده از فرمول ۱-۴-۲۰ از نمودارهای نشان داده شده در شکل‌های ۵-۲۰ و ۶-۲۰ استفاده نمود. نمودار شکل ۵-۲۰ حاصل ضرب پارامترهای $K\lambda T$ را محاسبه می‌نماید. نمودار شکل ۶-۲۰ با در دست بودن مقادیر $K\lambda T$ و A (میزان اطمینان)، نقطه سفارش یا OP را مشخص می‌نماید. مثال‌های این قسمت روش کاربرد نمودار را روشن می‌سازد.



شکل ۵-۲۰

فصل بیستم - کنترل موجودی انبار قطعات یدکی ۳۰۳



شکل ۲۰-۶

مثال ۱

بر روی یک سیستم کامپیوتر مرکزی که تقریباً در تمام مدت شبانه‌روز به صورت پیوسته کار می‌کند، تعداد ۲۰ عدد مدار مجتمع (IC) مشابه وجود دارد. آمار گذشته نشان می‌دهد که میانگین عمر هر IC تقریباً ۴۰۰۰ ساعت است. لازمست در انبار نگهداری و تعمیرات سیستمهای کامپیوتر تعداد مناسبی از این نوع IC نگهداری شود. هر بار که این IC ها سفارش می‌شوند تقریباً ۵۰ روز (به طور متوسط) طول می‌کشد تا قطعات سفارش شده به انبار برسد. لازمست این قطعات با میزان اطمینان ۹۸ درصد در دسترس باشند. نقطه سفارش این قطعات چه خواهد بود؟

حل

داریم:

$$K = 20 \text{ قطعه} \quad A = 0.98 \quad T = 50 \text{ روز}$$

$$\lambda = \frac{1}{\text{متوسط عمر}} = \frac{1}{4000} = 0.00025 \text{ قطعه در ساعت}$$

$$T = 50 \text{ روز} \times 24 \text{ ساعت} = 1200 \text{ ساعت}$$

$$K \lambda T = 20 \times 0.00025 \times 1200 = 6$$

با مراجعه به نمودگراف شکل ۲۰-۶ روی محور سمت چپ، عدد $K \lambda T$ برابر با ۶ را انتخاب نموده و با یک خط مستقیم به عدد ۰/۹۸ بر روی محور سمت راست (A) وصل می‌کنیم. این خط محور وسطی (OP) را در نقطه‌ای حدود ۱۱ قطع می‌کند. بنابراین نقطه سفارش این کالا برابر با ۱۱ است. حال در صورتیکه براساس استفاده از فرمول ۱-۲۰ مقدار اقتصادی سفارش این کالا (EOQ) مثلاً برابر با ۱۰۰ واحد باشد، آنگاه در نظام کنترل موجودی این کالا، هرگاه که مقدار موجودی به ۱۱ عدد رسید، تعداد ۱۰۰ عدد از این IC ها سفارش خواهد شد.

یادداشت

برای تعیین مقدار عددی $K \lambda T$ به جای انجام محاسبه، ممکنست از نمودار شکل ۲۰-۵ نیز استفاده شود. در هر حال با وجود ماشین حسابهای امروزی استفاده از نمودار ۲۰-۵ چندان مفید به نظر نمی‌رسد. تنها باید توجه داشت که در صورت استفاده از ماشین حساب، واحدهای زمان برای پارامترهای مختلف با یکدیگر سازگار باشند.

مثال ۲

در یک سیستم تولیدی پیوسته با سازمان نت متمرکز، تعدادی قطعات یدکی X ، Y و Z که از سه فروشنده مختلف خریداری می‌شوند روی ماشین‌های A و B نصب شده‌اند. ماشینهای A و B در دو کارگاه جدا از هم مستقر هستند. جدول ۲۰-۱ سرعت خرابی هر قطعه، و تعداد قطعات بر روی هر ماشین را نشان می‌دهد. فاصله زمانی تحویل برابر با ۴ ماه است. اخیراً امور مهندسی نگهداری و تعمیرات (نت) ضمن برنامه استانداردسازی قطعات به این نتیجه رسیده‌اند که به جای قطعه‌های y و Z در همه موارد می‌توان از قطعه X روی هر دو ماشین استفاده نمود. در این کارخانه لازمست نقطه سفارش به گونه‌ای تعیین شود که به میزان ۹۰ درصد به موجودی این قطعه اطمینان باشد.

جدول ۲۰-۱

ماشین	قطعه X		قطعه Y		قطعه Z	
	تعداد	سرعت خرابی	تعداد	سرعت خرابی	تعداد	سرعت خرابی
A	۱۰	۰/۱	۲۰	۰/۱	۲۰	۰/۱
B	۲۰	۰/۱۵	۲۵	۰/۱۵	۳۰	۰/۱۵

سرعتهای خرابی بر حسب عدد در هر ۱۰۰۰ ساعت کار می‌باشد.

الف) در شرایطی که هنوز عملیات استاندارد سازی اعمال نشده و از هر سه قطعه استفاده می‌شود، مقادیر نقطه سفارش سه قطعه چه خواهد بود؟

حل (الف)

در صورتیکه حاصل ضرب پارامترهای KLT مربوط به قطعه I روی ماشین Z را با نماد $KLT(I, Z)$ نشان دهیم داریم:

$$KLT(X, A) = 10 \times \frac{0.1}{1.000} \times 4 \times 30 \times 24 = 2/88$$

$$KLT(X, B) = 20 \times \frac{0.15}{1.000} \times 4 \times 30 \times 24 = 1/64$$

با توجه به اینکه کالا در یک انبار با سیستم نت متمرکز نگهداری می‌شود، لازمست مقادیر KLT برای دو حالت با یکدیگر جمع شوند.

$$KLT = 2/88 + 1/64 = 11/52$$

حال با مراجعه به نمودراف شکل ۲۰-۶ طبق آنچه که در مثال ۱ گفته شد، برای اطمینان ۹۰ درصد ($0.9 =$) و $KLT = 11/52$ ، مقدار عددی نقطه سفارش تقریباً مساوی با ۱۶ به دست می‌آید.

به همین منوال، با محاسبه مقادیر KLT برای قطعات Y و Z نقاط سفارش به تقریب برابر با مقادیر زیر از نمودراف قابل برداشت است:

$$\text{نقطه سفارش } Y = 21$$

$$\text{نقطه سفارش } Z = 24$$

و بنابراین جمع نقاط سفارش سه قطعه عبارتست از:

$$16 + 21 + 24 = 61$$

ب) در شرایطی که عملیات استانداردسازی اعمال گردد و در نتیجه برای هر دو ماشین در تمام موارد تنها از قطعه X استفاده شود، نقطه سفارش X چه خواهد بود؟

حل (ب)

می‌توان پیش‌بینی نمود که در این حال متوسط موجودی انبار کاهش خواهد یافت، گویانکه میزان اطمینان از موجودی در همان سطح ۹۰ درصد ثابت مانده است. در این

فصل بیستم- کنترل موجودی انبار قطعات یدکی ۳۰۷

حالت با توجه به اینکه روی ماشین‌ها قطعات Y و Z با قطعه X جایگزین می‌شوند آنگاه تعداد قطعات X روی ماشین‌ها عبارتند از:

$$A \text{ روی ماشین } X = \text{تعداد قطعات } X = 10 + 20 + 20 = 50$$

$$B \text{ روی ماشین } X = \text{تعداد قطعات } X = 20 + 25 + 30 = 75$$

در نتیجه:

$$K \lambda T_{(X,A)} = 50 \times \frac{0.1}{1000} \times 4 \times 30 \times 24 = 14.4$$

$$K \lambda T_{(X,B)} = 75 \times \frac{0.15}{1000} \times 4 \times 30 \times 24 = 27.6$$

$$\text{جمع} = 42.0$$

با مراجعه به نمودار ۶-۲۰ نقطه سفارش قطعه X در این شرایط عبارتست از:

$$X \text{ نقطه سفارش} = 55$$

یادداشت

توجه به این حقیقت لازمست که با کاستن از تنوع قطعات (استانداردسازی) جمعاً در متوسط مقدار موجودی، در انبار صرفه‌جوئی به عمل می‌آید. ضمن مقایسه جوابهای مربوط به قسمت الف و ب مشخص است که در نتیجه استانداردسازی، نقاط سفارش که در حالت الف در مجموع نزدیک به عدد ۶۱ بود به عدد ۵۵ کاهش یافت، در حالیکه میزان اطمینان از موجودی قطعه در همان سطح ۹۰ درصد باقی ماند. عملیات استانداردسازی که عبارت است از نگهداری یک نوع (مارک) منحصر به فرد از هر قطعه، به جای چند قطعه مشابه که دارای مارکهای تجارتي مختلف هستند، از وظائف مهم و مفید در مهندسی نت می‌باشد.

ج) در شرایطی که تنها از قطعه X استفاده می‌شود، در صورتیکه سیستم نت از حالت متمرکز خارج شده و غیرمتمرکز بشود، با توجه به اینکه ماشینهای A و B در دو کارگاه مجزا در داخل کارخانه مستقر هستند، و هر کارگاه انبار مخصوص به خود دارد، جمع نقاط سفارش قطعه X در دو انبار نت مربوط به این دو کارگاه چه خواهد بود؟

حل (ج)

در اینجا با توجه به اینکه انبارهای A ، B از یکدیگر مجزا هستند، نمی‌توان مقادیر $K \lambda T$ را با یکدیگر جمع نمود بلکه لازمست به ازاء هر یک از مقادیر $K \lambda T$ مربوط به A و B عدد مربوط به نقطه سفارش را محاسبه نمود. قابل پیش بینی است که در شرایط جدا شدن انبار، مجموع اعداد مربوط به نقطه سفارش باید نسبت به حالت ب فزونی داشته باشد:

$$K \lambda T_{(X,A)} = 14/4 \rightarrow \text{نقطه سفارش} = 19$$

$$K \lambda T_{(X,B)} = 32/4 \rightarrow \text{نقطه سفارش} = 39$$

$$\text{مجموع نقاط سفارش} = 58$$

یادداشت

در فصل پنجم کتاب در قسمت ۵-۲ این مطالب به صورت کیفی مورد بحث واقع گردید که متمرکز بودن سیستم نت (و در نتیجه متمرکز بودن انبار نت) در حجم قطعات یدکی که در انبار نگهداری می‌شوند، صرفه‌جویی ایجاد خواهد نمود. در مثال بالا ضمن مقایسه پاسخهای ب و ج مشهود است که در حالت ب که انبار به صورت متمرکز به دو ماشین سرویس می‌دهد، با تعداد کمتری از قطعات، همان میزان اطمینان از موجودی تأمین می‌شود. در حقیقت محاسبات این فصل مبین مطالب فصل پنجم هستند.

کاربردهای اقتصاد مهندسی در نگهداری و تعمیرات

۲۱-۱ تغییر ارزش مبالغ نقدینگی با تغییر زمان (ارزش زمانی پول)

ارزش واقعی یک مقدار مشخص پول که ممکنست به صورت سرمایه‌گذاری یا هزینه به جریان بیفتد، بستگی به تاریخ و لحظه دقیق به جریان انداختن مبلغ موردنظر دارد. برای مثال، ارزش یک میلیون ریال پولی که امروز باید برای خرید یک دستگاه ماشین تولیدی مصرف گردد با یک میلیون ریال پولی که طبق برنامه‌ریزی باید سال آینده برای خرید یک دستگاه ماشین تولیدی مصرف گردد برابر نیست. یک میلیون ریال مبلغ نقدینگی امروز را می‌توان برای مثال در بانک به صورت پس‌انداز ذخیره نمود. در صورتیکه نرخ بهره بانکی ۱۰ درصد در سال باشد، در انتهای سال، جمع سرمایه و بهره به ۱/۱ میلیون ریال خواهد رسید. بنابراین می‌توان گفت ارزش یک میلیون ریالی که باید هم اکنون صرف شود برابر است با ارزش ۱/۱ میلیون ریالی که باید یک سال آتی به مصرف برسد. به عبارتی "ارزش فعلی" یا "ارزش امروزی" مبلغ ۱/۱ میلیون ریال که باید یک سال آتی به مصرف شود (با نرخ بهره ۱۰ درصد در سال) برابر با یک میلیون ریال می‌باشد.

در بسیاری از تصمیم‌گیری‌ها در مدیریت فنی و مهندسی نت، از جمله تعویض دستگاههای فرسوده با دستگاههای نو که احتیاج به سرمایه‌گذاری و صرف هزینه خواهد داشت، لازمست انواع سیاستهای ممکن مورد مقایسه قرار گرفته و بهترین سیاست یا گزینه انتخاب شود. در هر یک از سیاستهای ممکن احتمالاً مبالغ و تاریخهای صرف پول (یا به جریان انداختن نقدینگی)

به صورتی متفاوت برنامه‌ریزی می‌شود. برای مثال، ممکنست شرایط فروش یک ماشین تولیدی توسط سه شرکت فروشنده با سه سیاست مختلف پیشنهاد شده باشد.

شرکت اولی تقاضای دریافت جمع قیمت ماشین را به صورت نقد داشته باشد. شرکت دومی مبلغی از کل قیمت را به صورت نقد خواسته و بقیه را به صورت اقساط ظرف سه سال آینده بخواهد، و شرکت سومی مجموع قیمت ماشین را به صورت اقساط سالیانه، از ابتدای سال آینده به مدت ۱۰ سال تقاضا نماید. برای ارزیابی و مقایسه این سه سیاست لازمست یک مبدأ مشترک زمانی برای آنها در نظر گرفته شود. آنگاه ارزش هر یک از مبالغ نقدی یا اقساط در سیاستهای مختلف بر مبنای این مبدأ مشترک زمانی محاسبه شود تا نتایج با یکدیگر قابل مقایسه باشند.

در صورتیکه این مبدأ مشترک زمانی تاریخ حال (یا تاریخ امروز) منظور شده و ارزش هر یک از مبالغ نقدینگی بر مبنای ارزش امروز محاسبه شود، نتیجه حاصله را "ارزش فعلی" مبالغ مورد نظر می‌گویند.

در یک حالت کلی، نرخ بهره را برابر با i درصد در سال در نظر می‌گیریم. بنابراین، مبلغی برابر با P که امروز سرمایه‌گذاری می‌شود، پس از n سال همراه با بهره‌ای که به طور سالیانه به آن تعلق گرفته است به مقدار F خواهد رسید.

$$F = P(1+i)^n \quad (1-1-21)$$

برای مثال در صورتیکه ۱۰۰۰ ریال پول با نرخ بهره ۱۲ درصد در سال برای مدت ۵ سال در بانک پس‌انداز شود، در انتهای سال پنجم جمع مبلغ سرمایه و بهره متعلقه برابر است با:

$$F = 1000(1+0/12)^5 = 1762 \text{ ریال}$$

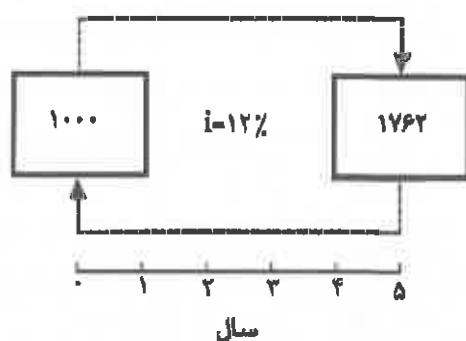
حال می‌توان گفت، ارزش فعلی مبلغ ۱۷۶۲ ریال که قرار است ۵ سال دیگر پرداخت شود برابر با ۱۰۰۰ ریال است. یا به عبارت بالعکس، ارزش آینده مبلغ یکهزار ریال (پس از ۵ سال) مبلغ ۱۷۶۲ ریال خواهد بود.

از فرمول ۱-۱-۲۱ داریم:

$$P = \frac{F_n}{(1+i)^n} \quad (2-1-21)$$

در این فرمول P عبارت از ارزش فعلی مبلغ F_n است که قرار است در n سال آینده پرداخت گردد.

شرایط بالا را می‌توان به صورت علائم قراردادی مطابق شکل ۱-۲۱ نشان داد.



شکل ۱-۲۱

شکل ۱-۲۱ به این مفهوم است که ارزش ۱۰۰۰ واحد پول در امروز (تاریخ صفر) برابر با ۱۷۶۲ واحد پول در ۵ سال آینده خواهد بود.

$$P = \frac{1762}{(1+0.12)^5} = 1000$$

در فرمولهای ۱-۱-۲۱ و ۲-۱-۲۱ در صورتیکه داشته باشیم:

$$r = \frac{1}{1+i} \quad (3-1-21)$$

مقدار r را ضریب ارزشکاست^۱ می‌نامیم. با استفاده از فرمول ۳-۱-۲۱ در فرمولهای قبلی داریم:

$$F_n = \frac{P}{r^n} \quad (4-1-21)$$

$$P = F_n \cdot r^n \quad (۵-۱-۲۱)$$

مثال زیر کاربرد فرمولهای فوق را روشن می‌سازد:

مثال

برای تراشکاری رینگ‌های اتومبیل در یک کارخانه تولید اتومبیل، هم‌اکنون از یک دستگاه ماشین تراش خودکار استفاده می‌شود. با توجه به فرسوده بودن این ماشین برآورد می‌شود که برای ۴ سال آینده که برنامه تولید این مدل اتومبیل ادامه دارد، جریان هزینه‌ها برای تعمیر ماشین به شرح زیر خواهد بود. (در انتهای سال چهارم ماشین به صورت اسقاطی فروخته خواهد شد).

هزینه‌های تعمیرات در انتهای هر سال			
سال ۱	سال ۲	سال ۳	سال ۴
۱۰۰۰	۱۵۰۰	۱۸۵۰	۲۰۰۰

قیمت فروش اسقاطی در انتهای سال چهارم = ۵۰۰۰ ریال
ممکنست به جای استفاده از ماشین فعلی، یک ماشین تراش جدید خریداری شود. در این صورت قیمت فروش ماشین فعلی هم‌اکنون ۷۰۰۰ ریال بوده و برای ماشین جدید نیز هزینه‌های زیر پیش‌بینی می‌شود: (این ماشین نیز در انتهای سال چهارم به صورت اسقاطی فروخته خواهد شد).

هزینه‌های تعمیرات در انتهای هر سال			
سال ۱	سال ۲	سال ۳	سال ۴
۸۰۰	۱۰۰۰	۱۱۰۰	۱۲۰۰

قیمت خرید و نصب = ۱۰,۰۰۰

قیمت فروش در انتهای سال چهارم = ۶۵۰۰

در این شرایط لازمست مهندسی نت بین دو گزینه ابقای ماشین فعلی، یا خرید ماشین جدید (و فروش ماشین فعلی) آن را که بیشتر مقرون به صرفه است انتخاب نماید.
(نرخ ضریب ارزشکاست $r = 0/8$)

حل

برای حل مسئله لازمست ارزش فعلی هزینه‌ها (و درآمدها) در هر دو گزینه برای مبدأ زمان حال (زمان صفر) محاسبه شود. با استفاده از فرمول $۱-۲۱-۵$ داریم:

الف) گزینه یک

ارزش فعلی هزینه‌ها	ارزش فعلی درآمدها
سال اول: $1000 \times 0/8 = 800$	$5000 \times 0/8^4 = 3048$
سال دوم: $1500 \times 0/8^2 = 960$	(فروش ماشین در
سال سوم: $1850 \times 0/8^3 = 947/2$	انتهای سال چهارم)
سال چهارم: $2000 \times 0/8^4 = 119/2$	
جمع = $3526/4$	

مبلغ خالص هزینه شده: $3526/4 - 3048 = 1478/4$

ب) گزینه دو

ارزش فعلی درآمدها

(فروش ماشین فعلی)	$7000 \times 0/8^0 = 7000$
(فروش ماشین جدید در	$6500 \times 0/8^4 = 2662/4$
درانتهای سال چهارم)	
جمع = $9662/4$	

ارزش فعلی هزینه‌ها

$$10,000 \times 1^0 = 10,000 \text{ (خرید ماشین جدید)}$$

$$8,000 \times 1^{-1} = 640 \text{ (انتهای سال اول)}$$

$$10,000 \times 1^{-2} = 640 \text{ (انتهای سال دوم)}$$

$$11,000 \times 1^{-3} = 563/2 \text{ (انتهای سال سوم)}$$

$$12,000 \times 1^{-4} = 491/5 \text{ (انتهای سال چهارم)}$$

$$\text{جمع} = 12,334/7$$

$$\text{مبلغ خالص هزینه شده: } 2672/3 = 9662/4 - 12334/7$$

با توجه به نتایج حاصل مشخص است که در گزینه ۲، یعنی بازنشسته سازی و فروش ماشین فعلی و خرید ماشین جدید هزینه خالص بیشتر خواهد بود و مقرون به اقتصاد است که ماشین فعلی حفظ شود.

یادداشت

۱- در صورتیکه عامل زمان و هزینه سرمایه درگیر (بهره) در محاسبات بالا منظور نشود جمع هزینه خالص در گزینه ۱ برابر است با:

$$1000 + 1500 + 1850 + 2000 - 5000 = 1350$$

و در گزینه ۲ برابر است با:

$$1,000 + 800 + 1,000 + 1100 + 1200 - 7000 - 6500 = 600$$

بنابراین به صورت ظاهری اقدام به گزینه ۲ مقرون به صرفه می‌نماید ولی به صورت واقعی این گزینه به زیان سازمان خواهد بود.

۲- در مثال بالا برای سادگی حل چنین فرض شد که مخارج تعمیراتی به طور یک جا در انتهای هر سال هزینه می‌شوند. بدیهی است در برخورد با شرایط واقعی ممکنست هزینه‌ها به صورت مستمر و روزمره یا در مقاطع زمانی کوتاهتر واقع بشوند. در این شرایط نیز مسئله با استفاده از فرمولهای مربوطه قابل حل خواهد بود که بحث در این موارد خارج از محدوده بحث حاضر در این کتاب می‌باشد.

۳- علاوه بر هزینه‌های تعمیراتی، ممکنست لازم باشد هزینه‌های بهره‌برداری نیز برای هر دو گزینه منظور شود. در این مثال با فرض مساوی بودن هزینه‌های بهره‌برداری برای هر دو گزینه از ملاحظه نمودن این هزینه‌ها در محاسبات خودداری شد.

۲-۲۱ فرمولهای تعیین ارزش‌های نقدینگی با در نظر گرفتن عوامل بهره

و زمان

در شکل ۲-۲۱ فرمولهای مربوط به تعیین پارامترهای ارزش فعلی، ارزش آینده، و مبالغ اقساط در شرایط گوناگون ارائه شده. این فرمولها بر مبنای مقادیر i (یا نرخ بهره) به ازاء یک دوره زمانی (مثلاً یک سال) ارائه گردیده‌اند. داریم:

P = ارزش فعلی یک مقدار نقدینگی (ارزش در تاریخ حال یا تاریخ صفر)

F = ارزش آینده یک مقدار نقدینگی (ارزش در n دوره آینده)

n = تعداد دوره‌هاییکه به پول بهره تعلق می‌گیرد.

i = نرخ بهره به ازاء هر واحد پول در هر دوره زمانی (مثلاً به ازاء هر سال). (برای مثال نرخ بهره ۱۳ درصد به صورت 0.13 در فرمول وارد می‌شود).

A = مقدار قسط قابل پرداخت (یا دریافت) در انتهای هر دوره. (مثلاً در انتهای هر سال). (یک سری یکنواخت که در n دوره ارزش فعلی آن برابر با P می‌شود).

مثال

با توجه به فرمولهای ارائه شده در شکل ۲-۲۱ برای یک نرخ بهره سالانه ۵ درصد (0.05) مقادیر زیر قابل محاسبه می‌باشند. در شکل ۲-۳ تغییرات ارزش و مقادیر به صورت ترسیمی نشان داده شده.

۱- 1000 واحد پول که هم اکنون به طور یک جا دریافت می‌شود برابر است با

1477 واحد پول که در ۸ سال آینده به طور یک جا دریافت خواهد شد.

۲- 1000 واحد پول که هم اکنون به طور یک جا دریافت می‌شود برابر است با

چهار قسط 282 واحد پولی که در انتهای سالهای ۱ تا ۴ دریافت خواهد شد.

۳- دریافت چهار قسط ۳۴۳ واحد پولی در انتهای سالهای ۸،۷۶،۵ برابر است با دریافت مبلغ ۱۰۰۰ واحد پول به طور یک جا در هم اکنون (ابتدای سال یک).

۴- دریافت چهار قسط ۲۸۲ واحد پولی در انتهای سالهای ۱ تا ۴ برابر است با دریافت ۱۴۷۷ واحد پول به طور یک جا در انتهای سال ۸.

۵- دریافت چهار قسط ۳۴۳ واحد پولی در انتهای سالهای ۵،۶،۷،۸ برابر است با دریافت مبلغ ۱۴۷۷ واحد پول به طور یک جا در انتهای سال ۸.

۶- دریافت چهار قسط ۲۸۲ واحد پولی در انتهای سالهای ۱ تا ۴ برابر است با دریافت ۴ قسط ۳۴۳ واحد پولی در انتهای سالهای ۵،۶،۷،۸.

به منظور نشان دادن نحوه محاسبات در حالت ۱ در مثال بالا با استفاده از فرمول ۱ در شکل ۲۱-۲ خواهیم داشت:

$$F = P(1+i)^n = 1000(1+0/05)^4 = 1477$$

در حالت ۲ با استفاده از فرمول ۴ در شکل ۲۱-۲ داریم:

$$A = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] = 1000 \times \frac{0/05(1+0/05)^4}{(1+0/05)^4 - 1} = 282$$

در حالت ۳ می‌توان در مرحله اول ارزش آینده ۱۰۰۰ واحد پول را که به طور یک جا در انتهای سال چهارم دریافت می‌شود محاسبه کرد. با استفاده از فرمول یک داریم:

$$F = P(1+i)^n = 1000(1+i)^8 = 1000(1+0/05)^8 = 1215/5$$

حال در صورتیکه مبدأ زمان ابتدای سال چهارم باشد، مبلغ اقساطی را که برای چهار سال بعد باید پرداخت شود تا ارزش فعلی آن در زمان مبدأ برابر با ۱۲۱۵/۵ باشد می‌توان با استفاده از فرمول ۴ محاسبه نمود:

$$A = 1215/5 \times \frac{0/05(1+0/05)^4}{(1+0/05)^4 - 1} = 343$$

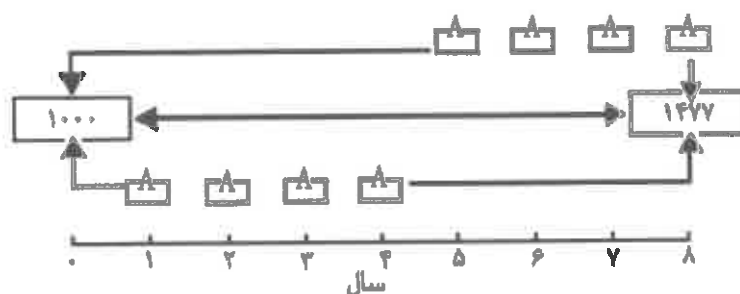
همین‌طور به جای عمل بالا ممکن بود ارزش آینده ۱۰۰۰ واحد پول را به طور یک جا در انتهای سال ۸ به دست آورده و بعداً با استفاده از فرمول ۳ مبلغ اقساط از چهار سال قبل (انتهای سالهای ۵، ۶، ۷، ۸) را محاسبه نمود:

$$F = 1000 \times (1 + 0.05)^4 = 1477$$

$$A = F \times \frac{i}{(1+i)^n - 1} = 1477 \times \frac{0.05}{(1+0.05)^4 - 1} = 343$$

به همین ترتیب برای سایر حالت‌های مطرح شده در مثال بالا، مقادیر موردنظر با استفاده از فرمول‌های ارائه شده قابل محاسبه هستند. لازم به توضیح است که فرمول‌های ارائه شده مربوط به شرایطی هستند که مبالغ بهره پول به صورت یک جا در انتهای هر دوره (مثلاً در انتهای هر سال) به مبلغ سرمایه اضافه شده و از دوره بعد، به جمع بهره و سرمایه، بهره تعلق خواهد گرفت.

فرمول	شرح	علامت نمادی
۱- $(1+i)^n$	برای محاسبه ارزش یک مبلغ که یک جا هم اکنون پرداخت می‌شود.	$(F/P, i, n)$
۲- $\frac{1}{(1+i)^n}$	برای محاسبه ارزش فعلی یک مبلغ که یک جا در آینده پرداخت می‌شود.	$(P/F, i, n)$
۳- $\frac{i}{(1+i)^n - 1}$	برای محاسبه اقساط سالانه A که باید جمعاً در انتهای n سال دارای ارزش آینده‌ای برابر با F باشد.	$(A/F, i, n)$
۴- $\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$	برای محاسبه اقساط سالانه A که ارزش فعلی آنها باید برابر با P باشد.	$(A/P, i, n)$
۵- $\frac{(1+i)^n - 1}{i}$	برای محاسبه ارزش آینده F برای جمع اقساط سالانه A .	$(F/A, i, n)$
۶- $\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$	برای محاسبه ارزش فعلی P برای جمع اقساط سالانه A .	$(P/A, i, n)$



شکل ۳-۲۱

۳-۲۱ جداول محاسبه تغییرات ارزش نقدینگی

در ضمیمه شماره ۳ در انتهای کتاب جداول ضرائب مورد لزوم برای انجام کلیه محاسباتی که در قسمت ۲-۲۱ ضمن مثال مطرح گردیدند ارائه شده. با مراجعه مستقیم به جدول و برداشت ضرائب موردنظر، می‌توان از انجام محاسباتی که می‌تواند طولانی باشد، خودداری نمود.

برای مثال در صورتیکه لازم باشد اقساط سالیانه (A) که ارزش فعلی آنها جمعاً برابر با ۱۰۰۰ واحد پول است و قرار است در چهار سال آینده با نرخ بهره ۵ درصد ($0/05$) پرداخت شود. محاسبه شوند، لازم خواهد بود که ضریب A/P در شرایط $i = 0/05$ و $n = 4$ را به دست آوریم. با مراجعه مستقیم به جدول حاوی مقادیر $(A/P, i, n)$ ضریب موردنظر برابر با $0/28201$ است، و بنابراین:

$$A = 1000 \times 0/28201 = 282$$

در شکل ۳-۲۱ همراه با فرمولهای ارائه شده، ساختار ضرائب مربوطه (علائم نمادی) در داخل پرانتز نشان داده شده.

مثال

تصمیم‌گیری براساس مقایسه جریانهای نقدینگی تبدیل شده به "ارزش فعلی"
(قبل از برداشت مالیات بر درآمد)

برای تست و تنظیم موتورهای دیزلی و بنزینی ممکنست کارگاه نگهداری و تعمیرات را به یک دستگاه تست و تنظیم موتور (Tune-up) مجهز نمود. همین‌طور ممکنست به جای خرید دستگاه تنظیم موتور، عملیات تست و تنظیم را به یک پیمانکار واگذار نمود. قرارداد با پیمانکار برای مدت سه سال ادامه خواهد داشت. پیشنهاد مناسبی از یک پیمانکار برای انجام خدمات لازم با هزینه ۶۰۰,۰۰۰ ریال در سال دریافت شده. در صورتیکه به جای پیمان دادن کار، اقدام به خرید دستگاه تنظیم موتور بشود، هزینه‌های کارگری و مدیریت برای انجام خدمات لازم، ۳۳۰,۰۰۰ ریال در سال برآورد می‌شود. پیش‌بینی می‌شود که در این شرایط، دستگاه تنظیم موتور پس از سه سال کار با قیمت اسقاطی برابر با ۱۰ درصد قیمت خرید اولیه قابل فروش باشد. در این شرایط باید قیمت دستگاه حداکثر چه مقدار باشد که انجام کار به صورت امانی (خرید دستگاه)، بیش از واگذاری کار به صورت پیمانی مقرون به صرفه باشد؟ (نرخ بهره ۱۰ درصد در سال منظور می‌شود، و هزینه‌ها در انتهای هر سال به طور یک جا اعمال می‌شوند).

حل

الف) انجام کار به صورت امانی (خرید دستگاه)

- هزینه خرید دستگاه در زمان حال P
- درآمد حاصل از فروش دستگاه پس از سه سال $P = 0.1$
- هزینه سالیانه بهره‌برداری $= 330,000$ ریال

با تبدیل مقادیر فوق به "ارزش فعلی" در زمان حال، با استفاده از جدول ضمیمه ۳ کتاب و با کاربرد روشهای بیان شده در قسمت قبل خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} \text{جمع هزینه در ارزش فعلی} &= P - 0.1P(P/F, 10\%, 3) + (P/A, 10\%, 3)(330,000) \\ &= P - (0.1P \times 0.7513) + (2/487 \times 330,000) \\ &= 0.92487P + 120,710 \end{aligned}$$

ب) انجام کار به صورت پیمانکاری

$(P/A, 10, 3) = 600,000$ = جمع هزینه پیمانکاری (در ارزش فعلی)

$$= 600,000 \times 2 / 487 = 1,492,200$$

بنابراین جمع هزینه‌ها در حالت الف باید مساوی یا کوچکتر از مبلغ ۱,۴۹۲,۲۰۰ باشد:

$$0 / 92487P + 820710 \leq 1,492,200$$

یا

$$P \leq 726,037$$

۴-۲۱. نرخ بازگشت سرمایه

نرخ بازگشت سرمایه عبارت از درصدی از کل سرمایه‌ای است که به صورت سود به سرمایه‌گذار رسیده است. بدیهی است با سرمایه‌گذاری در صنایع تولیدی (خرید ماشین آلات، تجهیزات، ...) ضمن عملیات تولید و با گذشت زمان، سرمایه دچار کاهش ارزش (استهلاک) خواهد شد. میزان یا نرخ بازگشت سرمایه باید در حدی باشد که میزان کاهش ارزش (استهلاک) را پوشانیده و علاوه بر آن منفعتی را نیز برای سرمایه‌گذار حاصل نماید.

ضرائب نرخ بازگشت سرمایه از جداول محاسباتی تغییرات ارزش نقدینگی که در ضمیمه ۳ در آخر کتاب آمده‌اند قابل برداشت است. نماد مورد استفاده در جداول عبارت از $(A/P, i, n)$ می‌باشد داریم:

$$(A/P, i, n) = \frac{\text{هزینه‌های سالیانه تولید - درآمد سالیانه}}{\text{جمع سرمایه‌گذاری برای عمر } n \text{ سال}} \quad (1-4-21)$$

در فرمول بالا نماد i برابر با نرخ بازگشت سرمایه برای n سال خواهد بود. قابل توجه است که در عدد مربوط به هزینه‌های تولید، در فرمول بالا، هزینه‌های استهلاک سرمایه منظور نمی‌شود.

(سرمایه‌گذاری مربوط به تاریخ فعلی "صفر" بوده و صورت کسر باید همواره مثبت باشد).

مثال

برای انتقال سرباره‌های کوره ذوب تا بحال از نیروی کارگر و گاریهای دستی استفاده می‌شده. هم‌اکنون یک نوار نقاله که قسمت متحرک (نوار) آن از قطعات فلزی مقاوم در مقابل حرارت که به یکدیگر لولا شده‌اند، تشکیل شده، در بازار وجود دارد و می‌تواند جایگزین سیستم موجود بشود. با استفاده از نوار نقاله هزینه خالص سالیانه به میزان ۲,۸۲۰,۰۰۰ ریال کاهش خواهد یافت. پیش‌بینی می‌شود که نوار نقاله به مدت ۶ سال قابل استفاده باشد. پس از آن باید بازنشسته شود. قیمت فروش اسقاطی نوار تقریباً با هزینه از جا برداشتن و انتقال آن به خارج کارگاه برابر خواهد بود. قیمت خرید و هزینه نصب و راه‌اندازی سیستم جدید جمعاً ده میلیون ریال برآورد می‌شود. براساس بخشنامه‌ای که پیرو جلسه اخیر هیئت مدیره منتشر شده، سرمایه‌گذاری جدید تنها در شرایطی مجاز است که نرخ قابل پیش‌بینی برای بازگشت سرمایه حداقل ۱۶ درصد باشد. قسمت مهندسی نگهداری و تعمیرات و امور فنی باید صلاحیت اقتصادی تعویض سیستم را بررسی نماید.

حل

با توجه به اینکه به طور خالص ۲,۸۲۰,۰۰۰ ریال از هزینه‌ها کاسته می‌شود، سود حاصل از سرمایه‌گذاری جدید در سال همین مبلغ خواهد بود. به عبارت دیگر صورت کسر نشان داده شده در فرمول ۲۱-۴-۱ همان عدد مربوط به صرفه‌جویی در هزینه سالیانه می‌باشد:

$$(A/P, i, n) = \frac{2,820,000}{10,000,000} = 0.282$$

حال لازمست در متن جدول مربوط به ضریب $(a/p, i, n)$ در ضمیمه ۳ آخر کتاب، در ردیف $n=6$ نزدیک‌ترین عدد به ۰/۲۸۲ یافته شود. این عدد مابین اعداد ۰/۲۷۱۳۹ و ۰/۲۸۵۹۱ که به ترتیب مربوط به نرخهای ۱۶٪ و ۱۸٪ هستند قرار می‌گیرد. برای یافتن عدد نزدیکتر به نرخ بازگشت سرمایه ممکنست بین اعداد ۱۶ و ۱۸ درون‌یابی نمود:

$$0.282 - 0.27139 = 0.01061$$

$$0/28591 - 0/27139 = 0/01452$$

$$i = \frac{0/01061(18-16)}{0/01452} \times \frac{10}{100} + 0/16 = 0/175$$

$$i = 17/5 \text{ درصد}$$

بنابراین انجام تغییر از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است.

۴۱-۵ برنامه‌ریزی جهت بازنشسته نمودن و جایگزینی ماشینها

روشن است که در اغلب موارد با گذشت زمان و کارکرد ماشینهای تولیدی، از ارزش آنها کاسته شده، یا به عبارت دیگر، مستهلک می‌شوند. عوامل موثر در کاهش ارزش ماشینها به سه دسته قابل تقسیم هستند:

۱- کاهش ارزش به دلیل فرسودگی و کهنه شدن

بازدهی‌ها، دقت‌ها، و در نتیجه کارآئی ماشینها به علت کارکرد و فرسودگی کاهش یافته و این امر باعث کاهش ارزش ماشین خواهد شد.

۲- کاهش ارزش به دلیل تغییر خواسته‌ها از ماشین

ممکنست ماشینها هنوز به فرسودگی نرسیده و قابلیت انجام مسئولیتها را داشته باشند، ولی خواسته‌های استفاده کنندگان از ماشین تغییر یابد. برای مثال، ماشین برای تراش فلزات با دقت ۰/۰۱ میلیمتر طراحی شده و هم اکنون نیز از این دقت برخوردار است، ولی محصول جدیدی که در برنامه تولید است، احتیاج به گرفتن تراش با دقت ۰/۰۰۱ میلیمتر دارد. در نتیجه به دلیل اینکه ماشین از عهده انجام مسئولیت جدید برنمی‌آید، عملاً ارزش خود را از دست می‌دهد. حتی تغییرات در برنامه تولید، مثلاً تقاضای تولید در حجم بیشتر نیز، باعث کاهش ارزش ماشین تولیدی خواهد شد، به این دلیل که قابلیت تولید در حجم مورد تقاضا را نخواهد داشت.

۳- کاهش ارزش به دلیل پیشرفتهای تکنولوژی

مرتباً ماشینهای جدید با قابلیت‌های بهتر وارد بازار می‌شوند. برای مثال ممکن است یک ماشین تراش غیراتوماتیک هنوز کاملاً سالم بوده و از عهده وظایف موردنظر در طرح

ماشین برآید. ولی به دلیل ورود ماشینهای کنترل عددی (NC) به بازار، صنعت به سمت خرید ماشینهای جدید تمایل حاصل نموده و ماشین غیراتوماتیک در برنامه بازنشستگی قرار گیرد. این امر خود به خود ارزش ماشین را کاهش خواهد داد.

در هر حال با مستهلک شدن یک ماشین به هر دلیل ممکن، لازم خواهد شد که موضوع بازنشسته سازی ماشین و جایگزینی آن با وسیله جدید مورد ارزیابی اقتصادی قرار گیرد و در این مورد تصمیم گیری شود. مدلهای تعیین فواصل زمانی مناسب برای بازنشسته سازی ماشینها در منابع و کتب علمی و فنی در زمینه های مهندسی نگهداری و تعمیرات ارائه گردیده اند.

در هر حال به نظر می رسد برنامه بازنشسته سازی ماشینهای صنعتی عملاً باید برای هر دوره که ماشین در شرایط آمادگی برای تعویض شدن قرار می گیرد ارزیابی شود. در اینجا استفاده از فرمولهای اقتصاد مهندسی که مشخص می نماید که لازم است ماشین مثلاً هر ده سال یک بار بازنشسته و جایگزین شود، کارآئی نخواهد داشت. به این دلیل که در ضمن ۱۰ سال، تغییرات غیر قابل انکاری در تکنولوژی تولید، در مشخصات ماشینهای جدید، و در طرح محصول و برنامه ریزی تولید پیش خواهد آمد.

طبیعتاً این تغییرات اطلاعات به کار گرفته شده در مدلها و در نتیجه محاسبات انجام گرفته را فاقد ارزش خواهد نمود. مثال زیر الگوریتم مناسبی برای تعیین ارزش های اقتصادی جایگزین نمودن یک ماشین تولیدی یا استفاده از ماشین تولیدی موجود ارائه می نماید.

مثال

یک دستگاه جراثقال سقفی ۱۵ سال قبل در انبار یک کارخانه نصب گردیده است. در حال حاضر هزینه های نگهداری و بهره برداری از جراثقال ۱,۸۵۰,۰۰۰ ریال در سال برآورد می شود. اخیراً امور مهندسی نت به این نتیجه رسیده اند که جراثقال می تواند عمری حدود ۱۰ سال داشته باشد، و قیمت اسقاطی آن در انتهای ۱۰ سال تقریباً برابر با هزینه پایین آوردن و انتقال جراثقال خواهد بود. (در نتیجه قیمت اسقاطی دستگاه صفر ریال منظور می شود). در شرایط فعلی پیشنهاد شده که ممکنست جراثقال از جا برداشته شده و فروخته شود و به جای آن از دو دستگاه

لیفت تراک برای انتقال اجسام در انبار استفاده شود. قیمت خرید هر دستگاه لیفت تراک ۶۰۰,۰۰۰ ریال بوده و هزینه‌های نگهداری و تعمیر و بهره‌برداری از هر دو لیفت تراک مجموعاً ۵۰ درصد هزینه‌های مشابه برای جراثقال خواهد بود. عمر لیفت تراکها ۸ سال پیش‌بینی شده و قیمت اسقاطی آنها در انتهای ۸ سال هر یک ۶۰,۰۰۰ ریال برآورد می‌شود. در صورتیکه هم اکنون این تعویض انجام گیرد، جراثقال به قیمت ۹۰۰,۰۰۰ ریال قابل فروش بوده ولی هزینه پائین آوردن و انتقال آن حدود ۴۰۰,۰۰۰ ریال خواهد بود. در همین حال، در صورت جایگزینی جراثقال با لیفت تراکها لازم خواهد شد که مقداری از فضای انبار برای امکان حرکت لیفت تراکها خالی شود. عدم استفاده از این فضا سالیانه هزینه‌ای برابر با ۶۰۰,۰۰۰ ریال برای کارخانه در برخواهد داشت. لازمست قسمت مهندسی نت صلاحیت جایگزین نمودن جراثقال را با لیفت تراکها از نظر اقتصادی بررسی نماید (نرخ بهره ۱۰ درصد در سال منظور می‌شود).

حل

برای دستیابی به نتیجه‌ای که براساس آن تصمیم‌گیری برای انتخاب یکی از دو گزینه امکان‌پذیر باشد، هزینه‌های سالیانه مربوط به هر یک از دو گزینه محاسبه و نهایتاً مقایسه می‌شوند:

الف) هزینه‌های سالیانه خرید و استفاده از لیفت تراکها

سرمایه‌گذاری در حال حاضر: $1,200,000 = 2 \times 600,000$ ریال

درآمد حاصل از فروش اسقاطی پس از ۸ سال: $120,000 = 2 \times 60,000$ ریال

حال، هزینه سالیانه مربوط به سرمایه‌گذاری با استفاده از فرمول مربوط به یافتن تقسیمات n ساله برای ارزش فعلی P یا فاکتور $(A/P, 10\%, 8)$ محاسبه می‌شود. همین‌طور درآمد سالیانه حاصل از فروش لیفت تراکها پس از ۸ سال نیز با استفاده از فرمول یافت اقساط n ساله مربوط به جمع مبلغی که ارزش آینده آن F خواهد بود با فاکتور $(A/F, 10\%, 8)$ قابل محاسبه است:

فصل بیست و یکم - کاربردهای اقتصاد مهندسی در نگهداری و تعمیرات ۳۲۵

$$\text{هزینه سالیانه سرمایه گذاری} = 1,200,000 (A/P, 10, 1) = 1,200,000 \times 0.18744 = 224,928$$

$$\text{درآمد سالیانه فروش اسقاطی} = -120,000 (A/F, 10, 1) = -120,000 \times 0.18744 = -22,493$$

$$\text{هزینه سالیانه بهره برداری} = 0.5 \times 1,850,000 = 925,000$$

$$\text{هزینه مربوط به عدم استفاده از فضا} = 600,000$$

$$\text{ریال } 1,739,435 = \text{جمع}$$

ب) هزینه های سالیانه استفاده از جراثقال موجود

$$(A/P, 10, 1) = (900,000 - 400,000) \times 0.18744 = 93,775$$

$$= 500,000 \times 0.18744 = 93,775$$

$$\text{هزینه سالیانه بهره برداری} = 1,850,000$$

$$\text{جمع} = 1,931,375$$

بنابراین، با مقایسه هزینه های سالیانه، این نتیجه قابل حصول است که تغییر سیستم از جراثقال به لیفت تراک از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است.

شبیه‌سازی و کاربردهای آن در مهندسی نت

۱-۲۲ معرفی

همان‌گونه که از مفهوم لغوی واژه "شبیه‌سازی" استنباط می‌شود، برای بررسی وضعیت و شرایط آینده کار یک سیستم، ممکنست "مدلی" که از نظر خصوصیات و شرایط حتی‌الامکان "شبیه" به سیستم اصلی است ساخته شود، آنگاه وضعیت کار مدل مورد بررسی قرار گرفته و در نتیجه از شرایط آینده کار سیستم اصلی اطلاع حاصل شود. برای مثال در صورتیکه طراحی و ساخت یک سد آبی بر روی رودخانه‌ای موردنظر باشد، لازم خواهد بود که با توجه به محل پیش‌بینی شده برای احداث سد و ارتفاع دیواره آن، وضعیت آبیگری، ارتفاع آب در مقاطع مختلف زمانی، و سایر پارامترهای مربوطه قابل پیش‌بینی باشند.

بدیهی است این پارامترها اغلب تابع شرایط محیط بر سیستم، نظیر میزان بارندگی، میزان برداشت آب، شدت حرارت تابشی خورشید، شدت وزش باد، ... هستند. شرایط محیط بر سیستم اغلب جنبه احتمالی داشته و مقادیر دقیق آنها برای آینده قابل محاسبه نیست. شاید در یک راه‌حل کاملاً "غیرمنطقی" برای پاسخگویی به این سوال که "وضعیت کار سد پس از احداث چگونه خواهد بود؟"، این پاسخ ارائه شود که باید سد ساخته شده و چگونگی عمل کرد آن مورد بررسی قرار گیرد!

برای دست‌یابی به پاسخهای نسبتاً قابل اطمینان ولی احتراز از ساخت و آزمایش یک سیستم حقیقی (که کاملاً غیرمنطقی می‌باشد)، مناسب است در آزمایشگاه "مدل" مشابهی با آنچه که در نظر است ساخته شود ایجاد گردد. برای مثال مطرح شده در این بحث، مقطع و قسمتی از رودخانه در آزمایشگاه در مقیاس کوچک ساخته می‌شود و سد با طرح موردنظر بر روی آن بنا می‌گردد.

حال لازمست عوامل تأثیرگذار بر عملکرد سد، نظیر بارندگی‌ها، مقادیر تابش خورشید و وزش باد، ... نیز شبیه‌سازی شوند. این عوامل عمدتاً احتمالی هستند ولی با اطلاع از سوابق و آمار گذشته و وضعیت طبیعی محل می‌توان شرایط آینده آنها را پیش‌بینی نمود. با ایجاد توابع توزیع احتمالی از میزان بارندگی و سایر عوامل گفته شده، عملیات ایجاد باران مصنوعی، تابش نور با چراغ الکتریکی به جای تابش خورشید ولی با همان اثرات ایجاد تبخیر، و وزش هوای فشرده به جای باد طبیعی و با همان اثرات ایجاد تبخیر، بر روی مدل کوچک اعمال می‌شود و نتایج حاصل که نشان دهنده عملکرد سیستم حقیقی می‌باشد بر روی مدل اندازه‌گیری می‌شود.

در این عملیات به چند نکته مفید دست‌یابی حاصل شده است:

- به جای فعالیت غیرمنطقی اجراء طرح اصلی قبل از اطلاع از نحوه عملکرد و تصمیم‌گیری نهائی در مورد طرح نهائی، مدل کوچک و ارزان قیمتی در آزمایشگاه تهیه شده.

- برای به حرکت درآوردن مدل، به جای اینکه مثلاً ۱۰ سال به طور مداوم وضعیت‌ها بررسی شود، با کوچک نمودن مقیاس زمان، مثلاً شرایط هر فصل سه ماهه در یک واحد کوچک زمانی (مثلاً یک ساعت) در آزمایشگاه ایجاد شده، و در نتیجه برای بررسی شرایط ۱۰ سال آینده، تنها ۴۰ ساعت وقت در آزمایشگاه صرف شده.

- ایجاد تغییرات در طرح (محل، ارتفاع، ...) بر روی مدل کوچک به راحتی و هزینه کم امکان‌پذیر بوده، و در نتیجه بررسی عملکرد مدل در مقابل عوامل مختلف منظور شده در طرح قابل بررسی می‌باشد.

۲-۲۲ مدل‌های ریاضی

خوشبختانه با کاربرد علوم ریاضی و پایه و بسیاری از علوم کاربردی در مهندسی، در موارد زیاد، ممکنست به جای ساخت و آزمایش یک مدل فیزیکی، با استفاده از معلومات طرح، با انجام محاسبات به نتایج کاملاً مطمئن دست یافت. چنین امری مخصوصاً در شرایطی که عوامل موثر در عملکرد سیستم موردنظر معین و قابل تعریف باشند به راحتی امکان‌پذیر بوده، و در فنون مهندسی معمول می‌باشد. ولی در بسیاری از موارد، عوامل تأثیرگذار بر عملکرد سیستم با توابع معین قابل تعریف نیستند.

در مثال مطرح شده در قسمت ۲۲-۱ عواملی نظیر میزان بارندگی در ناحیه در ۱۰ سال آینده، سرعت وزش باد، مقادیر تابش خورشید، حتی میزان تقاضا (برداشت) آب از زیر سد، همگی احتمالی هستند. در شرایط احتمالی بودن توابع توزیع مؤثر بر سیستم، لازمست توابع توزیع احتمالی تغییرات در دسترس باشند. با استفاده از آمار و اطلاعات گذشته، منحنی‌های توزیع که نشان‌دهنده تغییرات احتمالی عوامل موردنظر هستند قابل تهیه می‌باشند. در مواردی نیز افراد با استفاده از آگاهی و تسلط بر اطلاعات در مورد عوامل طبیعی، سیاسی، و اقتصادی، ... شرایط آینده را پیش‌بینی می‌نمایند، یا با تلفیقی از آمار گذشته با آگاهی‌هایی که از آینده دارند، به تخمین عوامل احتمالی می‌پردازند.

در هر حال، با در دست بودن اطلاعات از عوامل مؤثر در کارکرد سیستم، امکان طراحی با استفاده از تکنیک‌های محاسباتی امکان‌پذیر می‌شود. ولی لازم به ذکر است که در شرایط پیچیده بودن توابع توزیع احتمالی، همین‌طور، پیچیده بودن وابستگی‌ها و تأثیرات متقابل بین عوامل، استفاده از راه‌حل‌های محاسباتی و تحلیلی، وقت‌گیر، غیرکارا، و در مواردی ناممکن خواهد بود.

۲-۳ مدل‌های ریاضی شبیه‌سازی

روشن است که در ساخت مدل‌های ریاضی برای شبیه‌سازی، هر قدر که شرایط و عوامل، و ارتباطات بین آنها به صورتی واقعی‌تر در مدل گنجانیده شوند، نتایج به دست آمده بیشتر قابل اطمینان خواهند بود. در کاربرد مدل‌های شبیه‌سازی، به جای ایجاد فرمولی برای حل

مسئله، سعی می‌شود مدل برای چندین بار (هزاران بار) در شرایط احتمالی مورد تجربه و آزمایش قرار گیرد و هر بار نتایج به دست آمده یادداشت شود. آنگاه، با تحلیل آمار به دست آمده، به نتایج قابل اطمینان از عمل کرد حقیقی سیستم واقعی دسترسی حاصل خواهد شد.

روشن است که تجربه "چندین بار" تنها با استفاده از کامپیوتر عملی و منطقی خواهد بود. خوشبختانه دسترسی به کامپیوترهای شخصی و دسترسی به نرم‌افزارهای کامپیوتری در موضوع شبیه‌سازی این امکان را برای استفاده کننده فراهم نموده است تا در فرصت‌های کوتاه به نتایج قابل اطمینان دستیابی حاصل نماید.

۴-۲۲ شبیه‌سازی مونت کارلو

از کاراترین تکنیک‌های شبیه‌سازی در مسائل مهندسی صنایع و نگهداری و تعمیرات، و مدیریت صنعتی تکنیک شبیه‌سازی مونت کارلو^۱ می‌باشد. در این تکنیک، روش کار بر این اصل استوار است که ضمن در دست داشتن توابع توزیع احتمالی عوامل مؤثر در طراحی سیستم، با استفاده از اعداد تصادفی، وقایع محتمل که بر سیستم اثر خواهند گذاشت برداشت شده و همین‌طور عکس‌العمل‌های سیستم در مقابل این وقایع بررسی شوند. به منظور روشن شدن اصول کار این تکنیک به یک مثال می‌پردازیم:

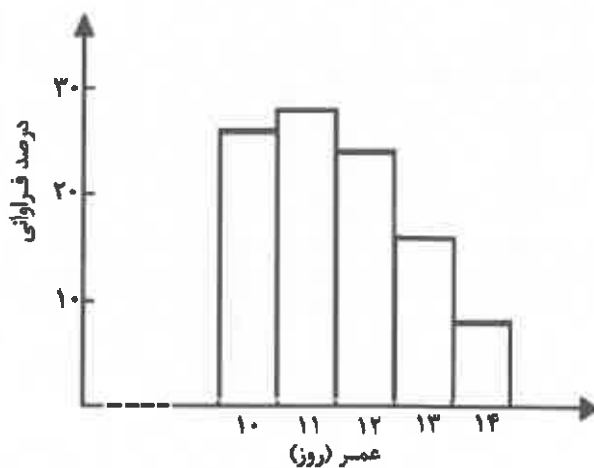
مثال

آمار طول عمر (یا فاصله زمان‌های بین دو خرابی متوالی) یک ماشین در طی سالهای گذشته بر روی کارت تاریخچه سوابق کار این دستگاه (رک به قسمت ۱۲-۳) یادداشت شده. این آمار نشان می‌دهد که توزیع عمر دستگاه، مطابق جدول ۱-۲۲ قابل تعریف است. در همین جدول، در ستون سوم، تعداد دفعات (فراوانیها) به صورت درصد محاسبه و نشان داده شده‌اند:

جدول ۱-۲۲

عمر ماشین	تعداد دفعات (فراوانی)	درصد دفعات
۱۰ روز	۲۰	۲۷
۱۱ روز	۲۲	۲۹
۱۲ روز	۱۸	۲۴
۱۳ روز	۱۰	۱۳
۱۴ روز	۵	۷

هیستوگرام توزیع عمر ماشین، مطابق آنچه که در فصل ۱۷ آمده، مطابق شکل ۱-۲۲ می‌باشد. با توجه به درصد دفعات مربوط به هر طول عمر (درصد فراوانی عمر)، درصد‌های تجمعی طول عمر مطابق جدول ۲-۲۲ محاسبه می‌شود.

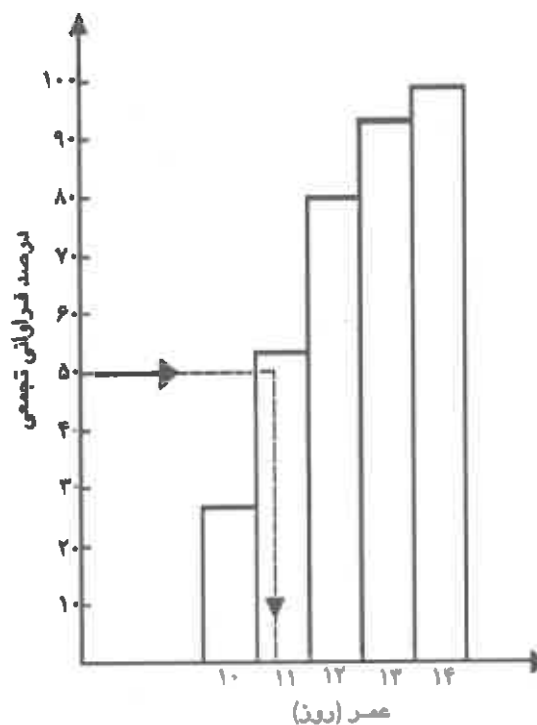


شکل ۱-۲۲

جدول ۲-۲۲

عمر	درصد فراوانی	درصد تجمعی
۱۰	۲۷	۲۷
۱۱	۲۹	۵۶
۱۲	۲۴	۸۰
۱۳	۱۳	۹۳
۱۴	۷	۱۰۰

هیستوگرام شکل ۲-۲۲ وسیله مناسبی برای برداشت عمرهای احتمالی ماشین در آتیه است. مبنای فرض شده در برداشت بر این اصل است که روند عمرهای گذشته ماشین، در آینده نیز تکرار خواهد شد. بنابراین، از هم اکنون که ماشین تعمیر شده، عمر آینده آن ممکنست چیزی بین ۱۰ تا ۱۴ روز باشد.



شکل ۲-۲۲

بدیهی است با توجه به هیستوگرام، عمرهای ۱۰، ۱۱، ۱۲ روز با احتمال بیشتری در آتیه اتفاق خواهند افتاد، و عمرهای ۱۳، ۱۴ احتمال کمتری خواهند داشت. برای برداشت یک عمر احتمالی ممکن است روی محور قائم در شکل ۲-۲۲ که بین صفر تا ۱۰۰ درجه‌بندی شده، کاملاً به صورت "تصادفی" نقطه‌ای را انتخاب نمود. فرض کنیم، با چشمهای بسته نوک قلم را روی محور قائم قرار داده‌ایم و نوک قلم روی عدد ۵۰ قرار گرفته. در این صورت اگر از عدد ۵۰ یک پاره خط افقی به سوی مستطیل‌های تشکیل دهنده هیستوگرام کشیده

فصل بیست و دوم - شبیه‌سازی و کاربردهای آن در مهندسی نت ۳۳۳

شود، مستطیل مربوط به عمر ۱۱ را قطع خواهد نمود. این عمل باید صدها بار تکرار شود، و عمرها به ترتیب یادداشت شوند. حال در یک "مدل ریاضی" به جای استقرار تصادفی قلم بر روی محور قائم، ممکنست هر بار یک عدد دو رقمی (بین صفر تا ۹۹) را کاملاً به صورت تصادفی انتخاب، و بر این اساس عمر مربوطه را از هیستوگرام برداشت نمود. فرض کنیم اعداد تصادفی به ترتیب از چپ به راست عبارتند از:

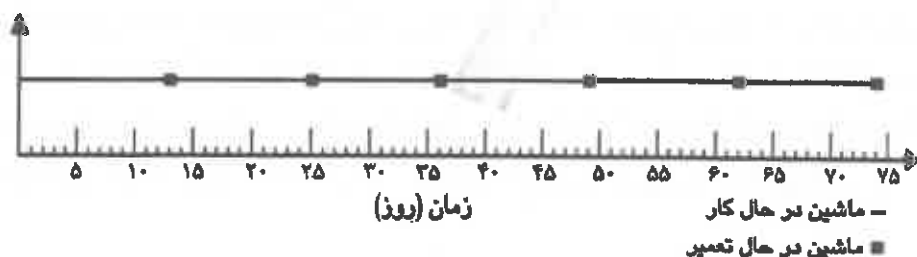
۵۵، ۷۷، ۶۱، ۰۴، ۵۴، ۶۱

در جدول ۳-۲۲ عمرهای قابل پیش‌بینی برای ماشین براساس این اعداد تصادفی نشان داده شده‌اند:

جدول ۳-۲۲

۵۵	۷۷	۶۱	۰۴	۵۴	۶۱	عدد تصادفی
۱۱	۱۲	۱۲	۱۰	۱۱	۱۲	عمر

آنچه که به صورت عمرهائیکه متوالیاً اتفاق خواهند افتاد در جدول ۳-۲۲ نشان داده شده ممکنست به صورت نمودار زمان برای جلوه بیشتر مطلب ترسیم شود. فرض شود، هر بار که ماشین خراب می‌شود، یک روز وقت صرف تعمیر ماشین خواهد شد. بنابراین نمودار عملکرد ماشین برای ۷۴ روز آینده مطابق نمودار شکل ۳-۲۲ خواهد بود.



شکل ۳-۲۲

در همین فصل، با ارائه مثالهای کامل‌تر، کاربردهای تکنیک شبیه‌سازی مونت کارلو در حل مسائل مهندسی نت نشان داده خواهند شد.

۴-۵ کاربرد کامپیوتر در شبیه‌سازی

همانگونه که گفته شد، کامپیوترها و نرم‌افزارهای موجود، نه تنها به عنوان کمک در کار شبیه‌سازی، بلکه به عنوان یک وسیله لازم در شبیه‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرند. نرم‌افزارهای مخصوص شبیه‌سازی دارای امکان ایجاد اعداد تصادفی هستند. زبان‌های شبیه‌سازی رایج با استفاده‌های عمومی نظیر *DYNAMO, GASP, SIMSCRIPT, SOL, SIMULA, GPSS* در ایران قابل دسترسی بوده، و علاوه بر آنها تعدادی بسته‌های نرم‌افزاری مخصوص جهت امور نگهداری و تعمیرات، و کنترل موجودی، و تعویض قطعات روی ماشینها با کاربرد تکنیک شبیه‌سازی به صورت پروژه‌های پایان‌نامه‌های فراغت از تحصیل دانشجویان تهیه شده.^۱

۲۲-۶ جدول اعداد تصادفی

در ضمیمه ۴ در پایان کتاب یک جدول اعداد تصادفی نشان داده شده است. اعداد تصادفی باید با الگوریتمی ایجاد شده باشند که هیچگونه ارتباط و وابستگی بین آنها قابل تعریف نباشد. برای مثال، شاید روش تعیین اعداد تصادفی دو رقمی می‌تواند شامل تهیه ۱۰۰ عدد گلوله کاملاً مشابه با شماره‌های صفر تا ۹۹ باشد که در داخل کیسه‌ای ریخته شده و هر بار یکی از گلوله‌ها، پس از تکان دادن کامل کیسه از آن خارج شده، و پس از برداشت شماره مجدداً گلوله به داخل کیسه انداخته شود. با تکرار این عمل یک سری اعداد تصادفی ایجاد خواهند شد. روشهای ریاضی نیز برای تهیه اعداد تصادفی در این مورد وجود داشته، و با کمک این روشها، اعداد تصادفی توسط کامپیوترها به وجود می‌آیند. در استفاده از جدول ضمیمه ۴ در آخر کتاب ممکنست به اعداد تصادفی مثلاً سه رقمی احتیاج باشد. این سه رقم از سمت چپ یا راست اعداد جدول به ترتیب ستونی یا ردیفی یا قطری، ... برداشت می‌شود. مثالهای صفحات بعد، کاربردهای شبیه‌سازی مونت کارلو در امور مهندسی نگهداری و تعمیرات را نشان می‌دهند.

۱- برای مثال:

(۱) چراغعلی شینی شیخ و مظاهر ضیائی روشی برای تعیین سیاست بهینه در تعویض قطعات با استفاده از شبیه‌سازی کامپیوتری، دانشکده صنایع - دانشگاه صنعتی اصفهان.
(۲) علیرضا کوچکزاده، روشی جهت دستیابی به نیروی انسانی بهینه در یک کارگاه تعمیرات با استفاده از تکنیک شبیه‌سازی کامپیوتری، دانشکده مهندسی صنایع - دانشگاه صنعتی اصفهان.

مثال

در ۱۰۰ نوبت گذشته که سه دستگاه ماشین کاملاً مشابه در شرایط کار یکسان دچار خرابی اضطراری شده‌اند، اطلاعات مربوط به توابع توزیع زمان تعمیرات، عمر، نیروی انسانی، و هزینه‌ها به شرح زیر بوده است.

توزیع زمان تعمیرات

زمانهای انجام تعمیرات روی ماشینها نیز در نوبتهای مختلف متفاوت بوده است. در ۵۰ مورد آمار زمانهای صرف شده جهت تعمیرات یادداشت شده. توزیع زمان تعمیرات مطابق جدول ۴-۲۲ است.

جدول ۴-۲۲

توزیع زمان تعمیر

زمان تعمیر (ساعت)	تعداد دفعات	درصد فراوانی	درصد فراوانی تجمعی
۵	۲۲	۴۴	۴۴
۱۰	۱۸	۳۶	۸۰
۱۵	۱۰	۲۰	۱۰۰
جمع	۵۰	۱۰۰	

جدول ۵-۲۲

توزیع عمر

عمر (ساعت)	تعداد دفعات	درصد فراوانی	درصد فراوانی تجمعی
۵	۲	۲	۲
۱۰	۴	۴	۶
۱۵	۸	۸	۱۴
۲۰	۱۰	۱۰	۲۴
۲۵	۱۶	۱۶	۴۰
۳۰	۲۰	۲۰	۶۰
۳۵	۱۸	۱۸	۷۸
۴۰	۱۰	۱۰	۸۸
۴۵	۶	۶	۹۴
۵۰	۶	۶	۱۰۰

نیروی انسانی

برای تعمیرات ماشینها ممکنست یک یا دو نفر کارگر گمارده شوند. در صورتیکه دو نفر کارگر در مسئولیت تعمیرات این سه ماشین گمارده شوند، این دو نفر کارگر به صورت مستقل انجام وظیفه خواهند نمود. به این معنی که در صورتیکه در یک موقعیت زمانی تنها یکی از ماشینها خراب باشد، یکی از کارگران به تعمیر آن خواهد پرداخت و کارگر دوم به صورت آماده به کار (بیکار) منتظر خواهد ماند.

هزینه‌ها

در سال جاری هزینه‌ها به شرح زیر تخمین زده می‌شود. بدیهی است، کارگران چه در حالت مشغولیت به کار تعمیر، و چه در حالت بیکاری، دستمزد خود را دریافت خواهند داشت.

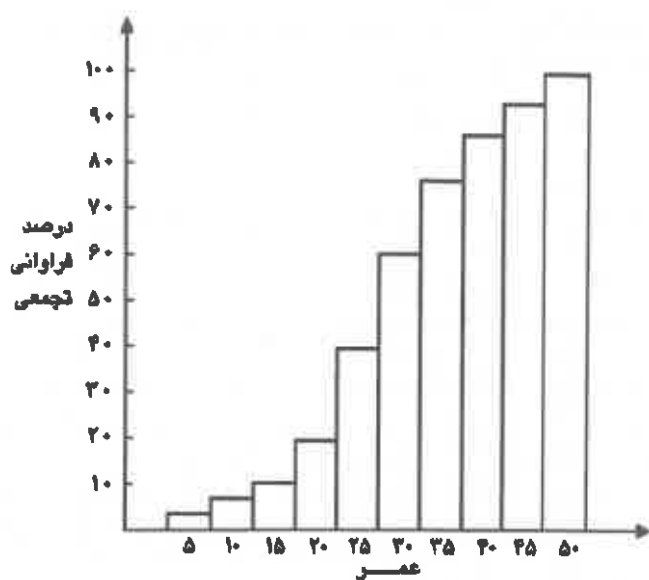
- هزینه هر ساعت کار تعمیرات، شامل مواد، ابزار، قطعات: ۱۰,۰۰۰ ریال
- هزینه هر ساعت رکود ماشین: ۳۰,۰۰۰ ریال
- هزینه هر ساعت دستمزد کارگر نگهداری و تعمیرات: ۱,۲۰۰ ریال

لازمست بین انتخاب یک یا دو نفر (یا احیاناً بیش از دو نفر) کارگر جهت تعمیرات این سه ماشین بررسی به عمل آمده و تعداد مناسب مشخص شود.

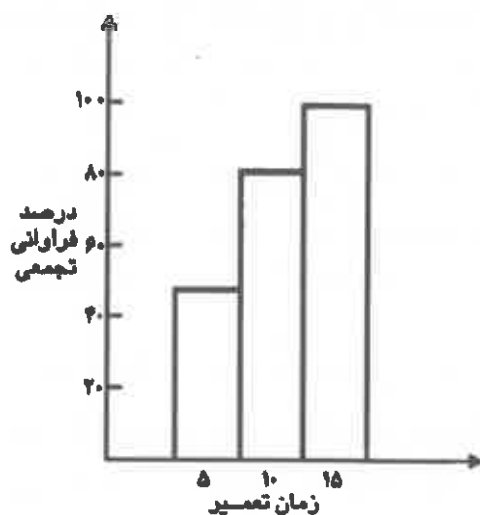
حل

توابع توزیع تجمعی عمر و زمان تعمیرات ماشینها مطابق نمودارهای شکل ۲۲-۴ و ۲۲-۵ ترسیم می‌شود. برای شبیه‌سازی این سیستم، شامل سه ماشین و یک یا دو کارگر لازمست با استفاده از اعداد تصادفی، عمرهای احتمالی، و زمانهای احتمالی برای انجام تعمیرات از نمودارها برداشت شوند. با استفاده از اعداد تصادفی، زمانهای مربوط به عمرهای احتمالی، مطابق آنچه که توضیح داده شد از روی نمودار شکل ۲۲-۴ برداشت شده، و در جدول ۲۲-۶ یادداشت شده‌اند.

به همین نحو، زمانهای احتمالی مربوط به تعمیرات نیز با استفاده از اعداد تصادفی از شکل ۲۲-۵ برداشت شده و در جدول ۲۲-۷ یادداشت شده‌اند.



شکل ۲۲-۴



شکل ۲۲-۵

جدول ۲۲-۶

ماشین ۱		ماشین ۲		ماشین ۳	
عدد تصادفی	عمر (ساعت)	عدد تصادفی	عمر (ساعت)	عدد تصادفی	عمر (ساعت)
۴۵	۳۰	۷۶	۳۵	۹۳	۴۵
۱۵	۲۰	۵۱	۳۰	۷۶	۳۵
۴۵	۳۰	۹۰	۴۵	۱۲	۱۵
۳۰	۲۵	۲۵	۲۵	۴۹	۳۰
۰۴	۱۰	۱۱	۱۵	۰۰	۵
۶۴	۳۵	۹۲	۴۵	۲۵	۲۵
۱۵	۲۰	۱۸	۲۰	۶۸	۳۵
۰۹	۱۵	۱۵	۲۰	۴۸	۳۰
۲۱	۲۰	۳۰	۲۵	۲۷	۲۵
۹۱	۴۵	۰۳	۱۰	۵۰	۳۰
۵۰	۳۰	۷۴	۳۵	۳۶	۲۵
۰۷	۱۵	۲۳	۲۰	۲۸	۲۵
۲۷	۲۵	۶۰	۳۰	۰۹	۱۵
۸۵	۴۰	۰۲	۵	۵۵	۳۰
۵۴	۳۰	۷۹	۴۰	۷۲	۳۵
۶۵	۳۵	۰۳	۱۰	۸۴	۴۰
۰۸	۱۵	۶۴	۳۵	۶۳	۳۵

برای مثال اولین عدد تصادفی که از جدول اعداد تصادفی انتخاب شده (یا به وسائل دیگری به وجود آمده)، عدد ۴۵ می‌باشد. در صورتیکه روی محور قائم در شکل ۲۲-۴، عدد ۴۵ انتخاب شده و از نقطه مربوط به این عدد یک پاره خط افقی به سمت راست ترسیم شود، این پاره خط، مستطیل مربوط به عمر ۳۰ ساعت را قطع خواهد نمود. در نتیجه عمر احتمالی سیستم در اولین تجربه ۳۰ ساعت خواهد بود. این عدد در جدول

۶-۲۲ در ردیف عدد تصادفی ۵۱ برای ماشین ۱ نوشته شده. به همین ترتیب، برای یافتن زمانهای احتمالی انجام عمل تعمیرات، با در دست داشتن یک سری اعداد تصادفی، از نمودار تجمعی شکل ۶-۲۲ استفاده شده، و زمانهای مربوطه در جدول ۶-۲۲ یادداشت شده‌اند.

دو حالت متفاوت را در نظر می‌گیریم: در حالت اول فرض آنستکه تنها یک کارگر برای تعمیر سه ماشین گماشته شده. در این حالت می‌توان پیش‌بینی نمود که احتمال اینکه در آن واحد دو یا سه ماشین خراب شده، و در نتیجه در شرایطی که یکی از آنها تحت تعمیر است، یک یا دو ماشین دیگر در انتظار تعمیر باشند وجود خواهد داشت. نمودار شکل ۶-۲۲ برای نشان دادن کار سیستم در این حالت ترسیم شده.

این نمودار وضعیت کار سیستم را با یک کارگر تعمیرات برای ۴۵۰ ساعت نشان می‌دهد. علائم زیر نمودار معانی خطوط را روشن می‌کنند. خطوط افقی نشانگر ساعات کار، ساعات تعمیر، یا ساعات رکود و انتظار هر ماشین برای تعمیر می‌باشد. برای مثال، اولین عدد مربوط به عمر احتمالی ماشین ۱ در جدول ۶-۲۲ عبارت از ۳۰ واحد زمان است. مقیاس نمودار عبارت از ۵ ساعت به ازاء هر ستون است. بنابراین اولین خط افقی از سمت چپ نمودار مربوط به ماشین ۱ به طول ۳۰ ساعت (۶ ستون) ترسیم شده. اولین زمان تعمیر ماشین ۱ نیز مطابق جدول ۶-۲۲ عبارت از ۱۰ ساعت است که این زمان نیز دو ستون را در ادامه اولین قطعه خط در نمودار مربوط به ماشین ۱ اشغال کرده است.

به همین ترتیب با برداشت اعداد مربوط به عمر و زمان تعمیر، نمودار شکل ۶-۲۲ ترسیم شده. در ترسیم نمودار لازمست به زمانهای انتظار توجه شود. در این نمودار هر گاه ماشینی تحت تعمیر بوده و در ضمن تعمیر آن، ماشین دیگری دچار رکود شده، ماشین دوم الزاماً منتظر شده تا کارگر کار تعمیرات روی اولین ماشین را تکمیل نموده و بعد به تعمیر ماشین بعدی بپردازد.

برای مثال می‌بینیم که ماشین ۱ از ابتدای ساعت ۱۵۰ تا ابتدای ساعت ۱۶۰ در انتظار تعمیر بوده، به این دلیل که در این ساعات، کارگر مشغول عملیات تعمیراتی روی ماشین ۳ بوده است.

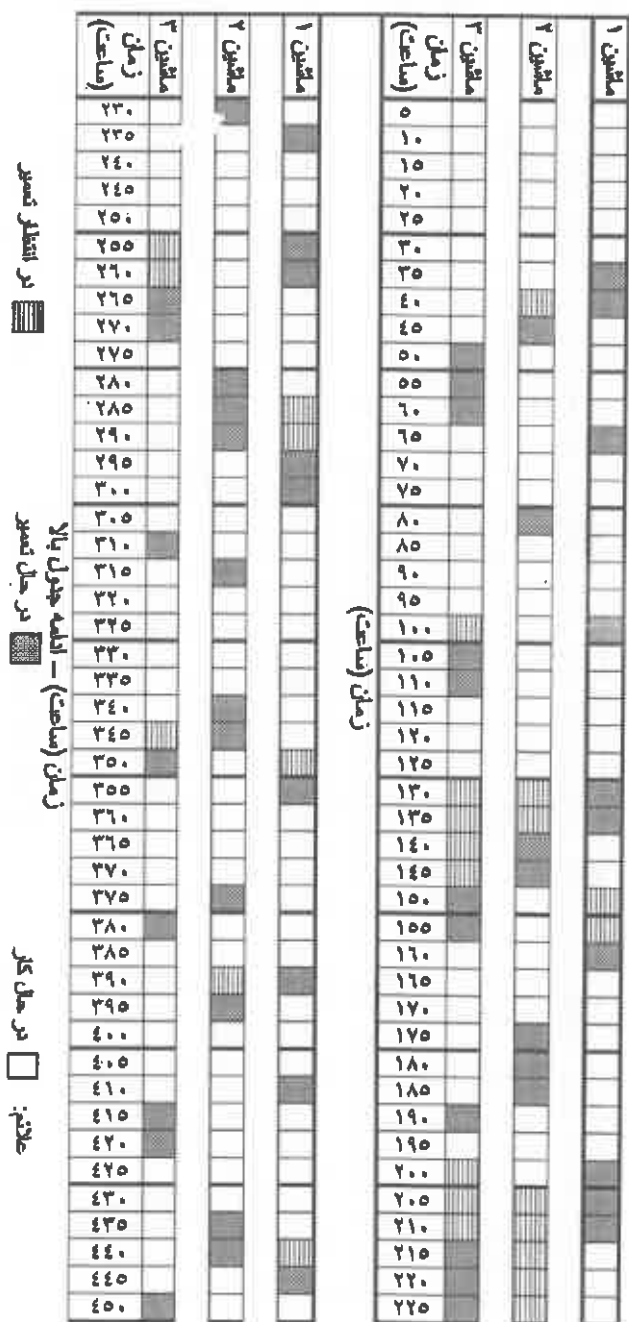
در شرایطی که دو یا سه ماشین در آن واحد با یکدیگر خراب شوند، لازمست یک نوع قانون اولویت برای تعمیر منظور شود.

جدول ۷-۲۲

ماشین ۱		ماشین ۲		ماشین ۳	
عدد تصادفی	زمان تعمیر (ساعت)	عدد تصادفی	زمان تعمیر (ساعت)	عدد تصادفی	زمان تعمیر (ساعت)
۶۵	۱۰	۰۶	۵	۸۵	۱۵
۲۲	۵	۲۵	۵	۵۰	۱۰
۲۸	۵	۴۵	۱۰	۷۲	۱۰
۷۰	۱۰	۸۲	۱۵	۳۸	۵
۰۹	۵	۲۰	۵	۸۴	۱۵
۸۵	۱۵	۹۸	۱۵	۴۶	۱۰
۲۲	۵	۳۰	۵	۱۹	۵
۷۹	۱۰	۶۰	۱۰	۲۳	۵
۶۲	۱۰	۰۶	۵	۰۲	۵
۰۴	۵	۴۲	۵	۴۶	۱۰
۱۰	۵	۵۴	۱۰	۲۱	۵
۳۷	۵	۰۸	۵	۱۱	۵
۱۷	۵	۴۶	۱۰	۳۱	۵
۵۰	۱۰	۳۶	۵	۹۰	۱۵
۶۵	۱۰	۰۷	۵	۴۹	۱۰
۸۸	۱۵	۶۴	۱۰	۷۰	۱۰

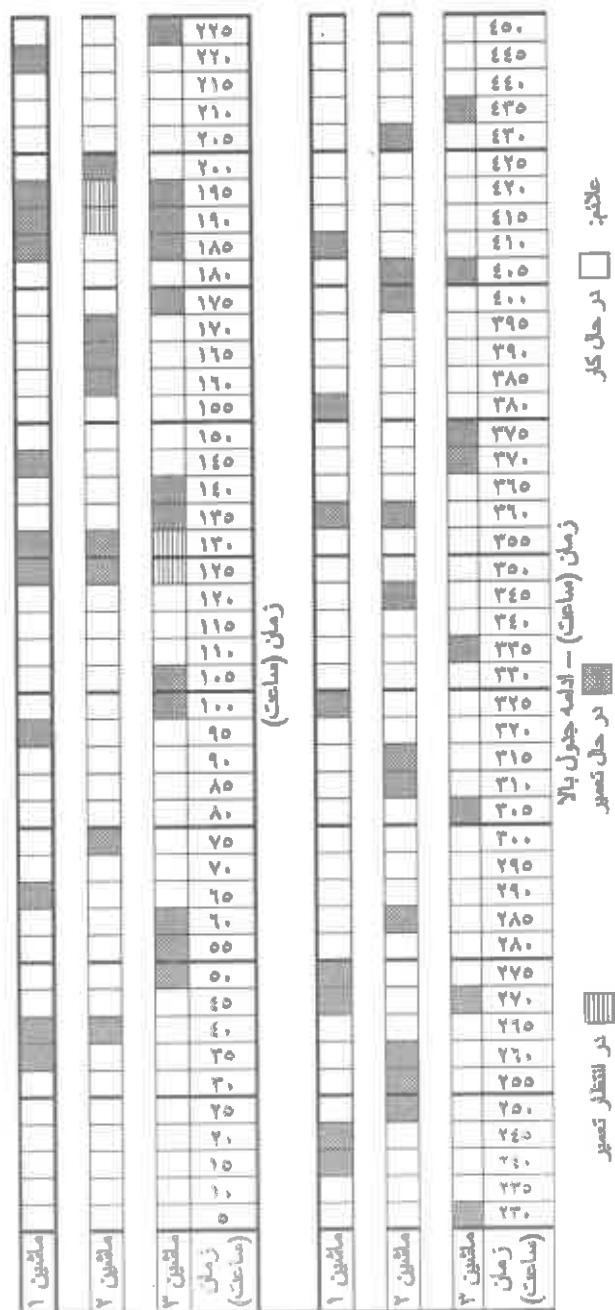
قانون اولویت در این نمودارها به ترتیب برای ماشینهای ۱ و ۲ و ۳ بوده است، مثلاً در نمودار ۶-۲۲ در شروع ساعت ۹۵ هر دو ماشین ۱ و ۳ خراب شده‌اند. بنابراین، بنابر قانون اولویت موجود، کارگر تعمیرکار، در مرحله اول به تعمیر ماشین ۱ پرداخته و در پی آن ماشین ۳ را تعمیر نموده است.

نمودار شکل ۷-۲۲ مربوط به شرایطی است که دو نفر کارگر برای تعمیر این سه ماشین گمارده شده‌اند. بدیهی است در این حالت احتمال در انتظار ماندن ماشینها برای تعمیر از حالت اول کمتر خواهد بود، ولی در مقابل، میزان بیکاری کارگران نسبت به حالت قبلی افزایش خواهد داشت. اینک انجام محاسبات برای تعیین تعداد بهینه کارگر، با توجه به معلومات مسئله و نتایج شبیه‌سازی امکان‌پذیر است:



۴-۲۲ شکل

نمودار شبیه‌سازی مثال با حضور یک کارگر تعمیرات



شکل ۷-۲۲ نمودار شیفت‌سازی مثال با حضور دو نفر کارگر تعمیرات

الف) در شرایط وجود یک نفر کارگر:

با مراجعه به نمودار شکل ۲۲-۶ اطلاعات زیر قابل برداشت است:

جمع	ماشین ۳	ماشین ۲	ماشین ۱	
۹۴۰	۳۰۰	۳۱۵	۳۲۵	ساعاتی کار مفید
۱۳۰	۵۵	۴۵	۳۰	ساعاتی انتظار
۲۸۰	۹۵	۹۰	۹۵	ساعاتی تعمیر
۱۳۵۰	۴۵۰	۴۵۰	۴۵۰	جمع

جمع ساعات رکود ۳ ماشین (در حال تعمیر یا در انتظار) = $۱۳۰ + ۲۸۰ = ۴۱۰$ ساعت

جمع ساعاتی که سه ماشین تحت تعمیر بوده‌اند = ۲۸۰ ساعت

جمع ساعات حضور کارگر تعمیرکار = ۴۵۰ ساعت

هزینه‌ها:

هزینه رکود $۱۲,۳۰۰,۰۰۰ = ۴۱۰ \times ۳۰,۰۰۰$ ریال

هزینه تعمیرات $۲,۸۰۰,۰۰۰ = ۲۸۰ \times ۱۰,۰۰۰$ ریال

دستمزد $۵۴۰,۰۰۰ = ۴۵۰ \times ۱۲۰۰$ ریال

جمع = ۱۵,۶۴۰,۰۰۰ ریال

هزینه به ازاء هر ساعت کار مفید ماشین = $\frac{۱۵,۶۴۰,۰۰۰}{۹۴۰} = ۱۶,۶۳۸$ ریال

ب) در شرایط وجود دو نفر کارگر:

با مراجعه به نمودار شکل ۲۲-۷، این اطلاعات قابل برداشت است:

جمع	ماشین ۳	ماشین ۲	ماشین ۱	
۱۰۴۰	۳۴۰	۳۴۵	۳۵۵	ساعاتی کار مفید
۲۰	۱۰	۱۰		ساعاتی انتظار
۲۹۰	۱۰۰	۹۵	۹۵	ساعاتی تعمیر
۱۳۵۰	۴۵۰	۴۵۰	۴۵۰	جمع

جمع ساعات رکود سه ماشین (در حال تعمیر یا در انتظار) = $20 + 290 = 310$ ساعت
 جمع ساعاتی که سه ماشین تحت تعمیر بوده‌اند = 290 ساعت
 جمع ساعات حضور دو کارگر تعمیرکار = 900 ساعت

هزینه‌ها:

هزینه رکود $9,300,000 = 310 \times 30,000$ ریال
 هزینه تعمیرات $2,900,000 = 290 \times 10,000$ ریال
 دستمزد $1,080,000 = 900 \times 1,200$ ریال
 جمع = $13,280,000$ ریال

هزینه به ازاء هر ساعت کار مفید ماشین = $\frac{13,280,000}{1.40} = 9,485,714$ ریال

نتیجه: استخدام دو نفر کارگر تعمیراتی مقرون به صرفه است.

یادداشت‌ها

(۱) نمودار مربوط به شرایط وجود دو نفر کارگر نت (شکل ۲۲-۷) نشان می‌دهد که در این شرایط تنها ۱۰ ساعت انتظار جهت تعمیر پیش آمده. بنابراین، استخدام بیش از ۲ نفر کارگر منطقی نخواهد بود. (به فرض که در شرایط استخدام سه نفر کارگر، زمان انتظار به صفر برسد، معه‌ذا به راحتی قابل مخاسبه است که هزینه به ازاء ساعات کار مفید ماشین به دلیل افزایش هزینه‌های دستمزد از عدد به دست آمده در شرایط وجود دو نفر کارگر بیشتر خواهد بود).

(۲) شایان توجه است که حتی در شرایطی که یک نفر کارگر تعمیرات در کارگاه اشتغال به کار دارد، از ۴۵۰ ساعت حضور در کارگاه، تنها ۲۸۰ ساعت کار تعمیراتی انجام می‌دهد و در نتیجه نسبت بهره‌وری از کارگر برابر است با $\frac{280}{450} \times 100 = 62\%$ با آنکه بهره‌وری از نیروی کار کم بوده است، معه‌ذا استخدام دو نفر کارگر به نفع کارگاه بوده است، علیرغم اینکه با استخدام ۲ کارگر مجموعاً از ۹۰۰ نفر ساعت نیروی انسانی، ۲۹۰ ساعت اشتغال بوده و در نتیجه بهره‌وری برابر با ۳۲٪ بوده است.

۳) روشن است که برای دستیابی به نتایج قابل اطمینان، ساعات شبیه سازی کارگاه (که در این مثال ۴۵۰ ساعت بود) باید به مراتب بیش از مقدار این مثال باشد. برای این امر، استفاده از کامپیوتر و نرم افزارهای مناسب ضروری است.

۴) شاخص ارزیابی و مقایسه گزینه ها در این مثال، هزینه های تعمیرات و رکود به ازاء هر ساعت کار مفید یک ماشین بود. در صورتیکه سرعت تولید ماشین در شرایط کار مفید، و جمع هزینه های تولیدی، شامل مواد، دستمزد کارگران تولیدی، هزینه های بالاسری، ... مشخص باشند، ممکنست شاخص مقایسه عبارت از سود حاصله در یک زمان مشخص (مثلاً در ۴۵۰ ساعت) باشد.

مثال

(تعویض قطعات به صورت تعمیرات پیشگیری یا اضطراری)

بر روی یک ماشین تولیدی چهار قطعه مشابه به شماره های ۱، ۲، ۳، و ۴ نصب شده اند. این قطعات به طور معمول بعد از چند هفته کار مداوم خراب می شوند و باید توسط قسمت نگهداری و تعمیرات تعویض شوند. جدول شماره ۲۲-۸ آمار توزیع عمر قطعات را نشان می دهد.

جدول ۲۲-۸

عمر (هفته)	فراوانی	فراوانی تجمعی
۲	۵	۵
۳	۹	۱۴
۴	۱۱	۲۵
۵	۱۵	۴۰
۶	۱۹	۵۹
۷	۱۶	۷۵
۸	۱۳	۸۸
۹	۸	۹۶
۱۰	۴	۱۰۰

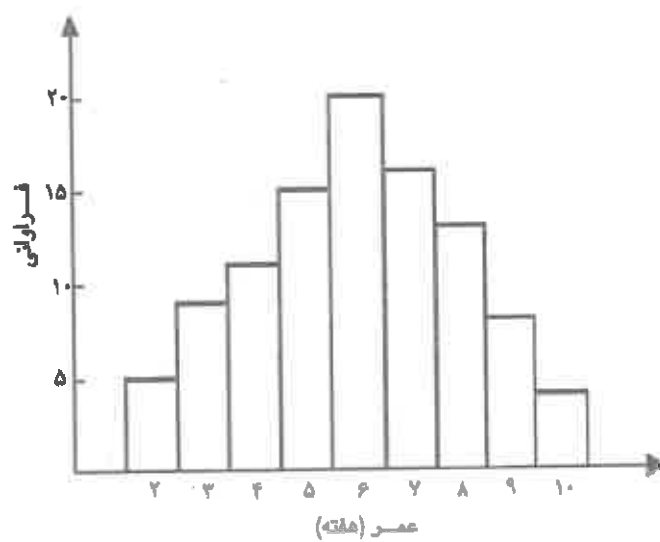
شکل ۲۲-۸ نشان دهنده هیستوگرام توزیع عمر قطعه، براساس اطلاعات جدول ۲۲-۸ می باشد.

تا به حال سیاست نگهداری و تعمیرات بر اصل "تعویض قطعه به صورت اضطراری" بوده است. به این معنی که هرگاه یکی از قطعات خراب می‌شده، تنها به تعویض همان قطعه خراب اکتفا می‌شده. اطلاعات زیر در مورد شرایط و هزینه‌های تعویض قطعه در دست است:

الف) هزینه‌ها

قیمت هر قطعه ۱۰۰۰ ریال

هزینه هر ساعت رکود ماشین: ۱۰,۰۰۰ ریال



شکل ۲۲-۸

ب) زمان تعویض (زمان رکود ماشین)

۲ ساعت	برای تعویض یک قطعه:
۲/۵ ساعت	برای تعویض ۲ قطعه با هم:
۳ ساعت	برای تعویض ۳ قطعه با هم:
۳/۵ ساعت	برای تعویض ۴ قطعه با هم:

اخیراً امور مهندسی صنایع و نگهداری و تعمیرات به این نتیجه رسیده‌اند که با توجه به بالا بودن هزینه رکود، احتمالاً اعمال سیاستهای دیگری برای تعویض قطعات می‌تواند مقرون به صرفه باشد. در این راستا، علاوه بر سیاست ۱ که هم‌اکنون اعمال می‌شود دو سیاست دیگر مطرح شده و بنابراین جمعاً سه سیاست به شرح زیر برای بررسی اقتصادی مورد ملاحظه قرار گرفته:

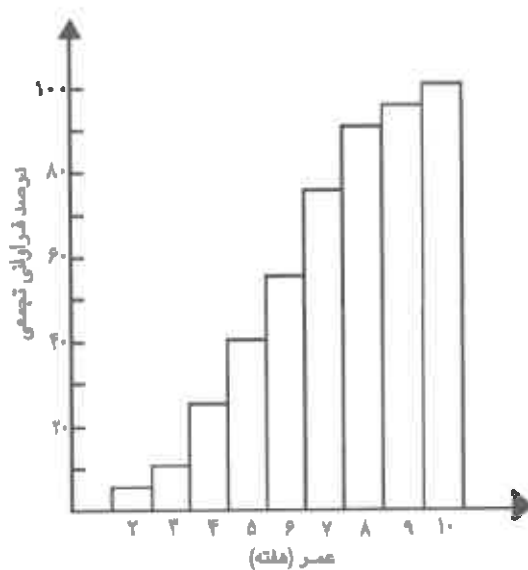
- سیاست ۱: در هر موقعیت تنها قطعه‌ای که از کار افتاده تعویض می‌شود.
- سیاست ۲: هرگاه که قطعه‌ای از کار افتاد، آن قطعه و همگی قطعات دیگر همراه با قطعه‌ای که از کار افتاده به طور یکجا تعویض می‌شوند.
- سیاست ۳: هرگاه که قطعه‌ای از کار افتاد، آن قطعه و همگی قطعات دیگری که عمرشان حداقل به ۷ هفته رسیده تعویض می‌شوند.

لازمست با استفاده از اطلاعات موجود، با کاربرد روش مناسبی، سه سیاست موردنظر ارزیابی و از نظر اقتصادی با یکدیگر مقایسه شوند، و سیاست بهینه برگزیده شود.

حل

برای حل مسئله، انتخاب یک مدل شبیه‌سازی، مناسب‌ترین راه به نظر می‌رسد. تابع توزیع تجمعی عمر قطعه مطابق شکل ۹-۲۲ ترسیم شده، و بعد با استفاده از یک سری اعداد تصادفی دو رقمی، عمرهای احتمالی برای قطعات ۱ تا ۴ از هیستوگرام توزیع تجمعی عمر قطعه (شکل ۹-۲۲) برداشت می‌شوند.

اعداد تصادفی و عمرهای مربوطه در جدول ۹-۲۲ نشان داده شده‌اند. روش برداشت عمرهای احتمالی در این مثال، مشابه آنچه که در مثال قبلی گفته شد می‌باشد. در مرحله اول یک سری اعداد تصادفی از جدول اعداد تصادفی برداشت شده یا به وسائل دیگر (نظیر استفاده از ماشین حسابهای که عمل ایجاد اعداد تصادفی را انجام می‌دهند) ایجاد می‌شوند. آنگاه با مراجعه به شکل ۹-۲۲، به ازاء هر عدد تصادفی عمر مربوطه از روی شکل برداشت شده و در جدول یادداشت می‌شود.

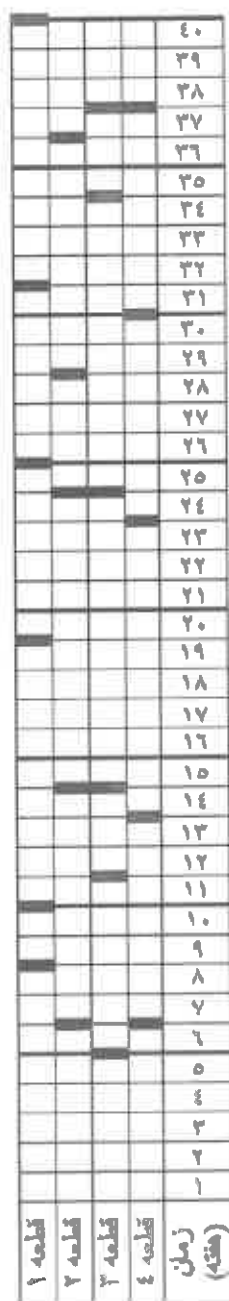


شکل ۹-۲۲

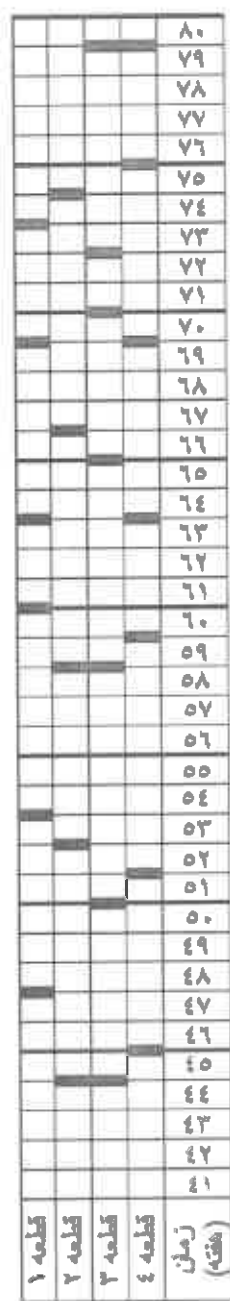
نمودارهای نشان دهنده وضعیت کار ماشین و موقعیتهای تعویض قطعات برای سیاستهای ۱ تا ۳ به ترتیب در شکل‌های ۱۰-۲۲ تا ۱۲-۲۲ نشان داده شده‌اند. عملیات شبیه سازی برای هر سیاست به مدت ۸۰ هفته کار روی نمودار ادامه یافته. اعداد مربوط به عمر احتمالی قطعات از جدول ۹-۲۲ برداشت شده. در شکل ۱۰-۲۲ مربوط به سیاست ۱، برای مثال، اولین عمرهای مربوط به قطعات ۱ تا ۴ به ترتیب از جدول ۹-۲۲ قابل برداشت است. این اعداد عبارتند از ۸، ۶، ۵، ۶ طول هر پاره خط افقی در شکل ۱۰-۲۲ نیز به تناسب همین اعداد برای قطعات ۱ تا ۴ رسم شده. توجه به این نکته لازمست که برای مثال، در شکل ۱۰-۲۲ مربوط به سیاست ۱، در پایان هفته ۱۴ هر دو قطعه ۲ و ۳ خراب شده‌اند. بدیهی است این بدان معنی نیست که دقیقاً در یک لحظه هر دو قطعه از کار افتاده باشند. بلکه در یک حالت طبیعی ممکنست چند ساعت فاصله بین خرابی دو قطعه وجود داشته باشد. بنابراین، چنین مفروض می‌شود که هر قطعه به تنهایی و جدا از قطعه دیگر تعویض شده. (این مطلب در نمودار شکل ۱۲-۲۲ مربوط به سیاست ۳ نیز وجود خواهد داشت).

جدول ۹-۲۲

قطعه ۱		قطعه ۲		قطعه ۳		قطعه ۴	
عدد تصادفی	عمر (هفته)	عدد تصادفی	عمر (هفته)	عدد تصادفی	عمر (هفته)	عدد تصادفی	عمر (هفته)
۷۷	۸	۵۵	۶	۲۷	۵	۴۱	۶
۰۳	۲	۸۱	۸	۵۸	۶	۶۵	۷
۹۳	۹	۹۸	۱۰	۱۰	۳	۹۷	۱۰
۵۸	۶	۲۳	۴	۹۷	۱۰	۷۴	۷
۵۸	۶	۷۸	۸	۹۷	۱۰	۶۰	۷
۹۳	۹	۸۴	۸	۰۸	۳	۸۱	۸
۶۳	۷	۷۷	۸	۷۴	۷	۵۹	۶
۴۴	۶	۵۱	۶	۴۳	۶	۷۶	۸
۶۳	۷	۷۶	۸	۸۳	۸	۲۳	۴
۰۹	۳	۸۷	۸	۶۵	۷	۴۴	۶
۵۳	۶	۶۴	۷	۲۷	۵	۵۴	۶
۱۷	۴	۴۹	۶	۰۲	۲	۱۸	۴
۹۸	۱۰	۱۷	۴	۷۳	۷	۸۶	۸
۱۸	۴	۱۳	۳	۸۶	۸	۴۲	۶
۳۹	۵	۳۵	۵	۹۰	۹	۱۶	۴
۵۴	۶	۳۵	۵	۲۶	۵	۸۸	۸
۲۶	۵	۷۶	۸	۸۲	۸	۲۵	۴
۸۱	۸	۷۵	۷	۳۰	۵	۰۳	۲
۲۵	۴	۳۰	۵	۷۰	۷	۶۵	۷
۲۹	۵	۱۵	۴	۴۸	۶	۵۹	۶
۸۹	۹	۱۸	۴	۵۱	۶	۱۵	۴
۳۸	۵	۴۹	۶	۳۳	۵	۸۱	۸



زمان (هفته)



ادامه زمان (هفته)

علامت قرار دادی: تعویض به علت خرابی

شکل ۱۰-۲۲ نمودار شبیه‌سازی تعویض قطعات (سیاست ۱)

۱ قطعه	۲ قطعه	۳ قطعه	۴ قطعه	زمان (هفته)
				۱
				۲
				۳
				۴
				۵
				۶
				۷
				۸
				۹
				۱۰
				۱۱
				۱۲
				۱۳
				۱۴
				۱۵
				۱۶
				۱۷
				۱۸
				۱۹
				۲۰
				۲۱
				۲۲
				۲۳
				۲۴
				۲۵
				۲۶
				۲۷
				۲۸
				۲۹
				۳۰
				۳۱
				۳۲
				۳۳
				۳۴
				۳۵
				۳۶
				۳۷
				۳۸
				۳۹
				۴۰

زمان (هفته)

۱ قطعه	۲ قطعه	۳ قطعه	۴ قطعه	زمان (هفته)
				۱
				۲
				۳
				۴
				۵
				۶
				۷
				۸
				۹
				۱۰
				۱۱
				۱۲
				۱۳
				۱۴
				۱۵
				۱۶
				۱۷
				۱۸
				۱۹
				۲۰
				۲۱
				۲۲
				۲۳
				۲۴
				۲۵
				۲۶
				۲۷
				۲۸
				۲۹
				۳۰
				۳۱
				۳۲
				۳۳
				۳۴
				۳۵
				۳۶
				۳۷
				۳۸
				۳۹
				۴۰

انامه زمان (هفته)

توضیح بر اساس سیاست

توضیح به علت خرابی

علامت قرار دانی:

شکل ۲۳-۱۰

نمودار شبیه‌سازی توضیح قطعات (سیاست ۱)

																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					</

زمان (هفته)

																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					</

زمان (هفته)

علائم قراردادی:



تعمیر به علت خرابی



تعمیر بر اساس سیاست

شکل ۲۲-۱۲

نمودار شیبه سازی تعویض قطعات (سیاست ۳)

در نمودار شکل ۲۲-۱۱، مربوط به سیاست ۲، مثلاً در تاریخ ۵، قطعه ۳ از کار افتاده بنابراین همراه با قطعه ۳ قطعات دیگر نیز تعویض شده‌اند. در نمودار شکل ۲۲-۱۲ مربوط به سیاست ۳، برای مثال در تاریخ ۱۳ قطعه ۴ خراب شده. در این لحظه از عمر قطعات ۱ و ۳ به ترتیب سه هفته و دو هفته سپری شده و بنابراین، براساس سیاست موردنظر، احتیاجی به تعویض این قطعات نیست.

در همین تاریخ ۱۳، در لحظه‌ای که قطعه ۴ خراب شده، عمر قطعه ۲ به ۷ هفته رسیده و بنابراین به تبعیت از سیاست موردنظر، این قطعه همراه با قطعه ۴ تعویض گردیده است. همین‌طور، در تاریخ ۲۳ قطعه ۲ خراب شده و به تبعیت از آن، قطعات ۳ و ۴ که به ترتیب ۹ و ۱۰ هفته از عمر آنها سپری شده است، تعویض شده‌اند.

جدول ۲۲-۱۰

سیاست ۳	سیاست ۲	سیاست ۱	شرح
۳۲	۰	۴۷	تعداد دفعاتی که یک قطعه به تنهایی تعویض شده
۷	۰	۰	تعداد دفعاتی که دو قطعه با هم تعویض شده‌اند
۱	۰	۰	تعداد دفعاتی که سه قطعه با هم تعویض شده‌اند
۰	۲۰	۰	تعداد دفعاتی که چهار قطعه با هم تعویض شده‌اند
۴۹	۸۰	۴۷	جمع تعداد قطعات تعویض شده

اطلاعات مربوط به آمار تعویض قطعات، به شرح جدول ۲۲-۱۰ از نمودارها قابل برداشت هستند:

اینک با توجه به اطلاعات جدول ۲۲-۱۰، و در نظر گرفتن اطلاعات هزینه که در صورت مسئله آمده بود، محاسبه هزینه‌ها برای سه سیاست مورد ارزیابی امکان‌پذیر است. این محاسبات در جدول ۲۲-۱۱ انجام گرفته.

شایان توجه دقیق است که در سیاست ۳ نیز مفروض داشتن یک نوع ترتیب یا اولویت از نظر خراب شدن قطعات لازمست.

برای مثال نمودار ۲۲-۱۲ نشان می‌دهد که در تاریخ ۶ قطعات ۲ و ۴ همراه با یکدیگر خراب شده‌اند، ولی فرض آنستکه قطعه ۲ چند لحظه قبل از ۴ خراب شده. (اولویت فرض

شده به ترتیب از ۱ به ۴ است). در نتیجه تعویض قطعه ۴ به صورت منفرد از ۲ منظور می‌شود.

همین‌طور در همین نمودار، در تاریخ ۷۳ قطعه ۱ از کار می‌افتد. در همین تاریخ قطعه ۲ نیز که براساس جدول عمرهای تصادفی باید عمر ۸ هفته داشته باشد از کار می‌افتد. ولی بنا به فرض موردنظر، قطعه ۱ چند لحظه قبل از پایان عمر قطعه ۲ خراب شده، و در نتیجه قطعه ۲ به دلیل اینکه عمرش بیش از ۷ هفته بوده است، به تبعیت از سیاست ۳ تعویض شده. در جدول ۱۱-۲۲ هزینه‌های قابل محاسبه از این شبیه‌سازی نشان داده شده است.

جدول ۱۱-۲۲

ساعات رکود ماشین	سیاست ۱	سیاست ۲	سیاست ۳
ساعات رکود ماشین	$47 \times 2 = 94$	$20 \times 3/5 = 70$	$32 \times 2 + 7 \times 2/5 + \frac{1 \times 3}{84/5}$
هزینه رکود	$94 \times 10,000 = 940,000$	$70 \times 10,000 = 700,000$	$84/5 \times 10,000 = 840,000$
هزینه قطعه	$47 \times 1,000 = 47,000$	$80 \times 1,000 = 80,000$	$49 \times 1,000 = 49,000$
جمع هزینه‌ها	۹۸۷,۰۰۰	۷۸۰,۰۰۰	۸۹۴,۰۰۰
هزینه به ازاء هر ساعت کار مفید ماشین	$\frac{987,000}{3200 - 94} = 317/8$	$\frac{780,000}{3200 - 70} = 249/2$	$\frac{894,000}{3200 - 84/5} = 286/9$

نتیجه: سیاست ۲ بیش از دو سیاست دیگر مقرون به صرفه است.

یادداشت‌ها

- (۱) دستمزد کارگران به این دلیل در محاسبات منظور نشده که برای هر سه سیاست تعداد کارگر ثابت فرض شده و بنابراین در نتیجه اثری نخواهد داشت.

(۲) بدیهی است که برای دست‌یابی به نتایج مطمئن‌تر، به جای ۸۰ هفته شبیه‌سازی لازمست زمان شبیه‌سازی طولانی‌تر شده و از کامپیوتر و نرم‌افزار کامپیوتری مناسب برای شبیه‌سازی استفاده شود.

(۳) در فرض مسئله در سیاست ۳ مقرر بود که در لحظه تعویض یک قطعه که خراب شده، همه قطعات دیگری که عمرشان حداقل به ۷ هفته رسیده نیز تعویض شوند. بدیهی است این امکان وجود دارد که با تغییر عدد ۷ هفته به اعداد دیگر بتوان به سیاست بهتری دست یافت، و این کار از طریق شبیه‌سازی امکان‌پذیر است.

کاربردهای تئوری صف در مهندسی نت

۲۳-۱ مقدمه

خستگی و از دست رفتن حوصله ناشی از توقف طولانی در صفوف انتظار را تقریباً هر شخصی در زندگی روزمره تجربه نموده است. افراد به خاطر دریافت کالا یا خدمات در صف انتظار توقف می‌کنند. در شرایطی که تعداد عرضه کنندگان کالاها یا خدمات زیاد بوده و عرضه کنندگان به راحتی برای مشتریان قابل انتخاب باشند، مشتری به محض مشاهده صف در مقابل یک عرضه کننده، به عرضه کننده دیگری مراجعه می‌کند، ولی در شرایط موردنظر در بحث حاضر، در موضوع خدمات نگهداری و تعمیرات، مشتریان عبارت از ماشینهای هستند، که دچار خرابی و رکود شده و نیازمند دریافت خدمات تعمیراتی از کارگاه نگهداری و تعمیرات داخل صنعت هستند. انتظار ماشینهای تولیدی برای تعمیر اغلب باعث رکود تولید می‌شود. (در شرایط وجود ماشینهای یدک ممکنست این امر واقعیت نداشته باشد، ولی کمتر صنعتی را می‌توان یافت که برای کلیه ماشینهای اصلی و بزرگ در خط تولید، یک دستگاه مشابه به صورت یدک مستقر نموده باشد). دلیل ایجاد صف در مقابل سیستم‌های عرضه کننده سرویس، تصادفی بودن سرعت مراجعه مشتریان و همچنین تصادفی بودن زمان صرف شده برای ارائه سرویس می‌باشد.

در فرآیند تعمیرات ماشینهای داخل یک صنعت هر دو عامل ذکر شده تصادفی خواهند بود. بدیهی است این امکان همواره وجود خواهد داشت که با افزوده شدن به حجم نیروی

انسانی و امکانات کارگاه نت زمان انتظار ماشینها برای دریافت خدمات تعمیری کاهش یابد. با افزودن به امکانات کارگاه نت طبیعی است که احتمال بیکار ماندن کارکنان و تجهیزات کارگاه نیز افزایش خواهد یافت و این امر به خودی خود باعث افزایش یک نوع هزینه غیرکارا به صنعت خواهد شد.

در این میان انتخاب سطح مناسب و بهینه نیروی انسانی و تجهیزات کارگاه نت امری لازم و مفید به حال سازمان خواهد بود. این انتخاب باید به نوعی صورت گیرد که از یک سو هزینه‌های انتظار برای تعمیر (رکود تولید) فزونی نداشته، و از سوی دیگر هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای تجهیزات و پرداخت دستمزد به کارکنان نت در حدود متعارف باشد. به عبارت دیگر هدف از مطالعه برای دسترسی به سطح بهینه امکانات نت، تعیین میزانی از نیروی انسانی و تجهیزات و سایر امکانات است که به ازاء آن جمع هزینه‌های رکود تولید و هزینه‌ها نت در حداقل ممکن باشد.^۱

۲-۲۳ فرضیه‌های تئوری صف

تئوریهای صف که در این بحث تشریح شده و کاربردهای آنها نشان داده می‌شود، متکی بر فرضیاتی هستند که این فرضیات نیز از واقعیتهای عملی دور نیستند. فرضیات مورد ملاحظه در این کتاب که فرمولها و نمودارهای مربوط به صفوف انتظار بر مبنای آنها ایجاد شده‌اند به این شرح خلاصه می‌شوند:

- ۱- تابع توزیع سرعت تقاضای ماشینها برای تعمیر به تابع پواسون (*Poisson*) نزدیک است.
- ۲- تابع توزیع زمان لازم برای انجام عمل تعمیرات به توابع نمائی منفی نزدیک است. به این مفهوم که در اغلب موارد، عملیات تعمیراتی زمانی کوتاهتر از متوسط را صرف نموده ولی در موارد نادر زمان صرف شده برای تعمیر، نسبت به حدود متوسط، افزایش زیادی خواهد داشت.
- ۳- امکانات کارگاه نت در حدی است که متوسط سرعت تعمیر از متوسط سرعت ورود ماشینها (تقاضای ماشینها برای تعمیر) بیشتر است (بدیهی است در صورت مساوی

۱- اولین کوشش‌ها برای تحلیل مسائل ایجاد صفوف انتظار توسط ارلانگ (B.K.Erlang) دانشمند دانمارکی در برخورد با مسائل تگناهای شبکه‌های تلفنی به عمل آمد.

یا کوچکتر بودن سرعت تعمیر از سرعت تقاضا، مدت زمان و طول انتظار برای تعمیر به صورت تئوری به سمت بی‌نهایت متمایل می‌شود).

۴- تعداد ماشینهاییکه ممکن است احتیاج به تعمیر داشته باشند نامحدود فرض می‌شود. (طبیعی است که تعداد ماشین‌های داخل صنعت نامحدود نخواهند بود. ولی از آنجا که ممکن است ماشینی که قبلاً تعمیر شده در یک فرصت زمانی تصادفی مجدداً احتیاج به تعمیر داشته باشد، این فرض قابل توجیه بوده، و قبول آن تأثیر چندانی در تغییر ارزش فرمولها و نمودارها نخواهد داشت).

۵- ترتیب قبول انجام عمل تعمیرات بر مبنای ترتیب مراجعت ماشینها برای دریافت سرویس (قانون صف) خواهد بود^۱.

یادداشت

بدیهی است منظور از تشکیل صف این نیست که همواره ماشینها قابل انتقال به محل تعمیرگاه باشند و در آنجا صف انتظار تشکیل شود. بلکه ممکنست ماشینها به صورت ثابت در کارگاهها مستقر باشند و امکانات تعمیراتی به محل نصب ماشینها مراجعه نمایند. در این حالت نیز در صورتیکه مثلاً ۵ ماشین منتظر تعمیر باشند، طول صف عبارت از ۵ ماشین خواهد بود.

۲۳-۳ ساختارهای سرویس رسانی

در یک سازمان ممکنست تنها یک ایستگاه منفرد برای سرویس رسانی وجود داشته باشد. در این صورت سیستم سرویس رسانی "تک کانالی" نامیده می‌شود. همچنین ممکنست در یک سیستم چند ایستگاه مشابه برای ارائه سرویس به خصوصی تأسیس شده باشد. برای مثال در یک جایگاه فروش بنزین چند پمپ مشابه برای تحویل بنزین نصب می‌شود. یا در کارگاه نت چند نفر کارگر هر کدام با تجهیزات مستقل آماده انجام تعمیرات به صورت مستقل بر روی ماشین‌های محتاج به تعمیر هستند، و در نتیجه در آن واحد امکان تعمیر چند ماشین توسط

۱- این ترتیب که عبارت از حفظ موقعیت صف و رسانیدن سرویس به نفر اول صف می‌باشد، به زبان انگلیسی FCFS (First Come First Serve) مشهور است. علاوه بر این ممکن است قوانین دیگری نظیر رسانیدن سرویس به آخر نفر صف یا LCFS (Last Come First Serve) یا رسانیدن بدون رعایت ترتیب مشخص نیز بر سیستم حاکم باشد.

کارگاه نت فراهم است. در این صورت گفته می‌شود که سیستم تأمین سرویس، یک سیستم "چندکانالی" است. در عین حال ممکنست عملیات سرویس رسانی تنها در یک مرحله منفرد، یا چند مرحله متوالی انجام گیرد. برای مثال، در صورتیکه در یک سازمان، ماشینهاییکه احتیاج به سرویس تعمیرات دارند، لازم باشد در مرحله اول توسط یک نفر مورد بازدید فنی قرار گرفته، آنگاه توسط شخص یا گروه دیگری عملیات تعمیرات روی آنها انجام گیرد، و گروه سومی نتیجه عملیات انجام شده را بررسی نموده و کنترل کیفیت نماید، گفته می‌شود که عملیات سرویس رسانی در سه مرحله متفاوت انجام می‌گیرد. در شکل ۲۳-۱ انواع ساختارهای ممکن نشان داده شده.

خروج	سرویس	صف	ورود	ساختار سرویس
→	☒	★★★	→	تک کانالی - تک مرحله‌ای
→	☒ ☒ ☒	★★★	→	تک کانالی - چند مرحله‌ای
→ → →	☒ ☒ ☒	★★★ →	→	چند کانالی - تک مرحله‌ای
→ → →	☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒	★★★ →	→	چند کانالی - چند مرحله‌ای
خروج	تعداد در حال تعمیر		ورود	
	تعداد در سیستم			

شکل ۲۳-۱

ساختارهای سرویس‌رسانی

۲۳-۴ فرمولهای صف

در شرایطی که عملیات تعمیرات در کارگاه نت به صورت یک جا (تک مرحله‌ای) بر روی ماشین‌ها اعمال گردد، آنگاه بنابراینکه در داخل کارگاه یک کانال سرویس یا چند

کانال وجود داشته باشد نمادهای به کار گرفته شده و فرمولهای مورد کاربرد به شرح زیر خواهند بود:

الف) نمادها

P_n = احتمال وجود n ماشین در حال تعمیر شدن، یا در انتظار تعمیر

P_0 = احتمال سالم بودن کلیه ماشینها ($n=0$)، (یا احتمال بیکار بودن کلیه امکانات نت)

L_q = متوسط تعداد ماشینهای منتظر تعمیر (متوسط طول صف انتظار)

L = متوسط تعداد ماشینهای در حال تعمیر، یا در صف انتظار برای تعمیر (متوسط تعداد

ماشینهای خراب)

W_q = متوسط زمان انتظار هر ماشین برای تعمیر (متوسط زمان انتظار در صف)

W = متوسط زمان رکود ماشین در انتظار تعمیر یا در تحت تعمیر (متوسط زمان رکود

ماشین)

λ = متوسط تعداد ماشینها در واحد زمان که متقاضی تعمیر می شوند. (متوسط سرعت

ورود تقاضا)

μ = متوسط تعداد ماشینها در واحد زمان که توسط هر کانال تعمیر می شوند. (متوسط

سرعت تعمیر)

N = تعداد کانالهای سیستم سرویس رسانی

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \text{ضریب کاربرد}$$

ب) فرمولهای صف در شرایط وجود یک کانال منفرد (تک کانالی) $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$

$$P_n = (1-\rho) \rho^n \quad (1-4-23)$$

$$P_0 = (1-\rho) = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) \quad (2-4-23)$$

$$L = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = L_q + \frac{\lambda}{\mu} \quad (3-4-23)$$

$$L_q = \rho L = \frac{\lambda^r}{\mu - (\mu - \lambda)} \quad (۴-۴-۲۳)$$

$$W = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{L}{\lambda} \quad (۵-۴-۲۳)$$

$$W_q = \rho W = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{L_q}{\lambda} = \rho W \quad (۶-۴-۲۳)$$

(ج) فرمولهای صف در شرایط وجود چند کانال ($\rho = \frac{\lambda}{N \cdot \mu}$)

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{N-1} \frac{(\frac{\lambda}{\mu})^n}{n!} + \frac{(\frac{\lambda}{\mu})^N}{N!} (1 - \rho)} \quad (۷-۴-۲۳)$$

$$P_n = \begin{cases} \frac{(\frac{\lambda}{\mu})^n}{n!} \cdot P_0 & 0 \leq n < N \\ \frac{(\frac{\lambda}{\mu})^n}{N! N^{n-N}} \cdot P_0 & n \geq N \end{cases} \quad (۸-۴-۲۳)$$

$$L = \lambda W = L_q + \frac{\lambda}{\mu} \quad (۹-۴-۲۳)$$

$$L_q = \frac{P_0 (\frac{\lambda}{\mu})^N \cdot \rho}{N! (1 - \rho)^2} \quad (۱۰-۴-۲۳)$$

$$W = W_q + \frac{1}{\mu} \quad (۱۱-۴-۲۳)$$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} \quad (۱۲-۴-۲۳)$$

در مثالهای صفحه بعد کاربرد تئوریهای صف برای تعیین حجم و امکانات بهینه برای کارگاههای نت تشریح می‌شوند:

مثال

با توجه به برنامه‌های توسعه برای برداشت محصول بیشتر از یک معدن ذغال سنگ برای استفاده در کارخانه ذوب آهن، برنامه‌ریزی توسعه امکانات نگهداری و تعمیرات نیز ضروری به نظر می‌رسد. در این خصوص دو گزینه متفاوت برای توسعه امکانات نیت قابل بررسی است. در یک گزینه، یک کارگاه منفرد با ظرفیت تعمیر ۱۰ ماشین در هر نوبت (شیفت) ۸ ساعته احداث می‌شود. در گزینه دیگر دو کارگاه هر یک با ظرفیت ۵ تعمیر در یک نوبت (شیفت) قابل احداث است. توزیع زمانهای تعمیر به توابع نمائی منفی، و توزیع سرعت ورود ماشینها جهت تعمیر به تابع پواسون نزدیک است. بودجه لازم برای احداث و تجهیز کارگاه در هر دو گزینه تقریباً مساوی اعلام شده. در برنامه توسعه معدن پیش‌بینی می‌شود که سرعت احتیاج ماشین‌ها به تعمیر برابر با ۶ ماشین در هر شیفت کار خواهد بود. لازمست بین دو گزینه پیشنهاد شده انتخاب مناسبی به عمل آید.

حل

با توجه به تساوی هزینه‌های احداث، ممکنست شاخص سنجش و مقایسه دو گزینه عبارت از متوسط زمان رکود هر ماشین باشد. گزینه‌های ۱ و ۲ با استفاده از فرمولهای مربوطه مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.

الف) گزینه ۱

داریم: $N=1$ (تک کانالی) $\mu=10$ $\lambda=6$

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu} = 0.4$$

$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} = 0.9$$

$$L = 0.9 + \frac{\lambda}{\mu} = 1.5$$

$$W = \frac{1}{\mu - \lambda} = \text{ساعت } 2 = 0.25 \times 8 = \text{نوبت } 0.25$$

ب) گزینه ۲

داریم:

$$\lambda = 6 \quad \mu = 5 \quad N = 2$$

با استفاده از فرمولهای مربوطه:

$$P_0 = 0.25 \quad L_q = 0.68$$

$$L = 0.68 + \frac{6}{5} = 1.88$$

$$W = 2/5 \text{ ساعت}$$

نتیجه: با توجه به اینکه متوسط زمان رکود هر ماشین در گزینه ۱ برابر با ۲ ساعت و در گزینه ۲، برابر با ۲/۵ ساعت است. گزینه ۱ (یک سیستم متمرکز کارگاه نگهداری و تعمیرات) مرجح است.

یادداشت

(۱) شایان توجه است که متوسط تعداد ماشینهای منتظر تعمیر در گزینه ۱ بیشتر است. معینا متوسط زمان توقف هر ماشین به صورت راکد که به عنوان یک شاخص تصمیم‌گیری موردنظر می‌باشد، در گزینه ۱ کمتر از گزینه ۲ می‌باشد.

(۲) گوا اینکه در مثال، سرمایه‌گذاری لازم برای هر دو گزینه برابر اعلام شده، معینا می‌توان پیش‌بینی نمود که هزینه‌های بالاسری در گزینه دو بیشتر بوده و در نتیجه به احتمال زیاد، جمع هزینه‌های بهره‌برداری در شرایط وجود ۲ کارگاه بیش از حالت وجود یک کارگاه متمرکز خواهد بود. این امر نیز کار تصمیم‌گیری را به نفع گزینه ۱ تسهیل می‌نماید.

۲۳-۵ استفاده از نمودار و جداول در برداشت پارامترهای صف

در شرایط وجود چند کانال سرویس‌رسانی، گوا اینکه ممکنست با استفاده از فرمولهای ۲۳-۴ تا ۲۳-۱۲ پارامترهای مورد لزوم را محاسبه نمود، ولی با افزوده شدن به تعداد کانالها (N) کار محاسبات دشوار خواهد بود. جالب توجه است که با در دست داشتن

احتمال وجود صفر ماشین در سیستم (P_0) محاسبه پارامترهای W_q, W, L_q, L, P_n به راحتی به ترتیب با استفاده از فرمولهای ۲۳-۴ تا ۲۳-۴-۱۲ امکان پذیر خواهد بود.

برای یافتن مقدار L_q ممکن است از نمودار شکل ۲۳-۲ استفاده نمود. محور افقی نشان دهنده ضریب کاربردی یا $\rho = \frac{1}{\mu, N}$ می باشد و براساس تعداد کانالها، (N) مقدار L_q با تقریب قابل قبولی از روی محور قائم قابل برداشت است.

همین طور ممکن است برای دست یابی به اعداد دقیق تر، به جای استفاده از شکل، از جداول مناسبی که به همین منظور تهیه شده است استفاده نمود. در ضمیمه ۵ انتهای کتاب جدول تعیین کننده مقادیر L_q برای شرایط وجود یک تا ۱۵ کانال سرویس رسانی به ازاء مقادیر مختلف نسبت $\frac{\lambda}{\mu}$ آمده است. نمودار شکل ۲۳-۲ و جدول ضمیمه ۵ در انتهای کتاب هر دو بر مبنای تابع توزیع سرعت ورود از نوع پواسون ($Poisson$) و تابع توزیع سرعت انجام تعمیر (سرعت سرویس) از نوع نمائی منفی متکی هستند که در بحث ها مورد نظر ما بوده است. مثال بعدی، کاربرد نمودار و جدول ضمیمه ۵ را نشان می دهد:

مثال

لازمست ارقامی که ضمن مثال در انتهای قسمت ۲۳-۴ محاسبه شده اند، با استفاده از نمودار شکل ۲۳-۲ و جدول ضمیمه ۵ مورد بررسی مجدد قرار گیرند:

حل

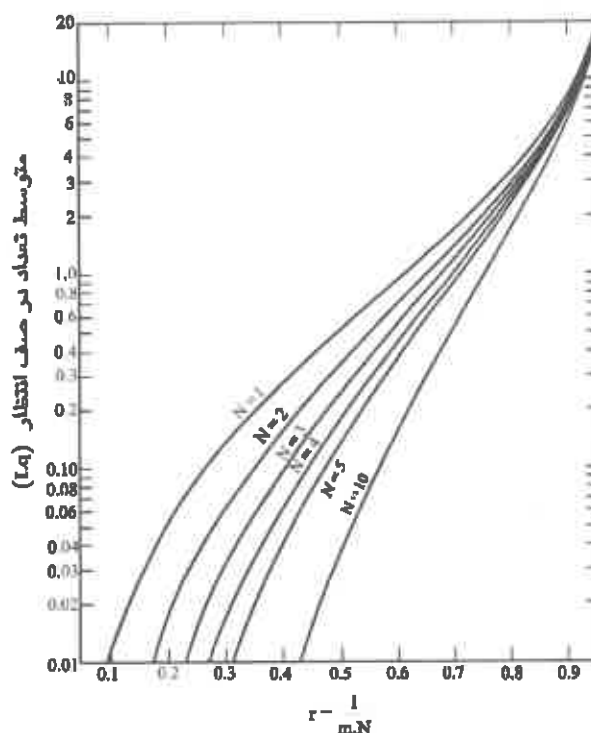
در مثال ذکر شده، برای گزینه تک کانالی و ۲ کانالی اطلاعات زیر در دست بود:

$$\begin{array}{lll} \text{تک کانالی: } N=1 & \mu=10 & \lambda=6 \\ \text{دو کانالی: } N=2 & \mu=5 & \lambda=6 \end{array}$$

بنابراین مقدار ضریب کاربردی (ρ) برابر است با:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu \times 1} = 0.6 \quad \text{تک کانالی}$$

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu \times 2} = 0.6 \quad \text{دو کانالی}$$



شکل ۲-۲۳

حال با مراجعه به شکل ۲-۲۳ با انتخاب عدد $0/6$ روی محور افقی و حرکت قائم به سوی منحنی‌های مربوط به ۱ و ۲ کانال سرویس و از آنجا حرکت افقی به سمت محور قائم، اعداد L_q برای گزینه (تک کانالی) برابر با $0/9$ و برای گزینه (دو کانالی) برابر با $0/6748$ به دست می‌آید. حال با داشتن مقادیر L_q و استفاده از فرمولهای مناسب مربوط به شرایط تک کانالی یا چند کانالی سایر پارامترها قابل محاسبه خواهند بود.

۲۳-۶ ارزیابی اقتصادی گزینه‌ها در تصمیم‌گیری برای سازماندهی کارگاه نت

در مثالهای ارائه شده در این فصل، برای مقایسه گزینه‌های مورد مطالعه، تا بحال تنها به پارامترهای مربوط به زمان انتظار و رکود ماشین‌ها توجه شده و این مقادیر از نظر کمی مورد مقایسه قرار گرفتند.

بدیهی است در یک برنامه بررسی و ارزیابی جامع، لازم خواهد بود که با توجه به نتایج محاسبات صف، "شرایط اقتصادی" گزینه‌ها مورد محاسبه و تحلیل قرار گرفته، و بر این اساس تصمیم‌گیری مناسب و اقتصادی به عمل آید. مثال زیر سعی بر آن دارد که ضمن کاربرد اصول تئوریهای صف، بین گزینه‌های مورد مطالعه یک نوع ارزیابی اقتصادی به عمل آورد.

مثال

برنامه‌ریزی تأسیس و تجهیز یک کارگاه نگهداری و تعمیرات برای یک سیستم صنعتی با فرآیند تولید پیوسته، شامل دو پیشنهاد به شرح زیر می‌باشد:

پیشنهاد ۱: برای تجهیز و راه‌اندازی کارگاه نت در حدود ۴۰ میلیون ریال سرمایه‌گذاری لازمست. در این شرایط به دلیل خودکار بودن بسیاری از تجهیزات، یک نفر کارگر تعمیرات برای کار در هر شیفت کافی خواهد بود. سرعت تعمیرات حدود ۴۰ تعمیر در هر ماه تخمین زده می‌شود.

پیشنهاد ۲: کارگاه را می‌توان با حدود ۱۵ میلیون ریال سرمایه‌گذاری احداث و راه‌اندازی نمود. در این شرایط برای کار در هر شیفت به دو نفر کارگر تعمیرات نیاز است. سرعت تعمیرات حدود ۳۰ تعمیر در ماه تخمین زده می‌شود.

به منظور ارزیابی پیشنهادات بالا، اطلاعات به شرح زیر جمع‌آوری شده:

دستمزد ماهیانه هر نفر کارگر تعمیرات:	۱۵۰,۰۰۰	ریال
هزینه هر ساعت رکود یک ماشین:	۲۵۰۰	ریال
عمر تجهیزات برای هر دو پیشنهاد:	۵	سال
نرخ بهره سالیانه سرمایه درگیر:	۱۲	درصد
متوسط سرعت خرابی ماشینها در ماه:	۱۰	ماشین
(تعداد ماشینهای محتاج به تعمیر در ماه)		

توابع توزیع سرعت خرابی و زمان مصروفه برای تعمیر به ترتیب از نوع پواسون و نمائی منفی می‌باشند.

حلی

شایان دقت است که با در نظر گرفتن شرایط تولید پیوسته لازمست در هر سه شیفت (نوبت) کارگاه نت نیز آماده به کار باشد. برای این منظور، در صورتیکه در هر شیفت به یک نفر کارگر احتیاج باشد، کارخانه باید به استخدام چهار نفر کارگر اقدام نماید تا سه نفر در سه نوبت انجام وظیفه نموده و نفر چهارم در حال استراحت باشد. به همین نحو، در شرایط پیشنهاد ۲ باید ۸ نفر کارگر در کارگاه نت استخدام شوند.

شرایط اقتصادی هر دو پیشنهاد را بررسی می‌کنیم. در هر مورد سیستم سرویس‌رسانی، تک کانالی می‌باشد.

الف) پیشنهاد ۱: متوسط زمان رکود هر ماشین:

$$W = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{40 - 10} = \frac{1}{30} \text{ ماه به ازاء هر خرابی}$$

$$W = \frac{1}{30} \times 30 \times 24 = 24 \text{ ساعت به ازاء هر خرابی}$$

جمع رکود در سال:

$$24 \frac{\text{ساعت}}{\text{ماشین}} \times 10 \frac{\text{ماشین}}{\text{ماه}} \times 12 \frac{\text{ماه}}{\text{سال}} = 2880 \text{ ساعت در سال}$$

هزینه‌ها:

$$\text{ریال در سال} = 2880 \times 2,500 = 7,200,000 \text{ هزینه رکود در سال}$$

$$\text{ریال در سال} = 4 \times 150,000 \times 12 = 7,200,000 \text{ هزینه دستمزد در سال}$$

$$\text{ریال در سال} = 40,000,000 \times (A/P, 12\%, 5)$$

$$= 40,000,000 \times 0.27741 = 11,096,400 \text{ ریال در سال}$$

جمع هزینه‌ها

$$= 25,496,400 \text{ ریال در سال}$$

ب) پیشنهاد ۲: متوسط زمان رکود هر ماشین:

$$W = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{30 - 10} = 0.05 \text{ ماه به ازاء هر خرابی}$$

$$W = 0.05 \times 30 \times 24 = 36 \text{ ساعت به ازاء هر خرابی}$$

جمع زمان رکود در سال:

$$\frac{\text{ساعت}}{\text{ماشین}} \times 10 \frac{\text{ماشین}}{\text{ماه}} \times 12 \frac{\text{ماه}}{\text{سال}} = 4,320 \text{ ساعت در سال}$$

هزینه‌ها:

$$\text{ریال در سال} = 4,320 \times 2,500 = 10,800,000 \text{ هزینه رکود در سال}$$

$$\text{ریال در سال} = 1 \times 150,000 \times 12 = 14,400,000 \text{ هزینه دستمزد در سال}$$

$$\text{ریال در سال} = 15,000,000 \times (A/P, 12, 5) \text{ هزینه سرمایه درگیر در سال}$$

$$= 15,000,000 \times 0.27741 = 4,161,150 \text{ ریال در سال}$$

$$\text{ریال در سال} = 29,361,150 \text{ جمع هزینه‌ها}$$

نتیجه: پیشنهاد ۱ از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است.

یادداشت

در تعیین هزینه سرمایه درگیر، نرخ بازگشت سرمایه در سال براساس روشهای ارائه شده در فصل ۲۱ محاسبه شده. در اینجا با مراجعه به جداول ضمیمه ۳ کتاب، مقدار فاکتور $(A/P, 12, 5)$ برای محاسبه مورد استفاده واقع گردیده.

بخش سوم



سیستم های پیشرفته مدیریت

نگهداری و تعمیرات

معرفی نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر (TPM)

۲۴-۱ مقدمه^۱

پس از جنگ جهانی دوم، صنایع ژاپن به این نتیجه رسیدند که به منظور رقابت موفقیت‌آمیز در بازار جهانی، لازم است که کیفیت محصولات خود را بهبود بخشند. در این راستا، ژاپنی‌ها تکنیکهای ساخت و تولید و مدیریت را از آمریکا به کشور خودشان وارد کرده و آنها را با شرایط خود سازگار نمودند. در نتیجه این اقدامات، محصولات کشور ژاپن در سراسر جهان با توجه به کیفیت بالای آن مشهور شده و توجه جهانیان به شیوه‌های مدیریت ژاپنی مجذوب گردید.

۲۴-۲ از نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه (PM)^۲ تا نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر^۳ (TPM)

از اوایل دهه ۱۹۶۰، ژاپن در جهت بهبود سیستم نگهداری و تعمیرات تجهیزات، فرضیات و ذهنیتهای نت پیشگیرانه (PM) را از ایالات متحده وارد نمود. واردات بعدی شامل نت

۱- مطالب این فصل کتاب حاضر از کتاب نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر (TPM) ترجمه علی حاج شیرمحمدی، برداشت و به این کتاب اضافه شده است.

2- Preventive Maintenance

3- Total Productive Maintenance

بهره‌ور (که این نیز به PM^1 مشهور شد)، محصول بی‌نیاز از تعمیر (MP)^۲، مهندسی قابلیت اطمینان و غیره بود. آنچه که امروز با عنوان TPM مطرح است، در حقیقت همان سیستم نت بهره‌ور به شیوه آمریکا است که در جهت سازگاری با شرایط صنعتی ژاپن در آن بهبودهایی داده شده است.

در اغلب شرکتهای آمریکایی گروههای نت کل فعالیتهای نگهداری و تعمیرات کارخانه را به عهده داشته و نوعی تفکیک نیروی کار را در قالب شعار "من تولید می‌کنم و تو نگهداری و تعمیر می‌نمایی"^۳ بر صنعت تحمیل می‌نمایند. بالعکس، بسیاری از شرکتهای ژاپنی با تغییر و بهسازی نت پیشگیرانه آمریکایی، همگی کارکنان را در برنامه شرکت داده‌اند. نت بهره‌ور فراگیر، که در موارد زیاد با عنوان "نت بهره‌وری که توسط همگی کارکنان اعمال می‌گردد" تعریف می‌شود بر این اصل استوار است که در بهسازی تجهیزات باید همه افراد سازمان، از اپراتورهای خط تولید تا مدیریتهای رده بالا درگیر باشند.

ابتکار محوری و حساس در اصول TPM این است که اپراتورها خودشان به امور اصلی و اولیه نگهداری و تعمیرات ماشینهای خودشان می‌پردازند. آنها ماشینها را در شرایط مناسب و مطلوب برای بهره‌برداری نگهداری نموده و تواناییها و آگاهیهای خود را در دستیابی به مسایل و مشکلات بالقوه موجود در تجهیزات، قبل از آنکه این تجهیزات دچار خرابی و رکود شوند، افزایش می‌دهند.

نت بهره‌ور فراگیر در اوایل دهه ۱۹۸۰ به صورت فراگیر در ژاپن معرفی شد و از آن تاریخ به بعد در سطح وسیعی مورد پذیرش واقع گردیده است. برای مثال، TPM پشتیبانیهای اصولی سیستم تولید را در تویوتا در برمی‌گیرد. همین‌طور، سیستم TPM در بسیاری از شرکتهایی که به نحوی به تویوتا وابستگی دارند مورد کاربرد قرار گرفته است.

بنا به قول پایه‌گذار و به وجود آورنده سیستم TPM در شرکت تویوتا، آقای *Taiichi Ohno*، سیستم تولید تویوتا بر پایه حذف کامل ضایعات استوار گردیده است. در سیستم تولید به هنگام^۴ شرکت تویوتا، فقط اقلام و قطعات در زمانی که موردنیاز هستند، و به مقداری که

1- Productive Maintenance

2- Maintenance Prevention

3- "I operate - You fix"

4- Just In Time (JIT)

به آنها نیاز است، تولید می‌شوند. به عبارت دیگر سیستم تولید تویوتا فعالانه در جهت دستیابی به صفر درصد ضایعات^۱ (ضایعات صفر) و موجودی صفر در انبار^۲ حرکت می‌نماید.

شکل ۱-۲۴ ارتباطات بین TPM را با ویژگیهای سیستم تولید در شرکت تویوتا نشان می‌دهد. همان‌گونه که جدول ۱-۲۴ نشان می‌دهد، هدف TPM حذف کامل شش ضایعه بزرگ است که این امر با اصل حذف مطلق و کامل ضایعات در تویوتا مرتبط می‌شود.

TPM	خرابیهای اضطراری	آماده‌سازی و تنظیم	حرکت بدون تولید و توقفات کوتاه	کاهش سرعت	معایب محصول	ضایعات آغاز تولید
سیستم تولید در تویوتا						
اجراء فرآیند	●					
حذف ضایعات کیفیت					●	●
تولید بدون ذخیره	●	●				
کاهش مقدار هر بار تولید		●				
آماده‌سازی سریع		●				
زمانهای استاندارد شده واحد محصول	●	●	●	●	●	
زمانهای استاندارد شده تولید	●	●	●	●	●	
زمانهای استاندارد شده بیکاری	●	●	●	●	●	
کنترل چشمی	●	●	●			
بهبود قابلیت بهره‌برداری	●	●				
بهبود قابلیت تعمیر	●					

شکل ۱-۲۴
سیستم تولید تویوتا و TPM

جدول ۲۴-۱
مراحل پیشرفت نت

دوره (عصر)	دهه ۱۹۵۰	دهه ۱۹۶۰	دهه ۱۹۷۰
دوره (عصر)	نت پیشگیرانه تدوین وظایف نت	نت بهره‌ور تشخیص اهمیت قابلیت اطمینان و کارآئی اقتصادی در طراحی کارخانه	نت بهره‌ور فراگیر دسترسی به کارآئی نت از طریق اهمیت و ارزش نهادن به افراد و مشارکت همگانی
شیوه‌ها	PM (نت پیشگیرانه) ۱۹۵۱ PM (نت بهره‌ور) ۱۹۵۴ MI (بهبود قابلیت تعمیر) ۱۹۵۷	نت بی‌نیاز از تعمیر ۱۹۶۰ مهندسی قابلیت اطمینان ۱۹۶۲ مهندسی قابلیت تعمیر ۱۹۶۲ اقتصاد مهندسی	دانش رفتاری برنامه‌های F, PAC, MIC مهندسی سیستمها محیط زیست تروتکنولوژی (مدیریت فنی) پشتیبانی فنی (لجیستیک)
اتفاقات مهم	۱۹۵۱- شرکت Kogyo اولین شرکت ژاپنی است که از سیستم نت پیشگیرانه آمریکایی پیروی می‌کند. ۱۹۵۳- ۲۰ شرکت تشکیل گروه تحقیقات نت پیشگیرانه می‌دهند. (بعداً به مؤسسه نگهداری و تعمیرات صنایع ژاپن تبدیل می‌شود). (JIPE) ۱۹۵۳- آقای George Smith برای ترویج نت پیشگیرانه از آمریکا به ژاپن می‌آید.	۱۹۶۰- اولین اجلاس (کنگره) نت (توکیو) ۱۹۶۲- جامعه مدیریت ژاپن گروهی را برای مطالعات نت به آمریکا می‌فرستد. ۱۹۶۳- ژاپن در اجلاس بین‌المللی نت در لندن شرکت می‌کند. ۱۹۶۴- اولین جایزه PM در ژاپن اهداء می‌شود. ۱۹۶۵- ژاپن در اجلاس بین‌المللی نت در نیویورک شرکت می‌کند. ۱۹۶۹- مؤسسه مدیران فنی در ژاپن (JIPE) تشکیل می‌شود.	۱۹۷۰- اجلاس بین‌المللی نت در ژاپن تشکیل می‌شود. ۱۹۷۰- ژاپن در اجلاس بین‌المللی نت در آلمان غربی شرکت می‌کند. ۱۹۷۱- ژاپن در اجلاس بین‌المللی نت در لوس آنجلس شرکت می‌کند. ۱۹۷۳- UNIDO سمپوزیوم نت را در ژاپن برگزار می‌کند. ۱۹۷۴- ژاپن در کنگره نت EFNMS شرکت می‌کند. ۱۹۷۶- ژاپن در کنگره نت EFNMS شرکت می‌کند. ۱۹۷۸- ژاپن در کنگره نت EFNMS شرکت می‌کند. ۱۹۸۰- ژاپن در کنگره نت EFNMS شرکت می‌کند.

در جهت تلاش برای دستیابی به صفر درصد رکود^۱ (خرابی اضطراری)، TPM شیوه‌های تولید بدون ضایعات کیفیت^۲، تولید به هنگام و خودکار کردن تجهیزات را توسعه می‌بخشد. بدون کاربرد TPM احتمالاً، شرکت تویوتا نمی‌توانست به صورتی موفقیت‌آمیز به کار خود ادامه دهد. این واقعیت که شرکت‌های وابسته به تویوتا به سرعت در جهت به کارگیری سیستم TPM حرکت می‌نمایند، مؤید این نظریه می‌باشد.

شرکت Nippondenso که تأمین‌کننده قطعات الکتریکی برای تویوتا است، کاربرد سیستم نت بهره‌ور را در سال ۱۹۶۱ آغاز نمود. در سال ۱۹۶۹، به منظور هماهنگی با پیشرفت سریع تولید خودکار، این شرکت به صورتی موفقیت‌آمیز به اعمال سیستم "نت بهره‌ور با شراکت و همکاری کلیه کارکنان"، یعنی به اعمال همان سیستم TPM پرداخت. دو سال بعد این شرکت، اولین سازمانی بود که در اعمال سیستم TPM، به دریافت جایزه مشهور نت پیشگیرانه PM نائل گردید. از آن تاریخ، جایزه PM به صورت سالیانه براساس موفقیت در به کارگیری TPM به واجدین شرایط اهداء می‌گردد.

۲۴-۳ تاریخچه TPM

نت پیشگیرانه در دهه ۱۹۵۰، و نت بهره‌ور در دهه ۱۹۶۰ در ژاپن رواج یافت. (جدول ۲۴-۱). توسعه TPM از سال ۱۹۷۰ آغاز گردید. دوره‌های قبل از ۱۹۵۰ را می‌توان دوره‌های تعمیرات بدون پیشگیری نامید.

ژاپنی‌ها مراحل اعمال TPM را تقریباً مشابه آنچه که بین سالهای ۱۹۵۰ تا ۱۹۸۰ در اعمال تعمیرات پیشگیرانه عمل نموده بودند، پیگیری نمودند (جدول ۲۴-۲). اطلاعات ارائه شده در جدول ۲۴-۲ متکی بر آمار و ارقامی است که در سالهای ۱۹۷۶ و ۱۹۷۹ از ۱۲۴ شرکت وابسته به JIPM^۳ (مؤسسه نگهداری و تعمیرات ژاپن) جمع آوری شده است. در ظرف سه سال، تعداد شرکت‌هایی که فعالانه به کاربرد TPM پرداختند، بیش از دو برابر شد. هم اکنون بیش از ۲۰ درصد این شرکتها TPM را به کار گرفته‌اند.

1- Zero break-down

2- Defect-free production

3- Japan Institute of Plant Maintenance

جدول ۲-۲۴

چهار مرحله تکامل نت پیشگیرانه و موقعیت فعلی آن در ژاپن

مراحل	شیوه	۱۹۷۶	۱۹۷۹
مرحله ۱	تعمیر اضطراری	٪۱۲/۷	٪۶/۷
مرحله ۲	نت پیشگیرانه	٪۳۷/۳	٪۲۸/۸
مرحله ۳	نت بهره‌ور	٪۳۹/۴	٪۴۱/۷
مرحله ۴	TPM	٪۱۰/۶	٪۲۲/۸

۲۴-۴ TPM و آینده نگهداری و تعمیرات

تا سال ۱۹۷۰، امور نت پیشگیرانه در ژاپن عمدتاً شامل پیشگیری متکی بر زمان، که براساس سرویسهای دوره‌ای و تعمیرات اساسی دوره‌ای عمل می‌نماید، می‌باشد. در دهه ۱۹۸۰، نت پیشگویانه^۱ یا نت متکی بر شرایط و وضعیت تجهیزات^۲ جایگزین نت پیشگیرانه گردید.

موفقیت TPM وابسته به توان ما در آگاهی مداوم و مستمر از شرایط فنی تجهیزات است تا بتوانیم خرابیهای آن را پیش‌بینی و پیشگیری نماییم. نت پیشگویانه نقش مهمی را در TPM ایفا می‌نماید. به این دلیل که نت پیشگویانه با استفاده از شیوه‌های مدرن بررسی شرایط فنی تجهیزات، وضعیت آنها را در زمانی که تحت بهره‌برداری هستند با تشخیص علائم استهلاک و یا امکان خرابیهای قریبالوقوع، معین می‌نماید.

۲۴-۵ TPM چگونه عمل می‌نماید؟ (عملکرد TPM)

TPM نوعی نت بهره‌ور است که توسط کلیه کارکنان، به صورت فعالیتهای گروهی، در گروههای کوچک اعمال می‌شود. به طریقی مشابه TQC^۳ که نوعی کنترل کیفیت جامع در سطح کل شرکت است، TPM نیز نوعی برنامه برای نگهداری و تعمیرات تجهیزات کارخانه

1- Predictive Maintenance

2- Condition Based Maintenance

3- Total Quality Control

با همکاری کل کارکنان شرکت می‌باشد. واژه نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر (TPM) در سال ۱۹۷۱ توسط مؤسسه مدیران فنی ژاپن (JIPPE)^۱، (که قبلاً مؤسسه نگهداری و تعمیرات ژاپن نامیده می‌شد) با پنج هدف اصلی زیر تعریف شده است:

- ۱- حداکثر نمودن (بیشینه نمودن) اثربخشی تجهیزات (بهبود رانندمان کل).
- ۲- توسعه دادن یک سیستم نت بهره‌ور برای کل دوره عمر تجهیزات.
- ۳- درگیر نمودن کلیه بخشهای صنعت که به امور برنامه‌ریزی، طراحی، بهره‌برداری یا نگهداری و تعمیرات دستگاهها می‌پردازند، در امور TPM، (مهندسی و طراحی، تولید، نگهداری و تعمیر)
- ۴- درگیر نمودن فعالانه کلیه کارکنان - از مدیریت رده اول تا کارگران سطح کارگاه
- ۵- توسعه دادن TPM از طریق مدیریت انگیزهای: فعالیتهای گروههای کوچک خودساخته و مستقل^۲

کلمه *Total* (فراگیر) در عبارت نت بهره‌ور فراگیر، سه مفهوم اساسی را در ارتباط با سه ویژگی مهم TPM، در بر می‌گیرد.

- اثربخشی فراگیر: توسعه و بهبود رانندمان اقتصادی یا سودمندی
- پیشگیری فراگیر: طراحی دستگاههای بی‌نیاز از تعمیر^۳ و همچنین تعمیرات پیشگیری فراگیر
- همکاری و اشتراک مساعی فراگیر: انجام عملیات و نگهداری و تعمیرات به صورتی خودساخته و مستقل توسط کارگران بهره‌برداری (اپراتورها)، در گروههای کوچک در هر یک از بخشهای صنعت و همچنین توسط سایر سطوح کارکنان به صورتی مشابه. ذهنیت و مفهوم اول، یعنی اثربخشی فراگیر (یا PM سودمند) در چارچوب نت پیشگويانه و نت بهره‌ور مورد تأکید قرار می‌گیرد. (شکل ۲۴-۲).

1- Japan Institute of Plant Engineers

2- Autonomous Maintenance Groups

3- Maintenance Prevention - Maintenance Free Design

ویژگی پیشگیری	ویژگی نت بهره‌ور	ویژگی TPM
○	○	○
	○	○
		○

شکل ۲۴-۲

روابط بین TPM، نت بهره‌ور و نت پیشگیرانه

ذهنیت و مفهوم دوم یعنی "پیشگیری" و "فراگیر" نیز در همان دوره نت بهره‌ور رایج گردید.

این ذهنیت به این معنی است که یک برنامه‌ریزی جامع برای کل دوره عمر تجهیزات از نظر نگهداری و تعمیرات آنها به عمل آمده و همچنین شامل فعالیتهای طراحی دستگاهها به صورتی که نیازمند به تعمیرات نباشند (MP)^۱ نیز می‌شود. فعالیتهای طراحی بدون نیاز به تعمیر (MP) مربوط به مرحله طراحی تجهیزات است. وقتی که تجهیزات نصب و راه‌اندازی شدند، یک نت فراگیر، متکی بر تعمیرات پیشگیرانه را نیاز خواهند داشت (داروهای بهداشتی و تمهیدات بهداشتی برای تجهیزات). و در عین حال لازم است به امر بهبود قابلیت تعمیر^۲ تجهیزات (ایجاد تغییرات در تجهیزات به منظور سهولت بخشیدن به تعمیرات آنها) نیز پرداخته شود.

آخرین ذهنیت و مفهوم، یعنی "همکاری و اشتراک مساعی فراگیر"، همانگونه که اشاره شد به موضوع اشتراک مساعی اپراتورها در امور نت تجهیزات از طریق تشکیل گروههای کوچک مستقل اشاره دارد.

1- Maintenance Prevention

2- Maintainability

۲۴-۶ مثالهایی از اثربخشی TPM

TPM دو دیدگاه و مقصود را در خود جا می‌دهد- صفر درصد رکود و خرابی، و صفر درصد محصولات معیوب. در شرایطی که رکودهای ناشی از خرابیهای اضطراری دستگاهها و تعداد محصولات معیوب به صفر برسد، سرعت عملیات بهبود یافته، هزینه‌ها کم می‌شوند و می‌توان سطح موجودیها را به حداقل رسانید. در نتیجه بهره‌وری نیروی کار افزایش خواهد داشت. همان‌گونه که جدول ۲۴-۳ نشان می‌دهد، یک شرکت تعداد خرابیهای ماشین‌آلات خود را به $\frac{1}{5}$ مقدار اولیه رسانید، بعضی از شرکتها، افزایشی بین ۷ تا ۲۶ درصد در بهره‌برداری از تجهیزات را نشان می‌دهند و بعضی دیگر به حدود ۹۰ درصد کاهش در اشکالات فرایند تولید دست یافته‌اند. بهره‌وری نیروی کاری به طور اعم بین ۴۰ تا ۵۰ درصد افزایش داشته است.

بدیهی است که چنین نتایجی را نمی‌توان در یک زمان کوتاه، مثلاً در یک شبانه روز، به دست آورد! به صورت عام، یک بعد زمانی سه ساله از تاریخ معرفی TPM تا زمان دستیابی به نتایجی در خور دریافت جایزه PM، الزامی می‌باشد. از آن گذشته، در مراحل اولیه معرفی TPM، شرکت باید هزینه‌های اضافی برای بازگردانیدن تجهیزات به شرایط مطلوب، و همچنین هزینه‌های لازم برای آموزش کارکنان را تحمل نماید. مقادیر واقعی این هزینه‌ها بستگی به کیفیتهای اولیه تجهیزات و میزان مهارت فنی و تجربه کارکنان بخش نت دارد. با ارتقاء سطح بهره‌وری، هزینه‌ها به سرعت جبران می‌شوند. به این علت است که اغلب TPM را نوعی PM^۱ سودمند می‌خوانند.

۲۴-۷ به حداکثر رسانیدن اثربخشی تجهیزات

هدف از مجموعه فعالیتهای بهسازی و توسعه در صنعت بالا بردن بهره‌وری از طریق کاهش ورودیها (داده‌ها) و افزایش خروجیها (ستاده‌ها) است. خروجیهای یک کارخانه تنها وابسته به افزایش بهره‌وری و کمیت تولید شده نیستند، بلکه کیفیت برتر، هزینه‌های کمتر، تحویل به موقع کالا به مشتریان، بهبود ایمنی صنعتی، و بهبود بهداشت صنعتی،

۱- حروف PM در این عبارت، جایگزین واژه‌های Productive Maintenance, Preventive Maintenance و Predictive Maintenance می‌شوند که به ترتیب مفاهیم نت پیشگیرانه، نت بهره‌ور و نت پیشگویانه را در بردارند.

وجود روحیه خوب و انگیزه کار در کارکنان و شرایط مطلوب محیط کار همگی تعیین کننده میزان و ارزش خروجیهای یک صنعت می‌باشند.

ارتباطات بین ورودیها و خروجیهای یک صنعت را می‌توان به صورت یک ماتریس (جدول)، مطابق شکل ۲۴-۳، ملاحظه نمود. کارگران، ماشین‌آلات و مواد و مصالح همگی به صورت یک جا به عنوان ورودیها مطرح می‌شوند. خروجیهای صنعت شامل یک مجموعه واژه‌ها که حروف اول آنها تشکیل "ت - ه - ک - ت - ا - ر" را می‌دهد هستند.

این واژه‌ها عبارتند از: تولید، هزینه، کیفیت، تحویل به هنگام، ایمنی و روحیه و انگیزه^۱. بدیهی است در مفهوم واژه تولید، منظور کمیت تولید نیز مطرح است و در مفهوم واژه ایمنی، عواملی نظیر بهداشت صنعتی و کنترل آلودگی محیط موردنظر می‌باشند. ستون سمت راست شکل روشهای مورد کاربرد برای تنظیم و بهبود هر یک از عوامل را مشخص می‌نماید. عوامل ورودی براساس میزان تخصیص نیروی انسانی، مدیریت فنی^۲ و کنترل سطح موجودیها تعیین می‌شوند. ماتریس شکل ۲۴-۳ نشان می‌دهد که امور مدیریت فنی، (نگهداری و تعمیرات) مستقیماً با عوامل "ت هکتار"^۳ مرتبط هستند. با افزایش میزان خودکاری (اتوماسیون) ماشین‌آلات و کاهش نیروی انسانی، فعالیتهای تولید از دست کارگران رهایی یافته و به سمت ماشین‌آلات هدایت می‌شود. در این شرایط، تجهیزات و ماشین‌آلات عوامل حساس و کلیدی در افزایش خروجیها خواهند بود. میزان بهره‌وری، کیفیت، هزینه‌ها، تحویل به موقع و همچنین ایمنی و بهداشت صنعت و شرایط محیط کار و روحیات کارکنان همگی به حدی قابل ملاحظه تحت تأثیر شرایط ماشین‌آلات هستند.

۱- در اصل کتاب به زبان انگلیسی حروف P Q C D S M از چپ به راست در کنار هم آمده‌اند، که مفاهیم آنها از چپ به راست عبارت است از:

Production = P تولید (کمیت تولید) Quality = Q کیفیت
Cost = C هزینه Delivery = D تحویل به هنگام
Safety = S ایمنی (بهداشت، محیط کار) Morale = M روحیه، انگیزه

2- Plant Engineering

(این واژه بیشتر در آمریکا کاربرد دارد در انگلستان از واژه Technical Manager استفاده می‌شود)

۳- ت هکتار = ت - ه - ک - ت - ا - ر (به زیرنویس قبلی مراجعه شود).

TPM به امر پیشبرد اثربخشی تجهیزات و بیشینه‌سازی خروجیهای آنها (ت هکتار) توجه دارد. *TPM* سعی در حفظ تجهیزات در شرایط مطلوب دارد تا بدینوسیله از خرابیهای اضطراری، ضایعات کاهش سرعت و ضایعات کیفیت در فرآیند تولید جلوگیری به عمل آید.

جدول ۲۴-۳

نمونه‌هایی از اثربخشی *TPM* (در شرکتهای دریافت‌کننده جایزه *PM*)

نوع (طبقه)	مثالهایی از اثربخشی <i>TPM</i>
<i>P</i> (بهره‌وری)	- افزایش کارآیی نیروی کار: - در شرکت <i>M</i> - ۱۴۰٪ - در شرکت <i>F</i> - ۱۵۰٪ - افزایش ارزش افزوده سرانه: - در شرکت <i>A</i> - ۱۴۷٪ - در شرکت <i>AS</i> - ۱۱۷٪ - نسبت افزایش سرعت تولید - در شرکت <i>T</i> - ۱۷٪ (۶۸٪ - ۸۵٪) - کاهش خرابیهای اضطراری: - در شرکت <i>TK</i> - ۹۸٪ (از ۱۰۰۰ به ۲۰ مورد در ماه)
<i>Q</i> (کیفیت)	- کاهش اشکالات در فرآیند: - در شرکت <i>MS</i> - ۹۰٪ (۱٪ ← ۰/۱٪) - کاهش محصولات معیوب: - در شرکت <i>T</i> - ۷۰٪ (۲۳٪ ← ۰/۰۸٪) - کاهش شکایات مشتریان: - در شرکت <i>MS</i> - ۵۰٪ - در شرکت <i>F</i> - ۵۰٪ - در شرکت <i>NZ</i> - ۲۵٪

یادداشت: به منظور اختصار و احتمالاً به دلیل محرمانه بودن بعضی از اطلاعات، تنها حروف اول نامهای شرکتهای در این جدول آمده است.

ادامه جدول ۲۴-۳

نوع (طبقه)	مثالهایی از اثربخشی TPM
C (هزینه)	- کاهش نیروی انسانی: - در شرکت TS - ۳۰٪ - در شرکت C - ۳۰٪ - کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات - در شرکت TK - ۱۵٪ - در شرکت F - ۳۰٪ - صرفه‌جویی در انرژی: - در شرکت C - ۳۰٪
D (تحويل)	کاهش حجم انبار (به واحد روز): در شرکت T - ۵۰٪ (۱۱ روز ← ۵ روز) افزایش گردش موجودی: در شرکت C - ۲۰۰٪ (۳ ← ۶ دفعه در ماه)
S (ایمنی / محیط‌زیست)	در شرکت M، صفر حادثه تمام شرکتهای آلودگی صفر
M (روحیه، انگیزه)	افزایش پیشنهادات بهسازی: در شرکت N ۲۳۰٪ (از ۳۶/۸ به ازاء هر نفر به ۸۳/۶ به ازاء هر نفر) افزایش جلسات گروههای کوچک: در شرکت C - ۲۰۰٪ (۲- ← ۴ جلسه در ماه)

شیوه مدیریت	بودجه (پول)			ورودیها (داده‌ها)
	مواد	ماشین	نیروی انسانی	
کنترل تولید				تولید
کنترل کیفی				کیفیت (ک)، Q
کنترل هزینه				هزینه (ه)، C
کنترل تاریخ تحویل				تحویل (ت)، D
ایمنی و محیط‌زیست				ایمنی (ا)، S
روابط انسانی				روحیه (ر)، M
بهره‌وری = $\frac{\text{ستاده}}{\text{داده}}$	کنترل موجودی	مدیریت فنی و نت	تخصیص نیروی کار	

شکل ۲۴-۳

عوامل بهره‌وری و شیوه‌های مدیریت

بخشی از بهبود و افزایش بازدهی کلی صنعت، شامل راندمان (بازده) اقتصادی، با به حداقل رسانیدن هزینه‌های مربوط به نگهداری و حفظ شرایط فنی مطلوب در تجهیزات، در دوران طول عمر آنها، به دست می‌آید. به عبارت دیگر، لازم است جهت دستیابی به بازده مطلوب اقتصادی، هزینه‌های تجهیزات را در کل دوران طول عمر (LCC)^۱ به حداقل رسانید.

افزایش و بهبود اثربخشی تجهیزات و کاهش هزینه‌های آنها در کل دوران طول عمر از طریق حذف شش ضایعه بزرگ در سطح شرکت به دست خواهد آمد:

رکود

۱- توقف ماشین به علت خرابیهای اضطراری

۲- تنظیم و آماده‌سازی ماشینها برای شروع عمل تولید (برای مثال تعویض قالب در ماشینهای ریخته‌گری تزریقی و غیره)

ضایعات ناشی از کاهش سرعت

۳- بیکاریها و توقفهای کوتاه مدت (اشکالات در عملکرد سنسورها، گیرکردن مواد و قطعات در مسیر عبور و غیره).

۴- کاهش سرعت (به دلیل اختلاف بین سرعتهای اسمی و سرعتهای عملی)

معایب

۵- معایب و اشکالات در فرآیند تولید و دوباره‌کاریها (ضایعات در کیفیت محصول که کار دوباره را روی محصول ایجاد می‌نماید).

۶- افت تولید در فاصله زمانی بین آغاز راه‌اندازی ماشین و رسیدن حرکات به حد تعادل و پایداری

۲۴-۸ ارتباط بین TPM، تروتکنولوژی^۱ و پشتیبانیهای فنی^۲

تا آنجا که TPM بر موضوع کاهش هزینه کل تجهیزات در دوران عمر مفید آنها متمرکز می‌شود، با اصول و مفاهیم "تروتکنولوژی" که در انگلستان ایجاد شد و نیز با اصول و مفاهیم "پشتیبانیهای فنی" ویژگیهای مشترک دارد.

تروتکنولوژی

تروتکنولوژی واژه‌ای است که در سال ۱۹۷۰ در انگلستان تعریف شد و مورد کاربرد قرار گرفت. تروتکنولوژی اصول مدیریت، امور مالی، مهندسی و سایر فعالیتها را بر روی داراییهای فیزیکی اعمال می‌نماید تا هزینه‌های کل تجهیزات را در کل دوران عمر آنها به حدی بهینه و اقتصادی برساند.^۳ تروتکنولوژی به عوامل مشخصات فنی و طرح تجهیزات به منظور حصول

1- Tero-technology

این واژه از دو واژه مجزا، یکی tero یا terin که واژه یونانی، به معنی حفاظت است، و واژه "تکتولوژی" که به معنای دانش فنی است تشکیل شده است. (به فصل اول کتاب حاضر مراجعه شود).

2- Logistics

۳- واژه تروتکنولوژی (Tero-technology) در موسسه استانداردهای انگلیس تحت شماره BS-3811 تعریف شده است.

قابلیت اطمینان و قابلیت تعمیر و به نحوه نصب، راه‌اندازی، نگهداری و تعمیر، عملیات اصلاحی (تعمیرات تصحیحی) و تعویض (جایگزینی) ماشین آلات و ساختمانها توجه داشته و به دریافت اطلاعات بازتابی در مورد نحوه عملکرد تجهیزات و میزان هزینه‌های آنها می‌پردازد. در صورتی که تنها به تجهیزات (داراییهای فیزیکی) توجه شود، *TPM* نیز هدفی مشابه اهداف تروتکنولوژی در زمینه هزینه دوران عمر تجهیزات دارد. عملاً وزارت دفاع ایالات متحده آمریکا اصول و فرضیات هزینه دوران عمر را در سال ۱۹۶۵ مطرح نمود. در این سال گزارش *MIL-STD-۷۸۵*، تحت عنوان برنامه‌های قابلیت اطمینان برای سیستمها و تجهیزات^۱ منتشر گردید. این برنامه‌ها تلفیق جامع فعالیتهای "مهندسی قابلیت اطمینان" را در مراحل طراحی، ساخت، عملیات تولیدی و بهره‌برداری با روشهای سنتی مهندسی اجباری نمود تا بدینوسیله مسائل و اشکالات قابلیت اطمینان، در مراحل اولیه دوران عمر تجهیزات^۲، با صرف هزینه کمی حذف گردد. وزارت دفاع آمریکا کلیه قراردادهای خرید اسلحه و سایر سیستمهای بزرگ را از سال ۱۹۷۶ به بعد بر اصول هزینه دوران عمر تجهیزات (*LCC*) متکی نموده است.

واژه پشتیبانی (لجیستیک)

این واژه از تعاریف نظامی گرفته شده است. مفهوم این واژه کمک رسانی به خط اول جبهه از طریق خرید، ذخیره، حمل و نقل و نگهداری و تعمیر سیستمها و محصولات موردنیاز برای مصارف نظامی می‌باشد. نظامهای لجیستیک با کاربرد فرضیات "هزینه دوران عمر" (*LCC*)، و اصول مهندسی قابلیت اطمینان و مهندسی نت، روشهای سنتی برنامه‌ریزی تجهیزات و کالاها را به صورتی مدرن تبدیل نموده‌اند.

گواينکه *TPM*، تروتکنولوژی و لجیستیک، هر سه، فرضیات اقتصادی نمودن هزینه‌ها در کل دوران عمر مفید تجهیزات را به عنوان یک هدف مشترک پیگیری می‌نمایند، ولی این نظامها در تعریف دقیق مقاصد و اهداف و در نحوه واگذاری مسئولیتها با یکدیگر متفاوت هستند.

لجیستیک به دامنه وسیعی از عوامل، شامل کالاهای ساخته شده، برنامه‌ها، اطلاعات و سیستمها توجه می‌نماید. تروتکنولوژی تنها به تجهیزات (داراییهای فیزیکی) توجه می‌نماید. تروتکنولوژی بر تأمین‌کنندگان تجهیزات، شرکتهای مهندسی (طراحان) و استفاده‌کنندگان از تجهیزات اعمال نظر می‌نماید. از سوی دیگر *TPM* تنها استفاده‌کنندگان از تجهیزات (بهره‌برداران) را مورد ملاحظه قرار می‌دهد.

۹-۲۴ معرفی *TPM* در کارخانه

در ژاپن سه عامل اصلی در محیط کار عبارت‌اند از: *Yaruki* (روحیه و انگیزه)، *Yaruude* (رقابت سالم) و *Yaruba* (شرایط مطلوب محیطی). به منظور حذف شش ضایعه بزرگ در کارخانه، لازم است بینشها و روحیات کارکنان را بهبود بخشید (*Yaruki*). در جهت ارتقاء مهارتها به منظور ایجاد زمینه‌های پیشرفت و رقابت سالم (*Yaruude*) و محیط ایمن و مطلوب و مناسبی را (*Yaruba*) که پشتیبان فعالیتهای پیاده‌سازی *TPM* می‌باشد ایجاد نماییم. چنین حرکات و فعالیتهایی در صورتی که تحت راهبری و هدایت مدیریت طراز اول کارخانه قرار نگیرد به سهولت و به نحوی موفقیت‌آمیز به نتیجه نخواهد رسید.

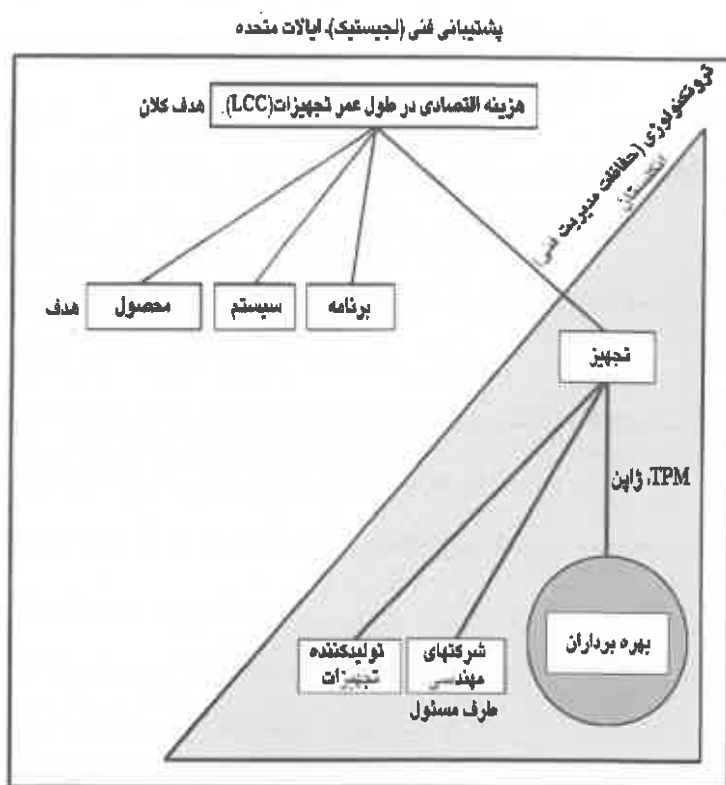
۹-۲۴-۱ *TPM* به عنوان یک سیاست اصولی در کارخانه

TPM فعالیتهای و برنامه‌های از "بالا به پایین" در تنظیم و تعریف اهداف توسط مدیریت طراز اول را با فعالیتهای از پایین به بالا در نگهداری و تعمیر و بهبود تجهیزات توسط گروههای کوچک با یکدیگر ترکیب می‌نماید. مدیریت طراز اول باید *TPM* را در درون سیاستهای اصلی و پایه‌ای کارخانه جا داده و به تعریف اهداف روشن و صریح، نظیر افزایش میزان بهره‌برداری از تجهیزات به حدودی بالاتر از ۸۰ درصد، یا کاهش خرابیهای اضطراری تا حدود ۵۰ درصد میزان فعلی در طول چند سال، بپردازد. *TPM* تنها در سایه همفکری و تقبل اصول و سیاست مربوط به آن توسط مدیران طراز اول به نتیجه خواهد رسید. اگر مدیران مصمم به اجرای *TPM* باشند، موفقیت نهایی آن حتمی است.

پس از تعریف و تثبیت اهداف، باید همگی کارکنان به مفاهیم مورد نظر آشنایی و آگاهی کامل حاصل نمایند و در محل کار خود با تشکیل گروههای کوچک در جهت

دستیابی به اهداف موردنظر فعالیت کنند. شکل ۲۴-۵ نمونه‌ای از یک سیاست TPM در سطح یک شرکت و اهداف مرتبط با آن است.

در سال ۱۹۸۱ صنایع تولید لاستیک Tokai به هدف صفر درصد خرابی دست یافته و جایزه PM (نگهداری و تعمیرات) را به خود اختصاص داد. این شرکت منحصرأ با مقصود بردن جایزه PM فعالیت نمی‌نمود و مطمئناً منظور اصلی شرکت دستیابی به اهداف تعیین شده از طریق اجرای TPM بود.



شکل ۲۴-۴

TPM، مدیریت (حفاظت) فنی، پشتیبانی (لجیستیک) فنی

مبانی سیاستهای TPM

- به حداکثر رسانیدن اثربخشی تجهیزات از طریق TPM
- بهبود کیفیت، افزایش ایمنی، و کاهش هزینه
- تقویت روحیه و انگیزه کارکنان

هدف

- دریافت جایزه PM تا آگست ۱۹۸۱
- دسترسی به بهبود شرایط به صورت فراگیر در سطح شرکت

فعالیت‌های اصلی

- ۱- ارتقاء بهره‌وری از طریق کاهش خرابیهای اضطراری و اطمینان به اصول ایمنی و تحویل به موقع
- ۲- ارتقاء بهره‌وری و کاهش حجم موجودیها از طریق کاهش زمانهای آماده‌سازی و تنظیم
- ۳- بهبود کیفیت و کاهش ضایعات از طریق نظارت مستمر بر تجهیزات
- ۴- کاهش هزینه از طریق صرفه‌جویی در مصرف مواد و انرژی
- ۵- افزایش اثربخشی فعلی تجهیزات و طولانی‌تر کردن عمر تجهیزات از طریق فعالیتهای بهبود و بهسازی
- ۶- ارائه آموزش به کارکنان به منظور تقویت روحیه و انگیزه و هم‌گامی با پیچیدگیهای بیشتر مکانیزمهای تجهیزات

شکل ۲۴-۵

نمونه‌ای از سیاستهای TPM (صنایع لاستیک‌سازی Tokai)

تهیه برنامه کلان TPM^۱

به منظور استقرار TPM در یک دوره زمانی مثلاً سه ساله، لازم است برنامه کلان اجرایی برای TPM تهیه شود. با تهیه شدن برنامه کلان، برنامه بندی زمانی و تفکیک برنامه‌ها به مراحل مشخص امکانپذیر می‌شود. شکل ۲۴-۶ برنامه کلان TPM برای شرکت Tokai را نشان می‌دهد. این برنامه ساختار و نظام استقرار TPM را در یک دوره زمانی سه ساله متکی بر محورهای سه هدف بهسازی به شرح زیر ارائه می‌نماید:

- عملیات نگهداری و تعمیرات مستقل و خودساخته از طریق فعالیتهای گروههای کوچک در بخشهای بهره‌برداری (تولیدی)
- اصلاح برنامه‌های تعمیرات پیشگیرانه (PM) توسط بخش نت و بهبود شرایط تعمیرپذیری تجهیزات به منظور جلوگیری از استهلاک بی‌رویه آنها
- استفاده از شیوه‌های طراحی "بدون نیاز به تعمیر" در مراحل طراحی دستگاهها، به منظور کاهش خرابیها و ضایعات در زمان راه‌اندازی دستگاهها.

۲۴-۹-۲ ساختار پیشرفت و تکامل TPM

دستیابی به اهداف TPM از طریق فعالیتهای گروههای کوچک کارگران سطح کارگاه در راستای "پائین به بالا" عملی می‌شود. پیشرفت و تکامل این گونه فعالیتهای باید به طور مداوم توسط مدیریت و کارگران پیگیری شود. (شکل ۲۴-۶).

ساختار سازمانی TPM، در ماهیتی مشابه برنامه‌های همکاری مدیریت و کارکنان^۲ در شرکت Ronsis Lickerts متکی بر هم‌پوشی^۳ گروههای کوچک می‌باشد. گروههای کوچک TPM در سطوح مختلف سازمان از مدیریت طراز اول تا کارگران خط تولید تشکیل می‌شود.

1- Master Plan

2- Management – workers cooperation

۳- (در شکل ۲۴-۷ نوعی هم‌پوشی در ساختار سازمانی مشاهده می‌شود) هم‌پوشی = Overlapping

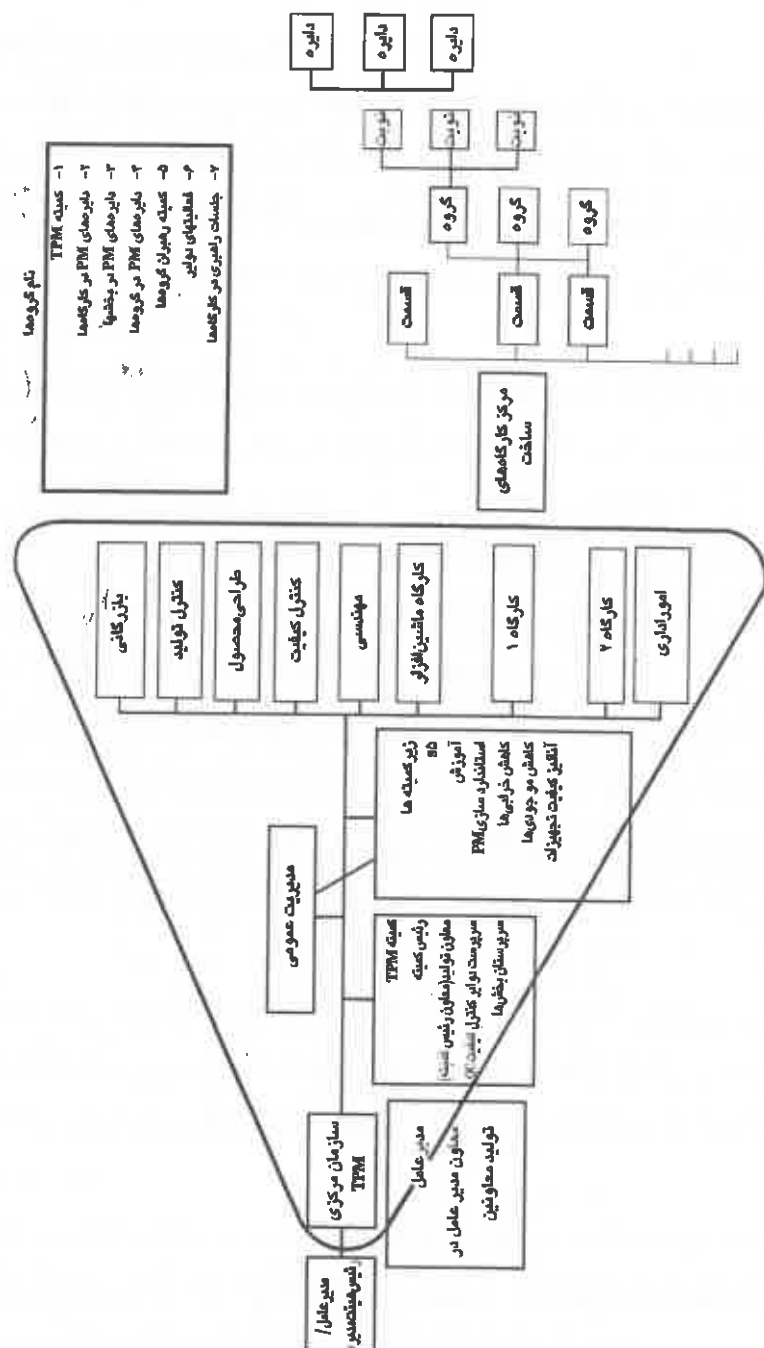
مدیران هر یک از گروه‌ها اعضای گروه بالاتر در ساختار سازمانی خواهند بود. این افراد ارتباطات بین گروه‌ها را در رده‌های مختلف برقرار ساخته و برقراری ارتباط و تبادل نظرهای سازمانی را در راستاهای عمودی و افقی بهبود می‌بخشند.



شکل ۲۴-۶

ساختار ترویج TPM

شکل ۲۴-۷ ساختار سازمانی تیم استقرار و تکامل TPM را در صنایع Aisan نشان می‌دهد. شایان توجه است که در این ساختار، علاوه بر گروه‌های کوچک هم‌پوش، شش کمیته یا گروه پروژه نیز فعالیت دارند.



شکل ۲۴-۷
ساختار کمیته ترویج در کارخانجات Aisan

۲۴-۹-۳ آموزشهای ابتدایی TPM

اغلب افراد به طور باطنی نوعی "مقاومت در مقابل تغییر"^۱ را از خود نشان می‌دهند. این عامل، حتی در مواردی که اعمال تغییرات نتایج رضایت‌بخشی را به بار خواهد آورد نیز، در افراد مشاهده می‌شود. TPM بهره‌وری را افزایش داده، کیفیت محصولات را ارتقاء بخشیده، هزینه‌ها را کاهش داده، سودمندی صنعت را بهبود داده و شرایط مطلوبی را در محیط کار ایجاد می‌نماید.

علیرغم این واقعیتها، هنوز بعضی از مدیران مفید بودن اعمال TPM را در صنعت خود مورد سوال قرار می‌دهند، در حالی که نتایج قابل ملاحظه استقرار این نظام را در سایر کارخانجات مشاهده نموده‌اند.

بعضی از شرکتها هنوز شیوه نگهداری و تعمیرات معمول در آمریکا را، که در آن کارگران تولیدی تنها به امر تولید پرداخته و کارگران بخش نت مسئولیت هرگونه عمل نگهداری و تعمیرات را به عهده دارند، ترجیح می‌دهند.

در بعضی دیگر از شرکتها، مدیران از بار اضافی که در نظام TPM بر دوش کارگران خط تولید گذارده می‌شود نگران بوده و کارکنان بخش نت نیز نسبت به توانمندی کارگران تولیدی در اجراء عملیات نت نگرانی دارند. حتی بعضی از شرکتهایی که سالها، فعالیتهای تعمیرات پیشگیرانه (PM) را تجربه نموده‌اند، در معرفی و پیاده سازی نظام TPM، بینشی ابهام‌آمیز دارند.

حذف چنین مقاومت‌هایی مستلزم آموزشهای اولیه در کلیه سطوح سازمان می‌باشد. در ژاپن دوره‌های آموزشی دو روزه در سطح مدیران بخشها و نواحی کافی و رضایت بخش بوده است و برای آموزش کارمندان و مهندسين دوره‌های آموزشی سه روزه به خوبی پاسخگو بوده‌اند.

کارگران سطح کارگاه، معمولاً با استفاده از پروژکتور و اسلایدهای مناسب که در کلاسهای آموزشی نشان داده می‌شود و با بهره‌گیری از آموزشهایی که توسط سرپرستان به آنها داده می‌شود، دوره‌های آموزشهای اولیه را می‌گذرانند.

۲۴-۱۰. مروری بر برنامه استقرار و تکامل TPM

کتاب نت بهره‌ور فراگیر (TPM)^۱، در چارچوب یک برنامه استقرار و تکامل که برای کارخانجاتی در سطح متوسط در ژاپن طراحی شده است، اصول TPM را ارائه می‌نماید. بدیهی است که هر شرکت و سازمانی بنا به ویژگیهای خاص خود باید اقدامات ویژه مورد نیاز در جهت استقرار و تکامل TPM را برای خود تبیین نماید. برنامه‌های تهیه شده از آن نظر باید با شرایط ویژه سازمان مربوطه تطبیق داده شوند که مشخصاً در هر سازمان و تشکیلاتی نیازمندیهای برنامه بنا به نوع صنعت، روشهای تولید، شرایط تجهیزات، مسایل و تکنیکهای خاص سازمان و سطوح نگهداری و تعمیرات در سازمان تغییرپذیر و متفاوت خواهند بود.^۲

در استقرار و تکامل TPM، پنج هدف درون بخشی به عنوان حداقل نیازمندیهای برنامه قابل تعریف می‌باشند. (شکل ۲۴-۸). این پنج هدف ذیلأ به اختصار ارائه می‌شوند:

- بهبود و ارتقاء اثربخشی تجهیزات
- نگهداری و تعمیرات خودساخته و مستقل توسط بهره‌برداران (اپراتورها)
- یک برنامه ساختار یافته توسط بخش نت کارخانه
- آموزش به منظور ارتقاء مهارتهای بهره‌بردار و نت
- یک برنامه پیش‌رس (زود) برای مدیریت بر تجهیزات که از بروز اشکالات و مسائل در زمان راه‌اندازی کارخانه یا ماشین‌آلات جلوگیری نماید.

۲۴-۱۰-۱ بهبود اثربخشی تجهیزات

پروژه‌های نمونه^۳ می‌تواند در تعیین میزان ثمرات بالقوه TPM در مراحل اولیه پیاده‌سازی TPM کمک زیادی بنماید. در این راستا تیمها یا گروههای پروژه از کارکنان بخش مهندسی و نت و سرپرستان بخش بهره‌بردار و تشکیل می‌شود. آنگاه تجهیزاتی که دچار

۱- برای مطالعه کامل و دستیابی به روشهای مدون در برنامه استقرار و تکامل TPM به کتاب "نت بهره‌ور فراگیر"، از انتشارات مؤسسه JIPM، ژاپن، ترجمه دکتر علی حاج شیرمحمدی، انتشارات ارکان، مراجعه فرمائید.

۲- در صورتی که مؤسسه نگهداری و تعمیرات ژاپن (JIPM) برای پیاده‌سازی سیستم TPM در یکی از کارخانجات ژاپن دعوت شود، یک بررسی کامل توسط این مؤسسه از کارخانه به عمل می‌آید و بر این اساس برنامه‌ای متناسب با شرایط خاص کارخانه توسط JIPM پیشنهاد می‌شود.

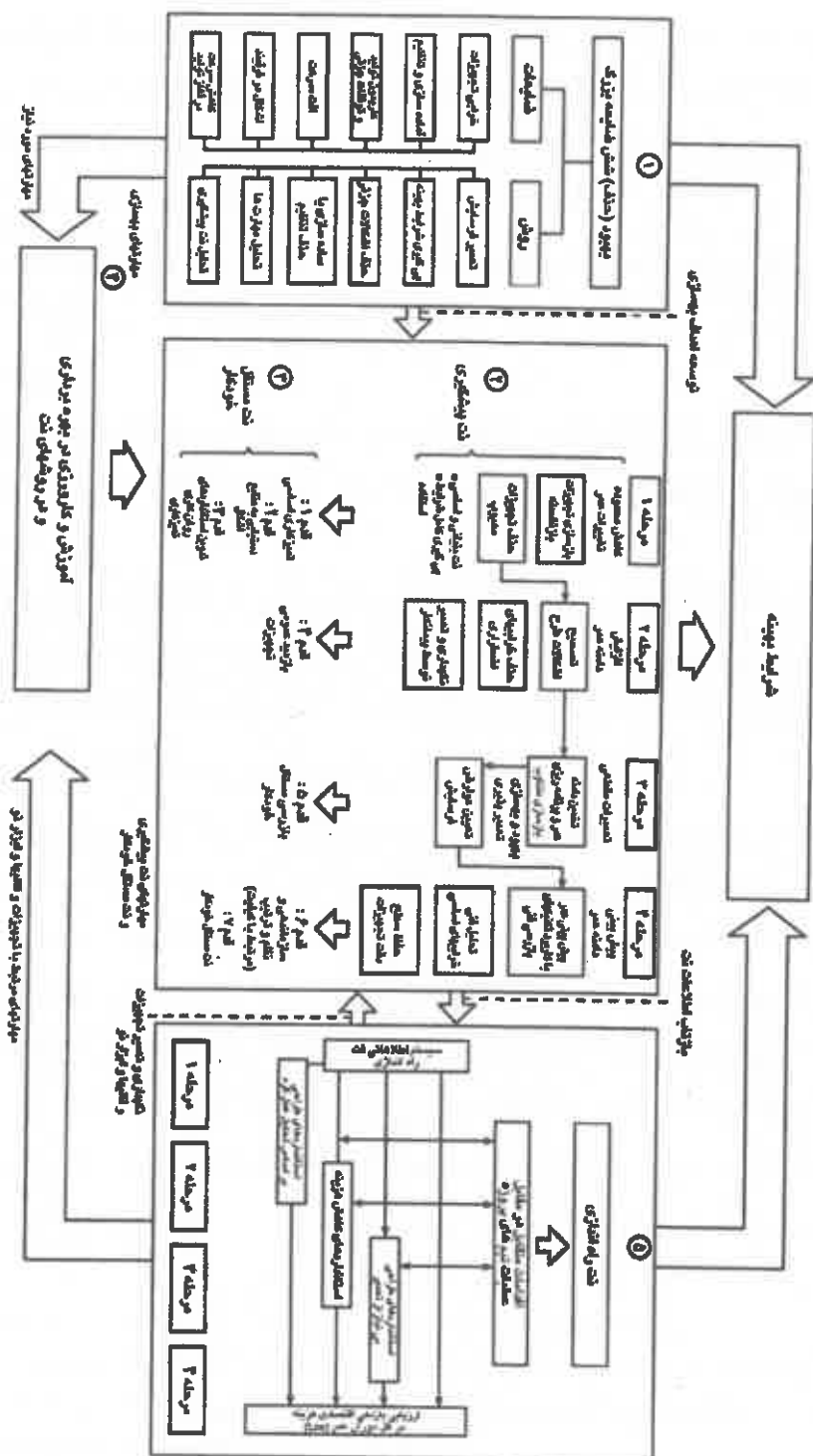
مسائل و خرابیهای مزمن و تکراری هستند و ترجیحاً در شرایطی می‌باشند که با حدود سه ماه بررسی و تحلیل جامع، به نحو قابل ملاحظه‌ای، بهبود خواهند یافت انتخاب می‌شوند. هر یک از تیمهای پروژه حذف یکی از شش ضایعه بزرگ را به عنوان هدف خود تعیین نموده و در جهت رفع این ضایعه فعالیت می‌نماید. با دستیابی به نتایج مثبت، پروژه‌های نمونه قابل توسعه و افزایش بوده و عملیات مشابه می‌توانند روی سایر تجهیزات دارای شرایط مشابه اجرا شوند. افراد تیمهای پروژه در این شرایط به توسعه تیمها و سازماندهی تیمهای کوچک جدید در زمینه تخصص خود می‌پردازند.

۲۴-۱۰-۲ عملیات نگهداری و تعمیرات خودساخته و مستقل توسط کارگران بهره‌برداری (اپراتورها)

فعالیت‌های نت خودساخته و مستقل توسط کارگران بهره‌برداری (اپراتورها)، یکی از ویژگیهای چشمگیر *TPM* می‌باشد. ولی در هر حال به هر میزان که یک شرکت تجربه طولانی‌تری در تفکیک کارکنان نت و بهره‌برداری داشته باشد، به همان میزان به این نظریه پایبند است که باید وظایف کارکنان نت و بهره‌برداری کاملاً از یکدیگر متمایز و مجزا باشد. روند فکری و ذهنیت و بینشهای یک شرکت و جو حاکم بر آن را نمی‌توان سریعاً تغییر داد. تغییر فرهنگ حاکم در یک سازمان، بنا به اندازه (کوچکی و بزرگی) سازمان، ممکن است دو تا سه سال به طول بیانجامد. اپراتورهایی که سالها به روند فکری و ذهنیت "من تولید می‌کنم- شما نگهداری و تعمیر می‌کنید" عادت کرده‌اند، به سختی می‌توانند روند فکری "من مسئول تجهیزات خود هستم" را فرا بگیرند.^۱

در نظام *TPM* همگی کارکنان باید به توافق برسند که کارگران بهره‌برداری خودشان در مقابل تجهیزات مورد استفاده خود مسئولیت دارند و باید وظایف خاص نگهداری و تعمیرات آن را بپذیرند. از آن گذشته، باید کارگران بهره‌برداری از آموزش کافی برخوردار شده امور نت را به صورت خودساخته و مستقل به عهده بگیرند.

۱- جالب توجه است که در صنعت ایران، مخصوصاً در سیستمهای سنتی، فعالیتها و مسئولیتهای نت و تولید کاملاً از یکدیگر متمایز نبوده‌اند. بنابراین در استقرار *TPM*، از این نظر مشکلات کمتری در صنعت ایران، در پیش رو خواهد بود.



شکل ۲۴-۸ مثالی از ترویج و توسعه TPM

در بسیاری از کارخانجات، کارگران بهره‌بردار، دستگاهها را بازرسی نموده و آنها را روانکاری نیز می‌نمایند ولی اغلب، این عملیات را توأم با نوعی لجاجت و بدون انگیزه و ادراک انجام می‌دهند. برای مثال، این احتمال وجود دارد که کارگری برگه‌های بازرسی ماشین را چندین روز قبل از تاریخ مربوطه پر کند یا پرکردن مخزن روغن ماشین را به کلی فراموش نماید. چنین بی‌توجهی‌هایی باعث ساییدگی، فرسوده شدن، آلودگی و استهلاک تجهیزات شده و امکان خرابیهای اضطراری و ضایعات کیفیت را در فرآیند تولید افزایش می‌دهد.

در ژاپن، اصول پایه‌ای و بنیادی صیانت صنعتی، مشهور به پنج "S" به شرح زیر است. *Seiri* (سازماندهی)، *Seiton* (آراستگی)، *Seiso* (خلوص)، *Seiketsu* (پاکیزگی) و *Shitsuke* (انضباط)^۱.

در موارد زیادی اصول بالا به صورتی ظاهری و تشریفاتی مورد توجه قرار می‌گیرند (مثال: رنگ‌آمیزی کف کارگاه و بدنه ماشین آلات)، در حالی که در امور اساسی و موردنیاز نگهداری و تعمیر (نظیر قسمتهای داخلی دستگاه و قسمتهای دوار) به فراموشی سپرده می‌شوند. در نظام *TPM* به این موارد رسیدگی دقیق می‌شود.

برنامه‌های آموزشی *TPM*، شامل کارآموزیها و تجربه‌های آموزشی در حین کار، به هفت مرحله تقسیم می‌گردند. (یکی از این مراحل اعمال اصول پنج‌گانه است). در این برنامه‌های آموزشی باید کارآموزان به مسئولیتها و وظایف مربوط به هر مرحله آگاهی و تسلط کامل پیدا کنند تا امکان آغاز مرحله بعدی برای آنان فراهم گردد. برای مثال در مرحله ۱، تمیزکاری اولیه، با این مفهوم که تمیزکاری جامع و کامل ماشین یک نوع عمل بازرسی است به اپراتورها آموزش داده می‌شود. در این مرحله اپراتورها مجموعه کاملی از روشهای جدی و سخت‌گیرانه تمیزکاری روزانه را فرا گرفته و همچنین با اصول روانکاری (روغن‌کاری) و نحوه باز و بست کردن پیچ و مهره‌ها آشنایی حاصل می‌نمایند.

۱- واژه‌های بالا به زبان ژاپنی دارای مفاهیم کلی و عمومی بوده و هر یک از آنها یک اصل ویژه، یا مجموعه‌ای از روشها و مقررات تثبیت شده را در بر می‌گیرند. در ترجمه از معادلهای انگلیسی به زبان فارسی سعی شد نزدیکترین مفاهیم به معادلهای انگلیسی انتخاب شود.

۳-۱۰-۲۴ نگهداری و تعمیرات برنامه‌ریزی شده^۱

امور نت برنامه‌ریزی شده و زمانبندی شده باید همگام با فعالیتهای خودساخته و مستقل نت روی دستگاهها اعمال شود. اولین مسئولیت بخش نت در صنعت توجه و پاسخگویی سریع و عملی به نیازهای تعمیراتی اپراتورها می‌باشد. به همین نحو، کارکنان بخش نت باید روندهای استهلاک بیش از حد و فرسودگی ماشین‌آلات را که ممکن است در اثر روانکاری یا تمیزکاری ناکافی پیش آید حذف نمایند.

علاوه بر آن، کارکنان بخش نت باید هر گونه خرابی و رکود اضطراری روی ماشینها را مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار داده و نسبت به تصحیح طرح (تعمیرات تصحیحی) تجهیزات، بهبود خصوصیت تعمیرپذیری و افزایش عمر آنها اقدام نمایند. پس از آنکه هزینه‌های تعمیراتی تجهیزات روند کاهشی به خود گرفت، لازم است استانداردهای تجهیزات و دستورالعملهای بازرسی فنی نیز مورد بازنگری قرار گیرند.

در جهت کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات برنامه‌ریزی شده، لازم است روشهای عیب‌یابی دستگاهها در صنعت رایج شده و بدینوسیله شرایط فنی تجهیزات ارزیابی شود. چنین عملیاتی حرکت به سوی نگهداری و تعمیرات پیشگویانه را در صنعت توصیه و تشویق می‌نماید.

۴-۱۰-۲۴ کارآموزی و آموزش برای بهبود مهارتهای بهره‌برداری و نت

ممکن است بعضی از افراد چنین ادعا نمایند که با پیشرفت سطح خودکاری (اتوماسیون) در صنایع، مهارتهای کارگران و تخصصهای آنان در بخش بهره‌برداری و تولید به میزان گذشته موردنیاز صنعت نخواهد بود.

ولی در هر حال باید گفت که گرچه تولید بدون دخالت انسان امکان‌پذیر می‌باشد، ولی یک سیستم کاملاً خودکار نت غیرمحمتمل خواهد بود. تا وقتی که اصول نت خودساخته و مستقل، و نت متکی بر پیش‌بینی و ارتقاء خصوصیت تعمیرپذیری تجهیزات موردنیاز صنعت می‌باشد، لازم خواهد شد که مهارتها و تخصصهای کارکنان بهره‌برداری (اپراتورها) و

کارکنان نت در روشها و اصول نگهداری و تعمیرات مرتباً بهبود یافته و این افراد از آموزش کافی برخوردار گردند.

نیازهای ذکر شده جزء روشهای بنیادی *TPM* هستند، و موفقیت *TPM* مرتبط با میزان مهارت و آموزش کارکنان در پاسخگویی به این نیازها خواهد بود. کارآموزی و اجرای برنامه‌های آموزشی در امور بهره‌برداری و امور نت در نظام *TPM* امری حیاتی است. به منظور استقرار *TPM*، شرکتها باید علاقمند به سرمایه‌گذاری در امر آموزش کارکنان در امور مربوط به نحوه استفاده از ماشینهای خود باشند.

۲۴-۱۰-۵ مدیریت مناسب و به هنگام روی تجهیزات

در یک شرایط ایده‌آل، تجهیزات نباید نیازی به عملیات تعمیرات اضطراری داشته باشند. یک نظام و سیستم مدیریت که بتواند ما را به این سمت هدایت نماید بسیار ارزشمند خواهد بود. شکل ۲۴-۹ نشان‌دهنده مدلی برای تکامل و بهبود فعالیتهای "طراحی تجهیزات بدون نیاز به تعمیرات" است. در سمت چپ شکل، مراحل طراحی و نصب تجهیزات نشان داده شده‌اند و سمت راست مراحل بهره‌برداری و نگهداری و تعمیرات تجهیزات را نشان می‌دهد. آغاز دوره عمر تجهیزات از زمان شروع عملیات طراحی، با هدف حداقل نمودن نیاز سیستم به تعمیرات، است. آنگاه دستگاه طراحی شده، ساخته شده و نصب می‌گردد و قبل از شروع عملیات بهره‌برداری مورد آزمایش قرار می‌گیرد. پس از آنکه دوره جاف‌تادگی^۱ سیستم سپری شد، اطلاعات مربوط به شرایط بهره‌برداری از دستگاه به مرحله طراحی، با هدف بی‌نیازی به تعمیرات بازتاب داده می‌شود. از این اطلاعات برای طراحی تجهیزات بدون نیاز به تعمیرات استفاده خواهد شد. فعالیتهای جلوگیری از نیاز به تعمیرات (*MP*)^۲ با این هدف در مراحل طراحی و نصب دستگاهها و همچنین امور نگهداری و تعمیرات دستگاهها در مرحله راه‌اندازی اجراء می‌شوند.

1- Early failure period

در بعضی از موارد به جای این واژه Running-in period نیز استفاده می‌شود.

2- Maintenance Prevention (MP)

مفهوم این واژه، کوشش در جهت طراحی تجهیزاتی است که به کلی نیازمند به تعمیرات نباشند.

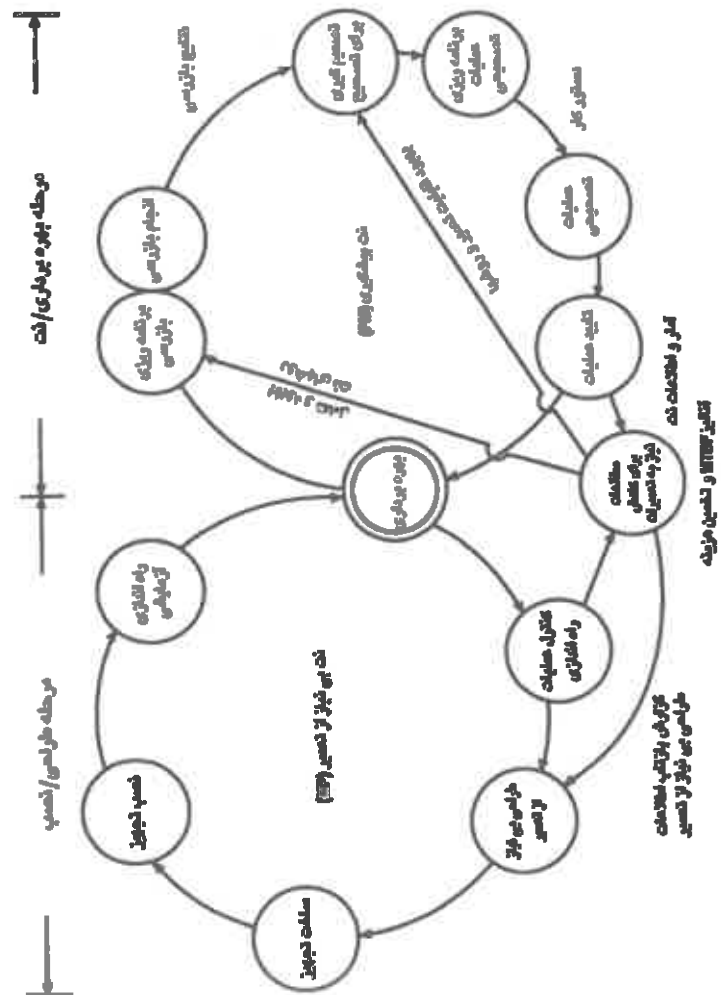
در مرحله نگهداری و تعمیرات در حین بهره‌برداری، تجهیزات براساس برنامه‌های منظم بازرسی مورد تعمیر، تصحیح و یا تعویض قرار می‌گیرند. اطلاعات تعمیراتی که در این مرحله به دست می‌آیند اساس فعالیتهای تحقیقاتی را در موضوع "جلوگیری از نیاز به تعمیرات" (MP) فراهم می‌سازند.

اطلاعات بازتابی به سه منظور مرتبط با بهسازی و تکامل، به سیستم می‌رسند:

۱- به منظور بهبود شرایط تعمیرپذیری تجهیزاتی که هم‌اکنون مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند.

۲- به منظور بهبود فعالیتهای در سیستم نت

۳- به منظور تأمین امکانات برای فعالیتهای طراحی بدون نیاز به تعمیر، برای تجهیزات جدید



شکل ۹-۲۴
مدل طراحی تجهیزات بی‌نیاز از تعمیر

نگهداری و تعمیرات متمرکز بر قابلیت اطمینان (RCM)

۱-۲۵ مقدمه - معرفی

دیدگاه‌های اولیه در نگهداری تعمیرات (نت) متمرکز بر قابلیت اطمینان (RCM^1) مربوط به دهه ۱۹۶۰ میلادی است، ولی برنامه‌های کاربردی RCM در صنایع هوانوردی در آمریکا در سال ۱۹۷۸ توسط دو نفر از متخصصین نت آغاز شد^۲. گسترش عمومی کاربرد RCM در صنایع جهانی عمدتاً همزمان با آغاز قرن بیست و یکم می‌باشد. به نظر می‌رسد یکی از دلایل گسترده‌ی دامنه کاربرد RCM در دهه اخیر، کارآیی این فرآیند به عنوان ابزاری برای بالا بردن کیفیت و اثربخشی برنامه‌های تعمیرات پیشگیرانه (PM) می‌باشد^۳. RCM روشی منطقی و قابل اجرا را برای پاسخ‌گویی به این سوال ارائه می‌نماید که از مجموعه تجهیزات موجود در یک کارخانه، کدام یک از آنها، و چه زیربخشهایی از هر یک از تجهیزات باید توسط چه نوعی از برنامه‌های نت پیشگیرانه (PM) پوشیده شوند. طبیعی است که در حال حاضر، چه در سطح جهانی و چه در ایران، اهمیت تداوم خطوط تولید و نیز حساسیت توجه به دیدگاه‌های فنی-اقتصادی و ایمنی خطوط تولید در حدی است.

1- Reliability Centered Maintenance

2- United Airlines از Howard Heap و Stanley Nowlan

۳- با کاربرد RCM در صنایع هوانوردی عمومی (غیرنظامی)، تعداد حوادث پروازها از ۶۰ حادثه در هر یک میلیون پرواز به ۲ حادثه در یک میلیون پرواز کاهش یافت. مهمتر آنکه آمار حوادثی که مستقیماً مربوط به خرابی تجهیزات بودند از ۴۰ حادثه در یک میلیون پرواز به ۰/۳ حادثه در یک میلیون پرواز رسید.

(منبع اطلاعات: The Value of RCM in Business Today)

که به هیچ وجه نمی‌توان در صنایع از سیاستهای تعمیرات اضطراری (تعمیر بعد از خرابی) روی همگی تجهیزات و ماشین‌آلات استفاده نمود. این مباحث در فصلهای پیشین کتاب مطرح شدند، و ساختارهای نت پیشگیرانه ارائه گردیدند^۱. نکته حائز اهمیت که *RCM* در جهت بالا بردن کیفیت سیاستهای *PM* و با در نظر گرفتن دیدگاههای فنی- اقتصادی به آن می‌پردازد اینست که مقرون به صرفه و منطقی نیست که همگی تجهیزات به صورت یکسان تحت پوشش تعمیرات پیشگیرانه قرار گیرند. بلکه روش صحیح آنست که بنا به شرایط خاص هر تجهیز، نوعی سیاست نت متناسب با آن شرایط برای تجهیزات در نظر گرفته شود.

با توجه به آنچه که در بخش قبلی بیان شد، و با در نظر گرفتن مراحل اجراء و نیز هدفهای (*RCM*) این روش را می‌توان به صورت زیر تعریف نمود:

"نگهداری و تعمیرات (نت) متمرکز بر قابلیت اطمینان (*RCM*)، یک روش منطقی برای پاسخگویی به این سوال است که روی تجهیزات و ماشین‌آلات صنعتی چه عملیاتی باید صورت گیرد، تا این تجهیزات بتوانند وظائفی را که به عهده دارند به صورت کامل انجام دهند".

در پاسخ‌گویی به این هدف، *RCM* در مسیر برنامه‌ریزی تا اجراء مراحل زیر را طی می‌کند:

- ۱- تعریف و تبیین "شاخصهای قابلیت اطمینان"^۲ برای سازمان (کارخانه، شرکت)
- ۲- تعریف "وظایف"^۳ مورد انتظار از تجهیزات جهت دستیابی به شاخصها
- ۳- مشخص نمودن انواع خرابیهای تجهیزات (شکست‌های وظایف)^۴
- ۴- تعریف انواع علت‌ها، دلائل، و "عوامل"^۵ ریشه‌ای و اصلی که می‌توانند باعث ایجاد خرابیها (شکست وظایف) بشوند.

۱- این فصل از کتاب در آستانه آغاز دهه ۱۳۹۰، به مطالب قبلی کتاب افزوده شد تا استفاده‌کنندگان از کتاب، چه در سطح دانشگاهها، و چه در مراکز صنعتی کشور با آخرین پدیده‌های دانش نت آشنائی حاصل کنند. اصول *RCMII* که توسط John Moubray در کتاب *RCM* آمده است و نیز استانداردهای انجمن مهندسی خودروها (SAE) در ساختار مطالب این فصل رعایت شده، ولی در تمام موارد، به شرایط صنعتی ایران توجه خاص به عمل آمده است.

2- Asset Reliability Criteria (ARC)

3- Equipment Functions

4- Failures = Function Failures

5- Failure Modes

۵- بررسی و ارزیابی "نتایج حاصل از شکست‌های وظائف"^۱

۶- گروه‌بندی تجهیزات، بخشها و زیربخشهای تشکیل دهنده تجهیزات (سیستمها و

زیرسیستمها و قطعات مرکب تشکیل دهنده سیستم تولید)

۷- مشخص نمودن روش تعمیرات پیشگیرانه، یا سایر عملیات نت برای هر تجهیز یا

بخشها و زیربخشهای آن

۸- اجراء عملیات نت براساس برنامه‌های تنظیم شده در مرحله ۷.

John Moubray در کتاب خود با عنوان نت متمرکز بر قابلیت اطمینان [R]، یکی از ویژگیهای اصلی RCM را توانمندی این روش در تعیین میزان مناسب و اقتصادی اعمال نت پیشگیرانه بر روی تجهیزات می‌داند.^۲

بسیاری از نویسندگان کتب و مقالات در موضوع نت، تعاریف مشابهی را برای RCM ارائه نموده‌اند. از جمله، انجمن مهندسين خودرو (SAE)^۳، شاخصهای لازم برای ارزیابی برنامه‌های RCM را در ۷ سوال ارائه نموده است. بر این اساس، یک برنامه نت را در صورتی می‌توان RCM دانست که در مسیر سازمان‌دهی آن به این سوالات پاسخ مناسب داده شده باشد.

در بخشهای آینده این فصل سعی می‌شود با یک دیدگاه اجرائی و نیز با در نظر گرفتن شرایط خاص حاکم بر صنعت ایران، و میزان گسترشی که در پیاده‌سازی روشهای نت پیشگیرانه در دهه اول این قرن در صنعت کشور مشهود است، مسیر مناسبی برای برنامه‌ریزی و پیاده‌سازی RCM ترسیم شود.^۴

آنچه که در اینجا قابل اشاره است، توجه به این واقعیت است که سیستمهای PM و RCM، TPM هیچ‌یک قابل جایگزینی به جای دیگری نیستند. برای دستیابی به یک برنامه

1- Failure Consequences

۲- خواهیم دید در مرحله دسته‌بندی تجهیزات، بعضی از آنها در گروهی قرار می‌گیرند که اصولاً اجراء نت پیشگیرانه روی آنها منطقی نیست و مناسب‌تر است نت اضطراری بر روی آنها اعمال شده و یا در قالب تعمیرات اصلاحی، تغییرات و بهبودهای لازم در طرح آنها داده شود.

۳- استانداردهای JA1011 انجمن SAE (Society of Automotive Eng.)

۴- بنا به نظر B-Stevens مدیر شرکت OMDEC در کانادا، با پیاده‌سازی موفق RCM، فعالیتهای روزمره نت می‌تواند بین ۴۰ تا ۷۰ درصد کاهش یابد. به گفته Stevens، تا پایان سال ۲۰۰۸، تعداد ۱۲۰۰ شرکت در ۴۱ کشور RCM را به صورت موفقیت‌آمیز اجراء نموده‌اند. بازگشت هزینه‌ها بین ۲ تا ۷ ماه پس از پیاده‌سازی بوده است.

جامع و کارای‌نت، هر یک از این سه سیستم نقشی را به عهده داشته و به صورت مکمل یکدیگر می‌توانند به وجود آورنده یک سیستم کارای‌نت باشند^۱.

۲-۲۵ تعاریف

قبل از تشریح فرآیند *RCM*، مناسب است تعاریف دقیقی از واژه‌های متداول در ادبیات این فرآیند ارائه شوند. پس از آشنائی با مفاهیم این واژه‌ها، خواهیم دید که برنامه‌ریزی و اجراء *RCM* به سادگی امکان‌پذیر خواهد بود.

در وهله اول "نگهداری و تعمیرات" را چنانکه در بخشهای دیگر کتاب نیز دیدیم به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

"نگهداری و تعمیرات، اجراء اقداماتی است در جهت اطمینان از اینکه تجهیزات و دارائیهای فیزیکی وظائف مورد انتظار را بدون اشکال انجام می‌دهند".

در اینجا توجه به این نکته لازم است که وظائف مورد انتظار از تجهیزات، بنا به اینکه در چه محیط و در چه شرایطی قرار گرفته‌اند می‌تواند متفاوت باشد^۲. با در نظر گرفتن این واقعیت، *RCM* به صورت زیر تعریف می‌شود:

"*RCM* یا نت متکی بر قابلیت اطمینان فرآیندی است در جهت اطمینان از دستیابی به نیازهای تعمیراتی (نت) دارائیهای فیزیکی با توجه به شرایط محیطی حاکم بر آنها".

تعریف *RCM* به این نحو، بیانگر این واقعیت است که خروجی فرآیند برنامه‌ریزی *RCM* تعیین نیازهای تعمیراتی (نت) برای تجهیزات، یا به عبارت روشن‌تر، تعریف عملیات و اقداماتی است که در جهت دستیابی به اهداف نت باید روی تجهیزات صورت گیرند. بدیهی است در مسیر تشخیص و تعریف عملیات لازم روی تجهیزات، مطالعه و پاسخ‌گویی

۱- PM جزئیات عملیات پیشگیرانه را نشان می‌دهد. *RCM* متمرکز بر تقسیم‌بندی تجهیزات و زیرسیستمها و انتخاب سیاست مناسب برای نگهداری آنها می‌شود، و TPM کلیات روش مدیریت بر تجهیزات را با تکیه بر اهمیت عوامل انسانی در نت، و نقش کار گروههای کوچک، متشکل از منابع انسانی نت، تولید، و حتی بخشهای پشتیبانی و مدیریت ارائه می‌نماید.

۲- برای مثال، در یک خط تولید پیوسته، از ماشینی که در کنار خود یک ماشین یدک ندارد انتظار می‌رود که به طور مداوم آماده به کار باشد، ولی از یک ماشین دارای یدک می‌توانیم انتظار آماده به کار بودن به طور مداوم نداشته باشیم. در این خصوص در بخشهای بعدی توضیحات بیشتری خواهیم داشت.

فصل بیست و پنجم - نگهداری و تعمیرات متمرکز بر قابلیت اطمینان (RCM) ۴۰۷

به سؤالاتی لازم می‌شود. اهم این سؤالات عبارتند از اینکه وظائف هر تجهیز چیست؟ و نهایتاً چگونه می‌توان از به وقوع پیوستن این شکست‌ها جلوگیری نمود؟ در عین حال RCM به جمع‌آوری اطلاعات بازتابی حاصل از اجراء سیاستها به منظور بهبود مستمر برنامه‌های نت و تعدیل تصمیم‌ها و سیاست‌های اتخاذ شده توجه می‌نماید.

جدول اطلاعات RCM

در مراحل برنامه‌ریزی RCM لازم خواهد شد که اطلاعات مربوط به تجهیزات، زیرسیستم‌ها، و در مواردی قطعات تشکیل دهنده تجهیزات به نحوی که در RCM کاربرد دارند، بررسی و مشخص شوند. با تشخیص دادن هر یک از این اطلاعات، مناسب است به منظور استفاده از آنها، اطلاعات را در جدول مشابه آنچه که در شکل ۱-۲۵ نشان داده شده است تنظیم کنیم.

نام سیستم: الکتروموتور محرک با امکانات تغییر سرعت کد سیستم: ...								
ردیف	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
	وظایف	خرابیها (شکست‌های وظایف)	علتها (دلایل) شکستها	اثرات شکستها	نتایج شکست	آیا شکست از نوع آشکار است؟	گروه تجهیز	نوع عملیات تعمیراتی
۱								
۲								
۳								

شکل ۱-۲۵

(جدول اطلاعات RCM)

تعاریف واژه‌ها و نحوه تکمیل خانه‌های جدول در قسمتهای بعدی این فصل توضیح داده خواهند شد. با تکمیل شدن جدول اطلاعات RCM، عملاً مراحل ۱ تا ۷ مربوط به برنامه‌ریزی RCM تکمیل شده‌اند.

شاخص‌های قابلیت اطمینان

تعریف و تبیین شاخص‌های قابلیت اطمینان (ARC)^۱ اولین اقدام در مسیر برنامه‌ریزی و پیاده‌سازی RCM در یک سازمان تولیدی است. سند ARC نشان‌دهنده شاخص‌هایی است که مدیریت در چارچوب استراتژیهای بنیادی تعریف شده برای سازمان، نیازمند به دستیابی به آنها می‌باشد. سند ARC به طور خاص به منظور برنامه‌ریزی‌های RCM تهیه شده و کلیه برنامه‌های RCM در چارچوب شاخص‌های تعریف شده در ARC تنظیم می‌شوند. این سند در برگیرنده اطلاعات و شاخص‌هایی در موضوعات زیر می‌باشد:

۱- شاخص‌های مرتبط با ایمنی منابع انسانی سازمان (کارکنان)

۲- شاخص‌های مرتبط با عوامل محیطی، محلی، منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی حاکم بر

سازمانهای تولیدی و صنعتی

۳- شاخص‌های مرتبط با ایمنی تجهیزات و دارائیهای فیزیکی

۴- شاخص‌های مرتبط با فرآیندهای تولیدی

سه شاخص اولی نشان داده شده در لیست بالا، جنبه عمومی داشته، و رعایت آنها به طور معمول در بسیاری از جوامع اجباری است. مثال مشخص، قوانین زیست محیطی و قوانین وزارت کار و امور اجتماعی در ایران در خصوص عوامل محیطی است که در جهت حفظ بهداشت و ایمنی کارکنان، رعایت آنها اجباری است. شاخص چهارم در لیست، شامل نحوه عملکرد سیستم تولید برای پاسخ‌گویی به نیازها و برنامه‌های تولیدی سازمان است.

در تهیه اطلاعات ARC ، لازم است حتی‌المقدور مقادیر و شاخص‌ها به صورت کمی (عددی) تعریف شوند. برای مثال، داشتن تعاریفی نظیر قطعی مجاز نیرو (برق) باید از ۱۵ دقیقه بیشتر نباشد، یا حداقل فشار مجاز هوای فشرده ۳/۵ کیلوگرم بر سانتیمترمربع و حداکثر ۴/۰ کیلوگرم بر سانتیمترمربع است، یا مقدار ضایعات تولید نباید از عدد ۳/۸ در هزار تجاوز کند، در سند ARC برای سازمانها معمول و مناسب است.^۲ کلیه شاخص‌های

1- Asset Reliability Criteria

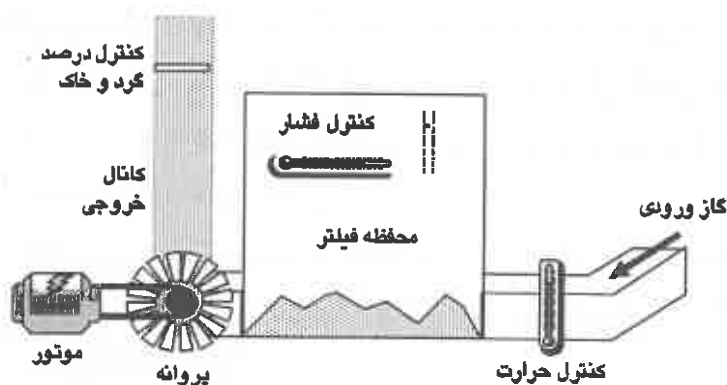
۲- مثال دیگر: برای یک سازمان حمل و نقل که وظیفه آن انتقال مواد از نقطه X به نقطه Z است یکی از شاخص‌ها می‌تواند به صورت زیر باشد. سیستم باید بتواند حداقل XXX تن مواد را در هر ساعت با حداکثر ایجاد XXXX دسیبل سروصدا و XXX ارتعاش از نقطه Y به نقطه Z برساند.

تعریف شده در سند ARC باید به صورت دقیق شماره گذاری (کدگذاری) بشوند. شماره گذاری باید به صورتی باشد که بتواند میزان حساسیت، و نوع و نتیجه زیبایی را کته پیش بینی می شود در اثر شکست و عدم دستیابی به این شاخصها حاصل شود نشان بدهد. لازم است که سند شاخص های قابلیت اطمینان سازمان به تأیید و امضاء مدیریت طراز اول و کلیه اعضاء مسئول و مرتبط برسد.

وظائف

دومین اقدام در بررسی و مشخص نمودن اطلاعات تجهیزات تعریف وظائفی است که از هر یک از آنها انتظار می رود. وظائف یک تجهیز را به سه دسته با عنوانهای "وظائف اصلی" "وظائف فرعی" و "وظائف حفاظتی و کنترلی" تقسیم می کنیم.

وظائف اصلی: وظیفه اصلی یک تجهیز را باید در دلیل خرید و به کارگیری تجهیز جستجو کرد. برای مثال به شکل ۲-۲۵ توجه می کنیم.



شکل ۲-۲۵

این تجهیز عبارت از یک سیستم تصفیه گاز به منظور گرفتن گردو خاکهای موجود در گاز ورودی و انتقال گاز تصفیه شده به کانال خروجی است. روشن است که وظیفه اصلی این سیستم، تصفیه گاز می باشد.

وظائف فرعی: علاوه بر وظیفه اصلی، ممکن است بخش تولید نیاز داشته باشد که مرتباً درصد گرد و خاک موجود در سمت ورودی و خروجی را روی یک نمودار ثبت نماید. در صورتیکه امکانات لازم برای این عمل روی سیستم اضافه شده باشد، این نوع وظائف از جمله وظائف فرعی مورد انتظار از سیستم هستند. در یک مثال دیگر، اتومبیل‌های سواری وظیفه اصلی انتقال سرنشین را به عهده دارند، ولی وظائف فرعی زیادی نظیر تأمین ایمنی مسافران، تأمین راحتی (مثلاً درجه حرارت)، تأمین اطلاعات جاده، (مثلاً نقشه راه‌ها از روی دستگاه GPS^۱)، و بسیاری وظائف مشابه دیگر از جمله وظائف فرعی مورد انتظار از آنها می‌باشد.

اهم وظائف فرعی یک سیستم عبارتند از: سازگاری با شرایط و قوانین زیست محیطی، ایمنی کاربران و ایمنی سیستم، قابلیت بهره‌برداری ساده و راحت، داشتن ظاهر مناسب، نشان دادن مجموعه‌ای از اطلاعات در خصوص نحوه عملکرد سیستم، (مثلاً درجه حرارت آب رادیاتور، و وضعیت باتری، در مثال مربوط به خودروها). این وظائف همگی در شرایط محیطی و بهره‌برداری از سیستم تعریف می‌شوند.

وظائف حفاظتی و کنترلی: در شکل ۲-۲۵ علاوه بر وظائف ذکر شده، طبیعی است که کاربر از سیستم تصفیه گاز این انتظار را داشته باشد که مثلاً در صورت گرم شدن بیش از حد: موتور الکتریکی، سیستم علامت خطر را اعلام نموده و در صورت بی‌توجهی کاربر، به طور خودکار اقدام به توقف دستگاه بنماید.

وظائف حفاظتی و کنترلی متعددی نظیر اعلام خطر و یا توقف و یا تغییر نحوه کارکرد در اثر پیش آمدن تغییرات ناخواسته در عواملی نظیر فشار، سرعت، درجه حرارت و غیره را می‌توان از سیستمها انتظار داشت.

در بسیاری از موارد، در تعریف وظائف تجهیزات و سیستم‌ها از اعداد و مقادیر برای مشخص نمودن وظیفه به صورتی دقیق و قابل سنجش استفاده می‌شود. برای مثال، در شکل ۲-۲۵ مربوط به سیستم تصفیه گاز می‌توان وظیفه اصلی سیستم را به صورت زیر، تعریف نمود: تصفیه گازهای ورودی (گرفتن گرد و خاک) و انتقال گاز تصفیه شده به سمت

۱- دستگاههای تعیین موقعیت اتومبیل یا استفاده از ماهواره‌های مرتبط Global Positioning System

خروجی با سرعت حداقل دو مترمکعب در دقیقه و رسانیدن میزان گرد و خاک سمت خروجی به حداکثر نیم گرم در هر مترمکعب در شرایط وجود حرارت محیطی ۲۵ درجه سانتیگراد و فشار سه اتمسفر^۱.

شکست‌ها

در این مباحث هر جا که از واژه شکست^۲ استفاده می‌شود، منظور رسیدن سیستم به وضعیتی است که قادر به انجام وظائف تعریف شده نباشد. پس از تعریف دقیق وظائف، در مرحله بعدی لازم است انواع شکست‌ها یا خرابیهایی که ممکن است برای سیستم پیش بیایند، تعریف شوند.

برای مثال، به شکل ۲-۲۵ رجوع می‌کنیم. ممکن است سیستم تصفیه گاز به وضعیتی برسد که قادر به تصفیه دو مترمکعب گاز در دقیقه نباشد، یا میزان آلودگی در گاز خروجی از نیم گرم در هر مترمکعب بیشتر شده باشد. علاوه بر اینها ممکن است سیستم به هر دلیلی قادر به اجراء بسیاری از وظائف فرعی و حفاظتی و کنترلی تعریف شده نباشد. "یک شکست در یک سیستم عبارت از عدم توانایی سیستم در اجراء وظائف طبق تعاریف و استانداردهای مورد انتظار می‌باشد".

مشخص است که شکست‌ها می‌توانند شکست کامل^۳، یا شکست بخشی^۴، باشند. در مثال شکل ۲-۲۵، در صورتیکه سیستم تصفیه گاز به کلی از کار بیفتد، یک شکست کامل اتفاق افتاده، و در صورتیکه سرعت تصفیه گاز از دو مترمکعب در دقیقه کمتر بشود، یک شکست بخشی پیش آمده است.

در شکل ۳-۲۵ نمونه‌ای از قسمتی از جدول اطلاعات RCM نشان داده شده است. طبیعتاً ردیف‌های مربوط به وظائف و ردیف‌های مربوط به خرابی‌ها و شکست‌های وظائف در حالت کامل می‌توانند به مراتب بیشتر از آنچه که در این جدول آمده است باشند.

۱- نظیر این تعاریف در سند ARC برای سیستم‌های اصلی و تولیدی برای کل کارخانه نیز می‌آیند.

۲- در مقابل واژه Failure به معنای شکست وظائف. در این مباحث از واژه‌های شکست وظیفه، شکست، و خرابی با معانی کاملاً مترادف استفاده شده است.

3- Total failures
4- Partial failures

۴۱۲. برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات (مدیریت فنی در صنایع)

نام سیستم: دستگاه تصفیه گاز		کد سیستم: ...
ردیف	وظایف	۱
۱	تصفیه گاز ورودی با سرعت حداقل ۲ متر مکعب در دقیقه با حداکثر آلودگی ۰/۵ گرم در متر مکعب در شرایط ...	A
		B
		C
۲	سطح سروصدای ایجاد شده مطابق استاندارد ISO کمتر از ۲۸ در فاصله ۱۵۰ متری باشد.	A
۳	نمودار میزان آلودگی به طور پیوسته روی صفحه نشانگر ترسیم شود.	A
۴	...	A
		B
		...

شکل ۲۵-۳

قسمتی از جدول اطلاعات RCM شامل ستونهای (۲) و (۱)

در بخشهای بعدی این فصل ضمن تشریح سایر اطلاعات لازم به ستونهای این جدول اضافه خواهیم نمود. همان‌گونه که در جدول مشاهده می‌شود، به ازاء هر وظیفه ممکن است تعدادی خرابی یا شکست قابل تعریف باشد. خرابیهای مرتبط با هر وظیفه با حروف ...، A، B، C از یکدیگر متمایز شده‌اند.

خواهیم دید که علت‌ها (دلایل) وقوع خرابیها نیز می‌توانند به ازاء هر خرابی بیش از یک علت باشند، و بنابراین در ادامه ستونهای جدول که علت‌های هر خرابی نوشته می‌شود، گاه لازم خواهد شد که در مقابل یک ردیف خرابی چند ردیف برای نوشتن علت‌های آن خرابی ایجاد شود. این موارد در بخش بعدی فصل تشریح خواهند گردید.

۳-۲۵ تجزیه و تحلیل علت‌های وقوع و اثرات شکست‌ها

در بخش‌های قبلی این فصل، تعاریف وظائف و شکست‌ها (خرابی‌ها) ارائه شدند. در حقیقت با داشتن تعریف جامعی از وظائف، هدف و منظور کلی سیستم تولید از تهیه و یا نصب و به کار بردن سیستم مورد تعریف مشخص می‌شود. با تعریف وظائف و شکست‌های هر سیستم، مراحل اول تا سوم فرآیند RCM اجرا شده‌اند. در این بخش تحت عنوان تجزیه و تحلیل علت‌های وقوع و اثرات شکست‌ها، (FMEA)^۱، به دو سؤال مهم پاسخ می‌دهیم. پاسخ‌گویی به این سؤالات مراحل چهارم و پنجم فرآیند RCM را تکمیل می‌نماید.

سؤالات مورد بحث عبارتند از:

- علت‌های شکست‌ها^۲ (علت‌های اصلی و ریشه‌ای شکست‌ها)
- اثرات شکست‌ها^۳

علت‌های شکست‌ها

علت‌های شکست‌ها عبارت از اتفاقات ریشه‌ای هستند که باعث به وجود آمدن شکست در اجزاء هر یک از وظائف تعریف شده می‌شوند. برای مثال در صورتیکه به شکل ۴-۲۵ مراجعه کنیم، می‌بینیم که برای شکست وظیفه ۱-A (انتقال گاز متوقف می‌شود)، سه علت متفاوت مطرح شده است. همان‌گونه که در این مثال مشاهده می‌شود، برای هر شکست وظیفه می‌تواند بیش از یک دلیل یا علت ریشه‌ای شکست وجود داشته باشد.

در شکل ۳-۲۵ قسمتی از کل جدول اطلاعات RCM برای سیستم تصفیه گاز نشان داده شده. در شکل ۴-۲۵ با تکرار اطلاعات ستون‌های ۱ و ۲ از جدول شکل ۳-۲۵ ستون ۳ اضافه شده و در این ستون علت‌های شکست‌های ممکن نوشته شده است.^۴

1- Failure Modes and Effects Analysis. (FMEA)

2- Failure Modes (= Failure causes) = انواع شکست‌ها = علت‌های شکست‌ها

3- Failure Effects

۴- این تعاریف برای هر سیستم کامل (مثلاً یک اتومبیل)، یا زیرسیستم‌ها، بخش‌ها و زیربخش‌ها (مثلاً موتور، یا زیربخش انتقال سوخت موتور، ...) قابل اجرا است. در مورد میزان مناسب تقسیم‌بندی سیستم‌ها به بخش‌های کوچکتر به ادامه مطالب این فصل توجه فرمائید.

جدول اطلاعات RCM				
نام سیستم: دستگاه تصفیه گاز			کد سیستم: ...	
ردیف	وظائف	خرابی‌ها - شکست‌های وظائف	علت‌ها (دلایل) شکست‌ها	
۱	تصفیه گاز ورودی با سرعت حداقل ۲ مترمکعب در دقیقه با حداکثر آلودگی ۰/۵ گرم در مترمکعب در شرایط ...	A	انتقال گاز متوقف می‌شود.	۱ پروانه گیر می‌کند.
				۲ باطاقان پروانه جام (jam) می‌کند.
				۳ موتور می‌سوزد.
		B	کمتر از ۲ مترمکعب منتقل می‌کند.	...
				۱ سایش پروانه
				۲ گرفتگی فیلتر
				۳ گرفتگی مسیر
				...
		C	میزان آلودگی بیشتر از ۰/۵ گرم در متر مکعب می‌شود.	۱ کهنگی فیلتر
				...
۲	سطح سروصدای ایجاد شده مطابق استاندارد ISO کمتر از ۲۸ در فاصله ۱۵۰ متری باشد.	A	سروصدای ایجاد شده مطابق استاندارد ISO بیشتر از ۲۸ در فاصله ۱۵۰ متری می‌شود.	۱ خرابی سیستم روغنکاری باطاقان
				۲ بالانس نبودن پروانه
				...

شکل ۲۵-۳

(رده‌بندی و ستون‌ها ادامه دارند)

حدود بخش‌بندی سیستم به زیرسیستم‌های کوچک

در مثالهای ارائه شده، بخشی از جدول RCM برای کل سیستم تصفیه گاز ارائه شد. در بسیاری از موارد، ماشین‌آلات و تجهیزات صنعتی بزرگتر و پیچیده‌تر از آن هستند که کل یک ماشین در یک جدول RCM بیاید.

در این موارد لازم است که سیستم به زیرسیستمهای کوچکتر تقسیم شده و برای هر یک از زیرسیستمها یک جدول اطلاعات RCM تهیه شود.

در همین مثال سیستم تصفیه گاز شکل ۲-۲۵ نیز به منظور امکان ارائه جزئیات بیشتر، می‌توان سیستم را به زیرسیستمهایی نظیر اطاق فیلتر، بخش انتقال هوا، (شامل پروانه، موتور، ...) تقسیم نموده و برای هر یک به طور جداگانه یک جدول اطلاعات RCM تهیه نمود.

اثرات شکست‌ها

تعریف اثرات شکست‌ها، پنجمین مرحله از فرآیند RCM است. اثرات شکست‌ها توضیح وضعیت‌هایی هستند که در اثر وقوع هر نوع شکست (هر یک از علت‌های شکست‌ها) ایجاد می‌شوند.

در تعریف اثرات شکست‌ها لازم است همه اتفاقات مرتبط با شکست مشخص شوند، به نحوی که با داشتن این تعاریف بتوانیم اثرات ناشی از شکست را مشخص کنیم:

به طور خاص در تعریف اثرات شکست به ویژگیهای زیر توجه می‌شود:

۱- آیا شکست در همان لحظه وقوع مشخص و آشکار می‌شود.

۲- شکست به چه نحوی ممکن است تهدیدی برای ایمنی یا شرایط زیست محیطی فراهم کند.

۳- شکست به چه نحوی ممکن است بر شرایط تولید تأثیرگذار باشد.

۴- شکست را چگونه می‌توان تعمیر و تصحیح نمود.

برای مثال، سیستم تصفیه گاز (شکل ۲-۲۵) را در نظر می‌گیریم. فرض کنیم لازمست در جدول شکل ۲-۴، در مقابل علت شکست ۲ از وظیفه ۱ "یاتاقان پروانه گیر (جام) می‌کند".

اثرات این شکست تعریف شوند. اثرات ممکن است شامل اطلاعات زیر باشند:

- حرکت موتور الکتریکی متوقف می‌شود، (کلید overload برق موتور را قطع می‌کند). فوراً بوق اخطار قطعی موتور در اطاق کنترل به صدا در می‌آید. بوق مربوط

به قطع گاز خروجی بعد از ۱۰ دقیقه به صدا در می‌آید و فشار تانک گاز تصفیه شده از حداقل مجاز پایین‌تر می‌رود و ۲۵ دقیقه بعد از قطعی موتور دستگاه‌های تولیدی که از گاز استفاده می‌کنند از کار می‌افتند. حدود ۴۰ دقیقه زمان برای تعویض یاطاقان و راه‌اندازی مجدد سیستم لازم است.

اطلاعات ذکر شده نشان می‌دهند که در مورد ویژگی‌های ۱ تا ۴ پاسخ مثبت است، در پاسخ ۲ تهدیدی برای ایمنی افراد و محیط زیست نیست. در پاسخ ۳، تولید حدود ۱۵ دقیقه (دقیقه ۱۵ = ۲۵-۴۰) از کار می‌افتد و در پاسخ ۴، تعویض یاطاقان لازم است و ظرف حدود ۴۰ دقیقه قابل اجرا است.

این اطلاعات در شکل ۵-۲۵ در ستون چهارم، در مقابل علت شکست نوع ۲ از خرابی A آمده است.

۴	۳	۲	
اثرات شکست‌ها	علت‌ها (دلایل) شکست‌ها	خرابی‌ها - شکست‌های وظایف	
	پروانه گیر می‌کند.	انتقال گاز متوقف می‌شود.	A
بوق اختطار فوری و بوق گاز ظرف ۱۰ دقیقه و قطع تولید ظرف ۲۵ دقیقه و سوختن موتور اگر overload کار نکند.	یاطاقان پروانه جام (jam) می‌کند (گیر می‌کند).		
	موتور می‌سوزد.		
	...		
	سایش پروانه	کمتر از ۲ متر مکعب منتقل می‌کند.	B
	گرفتگی فیلتر		
	گرفتگی مسیر		
	...		

شکل ۵-۲۵

(قسمتی از جدول اطلاعات RCM، شامل ستون‌های ۲ تا ۴)

نظیر این اطلاعات لازم است برای همگی علت‌های شکست‌هایی که روی جدول آمده‌اند. در ستون ۴ اضافه شود. چنین اقدامی، گواينکه در یک حالت کلی الزامی است، ولی طبیعی است که جداول RCM را بسیار پر حجم می‌کند - بعضی از مراجع در این مرحله از نوشتن همگی علت‌های شکست‌ها (انواع شکست‌ها) در ستون ۳ خودداری نموده و تنها به نوشتن مهمترین نوع شکست که به بیشترین دفعات می‌تواند اتفاق بیافتد اکتفا می‌کنند. در این صورت در مقابل هر یک از ردیف‌های ستون ۲ فقط یک ردیف در ستون ۳ خواهد بود. نوشتن کلیه علت‌ها یا انواع شکست‌ها در ستون ۳ یا اکتفا نمودن به ۱ یا ۲ مورد اصلی می‌تواند بستگی به حساسیت و سطح جزئیات موافقت شده برای سیستم مورد مطالعه داشته باشد.

نکته مهم در تعریف اثرات شکست‌ها اینستکه مشخص شود در اثر بروز هر نوع شکست، چه اثراتی "بر روی سیستم مورد مطالعه" پدید خواهد آمد. خواهیم دید که در مرحله بعد لازم است نتایج حاصل از هر یک از این اثرات "بر روی محیطی که سیستم مورد مطالعه جزئی از آن است" بررسی شود. محیط موردنظر در این مباحث شامل کاربران، امور تولید و فروش و مشتریان، وضع اقتصادی صنعت (کارخانه)، شرایط زیست محیطی و مقررات محلی، ملی، و بین‌المللی خواهد بود. بررسی نتایج حاصل از اثرات در بخش بعدی مطرح می‌گردد. توجه داشته باشیم که اطلاعات مرتبط با این عوامل در سند ARC تعریف شده‌اند.

نتایج حاصل از اثرات شکست‌ها

در شکل ۲۵-۶ قسمتی از جدول اطلاعات RCM با اضافه شدن ستون ۵، نشان داده شده است، در ستون ۵، در جدول اطلاعات RCM در مقابل هر علت (دلیل) شکست، نتایج حاصل از شکست^۱ یادداشت می‌شود.

همان‌گونه که قبلاً اشاره شد، نتایج حاصل از شکست شامل اطلاعات شفاف در مورد تأثیرگذاری انواع شکست‌ها بر محیطی است که سیستم مورد مطالعه در آن محیط قرار گرفته. با این تعریف، عوامل موردنظر شامل کل سازمان و کارخانه و محیطی که سازمان در آن قرار گرفته می‌شود.

بنابراین لازم است نتایج هر شکست بر استراتژیها، سیاستهای اجرایی، برنامه‌ها، عوامل تولید و فروش و مشتری، عوامل انسانی (ایمنی کارکنان) و عوامل تجهیزاتی (ایمنی سایر تجهیزات)، و مقررات حاکم بر محیط سازمان (محلی، ملی، و بین‌المللی) بررسی شود. همان‌گونه که قبلاً توضیح داده شد در سازمانهایی که در پوشش *RCM* قرار گرفته‌اند، با مراجعه به استراتژی‌ها، و برنامه‌ها، سندی با عنوان "شاخص‌های قابلیت اطمینان در سازمان"^۱ تهیه می‌شود. این سند حدود مجاز نتایج حاصل از شکست‌ها را در مورد عوامل ذکر شده در بالا تعیین می‌نماید.

در شکل ۶-۲۵ در ستون پنجم نتایج حاصل از شکست برای شکست شماره ۲ آمده است.

۳		۴	۵
علت‌ها (دلایل) شکست‌ها		اثرات شکست‌ها	نتایج شکست
۱	پروانه گیر می‌کند.	...	...
۲	یاطاقان پروانه جام (<i>jam</i>) می‌کند (گیر می‌کند)	بوق اخطار فوری و بوق گاز ظرف ۱۰ دقیقه و قطع تولید ظرف ۲۵ دقیقه و سوختن موتور اگر <i>overload</i> کار نکند.	خطرات ایمنی وجود ندارد. توقف تولید هزینه بسیار زیادی دارد. هزینه‌های تعمیر (تعویض) یاطاقان ۱,۵۰۰,۰۰۰ ریال برآورد می‌شود. (زمان ۲ ساعت) هزینه سوختن موتور ۶,۰۰۰,۰۰۰ ریال برآورد می‌شود. (زمان ۱/۵ ساعت)

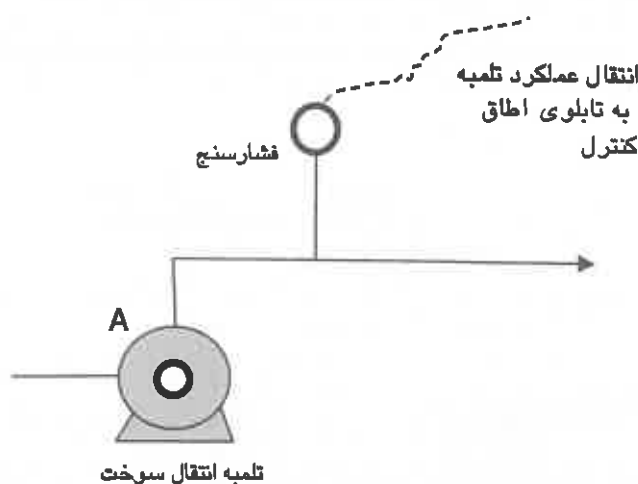
شکل ۶-۲۵

(قسمتی از جدول اطلاعات شامل ستونهای ۳ تا ۵)

شکست‌ها (خرابیهای) آشکار و نهانی

به شکل ۷-۲۵ توجه می‌کنیم. فرض کنیم تلمبه *A* وظیفه انتقال سوخت برای یک سیستم حساس تولید را که لازم است دائماً در حال کار باشد به عهده دارد. عملکرد تلمبه

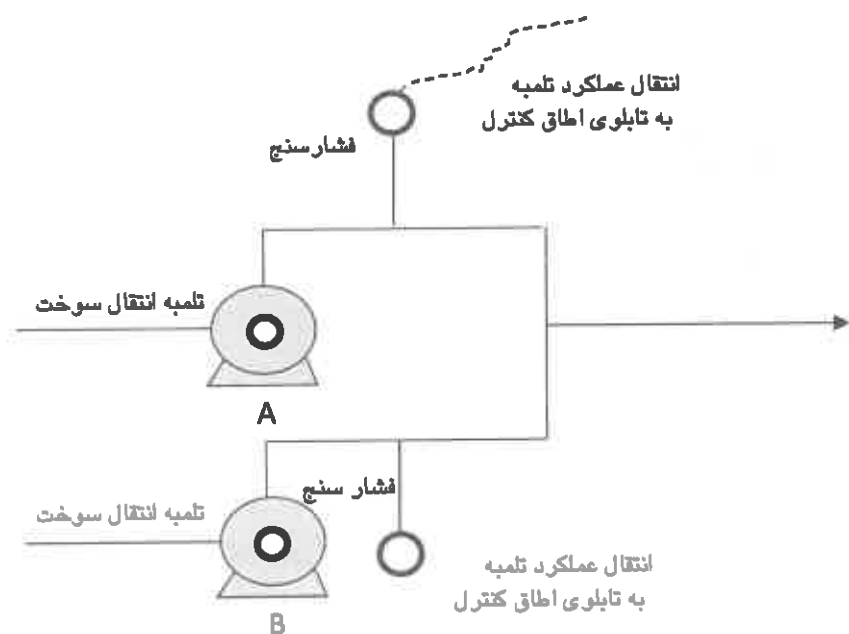
A دائماً از طریق اطلاعاتی که به تابلوی اطلاق کنترل می‌رسد قابل رویت است و به محض از کار افتادن تلمبه، موضوع شکست وظیفه برای اطلاق کنترل و کاربران آشکار می‌شود. در این شرایط خرابی تلمبه A "شکست آشکار"^۱ نامیده می‌شود.



شکل ۲۵-۷

حال به شکل ۲۵-۸ رجوع می‌کنیم. فرض شود ظرفیت هر یک از دو تلمبه A یا B به تنهایی برای رسانیدن سوخت به سیستم تولید کافی است. در عین حال هر دو تلمبه با هم کار می‌کنند ولی طبیعتاً هر یک از آنها در ۵۰ درصد ظرفیت کار خواهد کرد. حال در صورتیکه یکی از دو تلمبه با شکست مواجه شود، تلمبه سالم با ظرفیت کامل انجام وظیفه خواهد نمود. با توجه به اینکه فشارسنج و سیستم انتقال اطلاعات عملکرد تلمبه‌ها روی لوله خروجی مشترک بین دو تلمبه نصب شده است، در شرایط خرابی یکی از دو تلمبه اطلاق کنترل و کاربران علائم و اطلاعاتی دریافت نخواهند نمود. تنها در شرایطی این اطلاعات قابل دریافت است که هر دو تلمبه دچار شکست بشوند. در این شرایط خرابی هر یک از دو تلمبه "شکست نهانی"^۲ نامیده می‌شود.

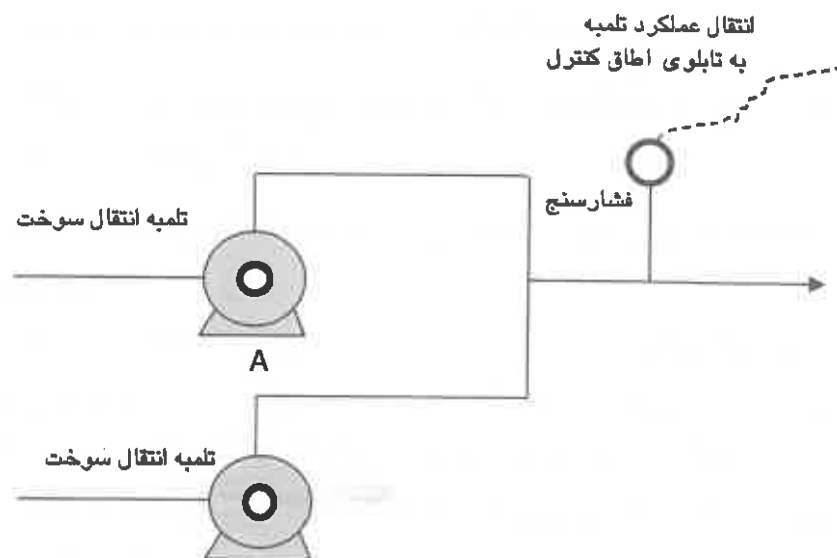
مثال دیگری از خرابیهای نهانی، آنها هستند که گواينکه شروع شده‌اند، ولی هنوز به طور کامل اتفاق نیافتاده، و نتیجه سوئی به بیار نیاورده‌اند، ولی به صورت بالقوه آماده پیشرفت و به بار آوردن زیان‌های مالی، جانی و یا توقف تولید هستند. برای مثال، خرابی (پاره‌گی) بخشی از تسمه نقاله که دور از دید کاربران نصب شده می‌تواند به خرابی کامل و توقف تولید و خسارات جانی و یا مالی بیانجامد.



شکل ۲۵-۸

در شکل ۲۵-۹ با توجه به اینکه فشارسنج و سیستم انتقال عملکرد به اطاق کنترل برای هر یک از دو تلمبه به صورت مستقل نصب شده است، خرابی هر یک از دو تلمبه به محض وقوع برای اطاق کنترل و کاربران آشکار است.

نوع دیگری از خرابیها را می‌توان نیمه آشکار نامید. برای مثال ممکن است در کارائی و سرعت انجام وظیفه یک سیستم کاهش مختصری روی داده باشد، ولی این کاهش کارائی نوعی روند افزایشی را از خود نشان دهد. طبیعی است که گواينکه این خرابی فعلاً در حد قابل چشم‌پوشی است ولی توان بالقوه برای تبدیل شدن به خرابی آشکار در آن وجود دارد.



شکل ۲۵-۹

۲۵-۴ گروه‌بندی تجهیزات در فرآیند RCM

در مباحث این بخش، منظور از تجهیز می‌تواند یک سیستم کامل، یک زیرسیستم (بخش) از کل سیستم، (نظیر زیرسیستم موتور از کل سیستم خودرو)، یا قطعه مرکب و تشکیل شده از تعدادی قطعات ساده‌تر (نظیر کاربوراتور روی موتور) و یا حتی یک قطعه ساده (نظیر لوله افشانک داخل کاربوراتور) باشد. کاربرد خاص هر یک از این واژه‌ها، بستگی به سطح جزئیات به کار رفته در برنامه RCM دارد. به هر حال روشها و تعاریف ارائه شده در این بخش برای هر یک از واژه‌ها کاربرد خواهد داشت.

در برنامه‌ریزی RCM، تجهیزات را به چهار گروه با عناوین زیر تقسیم‌بندی می‌کنیم.

۱- تجهیزات بحرانی بالفعل^۱ (به خلاصه، بحرانی)

۲- تجهیزات بحرانی بالقوه^۲

1- Critical

2- Potentially Critical , Potentially Critical Equipment

۳- تجهیزات تعمیرپذیر ولی غیربحرانی^۱ (به خلاصه تعمیرپذیر)

۴- تجهیزات تعمیرناپذیر ولی غیربحرانی (به خلاصه تعمیرناپذیر) این نوع تجهیز را از نوع "کار تا خرابی"^۲ نیز می‌نامیم.

در جهت روشن شدن مفاهیم واژه‌های بحرانی بالفعل و بالقوه در فرآیند RCM به مثال زیر می‌پردازیم.

در شکل ۷-۲۵ ساختار استقرار تلمبه A "بحرانی" است. به این مفهوم که به محض از کار افتادن تلمبه A، سیستم تولید دچار زیان توقف یک خط حساس تولید می‌شود. در شکل ۸-۲۵ در صورتیکه یک تلمبه از کار بیافتد، در شرایطی که تلمبه دوم سالم است، اتفاقی برای سیستم تولید پیش نخواهد آمد. اشکال اساسی این است که در این نوع استقرار در شکل ۸-۲۵ خرابی یکی از تلمبه‌ها آنرا به اطلاع کاربران نرسیده و بنابراین سیستم به کار ادامه می‌دهد تا تلمبه دوم نیز به نحوی دچار خرابی بشود. طبیعتاً خرابی هر دو تلمبه باعث ورود زیان بر سیستم تولید خواهد شد.

در این نوع استقرار، هر یک از تلمبه‌های A یا B، در یک حالت "بحرانی بالقوه"^۳ قرار دارند. در شکل ۹-۲۵ با تغییری که در طراحی سیستم داده شده و نشانگرهای فشار و سیستم انتقال اطلاعات عملکرد روی هر یک از دو خط خروجی به طور جداگانه نصب شده‌اند، همان‌گونه که گفته شد شکست از نوع آشکار بوده، و خرابی هیچ‌یک از دو تلمبه از نوع بحرانی بالفعل یا بالقوه نیست.

گروه ۳، یا تجهیزات "تعمیرپذیر" آن گروه از تجهیزات (یا قطعات تجهیزات) هستند که در صورت بروز خرابی در آنها امکان تعمیر بعد از خرابی در فرصت مناسب و با سطح فن‌آوری قابل دسترسی و نیز با هزینه توجیه‌پذیر فراهم است. به عبارت دیگر، تعمیر (نوسازی) این نوع تجهیزات پس از بروز خرابی، اقتصادی، و توجیه‌پذیر می‌باشد. در عین حال این تجهیزات از نوع بحرانی و بحرانی بالقوه نیستند.

1- Repairable and Non-Critical

2- Run - to - Failure (RTF)

3- Potentially Critical

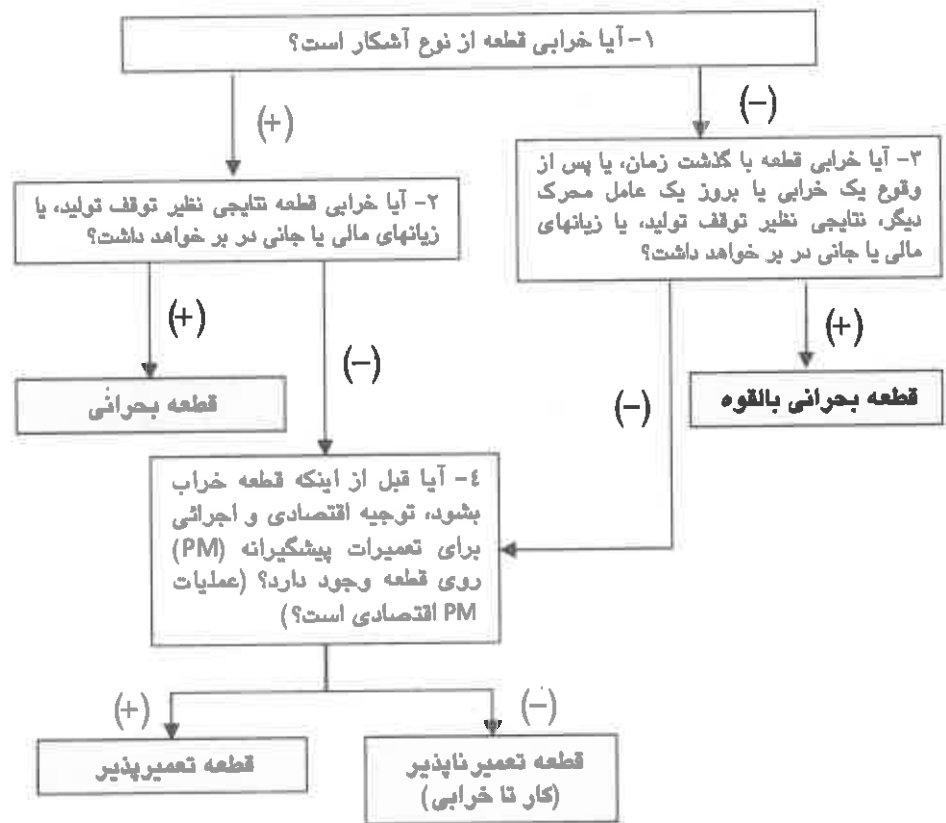
در مقابل، دسته‌ای از تجهیزات در گروه "تعمیرناپذیر" قرار می‌گیرند. ویژگی این دسته از تجهیزات این است که تعمیر آنها پس از بروز خرابی مستلزم هزینه زیاد (و در بعضی موارد بیش از هزینه تعویض) است. به همین نحو ممکن است بخشهایی از تجهیزات و یا کل تجهیز دارای ساختاری باشند که اصولاً امکان تعمیر بر روی آنها وجود نداشته باشد. (مثال ساده، تعمیر لامپهای روشنایی بعد از سوختن است). این گونه تجهیزات در گروه ۴ (تجهیزات تعمیرناپذیر) قرار می‌گیرند. در RCM این گروه تجهیزات یا قطعات را از نوع "کار تا خرابی" نیز می‌نامیم.

به شکل ۲۵-۱۰ مراجعه می‌کنیم. در وهله اول برای هر قطعه (تجهیز) این بررسی به عمل می‌آید که آیا در صورتیکه قطعه دچار خرابی (شکست) بشود، این شکست از نوع آشکار است؟ در صورتیکه جواب مثبت باشد، سوال بعدی آنستکه آیا خرابی قطعه باعث بروز خطرات ایمنی و یا توقف تولید می‌شود؟ در صورتیکه پاسخ به سوال دوم نیز مثبت بود، این قطعه (تجهیز) در گروه "قطعات بحرانی" قرار می‌گیرد.

حال در صورتیکه پاسخ سوال ۱ منفی بوده و در نتیجه شکست قطعه از نوع نهانی باشد، این سؤال مطرح است که آیا خرابی قطعه به گونه‌ای است که با پیش آمدن آن (که طبیعتاً با گذشت زمان و یا بروز یک خرابی یا عامل محرک دیگر آشکار می‌شود)، باعث بروز خطرات ایمنی و خسارات مالی یا توقف تولید می‌شود؟ در صورتیکه پاسخ به سوال ۳ مثبت باشد، قطعه در گروه "بحرانی بالقوه" قرار می‌گیرد.

در صورتیکه قطعه در هیچ یک از دو گروه بحرانی و بحرانی بالقوه قرار نگرفته، و در نتیجه پاسخهای هر دو سوال ۲ و ۳ منفی باشد، سوال چهارم آنستکه آیا اصولاً از نظر اجرایی و اقتصادی انجام عملیات تعمیرات پیشگیرانه روی قطعه توجیه‌پذیر است؟ در صورتیکه پاسخ مثبت بود، قطعه در گروه "قطعات تعمیرپذیر ولی غیربحرانی" قرار گرفته و در صورت منفی بودن پاسخ، قطعه در گروه "قطعات تعمیرناپذیر (کار تا خرابی)" ولی غیربحرانی قرار می‌گیرد.

در بخش‌های بعدی در خصوص سیاستهای تعمیراتی که مناسب است بر روی هر یک از چهار گروه تجهیزات انجام شود توضیحات لازم ارائه خواهد گردید.



شکل ۲۵-۱۰

در شکل ۲۵-۱۱ جدول اطلاعات RCM به صورت مثال برای یک دستگاه الکتروموتور نصب شده روی خط تولید که دارای امکانات تغییر سرعت به دور کم و دور زیاد است ارائه گردیده است.

ساختار جدول مربوط به این شکل مشابه جداول قبلی است، ولی ستونهای ۶ و ۷ به آن اضافه گردیده است. مطالب مربوط به ستون ۶ با استفاده از توضیحات بخش قبلی ۲۵-۳، و مطالب ستون ۷، با استفاده از توضیحات همین بخش (۲۵-۴) قابل تعیین می‌باشند. در بخش‌های بعدی، ستون ۸، (ستون نهائی) جدول RCM ارائه خواهد گردید.

نام سیستم: الکتروموتور محرک با امکانات تغییر سرعت							
کد سیستم: ...							
ردیف	وظایف	خرابی‌ها (شکست‌های وظایف)	علت‌ها (دلایل) شکست‌ها	اثرات شکست‌ها	نتایج شکست	شکست از نوع آشکار است؟	گروه تجهیز
۱	با دریافت سیگنال <i>a</i> با دور تند حرکت کند.	<i>A</i> تغییر سرعت به دور تند نمی‌دهد	۱ سیستم تغییر سرعت در دور کند کار نمی‌کند	کیفیت محصول غیر قابل قبول می‌شود	بخش کنترل کیفیت، تولید را متوقف می‌کند	بلی	بحرانی (بالفعل)
۲	با دریافت سیگنال <i>b</i> با دور کند حرکت کند.	<i>B</i> تغییر سرعت به دور کند نمی‌دهد	۱ سیستم تغییر سرعت در دور تند کار نمی‌کند	کیفیت محصول قابل قبول می‌شود، اما ۱٪ ضایعات انرژی داریم	تولید با ۱٪ ضایعات انرژی ادامه می‌یابد.	بلی	تعمیرپذیر
۳	در صورت داغ شدن زیاد متوقف شود	<i>C</i> متوقف نمی‌شود	۱ سیگنال داغ شدن به موتور نمی‌رسد	موتور می‌سوزد	حداقل دو ساعت توقف تولید و ۲۰۰۰۰۰۰ ریال هزینه تعمیر	خیر	تعمیرپذیر

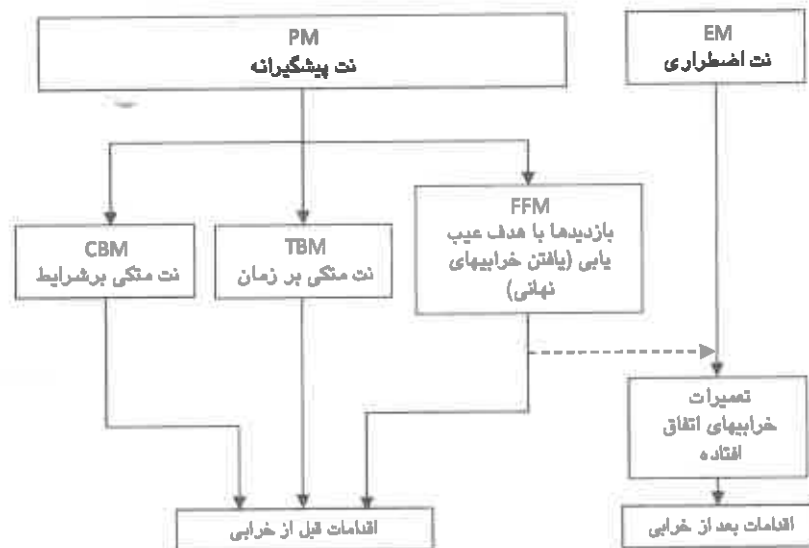
شکل ۲۵-۱۱

(قسمتی از جدول اطلاعات RCM شامل ستونهای ۱ تا ۷)

۲۵-۵ انواع عملیات نت (تعمیراتی)

در این جا تعاریفی از انواع عملیات تعمیراتی ارائه می‌شوند. توجه دارید که در فصلهای قبلی کتاب نیز انواع عملیات تعمیرات، شامل تعمیرات اضطراری و پیشگیرانه معرفی شدند.

هدف از افزودن مطالب در این جا، ارائه تعاریف در ساختاری است که در سیستم *RCM* کاربرد مستقیم دارند. به شکل ۲۵-۱۲ مراجعه می‌کنیم.



شکل ۲۵-۱۲

در اینجا عملیات نت به دو دسته تعمیرات (نت) "پیشگیرانه" و "نت اضطراری" تقسیم شده‌اند. نت پیشگیرانه (*PM*) از سه نوع عملیات تشکیل می‌شود. این سه نوع عبارتند از:

- نت متکی بر شرایط ^۱ (*CBM*)
- نت متکی بر زمان ^۲ (*TBM*)
- بازدیدها با هدف عیب‌یابی ^۳ (*FFM*)

نت متکی بر شرایط

این نوع عملیات نت پیشگیرانه بر این اصل پایه‌گذاری می‌شود که تا حد ممکن قبل از تعویض و یا نوسازی قطعات، با استفاده از انواع فن‌آوریها در دانش مهندسی، آزمایشهای

-
- 1- Condition Based Maintenance (*CBM*)
 - 2- Time Based Maintenance (*TBM*)
 - 3- Failure Finding Maintenance

مختلف بر روی قطعات تجهیزات صورت گرفته و از این طریق وضعیت و شرائط فنی آنها از نظر امکان ادامه عملکرد صحیح یا احتمال خرابی ارزیابی شود. این آزمایشات می‌تواند با استفاده از فن‌آوریهای مهندسی مکانیک، شیمی، مواد و خوردگی فلزات، الکتریکی، و سایر فن‌آوریها بنا به تناسب صورت گیرد.

آزمایشها شامل عملیاتی نظیر تحلیل ارتعاشات، وضعیت سایشهای مکانیکی، خوردگی، ترموگرافی، و یا آزمایش درصد فلزات بیگانه در روان‌کننده‌ها (روغنهای صنعتی) استفاده شده در ماشین‌آلات می‌باشد. در فواصل مشخص زمانی این گونه آزمایشات و بازرسی‌های فنی بر روی بخشها و قطعات مختلف ماشین‌آلات انجام می‌گیرد. در صورتیکه پاسخ آزمایشها نشان‌دهنده شاخص‌های نامناسب باشد، و در نتیجه نیاز به تعویض و یا نوسازی را نشان بدهد، عملیات تعویض و یا نوسازی بر روی تجهیزات انجام خواهد شد.

به صورت خلاصه عملیات پیشگیرانه *CBM* بر این اصل متکی است که "تا نیاز به تعویض و یا نوسازی نیست، اقدامی در این خصوص صورت نگیرد".

طبیعی است که این نوع سیاست در نت پیشگیرانه در شرایطی دارای مفهوم و منطق خواهد بود که امکانات و فن‌آوریهای لازم برای انجام انواع آزمایشات تشخیص وضعیت فراهم بوده، و این آزمایشات طبق برنامه مشخص و از پیش تعیین شده بر روی قطعات و زیربخشهای تجهیزات صورت گیرد.^۱

نت متکی بر زمان^۲

در عملیات نت پیشگیرانه متکی بر زمان، بنا به پیشنهادات و توصیه‌های سازندگان تجهیزات و دانش فنی و تجربه کسب شده در داخل کارخانه از طریق کار با تجهیزات، و نیز با در نظر گرفتن شرایط محیطی که تجهیزات در آن قرار گرفته‌اند، برنامه‌هایی برای تعویض و یا نوسازی قطعات و زیربخشهای تجهیزات و یا تعمیرات اساسی کل سیستم تنظیم می‌شود. این برنامه‌ها نشان‌دهنده نوع عملیات پیشگیرانه و فواصل زمانی اجراء

۱- در فصل نهم کتاب حاضر نیز در خصوص انواع طبقات آزمایشات بحث شده است.

عملیات و سایر اطلاعات مرتبط هستند. در فصل نهم کتاب حاضر تعمیرات پیشگیرانه و برنامه‌های اجرایی برای نت پیشگیرانه متکی بر زمان ارائه گردیده است.

توجه داشته باشیم که در نت *TBM*، این اصل حکم‌فرما هست که عملیات باید در زمانهای مشخص بدون در نظر گرفتن شرایط فنی و امکان باقی بودن عمر قابل استفاده، روی تجهیزات صورت گیرند.

قبل از پرداختن به نوع سوم عملیات (بازرسیهای فنی جهت عیب‌یابی)، مناسب است مقایسه‌ای بین دو نوع اول عملیات نت پیشگیرانه داشته باشیم، نت متکی بر شرایط فنی سعی بر آن دارد که در عین حال که ضمن آزمایشات برنامه‌ریزی شده، احتمال خرابیها را پیش‌بینی می‌نماید، از تعویض و یا نوسازی زودهنگام قطعات جلوگیری کند.

این هدف به خودی خود کمک مؤثری در جلوگیری از به هدر رفتن منابع می‌باشد. از سوی دیگر باید به این نکته توجه داشت که اجرا عملیات آزمایشهای فنی نیز خود مستلزم صرف هزینه می‌باشد.

در موارد بسیاری نیز هنوز امکانات و دانش فنی لازم برای اجراء هر گونه آزمایش تشخیص وضعیت فنی، در سطح جهانی و از جمله در کشور ایران وجود ندارد. بنابراین توصیه روشن آنستکه در شرایطی که امکان اجراء *CBM* با صرف هزینه توجیه‌پذیر از نظر اقتصادی فراهم است، این روش پیشگیری بر روش *TBM* (متکی بر زمان) اولویت داده شود. در ادامه بحث در این فصل اصول تصمیم‌گیری برای اجراء سیاستها با در نظر گرفتن این اولویت پایه‌گذاری شده‌اند. به طور خاص، در شرایط امروزی صنعت کشور، داشتن ترکیبی از دو روش *TBM* و *CBM*، با در نظر گرفتن اصول بحث شده، در این بخش، سیاست مناسبی می‌باشد.

بازدیدها با هدف عیب‌یابی^۱

منوع سوم عملیات نت پیشگیرانه با این هدف اجراء می‌شود که ضمن بازرسیها و بازدیدهای برنامه‌ریزی شده، به خرابیهای نهانی که روی تجهیزات و یا قطعات و زیربخشهای تجهیزات اتفاق افتاده‌اند دست‌یابی حاصل شود.

تفاوت اصلی بین عملیات *FFM* با آزمایشات مرتبط با *CBM* آنستکه در *CBM* هدف آزمایشات دستیابی به روند پیشرفت فرسودگی قطعات و زیربخشها می باشد. در صورتیکه عملیات بازدیدهای *FFM* به دنبال یافتن خرابیهائی است که اتفاق افتاده اند، ولی در اغلب موارد این خرابیها نهانی هستند، و اطلاعاتی از آنها در دست نیست. در خصوص خرابیهای نهانی در قسمتهای قبلی این فصل بحث نمودیم.

نوع دیگری از خرابیهای نهانی که در مسیر عملیات نت *FFM* به دنبال دستیابی به آنها هستیم، خرابی هائی است که بر روی سیستمهای اضطراری که دائم در حال کار نیستند، ممکن است پیش بیاید.

برای مثال، هر نوع خرابی در موتورهای درون سوز، نظیر سوختن دینام، از کار افتادن باطری، یا گیر کردن پیستونهای یک موتور دیزل اضطراری مرتبط با تلمبه آتش نشانی، تا لحظه ای که نیاز به راه اندازی سیستم آتش نشانی نیست از دیدها پنهان می مانند. در اینجا بازدیدها و راه اندازیهای آزمایشی برنامه ریزی شده و منظم که روی این گونه تجهیزات انجام می گیرد، نوعی روش نت با هدف عیب یابی (*FFM*) می باشد.

در خصوص نت اضطراری (*EM*) در فصلهای آغازین کتاب حاضر بحث شده است. طبیعی است که علیرغم اقدامات نت پیشگیرانه، امکان و احتمال وقوع خرابیهای اضطراری همواره وجود خواهد داشت^۱.

معایب یافته شده از طریق *FFM* و اجراء تعمیرات اضطراری از مجموعه اقداماتی هستند که بعد از وقوع خرابی اجراء می شوند. (شکل ۲۵-۱۲).

سیاستهای ادامه کار تا خرابی

آیا لازم است بر روی کلیه تجهیزات، قطعات، و زیربخشهای ماشین آلات عملیات نت پیشگیرانه اجراء شود؟ در پاسخ به این سوال باید گفت تصمیم گیری در اجراء یا عدم اجراء نت *PM* بستگی به عواملی نظیر میزان بحرانی بودن قطعه و نیز هزینه های مرتبط با

۱- بدیهی است با کاربرد سیاستهای اثربخشی نت، این امکان و احتمال می تواند تا حد تقریباً قابل اغماض کاهش یابد در کارخانه ای با کاربرد سیاستهای *TPM* تعداد خرابیهای اضطراری در سال از ۲۰۰۰ خرابی به حدود ۲۰ خرابی کاهش یافت [ترجمه *TPM*]

عملیات *PM* و یا تعویض و یا نوسازی قبل از خرابی در مقایسه با هزینه‌های مشابه بعد از خرابی کامل قطعه، همچنین وجود یا نبودن امکانات و فن‌آوری لازم برای اجرای *PM* دارد. برای مثال، امکان اندازه‌گیری عمر باقیمانده یک لامپ روشنایی با استفاده از فن‌آوری‌های رایج و اقتصادی وجود ندارد. حال در صورتیکه این لامپ در محل یا روی تجهیز نصب شده که خرابی آن می‌تواند باعث قطع شدن یک وظیفه مهم و در حال اجراء^۱ بشود، سیاست صحیح آن است که لامپ قبل از اینکه درصد مشخصی از میانگین عمر را گذرانیده تعویض شود (سیاست نت پیشگیرانه (*PM*) روی آن اجراء شود). ولی در صورتیکه این لامپ وظیفه حساس و بحرانی را به عهده نداشته و تعویض آن پس از سوختن به سرعت و سادگی ممکن باشد، طبیعتاً سیاست صحیح و اقتصادی آنستکه لامپ تا آخر عمر به وظیفه خود ادامه دهد. (سیاست ادامه کار تا خرابی).

بسیاری از قطعات و زیربخشهای سیستمهای صنعتی می‌توانند در گروهی قرار گیرند که بحرانی نبوده و نیازی به اجراء عملیات نت پیشگیرانه (نظیر تعویض یا نوسازی قبل از خرابی) روی آنها نیست و مجموعاً به نفع سازمان صنعتی است که سیاست "ادامه کار تا خرابی"^۲ را روی آنها اجراء نماید^۳.

با مراجعه مجدد به شکل ۲۵-۱۰ بر روی قطعات و زیر سیستمهایی که از طریق درخت تصمیم‌گیری نشان داده شده در شکل ۲۵-۱۰ خرابیهای آنها از نوع تعمیرناپذیر طبقه‌بندی می‌شوند، مناسب است، سیاستهای "ادامه کار تا خرابی" (*RTF*) اجراء شود. در هر حال لازم است در فرآیند انتخاب عملیات نت بر روی تجهیزاته، زیربخشها، قطعات مرکب و قطعات ساده در هر موقعیتی که سیاست *RTF* انتخاب می‌شود، امکان بهبود طرح نیز موردنظر باشد.

مطالبی که در این بخش ارائه می‌شوند قابل اجراء بر روی یک سیستم یا زیربخشهای یک سیستم و یا قطعات تشکیل‌دهنده آن هستند، ولی در مباحث این بخش به جای تکرار

۱- مثال ساده، یک پروژکتور منحصر به فرد در یک سالن کنفرانس

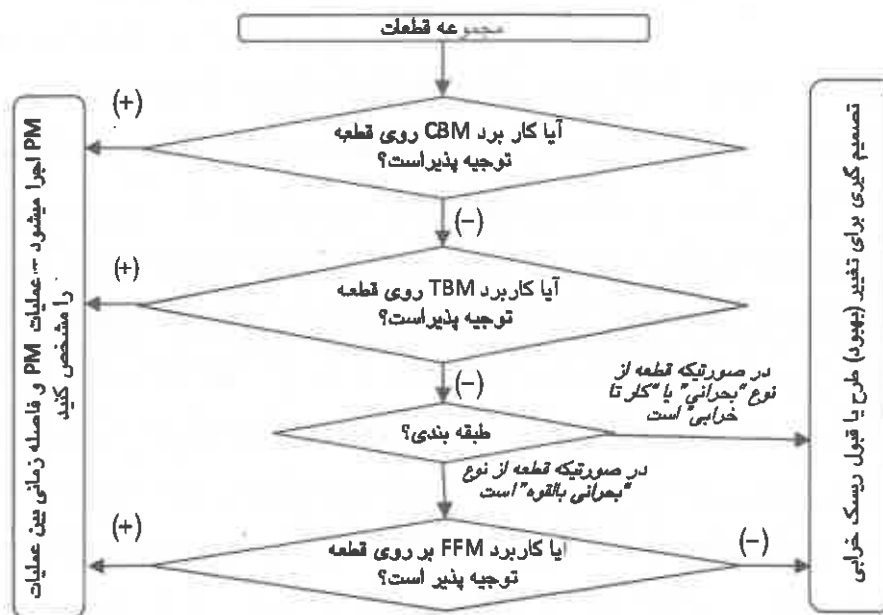
2- Run To Failure (RTF)

۳- در پایان همین فصل روشی برای محاسبه و مقایسه هزینه‌های *PM* با هزینه‌های مورد انتظار در سیاست *RTF* آمده است.

مجموعه این واژه‌ها از واژه "قطعه" استفاده شده است. این اقدامات مرتبط با مرحله ۷ در فرآیند برنامه‌ریزی RCM است.

۲۵-۶ تصمیم‌گیری برای اجراء پیشگیرانه یا تغییر (بهبود) طرح سیستم

به شکل ۲۵-۱۳ مراجعه می‌کنیم.



شکل ۲۵-۱۳

با توجه به مطالعات به عمل آمده روی قطعات و نیز تجزیه و تحلیل علت‌های وقوع و اثرات شکست‌ها، و نیز طبقه‌بندی به عمل آمده روی قطعات، پاسخ‌گوئی به سوالات مطروحه در شکل ۲۵-۱۳ به راحتی امکان‌پذیر است.

اولین سوال این است که آیا استفاده از تکنیک‌های تعمیرات پیشگیرانه متکی بر زمان (CBM) روی قطعه چه از نظر امکانات فنی و چه از نظر دیدگاه‌های اقتصادی توجیه‌پذیر می‌باشد؟ در صورتیکه پاسخ این سوال مثبت است، لازم خواهد شد که نوع آزمایشات و

عملیات و فاصله زمانی بین آنها مشخص شود. مطالب فصل نهم کتاب جزئیات اجرایی برنامه‌های پیشگیرانه را ارائه می‌نماید.

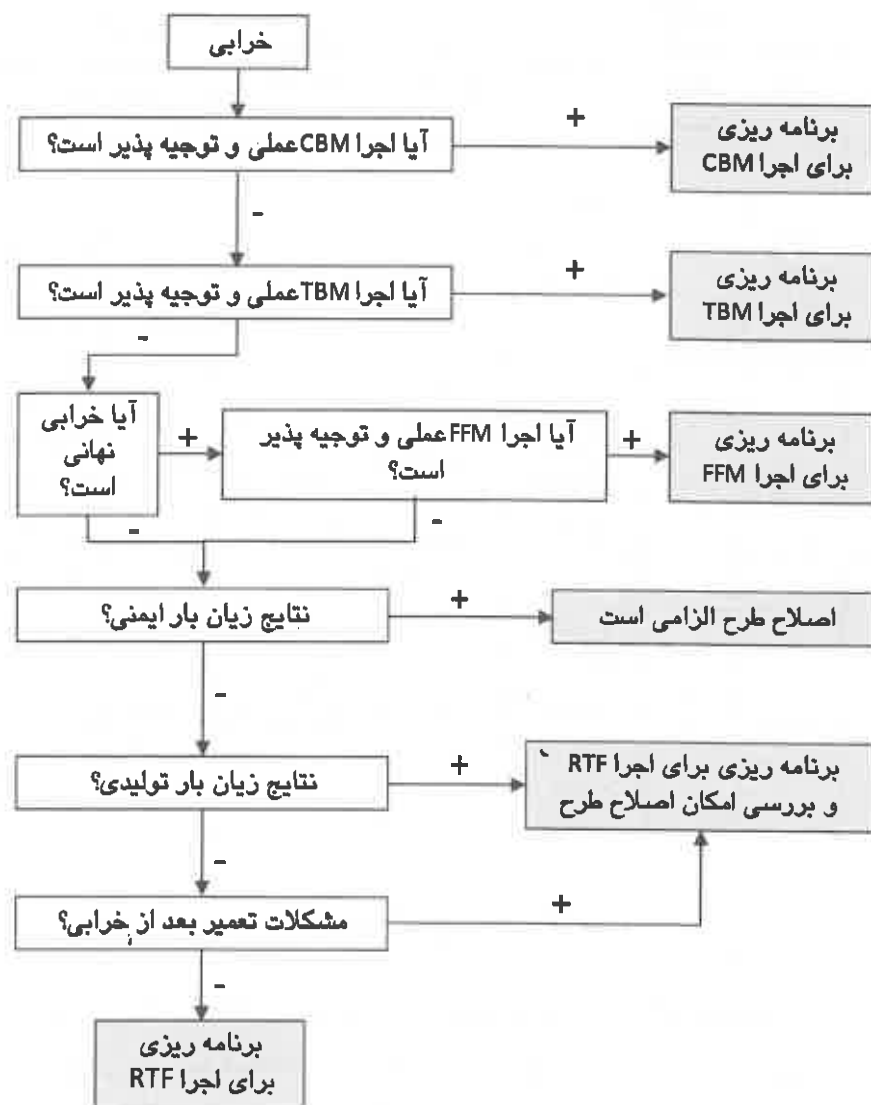
در صورتیکه پاسخ سوال ۱ منفی بود، در سوال ۲ به این نکته پاسخ می‌دهیم که آیا کاربرد عملیات نت پیشگیرانه متکی بر زمان (*TBM*) روی قطعه توجیه‌پذیر است؟ در صورتیکه پاسخ مثبت باشد، به نحوی مشابه آنچه که در مورد پاسخ مثبت سوال ۱ بیان شد عمل می‌شود. در صورتیکه پاسخ به این سوال منفی باشد، به طبقه‌بندی قطعه موردنظر با استفاده از اطلاعات جدول *RCM* مراجعه می‌کنیم.

در صورتیکه قطعه از "طبقه اقتصادی" باشد، حتماً در مقابل یکی از سوالات ۱ یا ۲، پاسخ مثبت گرفته و به سمت عملیات *PM* هدایت شده است. حال، در صورتیکه از سوالات ۱ و ۲، هر دو پاسخ منفی گرفته باشد این قطعه می‌تواند بحرانی، بحرانی بالقوه، یا از نوع "کار تا خرابی" باشد. در صورتیکه قطعه از نوع "بحرانی" یا "کار تا خرابی" باشد، با توجه به اینکه می‌دانیم عملیات *PM* روی آن توجیه‌پذیر نیست، باید به دنبال بهبود (تغییر طرح) در جهت پذیرش عملیات *PM* روی آن باشیم. این اقدامات در مجموعه فعالیت‌های بخش مهندسی نت قرار می‌گیرد. در صورتیکه تغییر طرح امکان‌پذیر نباشد، بناچار باید مخاطرات خرابی را پذیرفت. در صورتیکه قطعه از نوع "بحرانی بالقوه" باشد، با توجه به آنکه خرابی حاصل از آن در لحظه وقوع مشخص نمی‌شود، لازم است امکان اجراء عملیات عیب‌یابی (بازدیدها با هدف عیب‌یابی و بعد تعمیر، در صورت توجیه‌پذیر بودن تعمیر) روی قطعه بررسی شود. در صورتیکه پاسخ به این سوال که آیا کاربر (*FFM*) بر روی قطعه توجیه‌پذیر است مثبت بود، برنامه‌ریزی تعمیرات *PM* (پیشگیرانه)، شامل *FFM* روی قطعه اجراء می‌شود. در صورتیکه پاسخ منفی بود، سیاست‌های اجرایی روی قطعه به سمت تغییر (بهبود) طرح و یا پذیرش ریسک خرابی هدایت می‌شود.

نوع دیگر درخت تصمیم‌گیری

علاوه بر روشی که در شکل ۲۵-۱۳ نشان داده شده درخت منطقی تصمیم‌گیری که در شکل ۲۵-۱۴ نشان داده شده است نیز می‌تواند برای تصمیم‌گیری در مورد سیاست‌های قابل اعمال (در اینجا براساس خرابیها یا شکست وظائف) تعیین شود.

اصطلاحات به کار رفته در شکل ۱۴-۲۵ با آنچه که در این فصل معرفی شدند مطابقت دارد. خروجیها (سیاستهای قابل اعمال) در مستطیل‌های هاشور زده شده نشان داده شده‌اند.



شکل ۱۴-۲۵

در شکل ۱۵-۲۵ مربوط به الکتروموتور محرک، ستون نهائی جدول RCM (ستون ۸) اضافه شده است.

نام سیستم: الکتروموتور محرک با امکانات تغییر سرعت								
کد سیستم: ...								
ردیف	وظایف	خرابی‌ها (شکست‌های وظایف)	علت‌ها (دلایل) شکست‌ها	اثرات شکست‌ها	نتایج شکست	شکست از نوع آشکار است؟	گروه تجهیز	عملیات نت
۱	با دریافت سیگنال <i>a</i> با دور تند حرکت کند.	تغییر سرعت به دور تند نمی‌دهد <i>A</i>	۱ سیستم تغییر سرعت در دور کند کار نمی‌کند	کیفیت محصول غیر قابل قبول می‌شود	بخش کنترل کیفیت، تولید را متوقف می‌کند	بلی	بحرانی (بالفل)	پیشگیرانه <i>CBM</i>
۲	با دریافت سیگنال <i>b</i> با دور کند حرکت کند	تغییر سرعت به دور کم نمی‌دهد <i>B</i>	۱ سیستم تغییر سرعت در دور تند کار نمی‌کند	کیفیت محصول قابل قبول می‌شود، اما ۱٪ ضایعات انرژی داریم	تولید با ۱٪ ضایعات انرژی ادامه می‌یابد.	خیر	تعمیرپذیر	پیشگیرانه <i>TBM</i>
۳	در صورت داغ شدن زیاد متوقف شود	متوقف نمی‌شود <i>C</i>	۱ سیگنال داغ شدن به موتور نمی‌رسد	موتور می‌سوزد	حداقل دو ساعت توقف تولید و ۲۰۰۰۰۰۰۰ ریال هزینه تعمیر	خیر	تعمیرپذیر	تصمیم‌گیری برای بهبود طرح

شکل ۲۵-۱۵ (جدول اطلاعات RCM)

مطابق آنچه که در جدول در ستون ۸ مشاهده می‌شود، برای علت‌های *A-1* و *B-1* برنامه‌ریزی‌های نت پیشگیرانه مناسب تشخیص داده شده، و برای علت *C-1*، بهبود طرح سیستم سیگنال داغ از طریق برنامه *RCM* توصیه شده. ایجاد تغییر و بهبود طرح به طور معمول توسط بخش مهندسی نت اجراء می‌شود. این بهبود مثلاً ممکن است شامل نصب یک سیستم سیگنال نشان دهنده داغ شدن موتور به صورت پشتیبان (یدک) در کنار سیستم موجود باشد.

۷-۲۵ اجراء عملیات نت براساس برنامه‌های RCM

اقدامات اجرائی برنامه‌های RCM شامل عملیات نت پیشگیرانه، نت اصلاحی یا بهبود در طرح تجهیزات، و در بعضی از مراحل، شامل سیاستهای نت "کار تا خرابی" یا RTF می‌باشد. روشهای اجرائی مرتبط با این عملیات، در فصول اول تا نهم کتاب حاضر (به طور کامل در فصل نهم تحت عنوان نت پیشگیرانه) آمده‌اند.

۸-۲۵ هزینه‌های احتمالی (مورد انتظار) خرابی‌ها در مقابل هزینه‌های

اقدامات پیشگیرانه (PM)

همان‌گونه که در بخشهای قبلی گفته شد، در شرایطی که هزینه‌های مورد انتظار خرابیها کمتر از هزینه‌های اقدامات پیشگیرانه برای جلوگیری از وقوع خرابی باشد، سیاست مقرون به صرفه آنستکه به جای اجراء تعمیرات پیشگیرانه، از سیاست RTF یا ادامه کار تا خرابی پیروی شود. (لازم به یادآوری است که در شرایطی که نتیجه حاصل از یک خرابی، ایجاد خسارات جانی و یا حتی خسارات زیست محیطی در حدود غیرمجاز باشد، و یا به صورت زنجیره‌ای باعث خرابیهای دیگری روی سایر تجهیزات بشود. هزینه خرابی "بسیار زیاد" منظور شده، و در نتیجه سیاست RTF توصیه نخواهد شد).

به منظور مقایسه هزینه‌های احتمالی خرابی با هزینه‌های تعمیرات پیشگیرانه از فرمولهای زیر استفاده می‌کنیم.

$$EFC = FC \times FP \quad (۱-۲۵)$$

در فرمول (۱-۲۵) داریم:

EFC = *Expected Failure Cost* (هزینه مورد انتظار خرابی)

FC = *Failure Cost* (هزینه هر بار خرابی)

FP = *Failure Probability* (= احتمال خرابی)

هزینه خرابی (FC) می‌تواند شامل هزینه‌های تعمیر قطعات و نیروی انسانی، فرصت از دست رفته تولید و هزینه‌های غیرمستقیم رکود تولید، نظیر از دست رفتن اعتبار در مقابل مشتریان و جریمه‌های دیرکرد در تحویل سفارشات باشد. احتمال وقوع خرابی (FP) به

صورت عدد اعشاری ($0 < FP < 1$) آمده و مرتبط با یک دوره زمانی مشخص (مثلاً یک سال)، و سطح اطمینان تعریف شده، (مثلاً ۹۸ درصد) می‌باشد.

هزینه‌های تعمیرات پیشگیرانه به منظور جلوگیری از خرابی مورد مطالعه نیز شامل مجموع هزینه‌های مستقیم عملیات (قطعات و نیروی انسانی) بوده، و طبیعتاً در صورتیکه برای اجراء آنها نیاز به توقف تولید باشد، شامل سایر هزینه‌هایی که در مورد FC گفته شد نیز خواهد بود.

مجموع هزینه‌های تعمیرات پیشگیرانه را با PMC نشان می‌دهیم.

$PMC = \text{Preventive Maintenance Cost}$ = هزینه‌های تعمیرات پیشگیرانه

(PMC مربوط به آن دوره زمانی است که احتمال وقوع خرابی در آن دوره زمانی تعریف شده)

حال در صورتیکه $EFC < PMC$ باشد، (نسبت EFC / PMC که آن را نسبت مخاطره می‌نامیم کوچکتر از عدد ۱/۰۰ باشد)، سیاست RTF مقرون به صرفه است. مثال زیر کاربرد روش فوق را روشن می‌کند.

مثال

برای یک دستگاه دیگ بخار، خرابی تلمبه روی مسیر آب ورودی باعث توقف ماشین شده، و در صورتیکه این توقف بیش از ۷۵ دقیقه باشد، باعث رکود تولید تا زمان راه‌اندازی مجدد دیگ بخار می‌شود. احتمال این خرابی، در یک دوره زمانی یک ساله (۵۲ هفته)، ۳۵ درصد تخمین زده می‌شود. با رکود تولید، به ازاء هر ساعت، ۱۰ میلیون ریال زیان مستقیم بر سیستم تولید وارد شده، و هزینه‌های غیرمستقیم رکود تولید نیز به ازاء هر بار خرابی ۱۲ میلیون ریال برآورد می‌شود. تعمیر و راه‌اندازی بعد از هر خرابی ۳ ساعت زمان لازم داشته، و هزینه‌های مستقیم تعمیرات (شامل نیروی انسانی و قطعات، ...) ۲/۵ میلیون ریال است.

اقدامات پیشگیرانه برای جلوگیری از این خرابی، شامل بازدید و سرویس تلمبه لازم است هر هفته یک بار انجام شود. زمان صرف شده نیم ساعت با دو نفر کارگر، با

هزینه دستمزد ۸۵ هزار ریال در ساعت است و سایر هزینه‌های مستقیم به ازاء هر بار PM ، ۱۰۰ هزار ریال است. آیا اجراء PM روی تلمبه دیگ بخار مقرون به صلاح است یا باید از سیاست RTF پیروی نمود؟

حل

دقیقه $105 = 75 - 3 \times 60$ = زمان رکود تولید در هر خرابی

$$FC = (10 \times \frac{105}{60}) + (12) + (2/5) = 32 \text{ میلیون ریال}$$

$$EFC = 32 \times 0.35 = 11/2 \text{ میلیون ریال}$$

$$PMC = 52 \times (\frac{1}{4} \times 2 \times 15000 + 100000) = 9,620,000 \text{ ریال} = 9/62 \text{ میلیون ریال}$$

که در نتیجه اجراء عملیات PM روی تلمبه دیگ بخار مقرون به صرفه است. توجه داشته باشیم که چون زمان اجراء PM کمتر از ۷۵ دقیقه است، اجراء PM باعث رکود تولید نشده و هزینه‌های PM فقط شامل هزینه مستقیم خواهد بود.

سیستم مدیریت رایانه‌ای نت (CMMS)

۲۶-۱ مقدمه - معرفی

در فصلهای پیشین کتاب حاضر اصول سازماندهی، اهداف، و روشهای اجرایی نت مورد بحث قرار گرفتند. فعالیتهای نت در این مباحث به سه بخش اصلی مهندسی، امور اجرایی، و انبار قطعات یدکی و لوازم مصرفی تقسیم شدند. در بخش اجرایی، فعالیتهای برنامه‌ریزی دستورهای کار و نیز امور نت پیشگیرانه مطرح شدند و روشهای پیاده‌سازی و اجراء آنها ارائه گردیدند.

مسئله مهم در شرایط حاضر در صنایع پیشرفته جهانی به طور جامع، و در صنعت ایران تا حدود زیاد، نداشتن یک سیستم رایانه‌ای کارآ برای برنامه‌ریزی و کنترل مجموعه‌ای از فعالیتهای اصلی و بنیادی نگهداری و تعمیرات می‌باشد که اهم آنها در بخشهای پیشین کتاب مطرح شدند. این الزام برخاسته از گسترش حجم، تنوع، و پیچیدگی مکانیزم ماشین آلات، افزایش مقادیر و سرعتهای تولید، نیاز به پاسخگوئی به مشتری از دیدگاههای کیفیت محصول، تاریخ تحویل، و قیمت و توانمندی در حفظ و توسعه صنعت در اقتصاد رقابتی حاکم در سطح کشور و در سطح جهانی می‌باشد.

سیستمهای مدیریت رایانه‌ای نت (CMMS)^۱ در پاسخگوئی به این نیازها هم اکنون در تنوع و امکانات زیاد، متناسب برای انواع کارخانجات و سیستمهای تولیدی وارد بازار شده‌اند.

تعاریف

در ادبیات سیستمهای رایانه‌ای و نت تعاریف متعدد ولی در بسیاری از جنبه‌ها مشابه از CMMS ارائه می‌شود. یک تعریف جامع از CMMS عبارت است از:

"استفاده از فن‌آوریهای رایانه‌ای برای مدیریت دقیق و کارآ بر دارائیهای فیزیکی در چارچوب برنامه‌ریزی امور اطلاعاتی، اداری، و اجرایی نت، و خرید و کنترل موجودیهای انبار، قطعات یدکی و لوازم مصرفی نت"

وجود امکانات ذخیره و پردازش اطلاعات مرتبط با امور نگهداری و تعمیرات تجهیزات و بازتاب این اطلاعات به منظور توسعه و بهبود برنامه‌ها، دستورالعمل‌ها و الگوریتم‌های نت از جمله خصوصیات مهمی است که لازمست در نرم‌افزارهای CMMS گنجانیده شده باشد. همچنین توانمندی نرم‌افزار در ارائه گزارشهای مدیریتی، کنترلی، و اجرایی نیز از ویژگیهای مورد انتظار کاربران از یک سیستم CMMS می‌باشد^۱.

خدمات قابل دریافت

در جدول شکل ۲۶-۱ اهم خدمات قابل دریافت از سیستمهای CMMS نشان داده شده‌اند.

لازم به ذکر است که دریافت چنین خدماتی از سیستمهای رایانه‌ای جامعی که بر مجموعه عملیات یک سازمان حاکم می‌شوند، نظیر ERP نیز می‌تواند متصور باشد. در حقیقت سیستمهای CMMS در بعضی از بسته‌های نرم‌افزاری ERP به عنوان بخشی از ERP حضور دارند.

در هر حال نکته مهم اینستکه کاربران ERP تنها به گرفتن گزارشهای ERP، در صورتیکه CMMS در آن گنجانیده نشده است اکتفا نکنند.

۱- از اصطلاحاتی نظیر FAMS (Facilities Asset Management Systems) یا (Computerized Maintenance Information System) نیز به صورت مترادف با CMMS استفاده می‌شود. در عین حال سیستمهای EAM (Enterprise Asset Management) (دهه ۱۹۹۰)، گواينکه در واقع از CMMS وسیع‌تر هستند، ولی در بسیاری از موارد اصطلاح EAM نیز با CMMS مترادف شده.

جدول شکل ۲۶-۱

موضوع	شرح
برنامه‌ریزی و کنترل دستور کارها (MR)	رجوع به فصل ۸ کتاب
تأمین و نگهداری قطعات یدکی و لوازم مصرفی، ابزار، و تجهیزات	تعیین مقادیر... <i>Max, Min, EOQ</i> - صدور و کنترل سفارش؛ کنترل موجودی و محل نگهداری، کیفیت، ... (رجوع به فصل‌های ۱۴ و ۱۵ کتاب)
تعیین برنامه‌ها، بهبود، و کنترل نت پیشگیرانه (<i>PM, CBM, TBM, FFM</i>) و نت اضطراری (<i>EM</i>)	رجوع به فصل‌های ۹ و ۲۴ کتاب
برنامه‌ریزی و کنترل منابع انسانی	مهارت‌ها، نیازها، برنامه‌های نوبت کاری، آماده به کاری، ...
پیمانکاران	رجوع به فصل ۱۱ کتاب
ذخیره‌سازی اطلاعات (<i>Data</i>) فنی، مالی، منابع انسانی، ...	فنی - لیست‌ها و کدهای (شماره‌های فنی) قطعات یدکی و تجهیزات، نقشه‌ها، شناسنامه‌ها، اطلاعات فروشندگان، سوابق عملکردی و تعمیراتی تجهیزات، زمانهای استاندارد اجرا، روشهای عیب‌یابی، کدهای خرابی‌ها ... (رجوع به فصل‌های ۴، ۱۲، و ۱۴ کتاب) مالی - هزینه‌های استاندارد اجرا، دستمزدها، بالاسری، قیمت‌های قطعات یدکی و لوازم و ابزارها، ... (رجوع به ضمیمه ۳ در فصل ۸ کتاب) منابع انسانی - مهارت‌های طبقه‌بندی شده، بازارکار، غیبت‌ها، استعفا، اخراج، ... (رجوع به فصل هفتم کتاب)
بازتاب اطلاعات	بازتاب اطلاعات به مدول‌های موجود در درون سیستم به منظور بهبود روشها، آلوگوریتم‌ها، مقادیر، ...
پردازش و تحلیل اطلاعات	پردازش و تحلیل اطلاعات جهت محاسبه شاخصهای عملکرد و کارایی نیروی انسانی، مالی و بودجه، درصد خرابیها و از کارافتادگیها، نسبت‌های تعمیرات پیشگیرانه به اضطراری، ... با هدف توسعه کارآیی، ساده‌سازی، و نهایتاً بهینه‌سازی کل سیستم نت در جهت تأمین منافع سازمان. (رجوع به فصل ۱۳ کتاب)
گزارشهای مدیریتی، کنترلی، و عملکردی	ارابه گزارشهای پردازش و تحلیل شده در فرمات، دقت، و سطح جزئیات، و تواترهای زمانی مناسب (رجوع به فصل ۱۳ کتاب)
سایر موضوعها بنا به نیازهای ویژه	...

برای مثال، سیستم‌های *ERP* (حتی بدون وجود *CMMS* در درون و یا مرتبط شده به آنها) می‌توانند به نوعی بر امور انبار قطعات یدکی و لوازم مصرفی حاکم باشند، ولی در اصل سیستم‌های کنترل موجودی و کنترل انبار در *ERP* بیشتر با دیدگاه‌های مرتبط با انبارهای تولیدی طراحی شده‌اند. ساختارها و ترکیب قطعات و مواد در انبارهای تولید با آنچه که در انبارهای نت (انبار فنی) وجود دارد اختلافاتی دارند^۱.

- در انبارهای تولید معمولاً تنوع مواد کم، و حجم آنها زیاد است. در انبارهای نت با تعداد بسیاری زیادتری از انواع قطعات و مواد ولی با مقادیر کم از هر جنس مواجه هستیم.
- مدیریت بر موجودیهای انبار تولید، با برنامه‌های تولیدی مرتبط و وابسته است، ولی در انبارهای نت، موجودی مواد و قطعات با برنامه‌های تنظیم شده در بخش نت مرتبط می‌باشد.
- مشتری موجودیهای انبار نت به طور معمول کارکنان بخش نت هستند، ولی در انبارهای تولید مشتریان از بخشهای عملیاتی تولید می‌باشند.
- در تأمین موجودیهای انبار نت با فروشندگان و تأمین کنندگان متعددی سروکار داریم. در مورد انبارهای تولید به دلیل محدود بودن انواع مواد، تعداد تأمین کنندگان محدودتر می‌باشند.

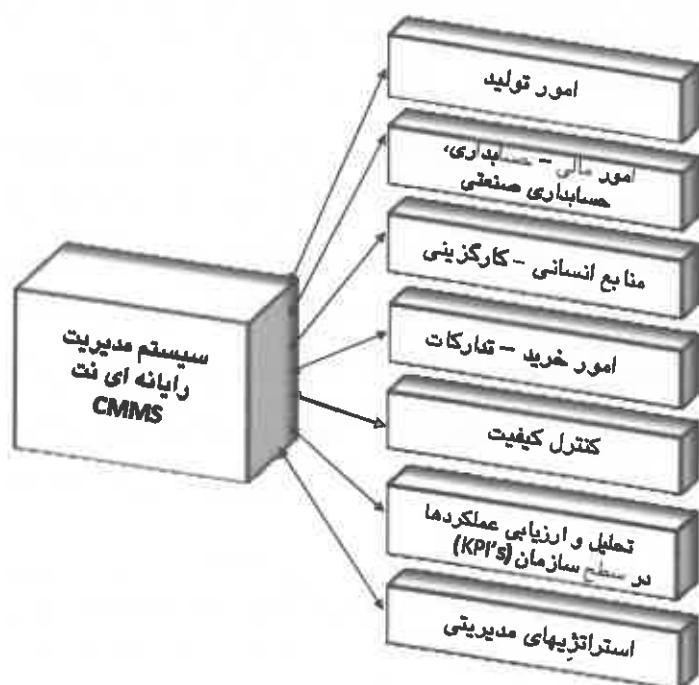
در شکل ۲۶-۲ ارتباط‌های سیستم *CMMS* با سایر بخشهای سازمان نشان داده شده است. جالب توجه است که اولین سیستم‌های *CMMS* در سالهای دهه ۱۹۸۰ وارد بازار شدند، در صورتیکه سیستم‌های *ERP* مربوط به دهه اخیر می‌باشند^۲.

اهداف

در لیست صفحه بعد خلاصه‌ای از اهداف مرتبط با کاربرد *CMMS* ارائه می‌شود:

۱- در این خصوص خوانندگان محترم به مطالب فصل ۱۴ کتاب حاضر مراجعه فرمائید.
۲- بنا به گزارشات موجود، تا پایان سال ۲۰۰۸ میلادی، نزدیک به ۲۰۰۰ میلیارد دلار توسط صنایع برای خرید و نصب سیستم‌های *CMMS* در سطح جهانی هزینه شده است.

- ایجاد و نگهداری یک پایگاه اطلاعاتی به منظور استفاده در تجزیه و تحلیل شرایط و عملکرد نت
- کنترل هزینه‌های نت
- بهبود و توسعه امور برنامه‌ریزی نت پیشگیرانه و زمان‌بندی فعالیت‌های اجرایی نت
- نگهداری سوابق عملکرد و عملیات نت اجراء شده بر روی تجهیزات
- قابلیت دسترسی بهتر به قطعات یدکی و بهینه‌سازی امور برنامه‌ریزی و کنترل موجودی قطعات، ابزار و مواد
- ایجاد زمینه مناسب برای بالا بردن سطح قابلیت اطمینان تجهیزات
- کنترل امور پیمانکاران نت
- افزایش سطح کارآیی منابع انسانی
- کنترل فرآیند دستور کارهای نت
- بررسی و تحلیل خرابیها



شکل ۲-۲۶

نصب و اجراء سیستم CMMS

با توجه به روند افزایشی تقاضای صنایع، در حال حاضر تعداد بسیار زیادی از انواع بسته‌های نرم‌افزاری CMMS توسط شرکتهای مهندسی نرم‌افزار با تخصص نت در سطح جهانی تهیه شده و آماده برای ارائه به صنایع می‌باشد. در انتخاب نرم‌افزار مناسب توجه به عوامل زیادی نظیر سطح توانمندی و تناسب بسته نرم‌افزاری برای ارائه خدمات موردنظر، قیمت، کیفیت و چگونگی دسترسی به خدمات پشتیبانی قابل دریافت از فروشنده، کیفیت برنامه‌های آموزشی فروشنده، کیفیت اطلاعات مربوط به نحوه استفاده و نگهداری سیستم و نیز نظریات کاربران صنعتی و مدیران نت که از بسته نرم‌افزاری مورد ارزیابی استفاده نموده‌اند ضروری می‌باشد. دامنه نوسان قیمت‌ها بنا به کیفیت و شرایط هر یک از عوامل ذکر شده می‌تواند بسیار زیاد باشد^۱. در انتخاب، نصب و راه‌اندازی سیستم CMMS تشکیل یک تیم از افراد با تخصص‌های مناسب امری ضروری است.

در مرحله انتخاب، تهیه لیستی از خدمات موردنیاز و ویژگیهای خاص صنعت و کارخانه لازم می‌باشد. این لیست می‌تواند برای مجموعه‌ای از فروشندگان که دارای شرایط مناسب می‌باشند ارسال شده و اطلاعات لازم از آنها خواسته شود. با دریافت و ارزیابی اطلاعات، امکان محدود نمودن تعداد فروشندگان به حدود ۴ تا ۵ فروشنده فراهم می‌شود. مناسب است این تعداد فروشندگان به محل شرکت دعوت شوند تا در جلسه‌ای با حضور اعضاء تیم، توانمندیهای نرم‌افزار را به معرض نمایش بگذارند و نهایتاً فروشنده و نرم‌افزار مناسب از بین آنها انتخاب شود^۲.

شایان توجه است که برای کارخانجات و صنایع بزرگ این امکان وجود دارد که طراحی کامل نرم‌افزار را به صورت خاص برای صنعت خود سفارش بدهند. در هنگام نوشتن قرارداد در نظر داشتن کلیه وجوه خدمات موردانتظار از نرم‌افزار و سرویسهای آموزشی، نصب، راه‌اندازی و پشتیبانی امری ضروری است.

۱- در یک بررسی که توسط نویسنده انجام شد، هم‌اکنون بیش از ۳۰۰ شرکت مهندسی نت و نرم‌افزار محصولات دارای کیفیت مناسب را در سطح جهان ارائه می‌نمایند. قیمت‌ها از حدود چند ده هزار دلار تا چند صد هزار دلار نوسان دارند.

۲- در کشورهای در حال توسعه صنعتی و از جمله ایران، ممکنست بسیاری از ملاقاتهای حضوری و نمایش توانمندیها توسط نمایندگان شرکتهای اصلی که در ایران حضور دارند انجام شود.

بعد از تأمین شدن نرم‌افزار اقدامات نصب و راه‌اندازی شامل مراحل زیر است:

- تأمین امکانات برای انتقال داده‌ها و اطلاعات موجود به سیستم CMMS
- نصب آزمایشی یک بخش به صورت نمونه (Pilot)
- آموزش کاربران
- نصب کامل
- آزمایش و راه‌اندازی

هزینه‌های اجراء خدمات ذکر شده در مواردی حتی تا حدود ۴ تا ۵ برابر قیمت خرید نرم‌افزار خواهد بود^۱.

زمان لازم برای اجراء پروژه، را در کارخانجات متوسط و بزرگ معمولاً باید بین ۸ ماه تا یک سال در نظر گرفت.

لازم به ذکر است که در اجراء پروژه‌های، تأمین، نصب، و راه‌اندازی سیستم CMMS، همانند بسیاری پروژه‌های مشابه، دو عامل مهمی که در موفقیت پروژه نقش اساسی دارند عبارتند از:

- ایمان و اعتقاد مدیریت طراز اول به اجراء پروژه
- وجود یک تیم متخصص مدیریت و کنترل پروژه در درون سازمان
- وجود کارشناسان و برنامه‌ریزان متخصص نت، به عنوان نماینده کارفرما (مدیریت فنی)، در اجراء پروژه

۱- به طور معمول با بالا رفتن قیمت نرم‌افزار، نسبت این نوع هزینه‌ها به هزینه خرید نرم‌افزار افزایش می‌یابد. در مواردی این نسبت به ۶ تا ۷ برابر نیز خواهد رسید. در ایران، در صورتیکه قرار باشد کارشناسان از خارج از کشور دعوت شوند می‌تواند نسبت هزینه این خدمات به قیمت اولیه خرید نرم‌افزار از این مقادیر نیز بیشتر بشود.

ارزیابی عملکرد نگهداری و تعمیرات

۲۷-۱ مقدمه

به منظور داشتن ابزارهای مناسب برای ارزیابی عملکرد سازمان نت تعریف یک مجموعه از شاخصهای کمی که لازمست به طور منظم اندازه‌گیری و ثبت و ضبط شده و در اختیار مدیریت و کاربران در سطوح مختلف سازمان نت قرار گیرند امری الزامی است^۱. این شاخصها باید به نحوی تعریف شوند که مقادیر و اعداد لازم برای محاسبه آنها به سادگی و با دقت مناسب از بخشهای مختلف سازمان قابل برداشت باشند.

با ارزیابی و تحلیل این شاخصها، این امکان برای سازمانهای نت فراهم می‌شود که:

۱- با مقایسه مقادیر کمی شاخصها در ادوار مختلف (مثلاً هر ساله یا ماهیانه) تصویر روشنی از روند تغییرات این شاخصها در دست داشته باشند.

۲- با مقایسه مقادیر کمی شاخصها در یک دوره زمانی مشخص و مقایسه آن با مقادیر همین شاخصها در سازمانهای صنعتی مشابه، و در سطح جهانی، ارزیابی قابل اطمینانی از موقعیت سازمان خود در مجموعه سازمانهای مشابه در اختیار داشته باشند.

طبیعی است که با داشتن این ارزیابیها، لازم می‌شود هر سازمان در جستجو برای آگاهی از علل موفقیت‌ها و یا عقب‌ماندگیها (در دوره‌های زمانی، و در مقایسه با سایر

۱- یک جمله "شعارگونه" که می‌تواند مورد تأیید جامعه مدیران صنعتی باشد این است که "در سازمانی که اندازه‌گیری و ارزیابی عملکرد وجود نداشته باشد، مدیریتی وجود ندارد"

سازمانها) اقدام نمایند. در عین حال مدیریت‌ها می‌توانند مقادیر کمی مورد هدف در فاصله زمانی مشخص در آینده را در برنامه‌های توسعه و بهبود منظور نموده و سازمان را به کمک مجموعه کارکنان در مسیر دستیابی به این اهداف هدایت نمایند.

شاخص‌های قابل تعریف برای پاسخ‌گویی به نیازهای ارزیابی عملکرد سازمانهای نت می‌توانند متعدد، و در عین حال، بنا به شرایط خاص هر سازمان تا حدودی با یکدیگر متفاوت باشند. آنچه که در این فصل در این خصوص ارائه می‌شود، مجموعه‌ای از شاخصها هستند که در اغلب سازمانهای نت قابلیت کاربرد دارند^۱.

۲۷-۲ اثر بخشی کلی تجهیزات

از شاخصهای باارزش و جامع در ارزیابی عملکرد بخش نت، شاخص "اثر بخشی کلی تجهیزات" (OEE^2) است. قبل از ارائه روش محاسبات OEE ، به تعریف واژه‌های مرتبط می‌پردازیم.

شش ضایعه بزرگ^۳ بسیاری از نویسندگان و کاربران شاخصهای عملکرد بخش نت، بخصوص افراد مرتبط با نت بهره‌ور فراگیر (TPM)، دلائل عدم توانائی ماشینهای تولیدی را برای تولید محصول سالم و در کیفیت و کمیت موردنظر به شش دسته تقسیم کرده‌اند:

۱- *خرابیهای اضطراری- طبیعی است که علیرغم اجراء برنامه‌های نت پیشگیرانه، در مواردی ماشین‌آلات در ضمن عمل تولید دچار خرابیهای پیش‌بینی نشده و از کار افتادگی می‌شوند. این پدیده باعث کاهش مقدار تولید و در مواردی باعث افت کیفیت محصول می‌شود.*

۲- *آماده‌سازی و تنظیم- در مواقعی که تولید یک محصول خاص تکمیل شده و ماشینها برای تولید محصول دیگری آماده می‌شوند، به این علت که ماشینها*

۱- در ارائه این شاخصها از نظریات یکی از متخصصین امور نت، Dr. Ben Stevens، مدیر شرکت مشاوره امور نت (OMDEC) در کانادا نیز استفاده شده است.

۲- Overall Equipment Effectiveness (OEE) یا

۳- برای مطالعات بیشتر به کتاب "نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر" (TPM)، ترجمه دکتر علی حاج شیرمحمدی مراجعه فرمائید. فصل ۲۴ کتاب حاضر نیز به این موارد اشاره دارد.

متوقف شده و تولید ندارند، زمان صرف شده جهت این آماده‌سازی نوعی ضایعه زمانی منظور می‌شود.

۳- توقف‌های کوتاه - توقف‌های کوتاه در ضمن تولید، با خرابیهای اضطراری متفاوت هستند. به دلائل گوناگون در ضمن عمل تولید، در اثر مشکلات موقتی، ممکن است ماشین کارکرد بدون تولید داشته باشد (برای مثال گیر کردن مواد در مسیر انتقال به ماشین یا قطعی محافظ موتور الکتریکی و نیاز به راه‌اندازی مجدد، ...).

۴- کاهش سرعت - ضایعات کاهش سرعت مربوط به تفاوت بین "سرعت اسمی" که ماشین برای این سرعت طراحی شده و "سرعت واقعی" و عملی ماشین می‌باشد. در بسیاری از موارد دیده می‌شود که ماشین آلات و تجهیزات تولیدی در سرعتی پایین‌تر از آنچه که در مشخصات فنی آنها آمده است کار می‌کنند، ولی این ضایعه کاهش سرعت با مرور زمان، به صورت یک امر طبیعی جلوه نموده و مورد بی‌توجهی بهره‌برداران قرار می‌گیرد.

۵- اشکالات در فرآیند - وجود اشکالاتی در فرآیند، نظیر تنظیم نبودن حرارت، فشار، کیفیت مواد ورودی به ماشین و نظایر آنها باعث خرابی کیفیت محصول شده و نهایتاً نوعی عدم توانمندی تجهیز در تولید محصول سالم تلقی می‌شود.

۶- محصول ناسالم - در صورتیکه ماشینی مثلاً در مدت یک ساعت ۱۰۰ واحد محصول تولید نموده باشد ولی ۵ واحد از این محصول خراب باشد، عملاً معادل این وضعیت است که ماشین ۹۵ درصد از زمان را کار مفید تولید داشته، و ۵ درصد از زمان تولید را از دست داده است.

زمان اشغال

زمان اشغال، عبارت از مدت زمانی است که برای یک سیستم تولیدی (یک ماشین، یک تجهیز)، در نظر گرفته شده است تا به تولید یک محصول خاص مشغول باشد. برای مثال، ممکن است در یک نوبت ۸ ساعته، برای یک ماشین نیم ساعت زمان اجراء عملیات پیشگیرانه و سرویس منظور شده و ۷/۵ ساعت برای اجراء تولید در نظر گرفته شده باشد. زمان اشغال ماشین در این صورت ۷/۵ ساعت است که برای اجراء تولید برنامه‌ریزی شده است.

زمان تولیدی (بهره‌برداری)

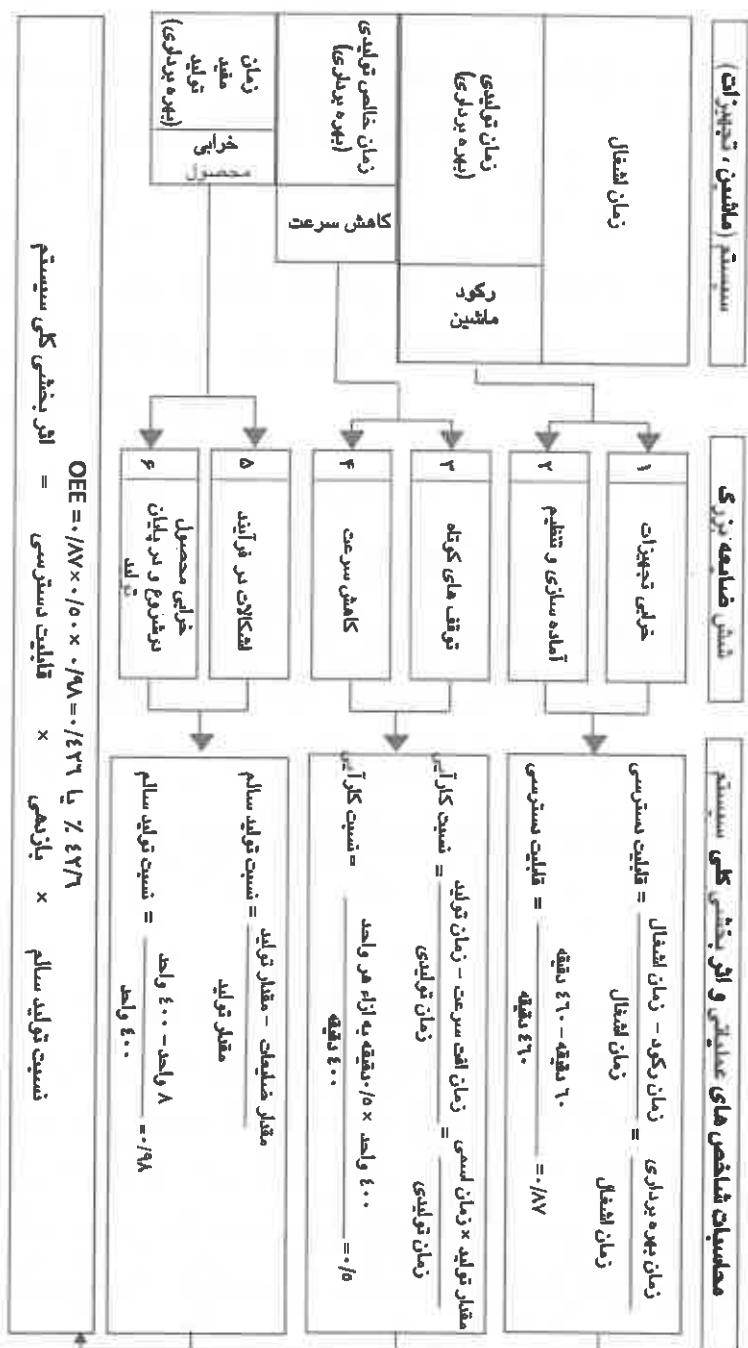
به دلیل وجود ضایعات ۱ و ۲، از شش ضایعه تعریف شده در لیست بالا، ماشینها همواره نمی‌توانند در کل زمان اشغال، در حال کار بوده و تولید داشته باشند. برای مثال، در صورتیکه برای یک ماشین زمان اشغال ۷/۵ ساعت برنامه‌ریزی شده باشد، ولی ماشین در ضمن کار، به مدت یک ساعت دچار از کار افتادگی اضطراری شده و نیم ساعت نیز صرف آماده‌سازی و تنظیم آن شده باشد، آن‌گاه زمان تولیدی ماشین برابر با $۶ = (۷/۵ - ۱)$ ساعت خواهد بود.

زمان خالص تولیدی

فرض کنیم برای یک ماشین، زمان تولیدی (بهره‌برداری) برابر با ۶ ساعت بوده است. نکته در خور دقت آنستکه آیا در مدت ۶ ساعتی که ماشین عملاً در حال تولید بوده است با سرعت معمولی و اسمی کار کرده است یا سرعتی متفاوت (کمتر) از سرعت اسمی داشته است؟ در عین حال، آیا در این مدت ۶ ساعت، ماشین با توقفات کوتاه مدت مواجه شده است؟ در صورتیکه ماشین با این نوع ضایعات (ردیفهای ۳ و ۴ در لیست شش ضایعه) مواجه شده باشد، زمان خالص تولیدی ماشین از ۶ ساعت کمتر بوده است. زمان خالص تولیدی عبارت از مقدار زمانی است که در صورتیکه ماشین با سرعت اسمی و بدون توقف کار می‌کرد، برای تولید یک مقدار مشخص محصول صرف می‌شد.

زمان مفید تولید

همان‌گونه که قبلاً نیز اشاره شد، در صورتیکه محصولات تولید شده توسط ماشین همگی سالم نباشند، نمی‌توان گفت که ماشین در زمان خالص تولیدی خود، به طور کامل، کار مفید انجام داده است. فرض کنیم زمان خالص تولیدی ماشین، پس از منظور نمودن زمانهای رکود و کاهش سرعت (ردیفهای ۱ تا ۴ از ۶ ضایعه)، برابر با ۵ ساعت بوده است. حال در صورتیکه محصول تولید شده توسط ماشین در این زمان ۱۰ درصد معیوب باشد، "زمان مفید تولید" ماشین به مقدار ۱۰ درصد از ۵ ساعت کمتر منظور می‌شود. زمان مفید تولید برابر با زمان خالص تولید منهای زمانی است که ماشین محصول ناسالم تولید نموده است.



شکل ۲۷-۱ (OEE) اثر بخشی کلی سیستم

در شکل ۱-۲۷ در سمت چپ، نمادی از تعاریف زمانها به صورت ترسیمی (و بدون مقیاس) ارائه شده و اثرات شش ضایعه بزرگ در کاهش زمان از مقدار مرتبط به "زمان اشغال"، به مقدار "زمان مفید تولید" نشان داده شده است.

سرعت اسمی

سرعت اسمی یک تجهیز عبارت از مقدار تولید در یک واحد زمان است که تجهیز برای کار در این سرعت طراحی شده. سرعت اسمی در اطلاعات مربوط به مشخصات فنی تجهیز توسط سازندگان اعلام می‌شود.

زمان اسمی

زمان اسمی یک تجهیز برابر با $\frac{1}{\text{سرعت اسمی}}$ است. به عبارت دیگر، زمان اسمی یک ماشین عبارت از مقدار زمانی است که طبق مشخصات ارائه شده توسط سازندگان باید یک ماشین برای تولید واحد محصول صرف نماید. برای مثال در صورتیکه سرعت اسمی یک ماشین برابر با ۶۰ تن در ساعت باشد. زمان اسمی ماشین برابر است با:

$$\text{یک دقیقه به ازاء هر تن محصول} = \text{ساعت} \times \frac{1}{60} = \text{زمان اسمی}$$

قابلیت دسترسی

شاخص قابلیت دسترسی^۱ عبارت از نسبت "زمان تولیدی" به "زمان اشغال" ماشین می‌باشد. به عبارت دیگر، قابلیت دسترسی نشان می‌دهد که از کل زمانی که برای اشغال ماشین جهت تولید یک محصول خاص برنامه‌ریزی شده است، عملاً در چه نسبتی از این زمان، ماشین در حال کار بوده است. فرمول مربوط در شکل ۱-۲۷ نشان داده شده است. برای مثال، در صورتیکه از ۴۶۰ دقیقه زمان که برای اشغال ماشین در نظر گرفته شده است، ۶۰ دقیقه وقت صرف رفع خرابی اضطراری و یا آماده‌سازی شده باشد، قابلیت دسترسی ماشین برابر است با:

$$(۱-۲۷) \quad A = \frac{\text{زمان رکود} - \text{زمان اشغال}}{\text{زمان اشغال}} = \frac{۴۶۰ - ۶۰}{۴۶۰} = ۰/۸۷ \quad (\text{قابلیت دسترسی})$$

نسبت کارآئی

به طور معمول دیده می‌شود که در اثر کارکرد و استهلاک تجهیزات و یا عدم بهره‌برداری صحیح و یا وجود شرایط محیطی نامناسب، سرعت عملی (واقعی) تجهیزات از سرعت اسمی آنها که توسط سازندگان اعلام می‌شود کمتر است. نسبت کارآئی^۱ عبارت از زمانی است که براساس سرعت اسمی، باید ماشین برای تولید مقدار مشخصی از محصول صرف نماید، به زمانی که عملاً ماشین برای تولید این مقدار محصول صرف نموده است. فرض کنیم براساس آنچه که در مشخصات فنی و کاتالوگهای سازنده آمده است، "زمان اسمی" برای تولید یک محصول ۰/۵ دقیقه است. زمان تولیدی ماشین ۴۰۰ دقیقه بوده، و در این مدت ۴۰۰ واحد محصول تولید شده است. داریم:

$$(۲-۲۷) \quad P = \frac{\text{مقدار تولید} \times \text{زمان اسمی}}{\text{زمان تولیدی}} = \frac{۰/۵ \times ۴۰۰}{۴۰۰} = ۰/۵ \quad (\text{نسبت کارآئی})$$

نسبت تولید سالم

طبیعی است که در ضمن عمل تولید، ممکن است بخشی از محصول تولید شده دارای کیفیت لازم نباشد. شاخص نسبت تولید سالم عبارت از نسبت محصول سالم به کل مقدار محصول است که توسط ماشین تولید شده.

فرض کنیم از ۴۰۰ واحد محصول که توسط ماشین تولید شده است، ۸ واحد محصول ناسالم بوده و جزء ضایعات منظور شده است. در این صورت داریم:

$$(۳-۲۷) \quad Q = \frac{\text{مقدار ضایعات} - \text{مقدار تولید}}{\text{مقدار تولید}} = \frac{۴۰۰ - ۸}{۴۰۰} = ۰/۹۸ \quad (\text{نسبت تولید سالم})$$

1- Performance ratio

۲- به عبارت دیگر، این ماشین باید برای ۴۰۰ واحد محصول، ۲۰۰ دقیقه (۰/۵×۴۰۰) وقت صرف می‌نمود، ولی برای این کار عملاً ماشین ۴۰۰ دقیقه صرف نموده است.

فرمول اثربخشی کلی

به شکل ۲۷-۱ و محاسبات ارائه شده در این شکل توجه می‌کنیم.

$$OEE = A \times P \times Q \quad (27-4) \quad (\text{اثربخشی کلی})$$

که در آن نمادهای A ، P و Q به ترتیب مربوط به قابلیت دسترسی، نسبت کارآئی، و نسبت تولید سالم هستند. بنابراین، در صورتیکه مقادیر این نمادها مطابق مثالها، ۰/۸۷، ۰/۵ و ۰/۹۸ باشد خواهیم داشت:

$$OEE = 0.87 \times 0.5 \times 0.98 = 0.426 \quad (\text{یا } 42.6\% \text{ درصد})$$

۲۷-۳ تفسیری در خصوص شاخص اثربخشی کلی تجهیزات (OEE)

به مثال قسمت قبل توجه می‌نمائیم. عدد ۰/۴۲۶ (۴۲/۶ درصد) در مثال نشانگر آنستکه از هر واحد زمان تقویمی (مثلاً از ساعت ۸ تا ۹ صبح) که ماشین در اشغال تولید یک محصول خاص بوده است، معادل ۰/۴۳ ساعت (حدود ۲۵/۸ دقیقه) کار مفید تولیدی انجام داده است، و بقیه زمان به دلائل رکود، کاهش سرعت، و یا تولید ناسالم، از دست رفته است.

همان‌گونه که در مثالها ملاحظه شد، دلائل افت اثربخشی از عدد ۱۰۰ درصد (حالت ایده‌آل ولی تقریباً غیرممکن) به عدد ۴۲/۶ درصد، همان شش ضایعه بزرگ است که در بخشهای پیشین این فصل مطرح شده‌اند. لازم به ذکر است که براساس ارزیابیهای به عمل آمده توسط انجمن تولیدکنندگان خودرو در ژاپن، در سال ۱۹۸۰، (قبل از اجرای TPM در صنعت خودروسازی) میانگین اثربخشی تجهیزات ۴۲/۸ درصد بوده است. این رقم در سال ۱۹۸۵، پس از اجرای TPM، به حدود ۸۵ درصد رسیده است.

۲۷-۴ سایر شاخصهای ارزیابی عملکرد

علاوه بر شاخص اثربخشی کلی (OEE) که در قسمت پیشین ارائه شد، تعداد قابل توجهی شاخص‌های دیگر برای ارزیابی عملکرد بخش نت قابل تعریف می‌باشند. در جدولهای ارائه شده در شکلهای ۲۷-۲ تا ۲۷-۵ در ادامه این فصل این شاخصها تعریف شده و فرمول‌های محاسبات و مثالهای عددی برای آنها ارائه گردیده است.

جدول ۲۷-۲

شاخصهای مربوط به اندازه گیری بهره‌وری در بخش نت			
مثال	فرمول	تعریف	نام (نماد)
مثال: ۱۰ نفر کارگر نت در یک نوبت ۸ ساعته در کارگاه بوده‌اند، و جمعاً ۶۴ ساعت مشغول کار بوده‌اند. $MPU = \frac{64}{10 \times 8} = 0.8$ (یا ۸۰٪)	$MPU = \frac{\text{ساعات اشغال نیروی انسانی}}{\text{ساعات حضور در کارگاه}}$	نسبت زمان مشغولیت نیروی انسانی به زمان حضور نیروی انسانی در کارگاه (زمان دریافت دستمزد)	کاربرد منابع انسانی (MPU) (یادداشت ۱)
مثال: برای اجرای یک دستور کار زمان برنامه‌ریزی شده برابر با ۱۲۰۰ نفر ساعت، و زمان واقعی مصرف شده برابر با ۱۴۱۲ ساعت بوده است. $MPE = \frac{1200}{1412} = 0.85$ (یا ۸۵٪)	$MPE = \frac{\text{زمان برنامه}}{\text{زمان واقعی}}$	نسبت زمان تخمینی برنامه‌ریزی شده برای اجرای یک کار به زمان عملی مصرف شده برای اجرای همان کار	بازدهی منابع انسانی (MPE) (یادداشت ۲)
مثال: در خردادماه مجموع هزینه‌های نت برابر با ۲۱۰ میلیون تومان و کل هزینه‌های تولید برابر با ۳۲۰۰ میلیون تومان بوده است. $MCI = \frac{210}{3200} = 0.065$ (یا ۶/۵٪)	$MCI = \frac{\text{کل هزینه‌های نت}}{\text{کل هزینه‌های تولید}}$	نسبت هزینه‌های نت به هزینه‌های تولید در یک دوره مشخص زمانی	شاخص هزینه‌های نت (MCI) (یادداشت ۳)
یادداشت‌ها: ۱- <i>Man Power Utilization</i> طبیعتاً به دلیل احتمالی بودن کارهای بخش نت این عدد به ۱۱/۰۰ (صد درصد) نمی‌رسد. اعداد بالای ۷۰ درصد کاملاً قابل قبول هستند و اعداد بالای ۸۰ درصد در حد نمائی هستند و کمتر اتفاق می‌افتند. ۲- <i>Man Power Efficiency</i> ۳- این عدد در صنایع مختلف می‌تواند کاملاً متفاوت باشد- در صنایع سنگین نظیر معادن می‌تواند تا ۴۰ درصد برسد. حدود معمول در صنایع سبک، اعداد کمتر از ۱۰ درصد است.			

جدول ۲۷-۳

شاخصهای مربوط به بازدهی عملیات اجرایی در بخش نت			
مثال	فرمول	تعریف	نام (نماد)
در ماه گذشته ۱۲۰۰ درخواست کار تکمیل شده و جمعاً ۱۲۵۰ درخواست کار دریافت شده. $MRT = \frac{1200}{1250} = 0/96$ (یا ۹۶ درصد)	$MRT = \frac{\text{تعداد درخواستهای تکمیل شده}}{\text{تعداد درخواستهای دریافت شده}}$	نسبت تعداد درخواستهای کار تکمیل شده به تعداد درخواستهای کار دریافت شده در یک دوره زمانی مشخص	گرددش درخواستهای کار (MRT) (یادداشت ۱)
در ماه گذشته ۱۲۰۰ درخواست کار تکمیل شده و جمعاً ۲۰۰ درخواست کار نت هنوز در انتظار اجرا است. $MRB = \frac{200}{1200} = 0/167$ (یا $0/167 \times 30 = 5$ روز)	$MRB = \frac{\text{تعداد درخواستهای معوق}}{\text{تعداد درخواستهای تکمیل شده}}$	نسبت تعداد درخواستهای کار به تعویق افتاده به تعداد درخواستهای کار تکمیل شده در یک دوره زمانی مشخص	حجم کارهای عقب افتاده (MRB) (یادداشت ۲)
یادداشتها ۱- <i>Maintenance Requisition Turnover</i> در این مثال چون <i>MRT</i> از ۱/۰۰ یا صد در صد کمتر است، به حجم درخواستهای کار عقب افتاده اضافه می‌شود. ۲- <i>Maintenance Requisition Backlog</i> در این مثال، حجم کارهای عقب افتاده معادل ۵ روز است. معمولاً در سازمانهای نت اعداد بالاتر از ۷ روز (یک هفته) نشانگر کندی کار نت می‌باشد. (برای درخواستهای کار معمولی و غیر اضطراری)			

جدول ۲۷-۴

شاخصهای مربوط به اندازه‌گیری کارآئی سازمان و مدیریت نت			
مثال	فرمول	تعریف	نام (نماد)
در سال گذشته جمعاً ۵۸,۰۰۰ نفر ساعت در بخش نت کار اجرایی انجام شده که ۲۸,۰۰۰ نفر ساعت آن مربوط به فعالیتهای برنامه‌ریزی شده (نظیر تعمیرات پیشگیرانه، ...) بوده است. $SWI = \frac{28000}{58000} = 0.48$ (یا ۴۸ درصد)	$SWI = \frac{\text{زمان اجرای فعالیتهای برنامه‌ریزی شده}}{\text{کل زمان مصرف شده}}$	نسبت نفر-ساعت مصرف شده برای اجرای فعالیتهای برنامه‌ریزی شده به کل نفر-ساعت مصرف شده برای اجرای فعالیتهای نت در یک دوره زمانی مشخص	شاخص زمان برنامه‌ریزی شده به کل زمان (SWI) (یادداشت ۱)
در ماه گذشته جمعاً ۴۵۰۰ نفر-ساعت کار اجرایی در بخش نت انجام شده که ۳۲۵ ساعت آن مربوط به فعالیتهای اضطراری رفع خرابیهای پیش‌بینی نشده بوده است. $EWI = \frac{325}{4500} = 0.072$ (یا ۷/۲ درصد)	$EWI = \frac{\text{زمان اجرای فعالیتهای اضطراری}}{\text{کل زمان مصرف شده}}$	نسبت نفر-ساعت مصرف شده برای اجرای فعالیتهای پیش‌بینی نشده (اضطراری) به کل نفر-ساعت مصرف شده برای اجرای فعالیتهای نت در یک دوره زمانی مشخص	شاخص زمان اجرای فعالیتهای اضطراری به کل زمان (EWI) (یادداشت ۲)
در هفته گذشته در یک کارگاه ۸۵ ساعت خرابی (از کارافتادگی) پیش آمده است. هزینه هر ساعت رکود تولید، ۱/۵ میلیون تومان و هزینه بخش نت برای تعمیر جمعاً ۵/۵ میلیون تومان و کل هزینه مستقیم تولید ۵۰۰ میلیون تومان بوده است. $EMC = \frac{(15 \times 1/5) + 5/5}{500} = 0.0266$ (یا ۲۶/۶ درصد)	$EMC = \frac{\text{هزینه خرابیهای اضطراری}}{\text{کل هزینه مستقیم تولید}}$	نسبت هزینه‌های خرابی اضطراری به کل هزینه‌های مستقیم بخش تولید در یک دوره زمانی مشخص	شاخص هزینه‌های خرابیهای اضطراری (EMC) (یادداشت ۳)
یادداشتها			
-۱ Scheduled Work Index			
-۲ Emergency Work Index			
-۳ Emergency Maintenance Cost			

جدول ۲۲-۵

شاخصهای مربوط به ارزیابی هزینه‌های نت در ارتباط با هزینه‌های تولید			
مثال	فرمول	تعریف	نام (نماد)
جمع مقدار تولید سالم در ماه گذشته ۷۰۰ تن، و جمع هزینه‌های نت ۲۱۰ میلیون تومان است. $MCU = \frac{210,000,000}{700} = 300,000$ تومان به ازاء هر تن تولید	$MCU = \frac{\text{جمع هزینه‌های نت}}{\text{کل مقدار تولید}}$	هزینه‌های نت شامل هزینه‌های مستقیم و هزینه‌های بالاسری (سربار) به ازاء هر واحد محصول سالم تولید شده در یک دوره مشخص زمانی	هزینه نت به ازاء هر واحد تولید (MCU) (یادداشت ۱)
در خردادماه • هزینه‌های نت: ۲ میلیون تومان • هزینه‌های تولید از دست رفته: ۳/۵ میلیون تومان در تیرماه • هزینه‌های نت: ۲/۲ میلیون تومان • هزینه‌های تولید از دست رفته: ۲/۷ میلیون تومان $MII = \frac{2+3/5}{2/2+2/7} = 1/12$	$\left(\begin{array}{c} \text{هزینه‌های نت} \\ \text{تولید از دست رفته در دوره } x \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{هزینه‌های نت} \\ \text{در دوره } x \end{array} \right)$ $\left(\begin{array}{c} \text{هزینه‌های نت} \\ \text{تولید از دست رفته در دوره } x+1 \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{هزینه‌های نت} \\ \text{در دوره } x+1 \end{array} \right)$	نسبت جمع هزینه‌های نت و هزینه‌های (زیانهای) تولید از دست رفته به خاطر خرابیهای تجهیزات در یک دوره به جمع همین هزینه‌ها در دوره بعدی	شاخص بهبود سازمان نت (MII) (یادداشت ۲)
یادداشت‌ها:			
۱- Maintenance Cost Per Unit			
۲- Maintenance Improvement Index اعداد بالاتر از ۱/۰۰ نشانگر بهبود و پائین‌تر از ۱/۰۰ نشانگر پائین آمدن اثربخشی نت در سازمان هستند.			

بخش چهارم



ضمیمه

ضمیمه ویژه

تمرینها و پاسخهای مربوط به ۲۳ فصل کتاب
(پاسخ به تمرینها و مسائل در پایان همین ضمیمه آمده است)

یادداشت

در صورتیکه عبارات زیر در یک حالت کلی و عمومی صحیح هستند، جلوی آنها علامت (ص)، و در صورتیکه اشتباه هستند، علامت (غ) بگذارید.

تمرینهای مربوط به فصل اول

- ۱-۱ () مدیریت فنی یا حفاظت فنی یا تروکتولوژی (Tero-Technology) تنها شامل فعالیتهای فنی "نت" نیست، بلکه مجموعه‌ای از فعالیتهای مدیریتی، مالی، مهندسی، و اقتصادی است.
- ۲-۱ () تروکتولوژی شامل فعالیتهایی است که از لحظه راه‌اندازی دستگاه شروع شده و به صورت مستمر تا لحظه پایان عمر مفید و بازنشسته شدن دستگاه ادامه می‌یابد.
- ۳-۱ () بالا بردن عمر مفید دستگاه جزء اهداف مدیریت فنی نیست، چون این عامل در زمان طرح دستگاه مورد توجه قرار می‌گیرد.
- ۴-۱ () بنا به تعاریف بیان شده در کتاب برای یک سیستم، در یک هواپیمای در حال پرواز، موتور و قسمتهای محرکه هواپیما "هسته اصلی" سیستم محسوب می‌شوند.
- ۵-۱ () تاریخ گذشته صنعت نشان می‌دهد که در مراحل طراحی سیستم، توجه طراح بیشتر به طراحی هسته اصلی سیستم معطوف بوده و امکانات پشتیبانی تنها در مراحل راه‌اندازی و بهره‌برداری مورد توجه قرار می‌گرفته.
- ۶-۱ () امکانات پشتیبانی یک سیستم باید همراه و همگام با هسته اصلی، طراحی، تأمین، و مستقر شوند تا در زمان بهره‌برداری، سازگاری و هم‌آهنگی لازم بین هسته اصلی و امکانات پشتیبانی وجود داشته باشد.

- ۷-۱ () دقت در رعایت کامل اصول ایمنی توسط بهره‌بردار در هنگام بهره‌برداری از تجهیزات جزء اهداف مدیریت فنی است.
- ۸-۱ () با پیشرفت زمان و خودکار شدن بیشتر ماشین آلات، نیاز به خدمات و تخصص‌های مدیریت فنی و نگهداری و تعمیرات، در صنایع افزایش می‌یابد.
- ۹-۱ () وجود تعداد بسیار کم افراد قسمت تولید در کنار ماشین‌آلات در سیستم‌های پیوسته باعث می‌شود که انجام خدمات نت در این سیستم‌ها ساده و عاری از پیچیدگی باشد.
- ۱۰-۱ () وجود عامل استاندارد (یا یکسانی یا اشتراک در طرح) بین ماشین‌آلات یک کارخانه می‌تواند باعث کاهش تعداد کارکنان نت یا به طور کلی باعث کاهش حجم و پیچیدگی خدمات فنی و نت در کارخانه بشود.
- ۱۱-۱ () در کارخانجات کوچک اصطلاح "مدیریت فنی" و در کارخانجات بزرگ، اصطلاح "سرپرست نگهداری و تعمیرات" به عنوان بالاترین فرد در مسئولیت حفاظت فنی از کارخانه متداول است.

تمرینهای مربوط به فصل دوم

- ۱-۲ () از نکات مثبت در سازمانهای نگهداری و تعمیرات در صنایع ایران، "ثابت بودن (تغییر ننمودن) سیستم‌های تدوین شده برای مدت‌های طولانی"، است.
- ۲-۲ () از اشکالات سازمانهای نت، دخالت‌های نفرات با مسئولیتهای نامربوط برای رفع خرابیهای اضطراری و راه‌اندازی مجدد دستگاه است.
- ۳-۲ () در صنعت ایران، از قدیم واژه "نگهداری و تعمیرات" یک واژه متداول و با مفهوم بوده.
- ۴-۲ () عدم وجود میراث صنعتی، در صنایع ایران به عنوان یکی از علت‌های وجود نارسائی در سیستم‌های نت در ایران قابل ذکر می‌باشد.
- ۵-۲ () دسترسی سریع و راحت به قطعات یدکی وارداتی (ارزانی ارز خارجی) در سالهای اول دهه ۱۳۵۰ باعث تغییر فعالیتهای نت از "تعمیر" به "تعویض" قطعه شده بود.

- ۶-۲ () سیستم‌های منظم و تعریف شده نت در کارخانجات جهان از حدود ۲ قرن پیش (بعد از انقلاب صنعتی) وجود داشته.

تمرینهای مربوط به فصل سوم

- ۱-۳ () عامل کنترل در امر "برنامه‌ریزی کنترل" به بررسی نتایج حاصل از اعمال روشها و بهبود روشها، سیاستها، و سیستم‌های طراحی شده مربوط است.
- ۲-۳ () عملیات رکوردگیری (ضبط اطلاعات) جزء فعالیتهای اساسی و موردنیاز در امر برنامه‌ریزی و کنترل نیست.
- ۳-۳ () شکل ۱-۳ در کتاب نشان می‌دهد که در صورتیکه نتیجه اعمال روشهای نت رضایت‌بخش باشد، احتیاجی به تجزیه و تحلیل مستمر نتایج نخواهد بود.
- ۴-۳ () تغییر در شرایط و کیفیت‌های مورد درخواست می‌تواند باعث ایجاد تغییر در برنامه‌ها و سیاستهای نت بشود.
- ۵-۳ () امور اجرایی نت مسئولیت تدوین طرح‌ها، سیاست‌ها، و روش‌ها را به عهده دارد.
- ۶-۳ () تجزیه و تحلیل نتایج اعمال سیاستها و روشها از وظائف بخش مهندسی نگهداری و تعمیرات است.
- ۷-۳ () بازرسی‌های فنی جزء فعالیتهای لازم در تعمیرات پیشگیری نیست.
- تعمیرات پیشگیری تنها شامل سرویسهای فنی و تعویض قطعات قبل از فرسودگی کامل است.
- ۸-۳ () امور نگهداری و تعمیرات در یک صنعت باید کلیه امکانات اجرایی خود را صرف تعمیرات پیشگیری نموده، و در نتیجه میزان خرابیهای اضطراری را به حداقل ممکن کاهش دهد.
- ۹-۳ () قابلیت اطمینان یک سیستم یا یک عنصر عبارت از احتمال کارکرد صحیح سیستم برای تمام مدت سالهائی است که قرار است کارخانه که آن سیستم یا عنصر را در اختیار دارد به امر تولید ادامه دهد.
- ۱۰-۳ () مشخصه‌های قابلیت اطمینان و تعمیرپذیری عمدتاً در مرحله طراحی سیستم معین می‌شوند.

- ۱۱-۳ () هزینه‌های رکود تولید به علت خرابی ماشین آلات، جزء هزینه‌های تولید منظور شده و در محاسبه هزینه‌های نگهداری و تعمیرات موردنظر قرار نمی‌گیرند.
- ۱۲-۳ () اطلاعات دریافت شده از سازندگان دستگاه‌ها در مورد قابلیت اطمینان و تعمیرپذیری قابل اعتماد نیستند. دلیل عمده این امر آنستکه سازندگان برای بهتر نشان دادن مشخصات فنی محصولات خود، اطلاعات غیرواقعی ارائه می‌نمایند.
- ۱۳-۳ () اظهارنظر و ارائه پیشنهاد در مورد روشهای بهره‌برداری از دستگاه‌ها در جهت تأمین عمر بیشتر و جلوگیری از فرسودگی و خرابی جزء وظایف مدیریت فنی نیست.
- ۱۴-۳ () از اهم وظائف مدیریت فنی آنستکه تجهیزات و نیروی انسانی و امکانات سازمان نت را آنقدر گسترش دهد تا به محض خراب شدن یک ماشین تولیدی نیرو و امکانات آماده به کار برای تعمیر آنها وجود داشته باشد و ماشینهای تولیدی هرگز در صف انتظار برای تعمیر قرار نگیرند.
- ۱۵-۳ () به هر میزان که سطح جزئیات و مقدار یا حجم اطلاعات بازتابی بیشتر باشد، کارآئی و کاربرد اطلاعات بیشتر و مفیدتر خواهد بود.

تمرینهای مربوط به فصل چهارم

- ۱-۴ () در سازماندهی نت برای کارخانه‌ای که محصول "x" را تولید می‌کند، تنها از آن نظر لازمست شرایط صنعتی محیط اطراف کارخانه بررسی شود که اگر کارخانه دیگری در همان نزدیکی محصول "x" را تولید می‌کند، از تأسیس کارخانه جدید خودداری شود.
- ۲-۴ () بهتر است کدهای دستگاهها توسط مدیریت فنی تهیه شود و همان کدها مورد استفاده امور مالی و اموال نیز قرار گیرد.
- ۳-۴ () یکی از مناسبترین انواع طبقه‌بندی، کدگذاری براساس محل استقرار ماشینها، و در داخل محل استقرار، براساس نوع ماشین است.

- ۴-۴ () در یکی از کارگاه‌های کارخانه‌ای، ۸۹ ماشین کاملاً مشابه نصب شده. برای نشان دادن شماره سری این ماشین‌ها در کارگاه، در سیستم کدگذاری داخلی کارخانه مناسب است ۲ رقم در نظر گرفته شود.
- ۵-۴ () در کارت مشخصات (شناسنامه) دستگاه‌ها در یک طرف کارت، مشخصات دستگاه نوشته می‌شود و در طرف دیگر کارت (پشت کارت) لیست کاملی از قطعات یدکی مورد لزوم روی این دستگاه نوشته می‌شود.
- ۶-۴ () با توجه به اینکه امور فنی (مدیریت فنی) تنها مسئول کارکرد سالم ماشین‌آلات و تجهیزات است، هیچگونه احتیاجی نخواهد بود که مدیر فنی و سرپرست نت از فرایند تولید و سیاستهای تولیدی اطلاعی داشته باشند.
- ۷-۴ () در سیستم‌های تولید سفارشی بیشتر نظریات در مورد طرح و مشخصات محصول توسط قسمت طراحی کارخانه مطرح می‌شود.
- ۸-۴ () علیرغم آنکه ممکنست کارخانه در محلی باشد که امکان دریافت بعضی از خدمات فنی و غیره برای کارخانه فراهم شود، معهذا به دلیل عدم اطمینان به خدمات قابل دریافت از خارج از کارخانه، مناسب است همواره کلیه امکانات لازم در داخل کارخانه تأمین شوند.
- ۹-۴ () در طراحی کارخانه شرایط طبیعی محیط در نظر گرفته می‌شود، ولی مناسب است در طراحی سازمان نت نیز به این شرایط توجه شود.
- ۱۰-۴ () تنها روش مناسب برای طبقه‌بندی و کدگذاری ماشین‌آلات در یک کارخانه همانست که در فصل چهارم کتاب حاضر توضیح داده شده.
- ۱۱-۴ () شماره‌ها یا کدهای تعیین شده برای دارائیه‌ها فقط بر روی بدنه دارائی (بدنه ماشین) نوشته یا نصب می‌شوند، ولی این شماره‌ها در جای دیگری مورد کاربرد نخواهند داشت.

تمرینهای مربوط به فصل پنجم

- ۱-۵ () سازمانهای نت تنها به دو نوع "متمرکز" و "غیرمتمرکز" قابل تقسیم هستند.

- ۵-۲ () در کارخانه‌ای سیستم نت از حالت غیرمتمرکز به حالت متمرکز تغییر یافته. می‌توان حدس زد که در این کارخانه از حجم نیروی انسانی در سازمان نت کاسته شده.
- ۵-۳ () در سیستم‌های نت "غیرمتمرکز"، در اغلب قریب به یقین موارد، یک یا چند کارگاه الزاماً به صورت "متمرکز" کار می‌کنند.
- ۵-۴ () هر قدر که وسعت سطح کارخانه بیشتر باشد، احتمال تشکیل یک سازمان نت "غیرمتمرکز" در آن بیشتر است.
- ۵-۵ () در تصمیم‌گیری برای ارتقاء، حقوق و دستمزد و غیره برای کارکنان نت، در یک سیستم نت "مختلط"، امور فنی راساً در مورد همگی کارکنان نت عمل می‌کند و نظریات امور تولیدی در مورد نحوه کارکنان نت سوال نمی‌شود.
- ۵-۶ () سازمانهای نت "غیرمتمرکز" در کارخانجات کوچک و متوسط رایج‌تر است.
- ۵-۷ () با پیشرفت زمان سازمان‌های نت از حالت‌های غیرمتمرکز به حالت‌های "مختلط" و متمرکز تغییر می‌یابند.
- ۵-۸ () از مزایای سیستم‌های "متمرکز" آنستکه کارکنان در یک محل و یک کار تعمیراتی متمرکز نبوده و بنابراین به انواع امور تعمیراتی آشنا می‌شوند.
- ۵-۹ () در سیستم‌های "غیرمتمرکز" معمولاً ساعات بی‌کاری کارکنان نت بیشتر از سیستم‌های "متمرکز" است.
- ۵-۱۰ () در سیستم‌های مختلط، گواينکه کارکنان نت که مأمور در کارگاه‌ها هستند امور روزمره را زیرنظر سرپرستان کارگاه‌های تولیدی انجام می‌دهند، ولی امور مدیریت و پرسنلی آنها مستقیماً زیرنظر قسمت نت یا مدیریت فنی اداره می‌شود، و قسمتهای تولیدی مطلقاً چه به صورت مستقیم و چه به صورت غیرمستقیم دخالتی در نقل و انتقال و ترفیع و دستمزد کارکنان نت ندارند.
- ۵-۱۱ () از مزایای تشکیلات نت متمرکز آنستکه کارکنان آن امکان یادگیری و کسب مهارت در انواع تخصص‌ها و تعمیر ماشین آلات با ساختارهای متنوعی را خواهند داشت.

۵-۱۲ () در صورتیکه کارگاه‌های مختلف یک کارخانه از نظر طرح ماشین آلات وجوه مشترکی نداشته باشند، طرح یک سیستم نت غیرمتمرکز یا نیمه متمرکز بیشتر قابل تأیید و توجیه است.

تمرینهای مربوط به فصل ششم

۶-۱ () علاوه بر مسئولیتهای مهندسی نت، امور اجرایی نت، و انبار قطعات یدکی، معمولاً از دیگر مسئولیتهایی مهم امور فنی، مسئولیت راهبری شبکه‌های تأسیسات ضروری می‌باشد.

۶-۲ () مسئولیت راهبری شبکه‌های تأسیسات ضروری ارتباطی با تأمین امکانات پشتیبانی فنی برای امور تولید ندارد.

۶-۳ () فعالیتهای مستقیم نت عمدتاً به عهده بخش اجرایی نت است.

۶-۴ () امور فنی مسئولیت تعمیر یا به عبارت دیگر بازگردانیدن ماشین به شرایط اولیه آن را دارد و بنابراین هرگز به ایجاد تغییرات در طرح اولیه ماشین‌آلات نمی‌پردازد.

۶-۵ () عملیات بهسازی در استقرار ماشین‌آلات باید حتماً از طریق قسمت تولید پیشنهاد شود و امور فنی هرگز راساً پیشنهادی در این امر نخواهد داشت.

۶-۶ () در صورتیکه حجم عملیات تهیه طرحها یا اجراء طرحهای توسعه زیاد باشد، معمولاً این عملیات توسط مشاوران و پیمانکاران خارج از محیط صنعت انجام می‌گیرد.

۶-۷ () کلیه قطعات یدکی ماشین‌آلات توسط کارگاه مرکزی نت ساخته می‌شوند.

۶-۸ () پارامترهای مربوط به کنترل موجودی قطعات یدکی، نظیر نقطه سفارش و مقدار سفارش و غیره توسط انبار قطعات یدکی تعیین می‌شود.

۶-۹ () دقت در اجراء اصول ایمنی توسط کارکنان بخش تولید در زمان بهره‌برداری از ماشین‌آلات، معمولاً به عهده مدیر فنی است.

۱۰-۶ () امور فنی سعی بر آن دارد که ماشین‌آلات و تجهیزات و قطعات یدکی ماشین‌آلات از استانداردهای متفاوت و متنوع نباشند، بلکه حتی‌المقدور از تعداد محدودی از استانداردهای معمول پیروی نمایند.

تمرینهای مربوط به فصل هفتم

- ۱-۷ () نمودار سازمانی نشان داده شده برای امور اجرایی نت، نشان دهنده یک نمودار سازمانی متمرکز می‌باشد. (به شکل مربوطه در فصل هفتم مراجعه شود).
- ۲-۷ () به طور معمول لازمست که کارکنان نت و تولید از یک سطح مشابه "قدرت تجزیه و تحلیل" برخوردار باشند.
- ۳-۷ () کیفیت کارهایی که توسط کارگران نت روی ماشین‌آلات انجام می‌گیرد، در همان لحظه پایان کار توسط سرپرستان مربوطه قابل ارزیابی نیست.
- ۴-۷ () به دلیل متنوع بودن نوع اطلاعات فنی که باید بین کارکنان قسمت نت رد و بدل شود، لازمست کارکنان نت قدرت برقراری ارتباط و مبادله اطلاعات فنی را به صورت حضوری، تلفنی، کتبی، ... داشته باشند.
- ۵-۷ () کارکنان نت در ایران به دلیل نادر بودن نوع تخصصی که از آن برخوردارند، معمولاً در داخل کارخانه احساس امنیت شغلی می‌نمایند.
- ۶-۷ () کارکنان نت به علت تنوع کار، کمتر از کارکنان تولید دچار خستگی روحی می‌شوند.
- ۷-۷ () عدم دقت اپراتورهای قسمت تولید در استفاده از تجهیزات هیچگونه ارتباطی با مسائل قسمت امور فنی و نت ندارد و نمی‌تواند به عنوان یک عامل برای دلسردی کارکنان نت تلقی شود.
- ۸-۷ () معمولاً خطرات جانی (بدنی) برای کارکنان نت بیش از کارکنان تولید است.
- ۹-۷ () با توجه به اینکه کارکنان نت در مقایسه با کارکنان تولید از مسئولیت بیشتری برخوردارند، با علاقه‌مندی و انگیزه قوی‌تر در داخل سازمان نت به ادامه کار می‌پردازند.

- ۷-۱۰ () سازمان‌های نت می‌توانند زمان لازم برای انجام هر گونه کار تعمیراتی را قبل از اقدام به کار به طور دقیق پیش‌بینی نمایند. (تخمین بزنند).

تمرینهای مربوط به فصل هشتم

- ۸-۱ () در برنامه کار روزانه قسمتهای مختلف نت که فرم مربوط به آن در فصل هشتم کتاب نشان داده شده، جمع یک ستون قائم نشان دهنده تعداد ساعات کار کارگران روی یک درخواست کار می‌باشد.
- ۸-۲ () در روش تعیین اولویت (ارجحیت) برای درخواستهای کار، به دو عامل "نوع دستگاه" و "نوع کار" ارزش داده شده.
- ۸-۳ () تنها کاربرد یا مورد استفاده درخواستهای کار (MR) آنستکه به قسمت نت اطلاع بدهد که کار تعمیراتی مورد درخواست چگونه کاری است.
- ۸-۴ () دادن اطلاع به متقاضی در مورد تکمیل شدن کار تعمیراتی از وظائف سرپرست گروه اجرایی نت که کار تعمیراتی را انجام داده می‌باشد.
- ۸-۵ () یکی از فوائد برنامه‌ریزی درخواستهای کار (MR)، فراهم نمودن امکان مناسب برای قسمت تولید در برنامه‌ریزی‌های تولیدی است.
- ۸-۶ () از دلایل مشکل بودن تخمین زمان فعالیت‌های نت، عدم تشابه عملیات (متنوع بودن کارهای نت) است.
- ۸-۷ () در این فصل عنوان شد که برای تخمین زمان اجراء عملیات تعمیراتی، هرگز نباید به آمار گذشته برای کارهای مشابه مراجعه شود، چون شرایط کار دائماً دستخوش تغییر است.
- ۸-۸ () در این فصل توصیه شد که از جداول استانداردهای زمان کار تنها در شرایط استثنائی که تخمین زمان کار توسط سایر روشهای بیان شده قابل انجام نیست استفاده شود.
- ۸-۹ () فرم درخواست کار ارائه شده در کتاب، تنها فرم مناسب و دارای کاربرد لازم است و استفاده از آن در تمام سازمانهای نت عمومیت دارد.

- ۸-۱۰ () هزینه یک ساعت کار تعمیراتی تنها شامل دستمزد مستقیمی که به کارگران تعمیرات پرداخته می‌شود و هزینه مواد و قطعات یدکی مصرف شده روی ماشین می‌باشد.
- ۸-۱۱ () استفاده از روشهای برنامه‌ریزی پروژه، بخصوص روش GERT در برنامه‌ریزی امور تعمیرات مفید است.
- ۸-۱۲ () درخواستهای کار تعمیراتی در تمام موارد جهت بررسی و اظهارنظر به قسمت مهندسی نت فرستاده می‌شوند.
- ۸-۱۳ () در یک سیستم تعیین اولویت درخواستهای کار که در آن عوامل نوع ماشین و نوع کار تعمیراتی هر یک به ۸ طبقه تقسیم شده‌اند، جمعاً درخواستهای کار در ۶۴ طبقه مختلف قابل ترتیب‌بندی هستند.

تمرینهای مربوط به فصل نهم

- ۹-۱ () در تهیه برنامه‌های پیشگیری (PM) در وهله اول فرم سالیانه پیشگیری تهیه می‌شود و بعد براساس فرم سالیانه، فرمهای پیشگیری برای دستگاهها تهیه می‌گردد.
- ۹-۲ () در بازدیدهای طبقه ۳، روغنهای مستعمل در دستگاهها مورد آزمایش قرار می‌گیرد، تا در صورتیکه نوع روغن مناسب نبود از روغنهای مرغوب‌تر استفاده شود.
- ۹-۳ () وجود وسائل اعلام شرایط و اعلام خطر بر روی دستگاهها باعث می‌شود که برای بازدیدهای فنی احتیاج کمتری به توقف دستگاهها باشد.
- ۹-۴ () مناسب است گروه پیشگیری همواره به امر بازرسی برسد، و از هر گونه تعمیر یا تنظیم دستگاهها هر چند کوچک، خودداری نماید.
- ۹-۵ () در تعمیرات پیشگیری، فرمهای گزارش بازرسی (Inspection Report) همیشه بعد از اینکه عملیات تعمیرات PM براساس درخواست کار انجام گرفت، تکمیل می‌شود.
- ۹-۶ () فرمهای برنامه هفتگی را می‌توان در اول هر سال برای ۵۲ هفته سال تکمیل نموده و به قسمتهای مربوطه ارسال داشت.

- ۷-۹ () بر روی فرمهای مشخصات کار پیشگیری همواره عملیات پیشگیری مربوط به یک نوع تخصص، با یک دوره تناوب مشخص و برای یک ماشین مشخص نوشته می‌شود.
- ۸-۹ () کارگرهایی که برای بازرسی ماشین‌ها با در دست داشتن فرم مشخصات کار پیشگیری مربوط به آن ماشین می‌روند، موظفند تنها مطالب و سوالاتی را که در متن فرم آمده بررسی نموده و یا پاسخ دهند.
- ۹-۹ () در شکل ۵-۹ در این فصل مطالب متن فرم گزارش بازرسی به وسیله دست نوشته شده. به این دلیل که عملاً نیز این فرم همواره پس از بازدیدها، توسط سرپرست گروه بازدیدکننده به وسیله دست نوشته می‌شود.
- ۱۰-۹ () فرض شود یک گروه بازرسی به ماشینی مراجعه نمود و هیچگونه عیب و اشکالی روی ماشین مشاهده ننمود. در این صورت نیز لازمست فرم گزارش بازرسی تکمیل شود تا در تجزیه و تحلیل‌های مهندسی مورد استفاده قرار گیرد.
- ۱۱-۹ () در تهیه برنامه‌های روان کاری مناسب است که علاوه بر دریافت نظریات مهندسين شرکتهای تولیدکننده روغنهای صنعتی، نقطه‌نظرهای سازندگان تجهیزات نیز از کاتالوگ‌ها و مدارک فنی مربوطه برداشت شود.
- ۱۲-۹ () مفید است که یک نسخه از فرمهای مسیر روان کاری برای هر هفته، به مسئولین تولیدی در کارگاههای مربوطه ارسال شود تا از زمان روان کاری اطلاع داشته و آمادگی‌های لازم را ایجاد کنند.
- ۱۳-۹ () در یک حالت کلی و عمومی، انجام عملیات تعمیرات اساسی بهتر است در تاریخی که طبق برنامه، کارخانه تعطیل است انجام گیرد تا زیان کمتری به سازمان تحمیل شود.
- ۱۴-۹ () مهندسی نت سعی دارد انواع و اقسام روغنهای صنعتی با مارک‌ها و سازندگان مختلف را همواره در انبار داشته باشد و روی هر ماشین دقیقاً از آن مارک تجارتي استفاده کند که سازنده ماشین پیشنهاد نموده.

تمرینهای مربوط به فصل دهم

- ۱-۱۰ () به منظور کارآ بودن سیستم مراوده اطلاعات فنی بین امور فنی و امور تولید، لازمست که در وهله اول ارتباطات انسانی در سطح خوب بین کارکنان این دو امور برقرار باشد.
- ۲-۱۰ () مناسب است که ترابری اطلاعات تنها در سطح سرپرستی بین امور فنی و امور تولید برقرار باشد و در رده‌های پایین‌تر، مراوده اطلاعات لزومی ندارد.
- ۳-۱۰ () قسمت برنامه‌ریزی نت سهم مهمی در برقراری ارتباطات بین امور نت و امور تولید خواهد داشت.
- ۴-۱۰ () لازمست که در داخل یک سازمان امور فنی یا نت، تعدادی از واژه‌های فنی که کاربرد زیادی دارند معرفی شده و به صورت استاندارد مورد کاربرد عموم کارکنان قرار گیرند.
- ۵-۱۰ () کامپیوتر می‌تواند به عنوان یک وسیله مناسب برای برقراری ارتباط بین قسمتهای داخلی امور فنی یا بین امور فنی با سایر قسمتهای صنعت مورد استفاده قرار گیرد.
- ۶-۱۰ () اطلاعاتی که در داخل مستطیل‌ها در شکل ۱-۱۰ نشان داده شده، مجموعه کامل و جامعی از اطلاعات قابل ترابری بین قسمتهای نشان داده شده در شکل است.
- ۷-۱۰ () واژه‌های فنی مورد لزوم جهت برقراری ارتباطات در صنعت، در زبان فارسی به اندازه کافی وجود داشته و به صورت استاندارد (معیار شده) تعریف شده‌اند.
- ۸-۱۰ () واژه‌های فنی مورد لزوم در صنعت در اغلب زبانهای مورد استفاده در کشورهای پیشرفته از نظر صنعتی به صورت استاندارد (معیار شده) تعریف شده‌اند.

تمرینهای مربوط به فصل یازدهم

- ۱-۱۱ () مناسب است که سرویسهای خدماتی قابل دریافت از پیمانکاران در امر نگهداری و تعمیرات بعضی از تجهیزات کارخانه در قالب قراردادهای درازمدت تأمین گردد، تا هر چند مدت یک بار الزامی به تجدید قرارداد نباشد.

- ۱۱-۲ () بهتر است در سالهای اول تأسیس کارخانه به جای ساخت قطعات یدکی مقداری قطعات یدکی از سازندگان اصلی دستگاهها خریداری شود.
- ۱۱-۳ () معمولاً علیرغم تأکیدهائی که در قراردادهای خرید خدمات تعمیراتی می‌شود، در دریافت سرویسهای اضطراری از سوی پیمانکار تأخیر می‌آید.
- ۱۱-۴ () به منظور ساده‌تر شدن ارزیابی اقتصادی پیشنهادات پیمانکاران خدمات تعمیری، بهتر است هنگام خرید دستگاهها، و همچنین در دوره عقد قراردادهای نصب و راه‌اندازی، هزینه‌های نصب و راه‌اندازی، و سرویسهای نت به طور یک جا (مجموعاً) از سوی پیمانکار پیشنهاد شود.
- ۱۱-۵ () کارکنان کادر پیمانکاران که در امور نصب و راه‌اندازی اولیه ماشین آلات دخیل بوده‌اند، می‌توانند بعداً افراد مفیدی در کادر دائمی نگهداری و تعمیرات صنعت باشند.
- ۱۱-۶ () در سالهای اخیر صنایع تمایل بیشتری به دریافت خدمات فنی توسط پیمانکاران خارج از صنعت نشان می‌دهند.
- ۱۱-۷ () مطالب این فصل نشان می‌دهد که اصولاً پیمانکاران خارج از صنعت علاقه و جدیت زیادی در امر آموزش روشهای تعمیر به کارکنان داخلی صنعت نشان نمی‌دهند.
- ۱۱-۸ () در انجام تعمیرات اساسی (تعمیرات کلی) با توجه به اینکه یک باره میزان احتیاج به نیروی کار افزایش می‌یابد، دریافت نیروی کار از طریق قراردادهای پیمانکاری راه‌حل مناسبی است.

تمرینهای مربوط به فصل دوازدهم

- ۱۲-۱ () جمع‌آوری اسناد و مدارک فنی به منظور پشتیبانی از ماشین آلات و تجهیزات، جزء وظایف بخش مهندسی نت می‌باشد.
- ۱۲-۲ () با توجه به اینکه دستورالعملهای نصب و راه‌اندازی تنها در فازهای تأسیس کارخانه قابل استفاده است، نگهداری اسناد و نقشه‌ها و مدارک مربوط به نصب و راه‌اندازی در سیستم بایگانی فنی صنعت لزومی نخواهد داشت.

- ۱۲-۳ () اطلاعات فنی در مورد ماشین آلات همواره در ۷ مجلد مجزا، طبق آنچه که در این فصل ارائه شده توسط سازندگان ارائه می‌شود.
- ۱۲-۴ () بهتر است همواره اسناد و مدارک به زبان اصلی (مادری) کشور سازنده دریافت و بایگانی شود تا شامل اشتباهات و اختلالات احتمالی در امر ترجمه نشده باشد.
- ۱۲-۵ () عکسهائی که با روش عکاسی از قطعات یدکی گرفته می‌شوند دارای دقت و وضوح کامل نیستند که در کتابچه قطعات یدکی مورد استفاده قرار گیرند.
- ۱۲-۶ () مناسب است که کارخانجات مقدار ذخیره قطعات یدکی را دقیقاً طبق آنچه در کاتالوگ‌های سازندگان پیشنهاد شده تعیین نمایند.
- ۱۲-۷ () در تهیه کارت سوابق کار و تعمیرات، می‌توان برای چند دستگاه مشترک که کاملاً مشابه هستند، فقط یک کارت مشترک در نظر گرفت.
- ۱۲-۸ () کارتهای سوابق کار دستگاهها تقریباً مشابه کارتهائی هستند که پزشکها باید برای مراجعین خود به صورت منظم نگهداری نمایند.
- ۱۲-۹ () در نمونه و شرح کارت سوابق کار که در این فصل نشان داده شد، عوامل هزینه (ریالی - ارزی، ...) در روی کارت نشان داده نمی‌شود.
- ۱۲-۱۰ () استفاده کنندگان اصلی کارتهای سوابق کار تعمیراتی، گروه مهندسين بخش مهندسی نت خواهند بود.
- ۱۲-۱۱ () نمودارهای عیب‌یابی از نوع MDC، درختی، یا نیمه ساز، ... یا انواع دیگر، تقریباً همگی از یک اصل که عبارت است از محدودتر نمودن دامنه‌ای که موضوع عیب در آن قرار دارد پیروی می‌کنند.
- ۱۲-۱۲ () با بالا رفتن تجربه تعمیرکاران، در صورتیکه با پیش آمدن اشکال روی ماشین، با احتمال زیاد دلیل اشکال را می‌توانند درست حدس بزنند، استفاده از نمودارهای عیب‌یابی ضرورتی نداشته و بهتر است در وهله اول مستقیماً اشکالی را که حدس زده‌اند بررسی نمایند.
- ۱۲-۱۳ () مناسب است که شماره‌بندی نقشه‌ها و اسناد، با کد دستگاههای مربوطه هم‌بستگی و ارتباط نزدیک داشته باشد.

۱۲-۱۴ () مطالب این فصل نشان می‌دهد که در هنگام خرید دستگاه، علاوه بر توجه به کیفیت اصل ماشین، توجه به میزان کامل بودن و دقیق بودن اسناد و مدارک پشتیبانی فنی نیز حائز اهمیت است.

تمرینهای مربوط به فصل سیزدهم

۱۳-۱ () بالا بودن متوسط زمان صرف شده برای تعمیر می‌تواند مربوط به عواملی نظیر کمبود تخصص کادر نت، کمبود قطعات یدکی، کمبود ابزار، کمبود نیروی انسانی در نت ... باشد.

۱۳-۲ () بالا بودن متوسط زمان صرف شده برای تعمیر می‌تواند مربوط به عامل پیچیدگی در مکانیزم ماشین و ضعیف بودن عامل تعمیرپذیری یا (Maintainability) در طرح ماشین باشد.

۱۳-۳ () اطلاع از دلایل خرابی ماشین‌آلات می‌تواند به مسئولین فنی کمک کند تا گروه بهره‌برداری را در استفاده صحیح از ماشینها راهنمایی کنند.

۱۳-۴ () کدهای خرابی ماشین‌آلات در تمام صنایع شامل ۱۰ کد به صورت نشان داده شده در این فصل می‌باشد.

۱۳-۵ () به جای نوشتن علل تفصیلی خرابی ماشین‌آلات به این دلیل از کدهای خرابی استفاده می‌شود که عملیات آمارگیری و تجزیه و تحلیل را تسهیل می‌نماید.

۱۳-۶ () مطالب این فصل نشان می‌دهد که در بعضی از موارد امور تولید سعی بر آن دارد که کمبود تولید را به علت وجود خرابی و اشکال روی ماشین‌آلات توجیه نماید.

۱۳-۷ () داشتن آمارهای مختلف به تفکیک کارگاهها، باعث می‌شود که بررسیهای فنی و بررسی از نحوه کار بهره‌برداران با ماشین‌آلات، ضمن مقایسه عملکرد کارگاههای مختلف با راحتی و دقت بیشتری انجام گیرد.

۱۳-۸ () بسیاری از گزارشهای آماری، به جای نشان دادن ارقام، می‌تواند به صورت نمودارهای گرافیکی ارائه شود تا برای خواننده امکان برداشت مطالب را به صورت ملموس‌تری فراهم سازد.

تمرینهای مربوط به فصل چهاردهم

- ۱-۱۴ () مناسب نیست که انبار قطعات یدکی ماشین‌آلات با انبار عمومی کارخانه مشترک بوده و یا زیر نظر یک بخش اداره شود.
- ۲-۱۴ () تصمیم‌گیری در مورد سیستم مناسب سفارشات از وظائف مسئولین انبار است.
- ۳-۱۴ () تصمیم‌گیری در مورد مقادیر در سیستم سفارشات از وظائف مسئولین انبار است.
- ۴-۱۴ () لازمست که کلیه قطعات یدکی در حجم زیاد در انبار ذخیره شوند که هرگز امور نت با کمبود قطعه مواجه نشود.
- ۵-۱۴ () انبار قطعات یدکی قسمتی از قطعات را از طریق تدارکات از خارج از کارخانه خریداری می‌نماید، ولی این امکان نیز وجود خواهد داشت که بعضی از قطعات یدکی توسط کارگاه مرکزی نت ساخته شده و به انبار تحویل گردند.
- ۶-۱۴ () عمده‌ترین مشتری انبار قطعات یدکی، بخش اجرائی نت خواهد بود.
- ۷-۱۴ () مقادیر مصرف کالا (صدور کالا به خارج از انبار) توسط بخش یا قسمت "موجودیها و صادرات" به بخش مهندسی گزارش می‌شود.
- ۸-۱۴ () لازمست که یک نوع روش کنترل دقیق بر روی کلیه کالاهای انبار، اعم از کالاهای مهم و باارزش یا کالاهائی که با اهمیت و ارزش کمتر اعمال شود.
- ۹-۱۴ () طبیعت کار انبار قطعات یدکی ماشین‌آلات به گونه‌ای است که سرعت مصرف قطعات ثابت و معین نبوده و کاملاً جنبه احتمالی و تصادفی دارد.
- ۱۰-۱۴ () به دلیل تصادفی بودن سرعت مصرف، لازمست مقادیری از قطعات یدکی به صورت ذخیره اطمینان (در حد اقتصادی) در انبار موجود باشد.

تمرینهای مربوط به فصل پانزدهم

- ۱-۱۵ () هنگام تصمیم‌گیری برای انتخاب ماشین‌آلات، معمولاً توجه خریدار به عواملی نظیر ظرفیت ماشین، قیمت ماشین، ... جلب می‌شود، ولی لازمست دقت شود که ماشین‌آلات دارای امکانات فنی پشتیبانی کامل نیز باشند.

- ۱۵-۲ () وجود اسناد و مدارک فنی کامل به معنی بالا بودن "قابلیت اطمینان" سیستم است.
- ۱۵-۳ () وجود استانداردهای متریک به عنوان یک مزیت در این فصل توصیه شده.
- ۱۵-۴ () از عواملی که باعث بالا رفتن عامل "تعمیر پذیری" در سیستم می‌شود، امکان دسترسی سریع به قطعات یدکی آن سیستم است.
- ۱۵-۵ () هر مقدار که بتوان قطعات یدکی را در محدوده جغرافیایی نزدیک‌تری خریداری نمود (مثلاً در داخل شهر یا در داخل استان، ... به جای خرید از خارج از ایران)، می‌توان گفت که "تعمیرپذیری" سیستم بالاتر است.
- ۱۵-۶ () به هر نسبت که قطعات یدکی سیستم ارزان‌تر باشند، می‌توان گفت که عامل تعمیرپذیری سیستم بالاتر است.
- ۱۵-۷ () هر مقدار که ابزار لازم برای سیستم (نظیر آچارها) بیشتر از استانداردهای مورد استفاده همگانی برخوردار باشند، می‌توان گفت که سیستم "قابلیت اطمینان" بالاتری دارد.

تمرینهای مربوط به فصل شانزدهم

- ۱۶-۱ () در این فصل توصیه شده که در امر مدیریت فنی و نگهداری و تعمیرات، همواره از نرم‌افزارهای مربوطه که در بازار قابل خرید است استفاده شود.
- ۱۶-۲ () برای کارخانجات کوچک و متوسط، ظرفیت حافظه و سرعت و امکانات کامپیوترهای شخصی (PC) برای پاسخگویی به نیازهای سیستم مدیریت فنی کافی است.
- ۱۶-۳ () حداکثر تعداد ترمینالهای شبکه (مانیتور یا VDU) در دفتر برنامه‌ریزی نت در این فصل ۲ عدد پیشنهاد شده.
- ۱۶-۴ () یکی از دلایل مهم که کاربرد کامپیوتر را در امور نگهداری و تعمیرات توجیه می‌نماید، احتیاج به دسترسی سریع به اطلاعات در شرایط پیش آمدن خرابیهای اضطراری است.

- ۱۶-۵ () در این فصل به طور کلی پیشنهاد شده که قبل از ایجاد و نصب یک سیستم مکانیزه (کامپیوتری)، لازمست روشهای موردنظر به صورت دستی برای مدتی تجربه شوند و پس از رفع نواقص، به مکانیزه کردن آنها اقدام شود.
- ۱۶-۶ () عامل پویایی سیستم که در این فصل مطرح شده عبارت از آنستکه به دلیل تغییر شرایط محیط بر صنعت (قیمت‌ها، بازار کار، ...) لازمست سیاستها و روشهای نت نیز مرتباً در جهت بهبود و تطبیق با شرایط تغییر یابند.

مسائل مربوط به فصل ۱۷

مسئله ۱-۱۷

تابع توزیع عمر یک دستگاه به صورت زیر است:

$$f(t) = 0.0025e^{-0.0025t} \quad (t \text{ به واحد ساعت})$$

در لحظه $t=0$ دستگاه مشغول به کار می‌شود.

الف: احتمال اینکه دستگاه حداکثر ۴ ساعت بدون خرابی و احتیاج به تعمیرکار کند چند درصد است؟

ب: فرمول قابلیت اطمینان (*Survival* یا *Reliability*) برای این دستگاه را به دست آورید.

ج: احتمال اینکه دستگاه حداقل ۱۰ ساعت بدون خرابی و احتیاج به تعمیرکار کند چند درصد خواهد بود؟

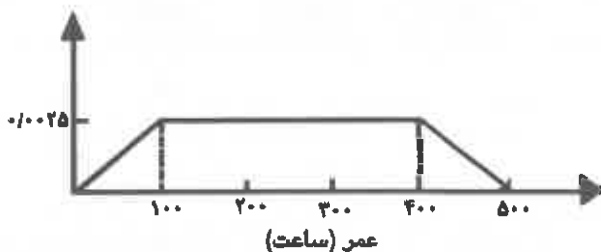
د: فرض شود دستگاه تا این لحظه دقیقاً ۱۲ ساعت بدون خرابی کار کرده باشد. در این لحظه سرعت آنی خرابی (سرعت لحظه‌ای خرابی) دستگاه چه مقدار است؟

مسئله ۲-۱۷

تابع توزیع عمر یک دستگاه مطابق شکل ض ۱-۱۷ است

تا صبح عید نوروز این دستگاه دقیقاً ۳۰۰ ساعت کار کرده.

تعمیرکاری که صبح عید برای مدت ۲۴ ساعت (یک روز) قرار است در کارخانه باشد آرزو می‌کند که ظرف ۲۴ ساعت آینده ماشین خراب نشده و دستهایش کثیف نشود. اتفاقاً ماشین در این ۲۴ ساعت هیچگونه خرابی به بار نیاورد، ولی چند درصد احتمال داشت که آرزوی تعمیرکار برآورده نشود؟



شکل ض ۱-۱۷

مسئله ۳-۱۷

در مسئله ۲-۱۷ فرض شود که در کارخانه به جای یک ماشین، ۳ ماشین کاملاً مشابه که در یک لحظه با یکدیگر راه‌اندازی شده‌اند و تا این لحظه هر سه ۳۰۰ ساعت کار کرده‌اند وجود دارد و مسئولیت تعمیر هر سه ماشین به عهده همین تعمیرکار است. چند درصد احتمال دارد که دستهای تعمیرکار در اثر کار تعمیر روی ماشین در روز عید کثیف شود؟

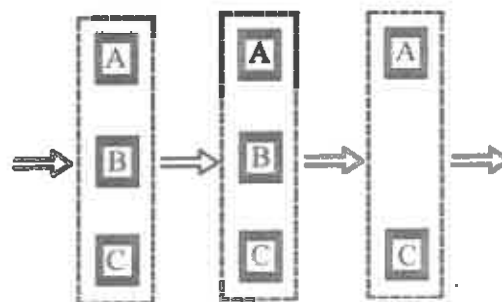
مسائل مربوط به فصل هیجدهم

مسئله ۱-۱۸

قابلیت اطمینان قطعات A تا C به شرح زیر است:

قطعه	A	B	C
قابلیت اطمینان	۰/۸	۰/۹	۰/۶

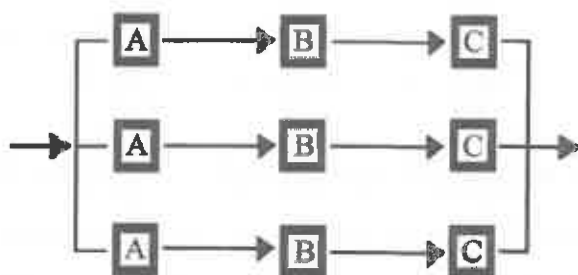
این قطعات با تشکل موازی / متوالی مطابق شکل ض-۱۸-۱ به یکدیگر وابستگی دارند. قابلیت اطمینان کل سیستم را حساب کنید.



شکل ض-۱۸-۱

مسئله ۲-۱۸

قابلیت اطمینان قطعات A، B، C به ترتیب برابر با ۰/۸، ۰/۹ و ۰/۶ است. این قطعات مطابق شکل ض-۱۸-۲ به یکدیگر وابستگی دارند. قابلیت اطمینان کل سیستم را حساب کنید.

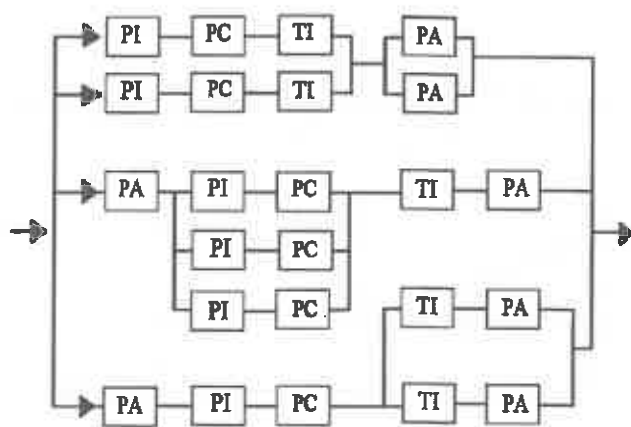


شکل ض-۱۸-۲

مسئله ۳-۱۸

در شکل ض-۱۸-۳، مربوط به مدار کنترل هیدرولیکی یک ماشین، ارتباط قطعات نشان داده شده. قابلیت اطمینان قطعات مطابق جدول صفحه است:

قابلیت اطمینان	نوع وسیله
۰/۹	نشان‌دهنده فشار (PI)
۰/۸	کنترل‌کننده فشار (PC)
۰/۶	نشان‌دهنده حرارت (TI)
۰/۸	تنظیم‌کننده فشار (PA)



شکل ض-۱۸-۳

قابلیت اطمینان مدار کنترل را محاسبه کنید.

مسئله ۴-۱۸

یک سیستم الکترونیکی از دو مدار کوچک مجتمع (IC) به شماره‌های ۱ و ۲ تشکیل شده. این دو مدار به صورت متوالی (سری) به یکدیگر متصل هستند. برای ایجاد قابلیت اطمینان بیشتر ممکنست در کنار هر یک از مدارهای مجتمع، به تعداد مناسب مدار مشابه به صورت موازی نصب شود.

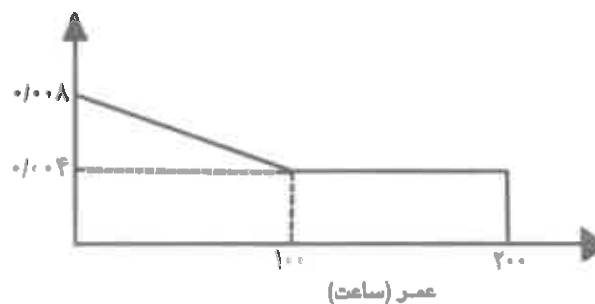
بدیهی است برای کارکرد صحیح سیستم، سالم بودن حداقل یک مدار مجتمع از نوع ۱ و یک مدار مجتمع از نوع ۲ کافی خواهد بود. سیستم باید به صورتی طراحی شود که مجموعاً وزن آن از ۱۰ گرم تجاوز ننماید. قابلیت اطمینان یک واحد از مدارهای مجتمع ۱ و ۲ و همچنین وزن هر مدار (همراه با متعلقات آن) مطابق جدول صفحه بعد است:

شماره مدار	وزن (گرم)	قابلیت اطمینان
مدار ۱	۱/۵	۰/۸
مدار ۲	۲/۰	۰/۶

در این شرایط ترکیب بهینه سیستم (حائز حداکثر قابلیت اطمینان) شامل چند واحد مدار نوع ۱ و چند واحد مدار نوع ۲ بوده و مقدار عددی قابلیت اطمینان چه خواهد بود؟

مسئله ۵-۱۸

تابع چگالی توزیع عمر یک سیستم مطابق شکل ض-۴-۱۸ قابل تقریب است.



شکل ض-۴-۱۸

قابلیت اطمینان سیستم به ازاء عمرهائی مطابق مقادیر الف تا د چه خواهد بود؟
 الف) ۱۰۰ ساعت ب) ۵۰ ساعت ج) ۱۵۰ ساعت د) ۲۵ ساعت

مسئله ۱۸-۶

در سیستم تعریف شده در مسئله ۵، سرعت آنی (لحظه‌ای) خرابی سیستم را به ازاء عمرهائی عمر الف تا د حساب کنید.

مسئله ۱۸-۷

آمار گذشته اعداد مربوط به عمر بعد از هر تعمیر برای یک ماشین را به صورت جدول صفحه بعد نشان می‌دهد:

عمر (ساعت)	۵	۸	۱۳	۲۲	۳۰
تعداد دفعات	۲۰	۱۵	۹	۴	۲

اطلاعات بالا نشان می‌دهد که تابع توزیع عمر ماشین تقریباً نمائی منفی (Neg. Exponential) است. با در نظر گرفتن یک تابع عمر نمائی منفی به سؤالات زیر پاسخ دهید:

الف) متوسط فاصله زمانی بین دو خرابی متوالی (MTBF) چند ساعت است؟

ب) فرکانس یا سرعت خرابی ماشین چند بار در ساعت است؟

ج) قابلیت اطمینان سیستم برای ۱۵ ساعت کار بدون اشکال چند درصد است؟

د) احتمال اینکه سیستم بعد از آخرین تعمیر حداکثر ۲۰ ساعت بدون اشکال کار کند چند درصد است؟

ه) سیستم (ماشین) تا این لحظه ۱۰ ساعت بدون خرابی کار کرده. سرعت آنی (لحظه‌ای) خرابی دستگاه در این لحظه چه مقدار است؟

مسائل مربوط به فصل نوزدهم

مسئله ۱۹-۱

سه کارخانه ریسندگی در مجاور یکدیگر مستقر هستند. تعداد ماشینهای ریسندگی در این سه کارخانه، و آمار مربوط به متوسط عمر ماشینها، و متوسط زمان لازم برای تعمیر ماشینها در این کارخانه به شرح زیر است:

کارخانه	تعداد ماشین	متوسط عمر (ساعت)	زمان لازم برای تعمیر (ساعت)
کارخانه ۱	۸	۱۰۰	۱۰
کارخانه ۲	۱۰	۴۰	۵
کارخانه ۳	۱۶	۳۲۰	۱۲

توابع توزیع عمر و زمان لازم برای تعمیر، هر دو نوع از نمائی هستند. در هر یک از کارخانه‌ها یک نفر تعمیرکار مسئولیت تعمیر ماشین‌ها را به عهده دارد. کدام یک از سه تعمیرکار بیکاری بیشتر، و کدام یک مشغولیت بیشتری دارند؟

مسئله ۱۹-۲

مهندسی نگهداری و تعمیرات فاصله زمانی بهینه برای اعمال تعمیرات پیشگیری برای یک دستگاه پرس هیدرولیکی را ۱۰ هفته تعیین نموده. (کارخانه به صورت دو شیفت، و در هر شیفت ۴۰ ساعت در هفته کار می‌کند). اطلاعات قابل دسترس در مورد زمان هزینه‌ها برای این پرس به شرح زیر است.

- تابع توزیع عمر از نوع ارلانگ با پارامتر $1 = 4$
 - متوسط زمان لازم برای اعمال تعمیرات اضطراری : ۱۰ ساعت
 - متوسط زمان لازم برای اعمال تعمیرات پیشگیری : ۶ ساعت
 - هزینه اعمال هر ساعت تعمیرات اضطراری : ۱۲,۰۰۰ ریال
 - هزینه اعمال هر ساعت تعمیرات پیشگیری : ۶,۰۰۰ ریال
 - هزینه هر ساعت رکود پرس : ۱۰۰,۰۰۰ ریال
- میانگین عمر سیستم چند هفته بوده است؟

مسئله ۱۹-۳

در مسئله ۲ با تغییر هر یک از پارامترهای زیر (با فرض ثابت ماندن سایر پارامترها مطابق مقادیر مسئله ۲)، فاصله زمانی بهینه بین دو تعمیر پیشگیری از مقدار ۸۰۰ ساعت (۱۰ هفته) طولانی‌تر؟ یا کوتاه‌تر خواهد شد؟

الف- تابع توزیع عمر از نوع ارلانگ با پارامتر $\lambda = 8$ شده.

ب- متوسط زمان لازم برای اعمال تعمیرات اضطراری از ۱۰ ساعت بیشتر شده.

ج- متوسط زمان لازم برای اعمال تعمیرات پیشگیری از ۶ ساعت بیشتر شده

د- هزینه اعمال هر ساعت تعمیرات اضطراری از ۱۲,۰۰۰ ریال بیشتر شده

ه- هزینه اعمال هر ساعت تعمیرات پیشگیری از ۶,۰۰۰ ریال بیشتر شده.

و- هزینه هر ساعت رکود ماشین به دلیل خرید یک ماشین مشابه جدید، از ۱۰۰,۰۰۰ ریال به ۸۰,۰۰۰ ریال کاهش یافته.

یادداشت

پاسخ به سئوالات بالا، بدون انجام محاسبات، با استدلال حسی امکان‌پذیر است.

مسئله ۱۹-۴

اتوبوس‌های یک شرکت مسافربری به طور متوسط پس از هر ۱۰ ماه کار دچار خرابی شده و احتیاج به تعمیر خواهند داشت. هر بار که اتوبوسی به خاطر تعمیر متوقف می‌شود به طور میانگین یک ماه طول می‌کشد تا اتوبوس تعمیر شده و وارد سرویس شود. در حال حاضر شرکت مسافربری تعداد ۲۰ دستگاه اتوبوس در اختیار دارد. توابع توزیع عمر و زمان تعمیرات از نوع نمایی هستند.

الف: به طور متوسط از ۲۰ دستگاه اتوبوس چند دستگاه آماده به کار و چند دستگاه در انتظار تعمیر یا تحت تعمیر خواهند بود؟

ب: شرکت برای رفع مشکل کمبود اتوبوسهای آماده به کار تصمیم دارد اقدام به خرید اتوبوسهای مشابه آنچه که هم اکنون در اختیار دارد بنماید. سازمان شرکت تصمیمی برای تغییر سازمان نگهداری و تعمیرات ندارد، و در نتیجه زمان تعمیرات، همان یک ماه خواهد بود.

آیا تصمیم شرکت در خرید اتوبوسهای جدید منطقی است؟

مسئله ۱۹-۵

در یک کارگاه ۸ ماشین مشابه به کار تولیدی در یک نوبت روز کاری ۸ ساعته مشغول هستند. یک تیم تعمیراتی شامل ۵ نفر کارگر مسئولیت تعمیرات ماشینها را به عهده دارند. (مادامی که ماشینها به کار مشغولند احتیاج به کارگر نداشته و به طور خودکار عمل می‌کنند). در این کارگاه براساس قراردادهای استخدامی، در صورتیکه کارگر مشغول به کار باشد دستمزد بیشتری گرفته و بابت ساعات بیکاری دستمزد کمتری دریافت خواهد داشت.

داریم:

دستمزد یک ساعت یک کارگر در حال کار = ۴۰۰ ریال

دستمزد یک ساعت یک کارگر بی کار = ۲۵۰ ریال

هزینه یک ساعت رکود یک ماشین = ۱۲۰۰ ریال

پیشنهاد شده که تعداد کارگران تیم تعمیرات از ۵ نفر به ۲ نفر کاهش یابد. مهندسی نت باید سودآور بودن یا ضرر داشتن انجام این پیشنهاد را بررسی نماید. برای این منظور، علاوه بر اطلاعات بالا، اطلاعات زیر را نیز از اسناد و آمار موجود به دست آورده:

- تابع توزیع عمر ماشینها و تابع توزیع زمان لازم برای تعمیرات هر دو از نوع نمائی منفی (Negative Exponential) هستند، و متوسط عمر ماشینها ۲۰ ساعت تخمین زده می‌شود.

- متوسط زمان لازم برای تعمیرات به ازاء تعداد نفرات تیم تعمیراتی عبارتست از:

$$t_e = \frac{1}{n} \text{ (ساعت)}$$

که در آن n = تعداد کارگر در یک تیم و t_e = متوسط زمان لازم برای تعمیر است.

سیاست کارگاه آنستکه کارگران هر چند نفر که هستند مجموعاً در یک تیم واحد کار کنند. با محاسبه هزینه‌های روزانه کارگاه در حالت فعلی و حالت پیشنهادی و مقایسه این دو هزینه، اقتصادی بودن اجراء این پیشنهاد را بررسی کنید. (هزینه‌ها در هر مورد شامل هزینه‌های دستمزد کارگران در حالت بیکاری، هزینه دستمزد کارگران در حالت مشغولیت، و هزینه رکود ماشین خواهد بود).

مسائل مربوط به فصل بیستم

مسئله ۲۰-۱

تسمه پروانه‌های دارای مقطع A و طول محیط ۱۸۰ میلیمتر به تعداد زیاد در یک کارخانه ریسندگی بر روی ماشینها نصب شده‌اند. متوسط مصرف سالیانه این تسمه پروانه‌ها ۸۰ عدد پیش‌بینی می‌شود. هزینه هر بار سفارش این تسمه پروانه‌ها $۲۰,۰۰۰$ ریال و هزینه نگهداری آنها حدود ۲۰ ریال به ازاء هر عدد تسمه پروانه در سال است. مواجهه با کسری مجاز نیست، به بیان دیگر هزینه کمبود این تسمه پروانه‌ها بسیار زیاد (بی‌نهایت) منظور می‌شود.

هر بار که این تسمه پروانه‌ها برای نگهداری در انبار نت سفارش می‌شوند باید برای مصرف چند سال کارخانه سفارش شوند؟ (مقدار اقتصادی سفارش چه است؟)

مسئله ۲۰-۲

در مسئله ۱ فرض شود به دلیل وجود ماشینهای ریسندگی یدک مواجهه با کسری مجاز بوده و واحد هزینه سالیانه مواجهه با کسری تسمه پروانه‌ها، به ازاء هر یک عدد ۵۰ ریال می‌باشد. در این شرایط مقدار اقتصادی هر بار سفارش چه خواهد بود؟ برای مصرف چند سال؟

مسئله ۲۰-۳

مصرف ماهیانه یک نوع الکتروود جوشکاری که در کارگاه نگهداری و تعمیرات کارخانه ذوب آهن مصرف می‌شود در هر ماه متفاوت بوده و آمار دو سال گذشته مقدار مصرف ماهیانه را مطابق جدول زیر نشان می‌دهد.

تعداد ماه‌هائیکه مصرف این مقدار بوده	مقدار مصرف ماهیانه (کیلوگرم)
۱	۱۰۰
۳	۱۱۰
۶	۱۲۰
۱۰	۱۳۰
۳	۱۴۰
۱	۱۵۰

فاصله زمانی تحویل این الکتروود از لحظه‌ای که درخواست خرید توسط انبار صادر می‌شود تا لحظه‌ای که کالا خریداری شده و به انبار تحویل می‌شود یک ماه است. نقطه سفارش این کالا ۱۳۱ کیلو تعیین شده. میزان اطمینان از موجودی این کالا چند درصد است؟

یادداشت

برای حل این مسئله، هیستوگرام فراوانی مصرف به ازاء مقادیر مختلف مصرف ماهیانه را ترسیم نموده و با محاسبه نسبت مساحت‌های مستطیل‌های سمت چپ نقطه ۱۳۰ به کل مساحت مستطیل‌ها به سوال پاسخ دهید.

مسئله ۲۰-۴

میزان اطمینان از موجودی یک نوع مدار مجتمع (IC) در انبار نت کارخانه‌ای برابر با ۸۰ درصد تعیین شده. این کارخانه به طور متوسط ۲۲ روز در ماه و ۸ ساعت در روز کار می‌کند. نقطه سفارش این مدار مجتمع برابر با ۵ عدد است. از این مدار مجتمع تعداد ۱۰ عدد بر روی سیستم کنترل اتوماتیک یک دستگاه ماشین ریخته‌گری تزریقی نصب شده. آمار نشان می‌دهد که به ازاء هر ۱۰۰,۰۰۰ ساعت کار دستگاه به طور متوسط ۱۱۴ عدد مدار مجتمع خراب می‌شود. تابع توزیع مصرف (خرابی) مدارهای مجتمع نزدیک به پواسون است. تدارکات کارخانه ضمن نامه‌ای از انبار خواسته است که حداکثر فاصله زمانی تحویل این کالا (از لحظه صدور درخواست توسط انبار تا لحظه دریافت توسط انبار) را مشخص نماید. انبار از مهندسی نت خواسته است که در این مورد محاسبات لازم را به عمل آورده و فاصله زمانی تحویل را (به واحد ماه) مشخص نماید.

مسئله ۲۰-۵

یک قطعه بر روی ۴ ماشین A، B، C و D نصب شده. نقطه سفارش این قطعه در کاردکس انبار مرکزی عبارت از ۴۰ عدد می‌باشد. فاصله زمانی تحویل این قطعه (که باید از خارج ایران تهیه شود) ۴ ماه است. کارخانه به طور متوسط ۲۳ روز در ماه کار می‌کند. تعداد قطعات بر روی هر ماشین، سرعت خرابی، و تعداد ساعات کار هر ماشین در شبانه‌روز در جدول صفحه بعد نشان داده شده.

ماشین	تعداد قطعات	سرعت خرابی در ۱۰۰۰ ساعت	تعداد ساعات کار ماشین در شبانه‌روز
A	۱۰	۱	۱۰
B	۲۰	۰/۲	۱۶
C	۲۰	۰/۱	۲۰
D	۲۵	۰/۳	۲۴

تابع توزیع مصرف قطعات به تابع پواسون نزدیک است. میزان اطمینان از موجودی قطعه چند درصد است؟

مسائل مربوط به فصل بیست و یکم

مسئله ۲۱-۱

عملیات جداسازی دسته‌های فلزی از آندهای مصرف شده گرافیتی در یک کارخانه تولید آلومینیوم احتیاج به یک دستگاه مغناطیس الکتریکی دارد. دستگاه موجود در کارخانه کاملاً فرسوده شده ولی ممکن است آن را مجدداً تعمیر و نوسازی نمود. در حال حاضر قیمت فروش اسقاطی دستگاه با توجه به هزینه‌های از جا برداشتن و انتقال دستگاه ناچیز (صفر) ریال تخمین زده می‌شود. هزینه نوسازی دستگاه موجود، ۱۳,۴۰۰,۰۰۰ ریال برآورد شده. هزینه‌های سالیانه تعمیر و بهره‌برداری ۷۰۰,۰۰۰ ریال و هزینه‌های تعمیرات کلی (اساسی) که هر سه سال یک بار روی دستگاه اعمال می‌شود هر بار ۱,۲۰۰,۰۰۰ ریال تخمین زده می‌شود. عمر مفید دستگاه ۱۲ سال برآورد شده و در پایان ۱۲ سال، پس از اعمال تعمیرات کلی، قیمت فروش اسقاطی دستگاه ۲,۲۰۰,۰۰۰ ریال خواهد بود. یک پیمانکار پیشنهاد نموده که عملیات جداسازی دسته‌های آند را کلاً به عهده بگیرد. کارخانه تولید آلومینیوم با این پیشنهاد موافقت کلی خود را اعلام نموده ولی از مهندسی نت خواسته است که مبلغی را که بابت انجام خدمات باید به پیمانکارپردازد به نحوی محاسبه نماید که این مبلغ از هزینه‌هایی که در صورت انجام عملیات توسط خود کارخانه به سازمان تحمیل می‌شد بیشتر نباشد. قرارداد برای مدت ۱۲ سال مداوم امضاء خواهد شد. نرخ بهره مرکب سالیانه ۸ درصد در سال منظور می‌شود.

در این شرایط مبلغ پرداخت سالیانه کارخانه به پیمانکار که باید در قرارداد گنجانیده شود را محاسبه نمایید.

مسئله ۲۱-۲

از وقتی که سیستم الکترولیز کارخانه تولید لوازم خانگی به علت فرسودگی غیر قابل استفاده شده، عملیات آبکاری بدنه‌های پلوه‌ها به کارخانه دیگری واگذار گردیده. هزینه آبکاری بدنه هر پلوه طبق قرارداد ۶۵۰ ریال تعیین گردیده و جمع مبلغ در انتهای هر سال به کارخانه الکترولیز پرداخت می‌شود. تولید سالیانه پلوه‌ها ۴۰,۰۰۰ دستگاه برنامه‌ریزی شده.

مهندسی نگهداری و تعمیرات کارخانه اخیراً به فکر بازسازی سیستم الکترولیز موجود در کارخانه افتاده و مبالغ و هزینه‌های زیر را در انجام تعمیرات و نوسازی و بهره‌برداری از سیستم برآورد نموده:

- هزینه نوسازی کامل سیستم الکترولیز : ۶۰ میلیون ریال
- عمر مفید سیستم پس از نوسازی : ۷ سال
- ارزش اسقاطی در انتهای عمر : ۱۷/۵ میلیون ریال
- هزینه‌های سالیانه نگهداری و تعمیر : ۳ میلیون ریال
- هزینه‌های سالیانه بهره‌برداری : ۸ میلیون ریال
- مالیات سالیانه : ۲ درصد هزینه نوسازی
- هزینه تعمیرات کلی (اساسی) : ۶ میلیون ریال در هر بار (در انتهای سالهای سوم و پنجم)
- هزینه بیمه ۷ ساله : ۲/۳ میلیون ریال قابل پرداخت به طور یک جا در آغاز ۷ سال

در صورتیکه کارخانه اقدام به نوسازی کامل از سیستم بنماید، آیا نسبت به وضعیت فعلی استفاده‌ای خواهد داشت؟ در صورتیکه جواب مثبت مبلغ صرفه‌جویی در سال چه خواهد بود؟ (نرخ بهره به صورت سود مرکب سالیانه = ۸ درصد).

مسائل مربوط به فصل بیست و دوم

مسئله ۲۲-۱

یک ماشین تولیدی دارای سه قطعه مشابه می‌باشد. توزیع عمر احتمالی قطعه مطابق جدول زیر است:

عمر (ماه)	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰
درصد دفعات	۵	۱۰	۲۵	۳۰	۲۵	۵

سیاست تعویض پیشگیری آنستکه هر گاه یک قطعه خراب شد، آن قطعه خراب را همراه با همگی قطعات مشابه که عمرشان به ۱۵ ماه یا بیشتر رسیده عوض کنند. زمانهای لازم برای تعویض قطعه (زمان رکود ماشین) به شرح زیر تخمین زده شده:

• زمان لازم برای تعویض یک قطعه ۲ ساعت

• زمان لازم برای تعویض دو قطعه ۳ ساعت

• زمان لازم برای تعویض سه قطعه ۳/۵ ساعت

هزینه‌های مربوط به تعویض قطعات به شرح زیر برآورد شده:

• هزینه دستمزد هر نفر- ساعت ۵۰۰ ریال

• قیمت یک قطعه ۱۰۰۰ ریال

• هزینه هر ساعت رکود ماشین ۵۰۰۰ ریال

با اعمال تکنیک شبیه‌سازی مونت کارلو (Monte-Carlo) جمع هزینه‌های این سیاست را برای ۷۵ ماه کامل محاسبه کنید. (نمودار زمانی را با تقسیمات ۵ ماهه، ۵۰، ۱۰، ... ترسیم کنید).

اعداد تصادفی در جدول صفحه بعد برای تعیین عمر احتمالی قطعات ۱، ۲ و ۳ در دست است:

قطعه ۳		قطعه ۲		قطعه ۱	
نوبت	عدد تصادفی	نوبت	عدد تصادفی	نوبت	عدد تصادفی
۱	۴۴	۱	۳۷	۱	۷۲
۲	۶۳	۲	۳۲	۲	۳۳
۳	۳	۳	۴۸	۳	۳۹
۴	۲۲	۴	۳۱	۴	۸۶
۵	۹۳	۵	۹۲	۵	۹۲

مسائل مربوط به فصل بیست و سوم

مسئله ۲۳-۱

در یک کارخانه که به طور متوسط ۲۲ روز در ماه کار می‌کند اطلاعات زیر توسط مهندسی نگهداری و تعمیرات به دست آمده:

- متوسط تعداد خرابیهای ماشین‌ها در روز = ۲۵ خرابی
- تعداد ساعات کار در روز = ۸ ساعت
- دستمزد ماهیانه کارگران نت = ۱۰۰,۰۰۰ ریال
- هزینه رکود یک ماشین در یک ساعت = ۵۰۰۰ ریال
- نرخ بهره پول در سال = ۱۰ درصد

لازمست یک سازمان مناسب و اقتصادی برای نگهداری و تعمیرات کارخانه تشکیل شود. دو گزینه متفاوت توسط مدیریت پیشنهاد شده و باید بین این دو گزینه آنکه هزینه ماهیانه کمتری را به کارخانه تحمیل می‌کند انتخاب شود:

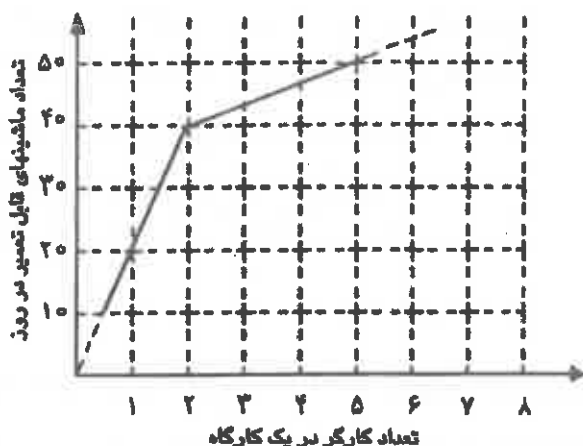
گزینه ۱

در کارخانه ۴ تعمیرگاه مجزا و در هر تعمیرگاه دو نفر کارگر داشته باشند. سرمایه‌گذاری برای تشکیل این ۴ کارگاه جمعاً یک میلیون ۱,۰۰۰,۰۰۰ ریال تخمین زده می‌شود و عمر مفید تجهیزات ۸ سال پیش‌بینی می‌شود.

گزینه ۲

در کارخانه یک تعمیرگاه داشته باشند که در آن ۵ نفر کارگر تعمیرکار به صورت یک تیم واحد کار می‌کنند. سرمایه‌گذاری برای تشکیل این کارگاه ۸۰۰,۰۰۰ ریال تخمین زده می‌شود و عمر مفید تجهیزات ۸ سال پیش‌بینی می‌شود.

ارزش اسقاطی تجهیزات پس از ۸ سال در هر دو گزینه صفر است. سرعت‌های ورود ماشین‌ها برای تعمیر و سرعت‌های انجام تعمیرات به ترتیب نزدیک به پواسون و نمایی منفی هستند. در نمودار شکل ض ۱-۲۳، تعداد متوسط ماشینهای قابل تعمیر در یک روز در مقابل تعداد کارگر در هر کارگاه نشان داده شده.



شکل ض-۱-۲۳

با توجه به اطلاعات داده شده، لازمست ضمن محاسبه هزینه‌های ماهیانه هر یک از دو گزینه، تشکیلات مناسب‌تر برای نگهداری و تعمیرات مشخص شود.

مسئله ۲-۲۳

وزارت راه و ترابری در نظر دارد در نقاط ورود به بزرگراه‌های کشور تعمیرگاه‌های مناسبی را برای تعمیر لاستیک‌های اتومبیل‌های مسافران تأسیس کند. تجهیزاتی که برای این تعمیرگاه‌ها در نظر گرفته شده می‌تواند در روز (از ۸ صبح تا ۸ شب، جمعاً ۱۲ ساعت)، به طور متوسط ۳۰ لاستیک را تعمیر نماید.

در این تعمیرگاه‌ها تنها یک نفر کارگر اشتغال خواهد داشت. برای بزرگراه تهران- قم پیش‌بینی می‌شود که در هر روز ۲۰ اتومبیل برای تعمیر لاستیک که پنجر شده مراجعه نمایند. با توجه به اینکه حجم یا سرعت کار تعمیرگاه ۵۰ درصد بالاتر از تعداد اتومبیل‌هایی است که پیش‌بینی می‌شود برای تعمیر لاستیک مراجعه کنند، بنابراین اظهار نظر شده که مسافری در صف انتظار برای تعمیر نخواهند ماند. لازمست امور مهندسی صنایع و نگهداری و تعمیرات با تحلیل کامل مسئله پاسخ‌های صحیحی ارائه نمایند. ضمن این تحلیل‌ها لازمست عوامل زیر محاسبه شوند:

- الف) تعداد متوسط اتومبیل‌های منتظر تعمیر یا در حال تعمیر
- ب) متوسط زمان معطلی هر اتومبیل (منتظر تعمیر یا در حال تعمیر)
- ج) متوسط تعداد اتومبیل‌های منتظر در صف (قبل از شروع تعمیر)
- د) متوسط زمان انتظار هر اتومبیل در صف (قبل از تعمیر)
- ه) درصد زمانی که تعمیرگاه مشغول به کار خواهد بود.
- و) احتمال اینکه تعمیرگاه بیکار باشد.

مسئله ۲۳-۳

با تحلیل‌های به عمل آمده براساس مسئله ۲۳-۲، مسئولین روابط عمومی در وزارت راه پیشنهاد می‌نمایند که شرایطی فراهم شود که مسافری کمتر در صف انتظار بماند. در این راستا مسئول روابط عمومی در جلسه‌ای اعلام می‌نماید که به ازاء هر یک دقیقه که یک مشتری کمتر در صف بماند، وزارت راه حاضر است هزینه‌ای برابر با ۱۰ ریال را تحمل نماید. در این موقعیت مهندسی نگهداری و تعمیرات پیشنهاد می‌نماید که شرایط اضافه نمودن یک نفر کارگر و مختصری تجهیزات از نظر اقتصادی بررسی گردد. در این حالت دو کارگر به صورت مستقل به تعمیر لاستیک‌ها خواهند پرداخت. هزینه روزانه یک کارگر اضافی و تجهیزات لازم جمعاً ۵۰۰۰ ریال برآورد می‌شود. آیا با توجه به سقف هزینه پیشنهاد شده توسط روابط عمومی وزارت راه، استقرار دو کارگر با تجهیزات در این تعمیرگاه‌ها توجیه‌پذیر است؟

الف) پاسخ‌نامه سئوالات مربوط به فصول اول تا شانزدهم

یادداشت

۱- ص = صحیح غ = غلط

۲- به دانشجویان، خوانندگان، و مدرسین محترم یادآوری می‌شود که در ارزیابی پاسخ‌ها با توجه به اینکه سوالات تستی و دو جوابی است، باید به همان میزان که به یک پاسخ صحیح امتیاز مثبت تعلق می‌گیرد، به همان میزان نیز به یک پاسخ اشتباه نمره منفی تعلق گیرد. (مثلاً در صورتیکه ارزش پاسخ صحیح (+۱) است، ارزش یک پاسخ اشتباه (-۱) خواهد بود). بدیهی است امتیاز متعلقه به تست‌هایی که به آنها پاسخ داده نشود برابر با صفر می‌باشد.

الف- پاسخ به سوالات فصل‌های ۱ تا ۱۶

شماره سوال															شماره فصل
۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
				غ	ص	غ	ص	غ	ص	ص	غ	غ	غ	ص	۱
									غ	ص	ص	غ	ص	غ	۲
غ	غ	غ	غ	غ	ص	غ	غ	غ	ص	غ	ص	غ	غ	ص	۳
				غ	غ	ص	غ	غ	غ	ع	غ	ص	ص	غ	۴
			ص	ص	غ	ص	ص	ص	غ	غ	ص	ص	ص	غ	۵
					ص	غ	غ	غ	ص	غ	غ	ص	غ	ص	۶
					غ	غ	ص	غ	ص	ص	ص	ص	غ	غ	۷
		غ	غ	ص	غ	غ	ص	غ	ص	ص	غ	غ	ص	ع	۸
	غ	غ	ص	ص	ص	ص	غ	ص	غ	غ	غ	ص	غ	غ	۹
							غ	غ	غ	ص	ص	ص	غ	ص	۱۰
							ص	ص	ص	ص	غ	ص	ص	غ	۱۱
	ص	ص	ص	ص	ص	ص	ص	ع	غ	ص	غ	غ	غ	ص	۱۲
							ص	ص	ص	ص	غ	ص	ص	ص	۱۳
					ص	ص	غ	غ	ص	ص	غ	غ	غ	ص	۱۴
								غ	ص	ص	ص	ص	غ	ص	۱۵
									ص	ص	ص	غ	ص	غ	۱۶

(ب) پاسخ‌های مربوط به مسئله‌های فصول هفدهم تا بیست و سوم

فصل هفدهم

مسئله ۱۷-۱

الف) $۶۳/۲$ درصد

ب) $R(t) = e^{-۰/۲۵t}$

ج) $۸/۲۱$ درصد

د) $۰/۲۵$

مسئله ۱۷-۲

۱۶ درصد

مسئله ۱۷-۳

$۴۰/۷$ درصد. (حل مسئله متکی بر اصول احتمالات برای به وقوع پیوستن حداقل یک واقعه از سه واقعه، هر یک با احتمال $۰/۱۶$ یا ۱۶ درصد است).

فصل هیجدهم

مسئله ۱۸-۱

$۰/۹۰۵$ یا $۹۰/۵$ درصد

مسئله ۱۸-۲

$۰/۸۱۷$ یا $۸۱/۷$ درصد

مسئله ۱۸-۳

$۰/۸۷۳$ یا $۸۷/۳$ درصد

مسئله ۴-۱۸

۲ واحد از مدار نوع ۱ و ۳ واحد از مدار نوع ۲
قابلیت اطمینان = $0/899$ یا $89/9$ درصد.

مسئله ۵-۱۸

الف) $0/4$ یا ۴۰ درصد	ب) $0/7$ یا ۷۰ درصد
ج) $0/2$ یا ۲۰ درصد	د) $0/85$ یا ۸۵ درصد

مسئله ۶-۱۸

الف) ۱ خرابی در ۱۰۰ ساعت	ب) $0/85$ خرابی در ۱۰۰ ساعت
ج) ۲ خرابی در ۱۰۰ ساعت	د) $0/82$ خرابی در ۱۰۰ ساعت

مسئله ۷-۱۸

الف) $9/7$ ساعت	ب) $0/103$ خرابی در ساعت یا تقریباً یک خرابی در ۱۰ ساعت
ج) $0/213$ یا $21/13$ درصد	د) $0/8725$ یا $87/25$ درصد

فصل نوزدهم

با توجه به اینکه پاسخ‌ها از روی نمودارها مجاسبه شده‌اند، نتایج تقریبی هستند.

مسئله ۱-۱۹

تعمیرکار کارخانه ۳، بیکاری بیشتر و تعمیرکار کارخانه ۲، مشغولیت بیشتری دارد
درصد تقریبی مشغولیت تعمیرکاران در کارخانه‌های ۱، ۲، و ۳ به ترتیب عبارتست از:

کارخانه ۱ : ۴۵ درصد کارخانه ۲ : ۵۳ درصد کارخانه ۳ : ۴۰ درصد

۴۹۸ برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات (مدیریت فنی در صنایع)

مسئله ۱۹-۲

تقریباً ۷ هفته (حدود ۵۷۰ ساعت)

مسئله ۱۹-۳

در شرایط الف، ب، د، و، کوتاه‌تر می‌شود. در شرایط ج، ه، طولانی‌تر می‌شود.

مسئله ۱۹-۴

الف) ۱۰ دستگاه آماده به کار و ۱۰ دستگاه در انتظار تعمیر یا تحت تعمیر
ب) خیر

مسئله ۱۹-۵

اعداد قابل برداشت از منحنی‌ها کاملاً تقریبی خواهند بود. نتایج تقریبی:

حالت پیشنهادی	حالت فعلی
تعداد ماشینهای آماده = ۴	تعداد ماشینهای آماده = ۶
درصد مشغولیت = ۹۷	درصد مشغولیت = ۶۷
جمع هزینه روزانه = ۴۴۷۲۸	جمع هزینه روزانه = ۳۳۲۲۰

نتیجه: اجراء پیشنهاد مقرون به صرفه نیست.

فصل بیستم

مسئله ۲۰-۱

برای مصرف ۵ سال، ۴۰۰ عدد

مسئله ۲۰-۲

برای مصرف تقریباً ۶ سال، ۴۷۳ عدد

مسئله ۲۰-۳

$\frac{20}{34}$ یا تقریباً ۸۳ درصد

مسئله ۲۰-۴

حدود ۲ ماه (۳۵۰ درصد)

مسئله ۲۰-۵

تقریباً ۸۵ درصد

فصل بیست و یکم

مسئله ۲۱-۱

۲,۸۰۰,۰۰۰ ریال در سال (تقریباً)

مسئله ۲۱-۲

۲,۲۰۰,۰۰۰ ریال صرفه‌جوئی در سال (تقریباً)

فصل بیست و دوم

مسئله ۲۲-۱

۱۲۷,۷۵۰ ریال

فصل بیست و سوم

مسئله ۲۳-۱

گزینه ۱: $W = ۰/۰۲۲$ روز / خرابی

هزینه‌های ماهیانه = ۱,۲۹۹,۶۱۷ ریال

گزینه ۲: $W = ۰/۰۴$ روز / خرابی

هزینه‌های ماهیانه = ۱,۳۹۲,۴۹۳ ریال

نتیجه، گزینه ۱ مقرون به صرفه است.

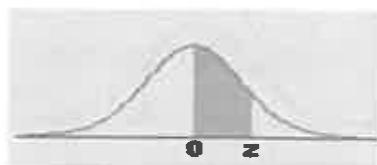
مسئله ۲۳-۲

الف) ۲ اتومبیل	ب) ۷۲ دقیقه
ج) ۱/۳۳ اتومبیل	د) ۴۸ دقیقه
ه) ۶۷ درصد	و) ۳۳ درصد
(از هر ۱۰۰ مشتری که مراجعه می‌کنند ۳۳ نفر ممکنست موقعی برسند که تعمیرگاه بی‌کار باشد).	

مسئله ۲۳-۳

در این شرایط با وجود دو کانال سرویس‌رسانی، متوسط زمان انتظار به ۳ دقیقه می‌رسد. در نتیجه جمعاً $900 = 45 \times 20$ دقیقه در روز از زمان انتظار مشتریان (مسافریان) کاسته می‌شود که برای وزارت راه ۹۰۰۰ ریال ارزش دارد، در حالیکه تنها با اضافه هزینه‌ای برابر با ۵۰۰۰ ریال در روز به این نتیجه رسیده.

ضمیمه ۱



مساحت‌های زیر منحنی نرمال در فاصله بین 0 و Z

(جدول ۱-۱)

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0040	0.0080	0.0120	0.0160	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.1	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.2	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.5	0.1915	0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.6	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2517	0.2549
0.7	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.0	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.2	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.3	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.5	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.6	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.7	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767
2.0	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4812	0.4817
2.1	0.4821	0.4826	0.4830	0.4834	0.4838	0.4842	0.4846	0.4850	0.4854	0.4857
2.2	0.4861	0.4864	0.4868	0.4871	0.4875	0.4878	0.4881	0.4884	0.4887	0.4890
2.3	0.4893	0.4896	0.4898	0.4901	0.4904	0.4906	0.4909	0.4911	0.4913	0.4916
2.4	0.4918	0.4920	0.4922	0.4925	0.4927	0.4929	0.4931	0.4932	0.4934	0.4936
2.5	0.4938	0.4940	0.4941	0.4943	0.4945	0.4946	0.4948	0.4949	0.4951	0.4952
2.6	0.4953	0.4955	0.4956	0.4957	0.4959	0.4960	0.4961	0.4962	0.4963	0.4964
2.7	0.4965	0.4966	0.4967	0.4968	0.4969	0.4970	0.4971	0.4972	0.4973	0.4974
2.8	0.4974	0.4975	0.4976	0.4977	0.4977	0.4978	0.4979	0.4979	0.4980	0.4981
2.9	0.4981	0.4982	0.4982	0.4983	0.4984	0.4984	0.4985	0.4985	0.4986	0.4986
3.0	0.4987	0.4987	0.4987	0.4988	0.4988	0.4989	0.4989	0.4989	0.4990	0.4990

ضمیمہ ۲



ارتفاع زیر منحنی نرمال در نقطه Z

(جدول ۲-۱)

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.3989	0.3989	0.3989	0.3988	0.3986	0.3984	0.3982	0.3980	0.3977	0.3973
0.1	0.3970	0.3965	0.3961	0.3956	0.3951	0.3945	0.3939	0.3932	0.3925	0.3918
0.2	0.3910	0.3902	0.3894	0.3885	0.3876	0.3867	0.3857	0.3847	0.3836	0.3825
0.3	0.3814	0.3802	0.3790	0.3778	0.3765	0.3752	0.3739	0.3725	0.3712	0.3697
0.4	0.3683	0.3668	0.3653	0.3637	0.3621	0.3605	0.3589	0.3572	0.3555	0.3538
0.5	0.3521	0.3503	0.3485	0.3467	0.3448	0.3429	0.3410	0.3391	0.3372	0.3352
0.6	0.3332	0.3312	0.3292	0.3271	0.3251	0.3230	0.3209	0.3187	0.3166	0.3144
0.7	0.3123	0.3101	0.3079	0.3056	0.3034	0.3011	0.2989	0.2966	0.2943	0.2920
0.8	0.2897	0.2874	0.2850	0.2827	0.2803	0.2780	0.2756	0.2732	0.2709	0.2685
0.9	0.2661	0.2637	0.2613	0.2589	0.2565	0.2541	0.2516	0.2492	0.2468	0.2444
1.0	0.2420	0.2396	0.2371	0.2347	0.2323	0.2299	0.2275	0.2251	0.2227	0.2203
1.1	0.2179	0.2155	0.2131	0.2107	0.2083	0.2059	0.2036	0.2012	0.1989	0.1965
1.2	0.1942	0.1919	0.1895	0.1872	0.1849	0.1826	0.1804	0.1781	0.1758	0.1736
1.3	0.1714	0.1691	0.1669	0.1647	0.1626	0.1604	0.1582	0.1561	0.1539	0.1518
1.4	0.1497	0.1476	0.1456	0.1435	0.1415	0.1394	0.1374	0.1354	0.1334	0.1315
1.5	0.1295	0.1276	0.1257	0.1238	0.1219	0.1200	0.1182	0.1163	0.1145	0.1127
1.6	0.1109	0.1092	0.1074	0.1057	0.1040	0.1023	0.1006	0.0989	0.0973	0.0957
1.7	0.0940	0.0925	0.0909	0.0893	0.0878	0.0863	0.0848	0.0833	0.0818	0.0804
1.8	0.0790	0.0775	0.0761	0.0748	0.0734	0.0721	0.0707	0.0694	0.0681	0.0669
1.9	0.0656	0.0644	0.0632	0.0620	0.0608	0.0596	0.0584	0.0573	0.0562	0.0551
2.0	0.0540	0.0529	0.0519	0.0508	0.0498	0.0488	0.0478	0.0468	0.0459	0.0449
2.1	0.0440	0.0431	0.0422	0.0413	0.0404	0.0396	0.0387	0.0379	0.0371	0.0363
2.2	0.0355	0.0347	0.0339	0.0332	0.0325	0.0317	0.0310	0.0303	0.0297	0.0290
2.3	0.0283	0.0277	0.0270	0.0264	0.0258	0.0252	0.0246	0.0241	0.0235	0.0229
2.4	0.0224	0.0219	0.0213	0.0208	0.0203	0.0198	0.0194	0.0189	0.0184	0.0180
2.5	0.0175	0.0171	0.0167	0.0163	0.0158	0.0154	0.0151	0.0147	0.0143	0.0139
2.6	0.0136	0.0132	0.0129	0.0126	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110	0.0107
2.7	0.0104	0.0101	0.0099	0.0096	0.0093	0.0091	0.0088	0.0086	0.0084	0.0081
2.8	0.0079	0.0077	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0067	0.0065	0.0063	0.0061
2.9	0.0060	0.0058	0.0056	0.0055	0.0053	0.0051	0.0050	0.0048	0.0047	0.0046
3.0	0.0044	0.0043	0.0042	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036	0.0035	0.0034
3.1	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026	0.0025	0.0025
3.2	0.0024	0.0023	0.0022	0.0022	0.0021	0.0020	0.0020	0.0019	0.0018	0.0018
3.3	0.0017	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014	0.0013	0.0013
3.4	0.0012	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010	0.0010	0.0009	0.0009
3.5	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0006
3.6	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004
3.7	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
3.8	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
3.9	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001

ضمیمه ۳

ضریب ارزش فعلی (P/F, 1%, n)

(جدول ۳-۱)

n \ i	1%	3%	5%	7%	9%	10%	11%	12%	13%	14%
1	0.9901	0.9709	0.9524	0.9346	0.9174	0.9091	0.9009	0.8929	0.8850	0.8772
2	0.9803	0.9426	0.9070	0.8734	0.8417	0.8264	0.8116	0.7972	0.7831	0.7695
3	0.9706	0.9151	0.8638	0.8163	0.7722	0.7513	0.7312	0.7118	0.6931	0.6750
4	0.9610	0.8885	0.8227	0.7629	0.7084	0.6830	0.6587	0.6355	0.6133	0.5921
5	0.9515	0.8626	0.7835	0.7130	0.6499	0.6209	0.5935	0.5674	0.5428	0.5194
6	0.9420	0.8375	0.7462	0.6663	0.5963	0.5645	0.5346	0.5066	0.4803	0.4556
7	0.9327	0.8131	0.7107	0.6227	0.5470	0.5132	0.4817	0.4523	0.4251	0.3996
8	0.9235	0.7894	0.6768	0.5820	0.5019	0.4665	0.4339	0.4039	0.3762	0.3506
9	0.9143	0.7664	0.6446	0.5439	0.4604	0.4241	0.3909	0.3606	0.3329	0.3075
10	0.9053	0.7441	0.6139	0.5083	0.4224	0.3855	0.3522	0.3220	0.2946	0.2697
11	0.8963	0.7224	0.5847	0.4751	0.3875	0.3505	0.3173	0.2875	0.2607	0.2366
12	0.8874	0.7014	0.5568	0.4440	0.3555	0.3186	0.2858	0.2567	0.2307	0.2076
13	0.8787	0.6810	0.5303	0.4150	0.3262	0.2897	0.2575	0.2292	0.2042	0.1821
14	0.8700	0.6611	0.5051	0.3878	0.2992	0.2633	0.2320	0.2046	0.1807	0.1597
15	0.8613	0.6419	0.4810	0.3624	0.2745	0.2394	0.2090	0.1827	0.1599	0.1401
16	0.8528	0.6232	0.4581	0.3387	0.2519	0.2176	0.1883	0.1631	0.1415	0.1229
17	0.8444	0.6050	0.4363	0.3166	0.2311	0.1978	0.1696	0.1456	0.1252	0.1078
18	0.8360	0.5874	0.4155	0.2959	0.2120	0.1799	0.1528	0.1300	0.1108	0.0946
19	0.8277	0.5703	0.3957	0.2765	0.1945	0.1635	0.1377	0.1164	0.0981	0.0829
20	0.8195	0.5537	0.3769	0.2584	0.1784	0.1486	0.1240	0.1037	0.0868	0.0728
21	0.8114	0.5375	0.3589	0.2415	0.1637	0.1351	0.1117	0.0926	0.0768	0.0638
22	0.8034	0.5219	0.3418	0.2257	0.1502	0.1228	0.1007	0.0826	0.0680	0.0560
23	0.7954	0.5067	0.3256	0.2109	0.1378	0.1117	0.0907	0.0738	0.0601	0.0491
24	0.7876	0.4919	0.3101	0.1971	0.1264	0.1015	0.0817	0.0659	0.0532	0.0431
25	0.7798	0.4776	0.2953	0.1842	0.1160	0.0923	0.0736	0.0588	0.0471	0.0378
26	0.7720	0.4637	0.2812	0.1722	0.1064	0.0839	0.0663	0.0525	0.0417	0.0331
27	0.7644	0.4502	0.2678	0.1609	0.0976	0.0763	0.0597	0.0469	0.0369	0.0291
28	0.7568	0.4371	0.2551	0.1504	0.0895	0.0693	0.0538	0.0419	0.0326	0.0255
29	0.7493	0.4243	0.2429	0.1406	0.0822	0.0630	0.0485	0.0374	0.0289	0.0224
30	0.7419	0.4120	0.2314	0.1314	0.0754	0.0573	0.0437	0.0334	0.0256	0.0196
32	0.7273	0.3883	0.2099	0.1147	0.0634	0.0474	0.0355	0.0266	0.0200	0.0151
34	0.7130	0.3660	0.1904	0.1002	0.0534	0.0391	0.0288	0.0212	0.0157	0.0116
36	0.6989	0.3450	0.1727	0.0875	0.0449	0.0323	0.0234	0.0169	0.0123	0.0089
38	0.6852	0.3252	0.1566	0.0765	0.0378	0.0267	0.0190	0.0135	0.0096	0.0069
40	0.6717	0.3066	0.1420	0.0668	0.0318	0.0221	0.0154	0.0107	0.0075	0.0053
45	0.6391	0.2644	0.1113	0.0476	0.0207	0.0137	0.0091	0.0061	0.0041	0.0027
50	0.6080	0.2281	0.0872	0.0339	0.0134	0.0085	0.0054	0.0035	0.0022	0.0014
60	0.5504	0.1697	0.0535	0.0173	0.0057	0.0033	0.0019	0.0011	0.0007	0.0004
80	0.4511	0.0940	0.0202	0.0045	0.0010	0.0005	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000
100	0.3697	0.0520	0.0076	0.0012	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

ادامه جدول ضریب ارزش فعلی (P/F, 1%, n)

(جدول ۴-۱)

	15%	16%	17%	18%	19%	20%	22%	24%	26%	30%
1	0.8696	0.8621	0.8547	0.8475	0.8403	0.8333	0.8197	0.8065	0.7937	0.7692
2	0.7561	0.7432	0.7305	0.7182	0.7062	0.6944	0.6719	0.6504	0.6299	0.5917
3	0.6575	0.6407	0.6244	0.6086	0.5934	0.5787	0.5507	0.5245	0.4999	0.4552
4	0.5718	0.5523	0.5337	0.5158	0.4987	0.4823	0.4514	0.4230	0.3968	0.3501
5	0.4972	0.4761	0.4561	0.4371	0.4190	0.4019	0.3700	0.3411	0.3149	0.2693
6	0.4323	0.4104	0.3898	0.3704	0.3521	0.3349	0.3033	0.2751	0.2499	0.2072
7	0.3759	0.3538	0.3332	0.3139	0.2959	0.2791	0.2486	0.2218	0.1983	0.1594
8	0.3269	0.3050	0.2848	0.2660	0.2487	0.2326	0.2038	0.1789	0.1574	0.1226
9	0.2843	0.2630	0.2434	0.2255	0.2090	0.1938	0.1670	0.1443	0.1249	0.0943
10	0.2472	0.2267	0.2080	0.1911	0.1756	0.1615	0.1369	0.1164	0.0992	0.0725
11	0.2149	0.1954	0.1778	0.1619	0.1476	0.1346	0.1122	0.0938	0.0787	0.0558
12	0.1869	0.1685	0.1520	0.1372	0.1240	0.1122	0.0920	0.0757	0.0625	0.0429
13	0.1625	0.1452	0.1299	0.1163	0.1042	0.0935	0.0754	0.0610	0.0496	0.0330
14	0.1413	0.1252	0.1110	0.0985	0.0876	0.0779	0.0618	0.0492	0.0393	0.0254
15	0.1229	0.1079	0.0949	0.0835	0.0736	0.0649	0.0507	0.0397	0.0312	0.0195
16	0.1069	0.0930	0.0811	0.0708	0.0618	0.0541	0.0415	0.0320	0.0248	0.0150
17	0.0929	0.0802	0.0693	0.0600	0.0520	0.0451	0.0340	0.0258	0.0197	0.0116
18	0.0808	0.0691	0.0592	0.0508	0.0437	0.0376	0.0279	0.0208	0.0156	0.0089
19	0.0703	0.0596	0.0506	0.0431	0.0367	0.0313	0.0229	0.0168	0.0124	0.0068
20	0.0611	0.0514	0.0433	0.0365	0.0308	0.0261	0.0187	0.0135	0.0098	0.0053
21	0.0531	0.0443	0.0370	0.0309	0.0259	0.0217	0.0154	0.0109	0.0078	0.0040
22	0.0462	0.0382	0.0316	0.0262	0.0218	0.0181	0.0126	0.0088	0.0062	0.0031
23	0.0402	0.0329	0.0270	0.0222	0.0183	0.0151	0.0103	0.0071	0.0049	0.0024
24	0.0349	0.0284	0.0231	0.0188	0.0154	0.0126	0.0085	0.0057	0.0039	0.0018
25	0.0304	0.0245	0.0197	0.0160	0.0129	0.0105	0.0069	0.0046	0.0031	0.0014
26	0.0264	0.0211	0.0169	0.0135	0.0109	0.0087	0.0057	0.0037	0.0025	0.0011
27	0.0230	0.0182	0.0144	0.0115	0.0091	0.0073	0.0047	0.0030	0.0019	0.0008
28	0.0200	0.0157	0.0123	0.0097	0.0077	0.0061	0.0038	0.0024	0.0015	0.0006
29	0.0174	0.0135	0.0105	0.0082	0.0064	0.0051	0.0031	0.0020	0.0012	0.0005
30	0.0151	0.0116	0.0090	0.0070	0.0054	0.0042	0.0026	0.0016	0.0010	0.0004
32	0.0114	0.0087	0.0066	0.0050	0.0038	0.0029	0.0017	0.0010	0.0006	0.0002
34	0.0086	0.0064	0.0048	0.0036	0.0027	0.0020	0.0012	0.0007	0.0004	0.0001
36	0.0065	0.0048	0.0035	0.0026	0.0019	0.0014	0.0008	0.0004	0.0002	0.0001
38	0.0049	0.0036	0.0026	0.0019	0.0013	0.0010	0.0005	0.0003	0.0002	0.0000
40	0.0037	0.0026	0.0019	0.0013	0.0010	0.0007	0.0004	0.0002	0.0001	0.0000
45	0.0019	0.0013	0.0009	0.0006	0.0004	0.0003	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000
50	0.0009	0.0006	0.0004	0.0003	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

ضريب ارزش آينده (F/P, i%, n)

(جدول ۳-۲)

n	1%	3%	5%	7%	9%	10%	11%	12%	13%	14%
1	1.0100	1.0300	1.0500	1.0700	1.0900	1.1000	1.1100	1.1200	1.1300	1.1400
2	1.0201	1.0609	1.1025	1.1449	1.1881	1.2100	1.2321	1.2544	1.2769	1.2996
3	1.0303	1.0927	1.1576	1.2250	1.2950	1.3310	1.3676	1.4049	1.4429	1.4815
4	1.0406	1.1255	1.2155	1.3108	1.4116	1.4641	1.5181	1.5735	1.6305	1.6890
5	1.0510	1.1593	1.2763	1.4026	1.5386	1.6105	1.6851	1.7623	1.8424	1.9254
6	1.0615	1.1941	1.3401	1.5007	1.6771	1.7716	1.8704	1.9738	2.0820	2.1950
7	1.0721	1.2299	1.4071	1.6058	1.8280	1.9487	2.0762	2.2107	2.3526	2.5023
8	1.0829	1.2668	1.4775	1.7182	1.9926	2.1436	2.3045	2.4760	2.6584	2.8526
9	1.0937	1.3048	1.5513	1.8385	2.1719	2.3579	2.5580	2.7731	3.0040	3.2519
10	1.1046	1.3439	1.6289	1.9672	2.3674	2.5937	2.8394	3.1058	3.3946	3.7072
11	1.1157	1.3842	1.7103	2.1049	2.5804	2.8531	3.1518	3.4785	3.8359	4.2262
12	1.1268	1.4258	1.7959	2.2522	2.8127	3.1384	3.4985	3.8960	4.3345	4.8179
13	1.1381	1.4685	1.8856	2.4098	3.0658	3.4523	3.8833	4.3635	4.8980	5.4924
14	1.1495	1.5126	1.9799	2.5785	3.3417	3.7975	4.3104	4.8871	5.5348	6.2613
15	1.1610	1.5580	2.0789	2.7590	3.6425	4.1772	4.7846	5.4736	6.2543	7.1379
16	1.1726	1.6047	2.1829	2.9522	3.9703	4.5950	5.3109	6.1304	7.0673	8.1372
17	1.1843	1.6528	2.2920	3.1588	4.3276	5.0545	5.8951	6.8660	7.9861	9.2765
18	1.1961	1.7024	2.4066	3.3799	4.7171	5.5599	6.5436	7.6900	9.0243	10.5752
19	1.2081	1.7535	2.5270	3.6165	5.1417	6.1159	7.2633	8.6128	10.1974	12.0557
20	1.2202	1.8061	2.6533	3.8697	5.6044	6.7275	8.0623	9.6463	11.5231	13.7435
21	1.2324	1.8603	2.7860	4.1406	6.1088	7.4002	8.9492	10.8038	13.0211	15.6676
22	1.2447	1.9161	2.9253	4.4304	6.6586	8.1403	9.9336	12.1003	14.7138	17.8610
23	1.2572	1.9736	3.0715	4.7405	7.2579	8.9543	11.0263	13.5523	16.6266	20.3616
24	1.2697	2.0328	3.2251	5.0724	7.9111	9.8497	12.2392	15.1786	18.7881	23.2122
25	1.2824	2.0938	3.3864	5.4274	8.6231	10.8347	13.5855	17.0001	21.2305	26.4619
26	1.2953	2.1566	3.5557	5.8074	9.3992	11.9182	15.0799	19.0401	23.9905	30.1666
27	1.3082	2.2213	3.7335	6.2139	10.2451	13.1100	16.7386	21.3249	27.1093	34.3899
28	1.3213	2.2879	3.9201	6.6488	11.1671	14.4210	18.5799	23.8839	30.6335	39.2045
29	1.3345	2.3566	4.1161	7.1143	12.1722	15.8631	20.6237	26.7499	34.6158	44.6931
30	1.3478	2.4273	4.3219	7.6123	13.2677	17.4494	22.8923	29.9599	39.1159	50.9502
32	1.3749	2.5751	4.7649	8.7153	15.7633	21.1138	28.2056	37.5817	49.9471	66.2148
34	1.4026	2.7319	5.2533	9.9781	18.7284	25.5477	34.7521	47.1425	63.7774	86.0528
36	1.4308	2.8983	5.7918	11.4239	22.2512	30.9127	42.8181	59.1356	81.4374	111.834
38	1.4595	3.0748	6.3855	13.0793	26.4367	37.4043	52.7562	74.1797	103.987	145.340
40	1.4889	3.2620	7.0400	14.9745	31.4094	45.2593	65.0009	93.0510	132.782	188.884
45	1.5648	3.7816	8.9850	21.0025	48.3273	72.8905	109.530	163.988	244.641	363.679
50	1.6446	4.3839	11.4674	29.4570	74.3575	117.391	184.565	289.002	450.736	700.233
60	1.8167	5.8916	18.6792	57.9464	176.031	304.482	524.057	897.597	1530.05	2595.92
80	2.2167	10.6409	49.5614	224.234	986.552	2048.40	4225.11	8658.48	17630.9	35677.0
100	2.7048	19.2186	131.501	867.716	5529.04	13780.6	34064.2	83522.3	203163	490326

(جنوری ۲-۳)

n	15%	16%	17%	18%	19%	20%	22%	24%	26%	30%
1	1.1500	1.1600	1.1700	1.1800	1.1900	1.2000	1.2200	1.2400	1.2600	1.3000
2	1.3225	1.3456	1.3689	1.3924	1.4161	1.4400	1.4884	1.5376	1.5876	1.6900
3	1.5209	1.5609	1.6016	1.6430	1.6852	1.7280	1.8158	1.9066	2.0004	2.1970
4	1.7490	1.8106	1.8739	1.9388	2.0053	2.0736	2.2153	2.3642	2.5205	2.8561
5	2.0114	2.1003	2.1924	2.2878	2.3864	2.4883	2.7027	2.9316	3.1758	3.7129
6	2.3131	2.4364	2.5652	2.6996	2.8398	2.9860	3.2973	3.6352	4.0015	4.8268
7	2.6600	2.8262	3.0012	3.1855	3.3793	3.5832	4.0227	4.5077	5.0419	6.2749
8	3.0590	3.2784	3.5115	3.7589	4.0214	4.2998	4.9077	5.5895	6.3528	8.1573
9	3.5179	3.8030	4.1084	4.4355	4.7854	5.1598	5.9874	6.9310	8.0045	10.6045
10	4.0456	4.4114	4.8068	5.2338	5.6947	6.1917	7.3046	8.5944	10.0857	13.7858
11	4.6524	5.1173	5.6240	6.1759	6.7767	7.4301	8.9117	10.6571	12.7080	17.9216
12	5.3503	5.9360	6.5801	7.2876	8.0642	8.9161	10.8722	13.2148	16.0120	23.2981
13	6.1528	6.8858	7.6987	8.5994	9.5964	10.6993	13.2641	16.3863	20.1752	30.2875
14	7.0757	7.9875	9.0075	10.1472	11.4198	12.8392	16.1822	20.3191	25.4207	39.3738
15	8.1371	9.2655	10.5387	11.9737	13.5895	15.4070	19.7423	25.1956	32.0301	51.1859
16	9.3576	10.7480	12.3303	14.1290	16.1715	18.4884	24.0856	31.2426	40.3579	66.5417
17	10.7613	12.4677	14.4265	16.6722	19.2441	22.1861	29.3844	38.7408	50.8510	86.5042
18	12.3755	14.4625	16.8790	19.6733	22.9005	26.6233	35.8490	48.0386	64.0722	112.455
19	14.2318	16.7765	19.7484	23.2144	27.2516	31.9480	43.7358	59.5679	80.7310	146.192
20	16.3665	19.4608	23.1056	27.3930	32.4294	38.3376	53.3576	73.8641	101.721	190.050
21	18.8215	22.5745	27.0336	32.3238	38.5910	46.0051	65.0963	91.5915	128.169	247.065
22	21.6447	26.1864	31.6293	38.1421	45.9233	55.2061	79.4175	113.574	161.492	321.184
23	24.8915	30.3762	37.0062	45.0076	54.6487	66.2474	96.8894	140.831	203.480	417.539
24	28.6252	35.2364	43.2973	53.1090	65.0320	79.4968	118.205	174.631	256.385	542.801
25	32.9190	40.8742	50.6578	62.6686	77.3881	95.3962	144.210	216.542	323.045	705.641
26	37.8568	47.4141	59.2697	73.9490	92.0918	114.475	175.936	268.512	407.037	917.333
27	43.5353	55.0004	69.3455	87.2598	109.589	137.371	214.642	332.955	512.867	1192.5
28	50.0656	63.8004	81.1342	102.967	130.411	164.845	261.864	412.864	646.212	1550.29
29	57.5755	74.0085	94.9271	121.501	155.189	197.814	319.474	511.952	814.228	2015.38
30	66.2118	85.8499	111.065	143.371	184.675	237.376	389.758	634.820	1025.93	2620.00
32	87.5651	115.520	152.036	199.629	261.519	341.822	580.116	976.099	1628.76	4427.79
34	115.805	155.443	208.123	277.964	370.337	492.224	863.444	1500.85	2585.82	7482.97
36	153.152	209.164	284.899	387.037	524.434	708.802	1285.15	2307.71	4105.25	12646.2
38	202.543	281.452	389.998	538.910	742.651	1020.67	1912.82	3548.33	6517.00	24370.1
40	267.864	378.721	533.869	750.378	1051.67	1469.77	2847.04	5455.91	10237.7	39880.0
45	538.769	795.444	1170.48	1716.68	2509.65	3657.26	7694.71	15994.7	32860.5	134107
50	1083.66	1670.70	2566.22	3927.36	5988.91	9100.44	20796.6	46890.4	104358	497929
60	4384.00	7370.20	12335.4	20555.1	34105.0	56347.5	151911	402996		
80	71750.9	143430	285016	563068						
100										

ضریب بازگشت سرمایه (A/P, i%, n)

(جدول ۳-۳)

n	1%	3%	5%	7%	9%	10%	11%	12%	13%	14%
1	1.0100	1.0300	1.0500	1.0700	1.0900	1.1000	1.1100	1.1200	1.1300	1.1400
2	0.5075	0.5226	0.5378	0.5531	0.5685	0.5762	0.5839	0.5917	0.5995	0.6073
3	0.3400	0.3535	0.3672	0.3811	0.3951	0.4021	0.4092	0.4163	0.4235	0.4307
4	0.2563	0.2690	0.2820	0.2952	0.3087	0.3155	0.3223	0.3292	0.3362	0.3432
5	0.2060	0.2184	0.2310	0.2439	0.2571	0.2638	0.2706	0.2774	0.2843	0.2913
6	0.1725	0.1846	0.1970	0.2098	0.2229	0.2296	0.2364	0.2432	0.2502	0.2572
7	0.1486	0.1605	0.1728	0.1856	0.1987	0.2054	0.2122	0.2191	0.2261	0.2332
8	0.1307	0.1425	0.1547	0.1675	0.1807	0.1874	0.1943	0.2013	0.2084	0.2156
9	0.1167	0.1284	0.1407	0.1535	0.1668	0.1736	0.1806	0.1877	0.1949	0.2022
10	0.1056	0.1172	0.1295	0.1424	0.1558	0.1627	0.1698	0.1770	0.1843	0.1917
11	0.0965	0.1081	0.1204	0.1334	0.1469	0.1540	0.1611	0.1684	0.1758	0.1834
12	0.0888	0.1005	0.1128	0.1259	0.1397	0.1468	0.1540	0.1614	0.1690	0.1767
13	0.0824	0.0940	0.1065	0.1197	0.1336	0.1408	0.1482	0.1557	0.1634	0.1712
14	0.0769	0.0885	0.1010	0.1143	0.1284	0.1357	0.1432	0.1509	0.1587	0.1666
15	0.0721	0.0838	0.0963	0.1098	0.1241	0.1315	0.1391	0.1468	0.1547	0.1628
16	0.0679	0.0796	0.0923	0.1059	0.1203	0.1278	0.1355	0.1434	0.1514	0.1596
17	0.0643	0.0760	0.0887	0.1024	0.1170	0.1247	0.1325	0.1405	0.1486	0.1569
18	0.0610	0.0727	0.0855	0.0994	0.1142	0.1219	0.1298	0.1379	0.1462	0.1546
19	0.0581	0.0698	0.0827	0.0968	0.1117	0.1195	0.1276	0.1358	0.1441	0.1527
20	0.0554	0.0672	0.0802	0.0944	0.1095	0.1175	0.1256	0.1339	0.1424	0.1510
21	0.0530	0.0649	0.0780	0.0923	0.1076	0.1156	0.1238	0.1322	0.1408	0.1495
22	0.0509	0.0627	0.0760	0.0904	0.1059	0.1140	0.1223	0.1308	0.1395	0.1483
23	0.0489	0.0608	0.0741	0.0887	0.1044	0.1126	0.1210	0.1296	0.1383	0.1472
24	0.0471	0.0590	0.0725	0.0872	0.1030	0.1113	0.1198	0.1285	0.1373	0.1463
25	0.0454	0.0574	0.0710	0.0858	0.1018	0.1102	0.1187	0.1275	0.1364	0.1455
26	0.0439	0.0559	0.0696	0.0846	0.1007	0.1092	0.1178	0.1267	0.1357	0.1448
27	0.0424	0.0546	0.0683	0.0834	0.0997	0.1083	0.1170	0.1259	0.1350	0.1442
28	0.0411	0.0533	0.0671	0.0824	0.0989	0.1075	0.1163	0.1252	0.1344	0.1437
29	0.0399	0.0521	0.0660	0.0814	0.0981	0.1067	0.1156	0.1247	0.1339	0.1432
30	0.0387	0.0510	0.0651	0.0806	0.0973	0.1061	0.1150	0.1241	0.1334	0.1428
32	0.0367	0.0490	0.0633	0.0791	0.0961	0.1050	0.1140	0.1233	0.1327	0.1421
34	0.0348	0.0473	0.0618	0.0778	0.0951	0.1041	0.1133	0.1226	0.1321	0.1416
36	0.0332	0.0458	0.0604	0.0767	0.0942	0.1033	0.1126	0.1221	0.1316	0.1413
38	0.0318	0.0445	0.0593	0.0758	0.0935	0.1027	0.1121	0.1216	0.1313	0.1410
40	0.0305	0.0433	0.0583	0.0750	0.0930	0.1023	0.1117	0.1213	0.1310	0.1407
45	0.0277	0.0408	0.0563	0.0735	0.0919	0.1014	0.1110	0.1207	0.1305	0.1404
50	0.0255	0.0389	0.0548	0.0725	0.0912	0.1009	0.1106	0.1204	0.1303	0.1402
60	0.0222	0.0361	0.0528	0.0712	0.0905	0.1003	0.1102	0.1201	0.1301	0.1401
80	0.0182	0.0331	0.0510	0.0703	0.0901	0.1000	0.1100	0.1200	0.1300	0.1400
100	0.0159	0.0316	0.0504	0.0701	0.0900	0.1000	0.1100	0.1200	0.1300	0.1400

ادامه جدول ضریب بازگشت سرمایه (هر ۱٪ A/P)

(جدول ۳-۳)

n	15%	16%	17%	18%	19%	20%	22%	24%	26%	30%
1	1.1500	1.1600	1.1700	1.1800	1.1900	1.2000	1.2200	1.2400	1.2600	1.3000
2	0.6151	0.6230	0.6308	0.6387	0.6466	0.6545	0.6705	0.6864	0.7025	0.7348
3	0.4380	0.4453	0.4526	0.4599	0.4673	0.4747	0.4897	0.5047	0.5199	0.5506
4	0.3503	0.3574	0.3645	0.3717	0.3790	0.3863	0.4010	0.4159	0.4310	0.4616
5	0.2983	0.3054	0.3126	0.3198	0.3271	0.3344	0.3492	0.3642	0.3795	0.4106
6	0.2642	0.2714	0.2786	0.2859	0.2933	0.3007	0.3158	0.3311	0.3466	0.3784
7	0.2404	0.2476	0.2549	0.2624	0.2699	0.2774	0.2928	0.3084	0.3243	0.3569
8	0.2229	0.2302	0.2377	0.2452	0.2529	0.2606	0.2763	0.2923	0.3086	0.3419
9	0.2096	0.2171	0.2247	0.2324	0.2402	0.2481	0.2641	0.2805	0.2971	0.3312
10	0.1993	0.2069	0.2147	0.2225	0.2305	0.2385	0.2549	0.2716	0.2886	0.3235
11	0.1911	0.1989	0.2068	0.2148	0.2229	0.2311	0.2478	0.2649	0.2822	0.3177
12	0.1845	0.1924	0.2005	0.2086	0.2169	0.2253	0.2423	0.2596	0.2773	0.3135
13	0.1791	0.1872	0.1954	0.2037	0.2121	0.2206	0.2379	0.2556	0.2736	0.3102
14	0.1747	0.1829	0.1912	0.1997	0.2082	0.2169	0.2345	0.2524	0.2706	0.3078
15	0.1710	0.1794	0.1878	0.1964	0.2051	0.2139	0.2317	0.2499	0.2684	0.3060
16	0.1679	0.1764	0.1850	0.1937	0.2025	0.2114	0.2295	0.2479	0.2666	0.3046
17	0.1654	0.1740	0.1827	0.1915	0.2004	0.2094	0.2278	0.2464	0.2652	0.3035
18	0.1632	0.1719	0.1807	0.1896	0.1987	0.2078	0.2263	0.2451	0.2641	0.3027
19	0.1613	0.1701	0.1791	0.1881	0.1972	0.2065	0.2251	0.2441	0.2633	0.3021
20	0.1598	0.1687	0.1777	0.1868	0.1960	0.2054	0.2242	0.2433	0.2626	0.3016
21	0.1584	0.1674	0.1765	0.1857	0.1951	0.2044	0.2234	0.2426	0.2620	0.3012
22	0.1573	0.1664	0.1756	0.1848	0.1942	0.2037	0.2228	0.2421	0.2616	0.3009
23	0.1563	0.1654	0.1747	0.1841	0.1935	0.2031	0.2223	0.2417	0.2613	0.3007
24	0.1554	0.1647	0.1740	0.1835	0.1930	0.2025	0.2219	0.2414	0.2610	0.3006
25	0.1547	0.1640	0.1734	0.1829	0.1925	0.2021	0.2215	0.2411	0.2608	0.3004
26	0.1541	0.1634	0.1729	0.1825	0.1921	0.2018	0.2213	0.2409	0.2606	0.3003
27	0.1535	0.1630	0.1725	0.1821	0.1917	0.2015	0.2210	0.2407	0.2605	0.3003
28	0.1531	0.1625	0.1721	0.1818	0.1915	0.2012	0.2208	0.2406	0.2604	0.3002
29	0.1527	0.1622	0.1718	0.1815	0.1912	0.2010	0.2207	0.2405	0.2603	0.3001
30	0.1523	0.1619	0.1715	0.1813	0.1910	0.2008	0.2206	0.2404	0.2603	0.3001
32	0.1517	0.1614	0.1711	0.1809	0.1907	0.2006	0.2204	0.2402	0.2602	0.3001
34	0.1513	0.1610	0.1708	0.1806	0.1905	0.2004	0.2203	0.2402	0.2601	0.3000
36	0.1510	0.1608	0.1706	0.1805	0.1904	0.2003	0.2202	0.2401	0.2601	0.3000
38	0.1507	0.1606	0.1704	0.1803	0.1903	0.2002	0.2201	0.2401	0.2600	0.3000
40	0.1506	0.1604	0.1703	0.1802	0.1902	0.2001	0.2201	0.2400	0.2600	0.3000
45	0.1503	0.1602	0.1701	0.1801	0.1901	0.2001	0.2200	0.2400	0.2600	0.3000
50	0.1501	0.1601	0.1701	0.1800	0.1900	0.2000	0.2200	0.2400	0.2600	0.3000
60	0.1500	0.1600	0.1700	0.1800	0.1900	0.2000	0.2200	0.2400	0.2600	0.3000
80	0.1500	0.1600	0.1700	0.1800	0.1900	0.2000	0.2200	0.2400	0.2600	0.3000
100	0.1500	0.1600	0.1700	0.1800	0.1900	0.2000	0.2200	0.2400	0.2600	0.3000

ضریب ارزش فعلی اقساط یکنواخت (P/A, i%, n)

(جدول ۳-۴)

n	1%	3%	5%	7%	9%	10%	11%	12%	13%	14%
1	0.9901	0.9709	0.9524	0.9346	0.9174	0.9091	0.9009	0.8929	0.8850	0.8772
2	1.9704	1.9135	1.8594	1.8080	1.7591	1.7355	1.7125	1.6901	1.6681	1.6467
3	2.9410	2.8286	2.7232	2.6243	2.5313	2.4869	2.4437	2.4018	2.3612	2.3216
4	3.9020	3.7171	3.5460	3.3872	3.2397	3.1699	3.1024	3.0373	2.9745	2.9137
5	4.8534	4.5797	4.3295	4.1002	3.8897	3.7908	3.6959	3.6048	3.5172	3.4331
6	5.7955	5.4172	5.0757	4.7665	4.4859	4.3553	4.2305	4.1114	3.9975	3.8887
7	6.7282	6.2303	5.7864	5.3893	5.0330	4.8684	4.7122	4.5638	4.4226	4.2883
8	7.6517	7.0197	6.4632	5.9713	5.5348	5.3349	5.1461	4.9676	4.7988	4.6389
9	8.5660	7.7861	7.1078	6.5152	5.9952	5.7590	5.5370	5.3282	5.1317	4.9464
10	9.4713	8.5302	7.7217	7.0236	6.4177	6.1446	5.8892	5.6502	5.4262	5.2161
11	10.3676	9.2526	8.3064	7.4987	6.8052	6.4951	6.2065	5.9377	5.6869	5.4527
12	11.2551	9.9540	8.8633	7.9427	7.1607	6.8137	6.4924	6.1944	5.9176	5.6603
13	12.1337	10.6350	9.3936	8.3577	7.4869	7.1034	6.7499	6.4235	6.1218	5.8424
14	13.0037	11.2961	9.8986	8.7455	7.7862	7.3667	6.9819	6.6282	6.3025	6.0021
15	13.8651	11.9379	10.3797	9.1079	8.0607	7.6061	7.1909	6.8109	6.4624	6.1422
16	14.7179	12.5611	10.8378	9.4466	8.3126	7.8237	7.3792	6.9740	6.6039	6.2651
17	15.5623	13.1661	11.2741	9.7632	8.5436	8.0216	7.5488	7.1196	6.7291	6.3729
18	16.3983	13.7535	11.6896	10.0591	8.7556	8.2014	7.7016	7.2497	6.8399	6.4674
19	17.2260	14.3238	12.0853	10.3356	8.9501	8.3649	7.8393	7.3658	6.9380	6.5504
20	18.0456	14.8775	12.4622	10.5940	9.1285	8.5136	7.9633	7.4694	7.0248	6.6231
21	18.8570	15.4150	12.8212	10.8355	9.2922	8.6487	8.0751	7.5620	7.1016	6.6870
22	19.6604	15.9369	13.1630	11.0612	9.4424	8.7715	8.1757	7.6446	7.1695	6.7429
23	20.4558	16.4436	13.4886	11.2722	9.5802	8.8832	8.2664	7.7184	7.2297	6.7921
24	21.2434	16.9355	13.7986	11.4693	9.7066	8.9847	8.3481	7.7843	7.2829	6.8351
25	22.0232	17.4131	14.0939	11.6536	9.8226	9.0770	8.4217	7.8431	7.3300	6.8729
26	22.7952	17.8768	14.3752	11.8258	9.9290	9.1609	8.4881	7.8957	7.3717	6.9061
27	23.5596	18.3270	14.6430	11.9867	10.0266	9.2372	8.5478	7.9426	7.4086	6.9352
28	24.3164	18.7641	14.8981	12.1371	10.1161	9.3066	8.6016	7.9844	7.4412	6.9607
29	25.0658	19.1885	15.1411	12.2777	10.1983	9.3696	8.6501	8.0218	7.4701	6.9830
30	25.8077	19.6004	15.3725	12.4090	10.2737	9.4269	8.6938	8.0552	7.4957	7.0027
32	27.2696	20.3888	15.8027	12.6466	10.4062	9.5264	8.7686	8.1116	7.5383	7.0350
34	28.7027	21.1318	16.1929	12.8540	10.5178	9.6086	8.8293	8.1566	7.5717	7.0599
36	30.1075	21.8323	16.5469	13.0352	10.6118	9.6765	8.8786	8.1924	7.5979	7.0790
38	31.4847	22.4925	16.8679	13.1935	10.6908	9.7327	8.9186	8.2210	7.6183	7.0937
40	32.8347	23.1148	17.1591	13.3317	10.7574	9.7791	8.9511	8.2438	7.6344	7.1050
45	36.0945	24.5187	17.7741	13.6055	10.8812	9.8628	9.0079	8.2825	7.6609	7.1232
50	39.1961	25.7298	18.2559	13.8007	10.9617	9.9148	9.0417	8.3045	7.6752	7.1327
60	44.9550	27.6756	18.9293	14.0392	11.0480	9.9672	9.0736	8.3240	7.6873	7.1401
80	54.8882	30.2008	19.5965	14.2220	11.0998	9.9951	9.0888	8.3324	7.6919	7.1427
100	63.0289	31.5989	19.8479	14.2693	11.1091	9.9993	9.0906	8.3332	7.6923	7.1428

ادامه جدول ضریب ارزش فعلی اقساط یکنواخت (P/A, 1%, n)

(جدول ۳-۴)

n	15%	16%	17%	18%	19%	20%	22%	24%	26%	30%
1	0.8696	0.8621	0.8547	0.8475	0.8403	0.8333	0.8197	0.8065	0.7937	1.3000
2	1.6257	1.6052	1.5852	1.5656	1.5465	1.5278	1.4915	1.4568	1.4235	0.7348
3	2.2832	2.2459	2.2096	2.1743	2.1399	2.1065	2.0422	1.9813	1.9234	0.5506
4	2.8550	2.7982	2.7432	2.6901	2.6386	2.5887	2.4936	2.4043	2.3202	0.4616
5	3.3522	3.2743	3.1993	3.1272	3.0576	2.9906	2.8636	2.7454	2.6351	0.4106
6	3.7845	3.6847	3.5892	3.4976	3.4098	3.3255	3.1669	3.0205	2.8850	0.3784
7	4.1604	4.0386	3.9224	3.8115	3.7057	3.6046	3.4155	3.2423	3.0833	0.3569
8	4.4873	4.3436	4.2072	4.0776	3.9544	3.8372	3.6193	3.4212	3.2407	0.3419
9	4.7716	4.6065	4.4506	4.3030	4.1633	4.0310	3.7863	3.5655	3.3657	0.3312
10	5.0188	4.8332	4.6586	4.4941	4.3389	4.1925	3.9232	3.6819	3.4648	0.3235
11	5.2337	5.0286	4.8364	4.6560	4.4865	4.3271	4.0354	3.7757	3.5435	0.3177
12	5.4206	5.1971	4.9884	4.7932	4.6105	4.4392	4.1274	3.8514	3.6059	0.3135
13	5.5831	5.3423	5.1183	4.9095	4.7147	4.5327	4.2028	3.9124	3.6555	0.3102
14	5.7245	5.4675	5.2293	5.0081	4.8023	4.6106	4.2646	3.9616	3.6949	0.3078
15	5.8474	5.5755	5.3242	5.0916	4.8759	4.6755	4.3152	4.0013	3.7261	0.3060
16	5.9542	5.6685	5.4053	5.1624	4.9377	4.7296	4.3567	4.0333	3.7509	0.3046
17	6.0472	5.7487	5.4746	5.2223	4.9897	4.7746	4.3908	4.0591	3.7705	0.3035
18	6.1280	5.8178	5.5339	5.2732	5.0333	4.8122	4.4187	4.0799	3.7861	0.3027
19	6.1982	5.8775	5.5845	5.3162	5.0700	4.8435	4.4415	4.0967	3.7985	0.3021
20	6.2593	5.9288	5.6278	5.3527	5.1009	4.8696	4.4603	4.1103	3.8083	0.3016
21	6.3125	5.9731	5.6648	5.3837	5.1268	4.8913	4.4756	4.1212	3.8161	0.3012
22	6.3587	6.0113	5.6964	5.4099	5.1486	4.9094	4.4882	4.1300	3.8223	0.3009
23	6.3988	6.0442	5.7234	5.4321	5.1668	4.9245	4.4985	4.1371	3.8273	0.3007
24	6.4338	6.0726	5.7465	5.4509	5.1822	4.9371	4.5070	4.1428	3.8312	0.3006
25	6.4641	6.0971	5.7662	5.4669	5.1951	4.9476	4.5139	4.1474	3.8342	0.3004
26	6.4906	6.1182	5.7831	5.4804	5.2060	4.9563	4.5196	4.1511	3.8367	0.3003
27	6.5135	6.1364	5.7975	5.4919	5.2151	4.9636	4.5243	4.1542	3.8387	0.3003
28	6.5335	6.1520	5.8099	5.5016	5.2228	4.9697	4.5281	4.1566	3.8402	0.3002
29	6.5509	6.1656	5.8204	5.5098	5.2292	4.9747	4.5312	4.1585	3.8414	0.3001
30	6.5660	6.1772	5.8294	5.5168	5.2347	4.9789	4.5338	4.1601	3.8424	0.3001
32	6.5905	6.1959	5.8437	5.5277	5.2430	4.9854	4.5376	4.1624	3.8438	0.3001
34	6.6091	6.2098	5.8541	5.5356	5.2489	4.9898	4.5402	4.1639	3.8447	0.3000
36	6.6231	6.2201	5.8617	5.5412	5.2531	4.9929	4.5419	4.1649	3.8452	0.3000
38	6.6338	6.2278	5.8673	5.5452	5.2561	4.9951	4.5431	4.1655	3.8456	0.3000
40	6.6418	6.2335	5.8713	5.5482	5.2582	4.9966	4.5439	4.1659	3.8458	0.3000
45	6.6543	6.2421	5.8773	5.5523	5.2611	4.9986	4.5449	4.1664	3.8460	0.3000
50	6.6605	6.2463	5.8801	5.5541	5.2623	4.9995	4.5452	4.1666	3.8461	0.3000
60	6.6651	6.2492	5.8819	5.5553	5.2630	4.9999	4.5454	4.1667	3.8462	0.3000
80	6.6666	6.2500	5.8823	5.5555	5.2632	5.0000	4.5455	4.1667	3.8462	0.3000
100	6.6667	6.2500	5.8824	5.5556	5.2632	5.0000	4.5455	4.1667	3.8462	0.3000

ضریب ارزش اقساط یکنواخت با جمع آینده $F(A/F, i\%, n)$

(جدول ۳-۵)

n	i	1%	3%	5%	7%	9%	10%	11%	12%	13%	14%
1		1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
2		0.4975	0.4926	0.4878	0.4831	0.4785	0.4762	0.4739	0.4717	0.4695	0.4673
3		0.3300	0.3235	0.3172	0.3111	0.3051	0.3021	0.2992	0.2963	0.2935	0.2907
4		0.2463	0.2390	0.2320	0.2252	0.2187	0.2155	0.2123	0.2092	0.2062	0.2032
5		0.1960	0.1884	0.1810	0.1739	0.1671	0.1638	0.1606	0.1574	0.1543	0.1513
6		0.1625	0.1546	0.1470	0.1398	0.1329	0.1296	0.1264	0.1232	0.1202	0.1172
7		0.1386	0.1305	0.1228	0.1156	0.1087	0.1054	0.1022	0.0991	0.0961	0.0932
8		0.1207	0.1125	0.1047	0.0975	0.0907	0.0874	0.0843	0.0813	0.0784	0.0756
9		0.1067	0.0984	0.0907	0.0835	0.0768	0.0736	0.0706	0.0677	0.0649	0.0622
10		0.0956	0.0872	0.0795	0.0724	0.0658	0.0627	0.0598	0.0570	0.0543	0.0517
11		0.0865	0.0781	0.0704	0.0634	0.0569	0.0540	0.0511	0.0484	0.0458	0.0434
12		0.0788	0.0705	0.0628	0.0559	0.0497	0.0468	0.0440	0.0414	0.0390	0.0367
13		0.0724	0.0640	0.0565	0.0497	0.0436	0.0408	0.0382	0.0357	0.0334	0.0312
14		0.0669	0.0585	0.0510	0.0443	0.0384	0.0357	0.0332	0.0309	0.0287	0.0266
15		0.0621	0.0538	0.0463	0.0398	0.0341	0.0315	0.0291	0.0268	0.0247	0.0228
16		0.0579	0.0496	0.0423	0.0359	0.0303	0.0278	0.0255	0.0234	0.0214	0.0196
17		0.0543	0.0460	0.0387	0.0324	0.0270	0.0247	0.0225	0.0205	0.0186	0.0169
18		0.0510	0.0427	0.0355	0.0294	0.0242	0.0219	0.0198	0.0179	0.0162	0.0146
19		0.0481	0.0398	0.0327	0.0268	0.0217	0.0195	0.0176	0.0158	0.0141	0.0127
20		0.0454	0.0372	0.0302	0.0244	0.0195	0.0175	0.0156	0.0139	0.0124	0.0110
21		0.0430	0.0349	0.0280	0.0223	0.0176	0.0156	0.0138	0.0122	0.0108	0.0095
22		0.0409	0.0327	0.0260	0.0204	0.0159	0.0140	0.0123	0.0108	0.0095	0.0083
23		0.0389	0.0308	0.0241	0.0187	0.0144	0.0126	0.0110	0.0096	0.0083	0.0072
24		0.0371	0.0290	0.0225	0.0172	0.0130	0.0113	0.0098	0.0085	0.0073	0.0063
25		0.0354	0.0274	0.0210	0.0158	0.0118	0.0102	0.0087	0.0075	0.0064	0.0055
26		0.0339	0.0259	0.0196	0.0146	0.0107	0.0092	0.0078	0.0067	0.0057	0.0048
27		0.0324	0.0246	0.0183	0.0134	0.0097	0.0083	0.0070	0.0059	0.0050	0.0042
28		0.0311	0.0233	0.0171	0.0124	0.0089	0.0075	0.0063	0.0052	0.0044	0.0037
29		0.0299	0.0221	0.0160	0.0114	0.0081	0.0067	0.0056	0.0047	0.0039	0.0032
30		0.0287	0.0210	0.0151	0.0106	0.0073	0.0061	0.0050	0.0041	0.0034	0.0028
32		0.0267	0.0190	0.0133	0.0091	0.0061	0.0050	0.0040	0.0033	0.0027	0.0021
34		0.0248	0.0173	0.0118	0.0078	0.0051	0.0041	0.0033	0.0026	0.0021	0.0016
36		0.0232	0.0158	0.0104	0.0067	0.0042	0.0033	0.0026	0.0021	0.0016	0.0013
38		0.0218	0.0145	0.0093	0.0058	0.0035	0.0027	0.0021	0.0016	0.0013	0.0010
40		0.0205	0.0133	0.0083	0.0050	0.0030	0.0023	0.0017	0.0013	0.0010	0.0007
45		0.0177	0.0108	0.0063	0.0035	0.0019	0.0014	0.0010	0.0007	0.0005	0.0004
50		0.0155	0.0089	0.0048	0.0025	0.0012	0.0009	0.0006	0.0004	0.0003	0.0002
60		0.0122	0.0061	0.0028	0.0012	0.0005	0.0003	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001
80		0.0082	0.0031	0.0010	0.0003	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100		0.0059	0.0016	0.0004	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

ادامه جدول ضریب ارزش اقساط یکنواخت با جمع آینده F (A/F, 1%, n)

(جدول ۳-۵)

n	i	15%	16%	17%	18%	19%	20%	22%	24%	26%	30%
1		1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
2		0.4651	0.4630	0.4608	0.4587	0.4566	0.4545	0.4505	0.4464	0.4425	0.4348
3		0.2880	0.2853	0.2826	0.2799	0.2773	0.2747	0.2697	0.2647	0.2599	0.2506
4		0.2003	0.1974	0.1945	0.1917	0.1890	0.1863	0.1810	0.1759	0.1710	0.1616
5		0.1483	0.1454	0.1426	0.1398	0.1371	0.1344	0.1292	0.1242	0.1195	0.1106
6		0.1142	0.1114	0.1086	0.1059	0.1033	0.1007	0.0958	0.0911	0.0866	0.0788
7		0.0904	0.0876	0.0849	0.0824	0.0799	0.0774	0.0728	0.0684	0.0643	0.0569
8		0.0729	0.0702	0.0677	0.0652	0.0629	0.0606	0.0563	0.0523	0.0486	0.0419
9		0.0596	0.0571	0.0547	0.0524	0.0502	0.0481	0.0441	0.0405	0.0371	0.0312
10		0.0493	0.0469	0.0447	0.0425	0.0405	0.0385	0.0349	0.0316	0.0286	0.0235
11		0.0411	0.0389	0.0368	0.0348	0.0329	0.0311	0.0278	0.0249	0.0222	0.0177
12		0.0345	0.0324	0.0305	0.0286	0.0269	0.0253	0.0223	0.0196	0.0173	0.0135
13		0.0291	0.0272	0.0254	0.0237	0.0221	0.0206	0.0179	0.0156	0.0136	0.0102
14		0.0247	0.0229	0.0212	0.0197	0.0182	0.0169	0.0145	0.0124	0.0106	0.0078
15		0.0210	0.0194	0.0178	0.0164	0.0151	0.0139	0.0117	0.0099	0.0084	0.0060
16		0.0179	0.0164	0.0150	0.0137	0.0125	0.0114	0.0095	0.0079	0.0066	0.0046
17		0.0154	0.0140	0.0127	0.0115	0.0104	0.0094	0.0078	0.0064	0.0052	0.0035
18		0.0132	0.0119	0.0107	0.0096	0.0087	0.0078	0.0063	0.0051	0.0041	0.0027
19		0.0113	0.0101	0.0091	0.0081	0.0072	0.0065	0.0051	0.0041	0.0033	0.0021
20		0.0098	0.0087	0.0077	0.0068	0.0060	0.0054	0.0042	0.0033	0.0026	0.0016
21		0.0084	0.0074	0.0065	0.0057	0.0051	0.0044	0.0034	0.0026	0.0020	0.0012
22		0.0073	0.0064	0.0056	0.0048	0.0042	0.0037	0.0028	0.0021	0.0016	0.0009
23		0.0063	0.0054	0.0047	0.0041	0.0035	0.0031	0.0023	0.0017	0.0013	0.0007
24		0.0054	0.0047	0.0040	0.0035	0.0030	0.0025	0.0019	0.0014	0.0010	0.0006
25		0.0047	0.0040	0.0034	0.0029	0.0025	0.0021	0.0015	0.0011	0.0008	0.0004
26		0.0041	0.0034	0.0029	0.0025	0.0021	0.0018	0.0013	0.0009	0.0006	0.0003
27		0.0035	0.0030	0.0025	0.0021	0.0017	0.0015	0.0010	0.0007	0.0005	0.0003
28		0.0031	0.0025	0.0021	0.0018	0.0015	0.0012	0.0008	0.0006	0.0004	0.0002
29		0.0027	0.0022	0.0018	0.0015	0.0012	0.0010	0.0007	0.0005	0.0003	0.0001
30		0.0023	0.0019	0.0015	0.0013	0.0010	0.0008	0.0006	0.0004	0.0003	0.0001
32		0.0017	0.0014	0.0011	0.0009	0.0007	0.0006	0.0004	0.0002	0.0002	0.0001
34		0.0013	0.0010	0.0008	0.0006	0.0005	0.0004	0.0003	0.0002	0.0001	0.0000
36		0.0010	0.0008	0.0006	0.0005	0.0004	0.0003	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000
38		0.0007	0.0006	0.0004	0.0003	0.0003	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000
40		0.0006	0.0004	0.0003	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
45		0.0003	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50		0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

ضریب ارزش آینده جمع اقساط یکنواخت ($F/A, i\%, n$)

(جدول ۲-۶)

n	1%	3%	5%	7%	9%	10%	11%	12%	13%	14%
1	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
2	2.0100	2.0300	2.0500	2.0700	2.0900	2.1000	2.1100	2.1200	2.1300	2.1400
3	3.0301	3.0909	3.1525	3.2149	3.2781	3.3100	3.3421	3.3744	3.4069	3.4396
4	4.0604	4.1836	4.3101	4.4399	4.5731	4.6410	4.7097	4.7793	4.8498	4.9211
5	5.1010	5.3091*	5.5256	5.7507	5.9847	6.1051	6.2278	6.3528	6.4803	6.6101
6	6.1520	6.4684	6.8019	7.1533	7.5233	7.7156	7.9129	8.1152	8.3227	8.5355
7	7.2135	7.6625	8.1420	8.6540	9.2004	9.4872	9.7833	10.0890	10.4047	10.7305
8	8.2857	8.8923	9.5491	10.2598	11.0285	11.4359	11.8594	12.2997	12.7573	13.2328
9	9.3685	10.1591	11.0266	11.9780	13.0210	13.5795	14.1640	14.7757	15.4157	16.0853
10	10.4622	11.4639	12.5779	13.8164	15.1929	15.9374	16.7220	17.5487	18.4197	19.3373
11	11.5668	12.8078	14.2068	15.7836	17.5603	18.5312	19.5614	20.6546	21.8143	23.0445
12	12.6825	14.1920	15.9171	17.8885	20.1407	21.3843	22.7132	24.1331	25.6502	27.2707
13	13.8093	15.6178	17.7130	20.1406	22.9534	24.5227	26.2116	28.0291	29.9847	32.0887
14	14.9474	17.0863	19.5986	22.5505	26.0192	27.9750	30.0949	32.3926	34.8827	37.5811
15	16.0969	18.5989	21.5786	25.1290	29.3609	31.7725	34.4054	37.2797	40.4175	43.8424
16	17.2579	20.1569	23.6575	27.8881	33.0034	35.9497	39.1899	42.7533	46.6717	50.9804
17	18.4304	21.7616	25.8404	30.8402	36.9737	40.5447	44.5008	48.8837	53.7391	59.1176
18	19.6147	23.4144	28.1324	33.9990	41.3013	45.5992	50.3959	55.7497	61.7251	68.3941
19	20.8109	25.1169	30.5390	37.3790	46.0185	51.1591	56.9395	63.4397	70.7494	78.9692
20	22.0190	26.8704	33.0660	40.9955	51.1601	57.2750	64.2028	72.0524	80.9468	91.0249
21	23.2392	28.6765	35.7193	44.8652	56.7645	64.0025	72.2651	81.6987	92.4699	104.768
22	24.4716	30.5368	38.5052	49.0057	62.8733	71.4027	81.2143	92.5026	105.491	120.436
23	25.7163	32.4529	41.4305	53.4361	69.5319	79.5430	91.1479	104.603	120.205	138.297
24	26.9735	34.4265	44.5020	58.1767	76.7898	88.4973	102.174	118.155	136.831	158.659
25	28.2432	36.4593	47.7271	63.2490	84.7009	98.3471	114.413	133.334	155.620	181.871
26	29.5256	38.5530	51.1135	68.6765	93.3240	109.182	127.999	150.334	176.850	208.333
27	30.8209	40.7096	54.6691	74.4838	102.723	121.100	143.079	169.374	200.841	238.499
28	32.1291	42.9309	58.4026	80.6977	112.968	134.210	159.817	190.699	227.950	272.889
29	33.4504	45.2189	62.3227	87.3465	124.135	148.631	178.397	214.583	258.583	312.094
30	34.7849	47.5754	66.4388	94.4608	136.308	164.494	199.021	241.333	293.199	356.787
32	37.4941	52.5028	75.2988	110.218	164.037	201.138	247.324	304.848	376.516	465.820
34	40.2577	57.7302	85.0670	128.259	196.982	245.477	306.837	384.521	482.903	607.520
36	43.0769	63.2759	95.8363	148.913	236.125	299.127	380.164	484.463	618.749	791.673
38	45.9527	69.1594	107.710	172.561	282.630	364.043	470.511	609.831	792.211	1031.00
40	48.8864	75.4013	120.800	199.635	337.882	442.593	581.826	767.091	1013.70	1342.03
45	56.4811	92.7199	159.700	285.749	525.859	718.905	986.639	1358.23	1874.16	2590.56
50	64.4632	112.797	209.348	406.529	815.084	1163.91	1668.77	2400.02*	3459.51	4994.52
60	81.6697	163.053	353.584	813.520	1944.79	3034.82	4735.07	7471.64	11761.9	18535.1
80	121.672	321.363	971.229	3189.06	10950.6	20474.0	38401.0	72145.7	135615	254828
100	170.481	607.288	2610.03	12381.7	61422.7	137796	309665	696011		

n	15%	16%	17%	18%	19%	20%	22%	24%	26%	30%
1	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
2	2.1500	2.1600	2.1700	2.1800	2.1900	2.2000	2.2200	2.2400	2.2600	2.3000
3	3.4725	3.5056	3.5389	3.5724	3.6061	3.6400	3.7084	3.7776	3.8476	3.9900
4	4.9934	5.0665	5.1405	5.2154	5.2913	5.3680	5.5242	5.6842	5.8480	6.1870
5	6.7424	6.8771	7.0144	7.1542	7.2966	7.4416	7.7396	8.0484	8.3684	9.0431
6	8.7537	8.9775	9.2068	9.4420	9.6830	9.9299	10.4423	10.9801	11.5442	12.7560
7	11.0668	11.4139	11.7720	12.1415	12.5227	12.9159	13.7396	14.6153	15.5458	17.5828
8	13.7268	14.2401	14.7733	15.3270	15.9020	16.4991	17.7623	19.1229	20.5876	23.8577
9	16.7858	17.5185	18.2847	19.0859	19.9234	20.7989	22.6700	24.7125	26.9404	32.0150
10	20.3037	21.3215	22.3931	23.5213	24.7089	25.9587	28.6574	31.6434	34.9449	42.6195
11	24.3493	25.7329	27.1999	28.7551	30.4035	32.1504	35.9620	40.2379	45.0306	56.4053
12	29.0017	30.8502	32.8239	34.9311	37.1802	39.5805	44.8737	50.8950	57.7386	74.3270
13	34.3519	36.7862	39.4040	42.2187	45.2445	48.4966	55.7459	64.1097	73.7506	97.6250
14	40.5047	43.6720	47.1027	50.8180	54.8409	59.1959	69.0100	80.4961	93.9258	127.913
15	47.5804	51.6595	56.1101	60.9653	66.2607	72.0351	85.1922	100.815	119.347	167.286
16	55.7175	60.9250	66.6488	72.9390	79.8502	87.4421	104.935	126.011	151.377	218.472
17	65.0751	71.6730	78.9792	87.0680	96.0218	105.931	129.020	157.253	191.735	285.014
18	75.8364	84.1407	93.4056	103.740	115.266	128.117	158.405	195.994	242.585	371.518
19	88.2118	98.6032	110.285	123.414	138.166	154.740	194.254	244.033	306.658	483.973
20	102.444	115.380	130.033	146.628	165.418	186.688	237.989	303.601	387.389	630.165
21	118.810	134.841	153.139	174.021	197.847	225.026	291.347	377.465	489.110	820.215
22	137.632	157.415	180.172	206.345	236.438	271.031	356.443	469.056	617.278	1067.28
23	159.276	183.601	211.801	244.487	282.362	326.237	435.861	582.630	778.771	1388.46
24	184.168	213.978	248.808	289.494	337.010	392.484	532.750	723.461	982.251	1806.00
25	212.793	249.214	292.105	342.603	402.042	471.981	650.955	898.092	1238.64	2348.80
26	245.712	290.088	342.763	405.272	479.431	567.377	795.165	1114.63	1561.68	3054.44
27	283.569	337.502	402.032	479.221	571.522	681.853	971.102	1383.15	1968.72	3971.70
28	327.104	392.503	471.378	566.481	681.112	819.223	1185.74	1716.10	2481.59	5164.31
29	377.170	456.303	552.512	669.447	811.523	984.068	1447.61	2128.96	3127.80	6714.60
30	434.745	530.312	647.439	790.948	966.712	1181.88	1767.08	2640.92	3942.03	8729.99
32	577.100	715.747	888.449	1103.50	1371.15	1704.11	2632.34	4062.91		

ضميمه ۴

جدول اعداد تصادفي دو رقمي

(جدول ۴-۱)

67	14	84	26	60	18	28	23	52	72	74	71	33	34	95
34	98	9	89	75	25	2	33	17	64	30	24	20	11	19
49	24	29	90	20	14	76	46	10	13	50	10	34	37	15
17	34	14	59	4	66	12	62	95	7	61	67	75	91	61
72	89	45	38	82	21	1	10	72	66	76	19	95	18	84
60	58	96	18	88	7	67	46	89	49	80	92	34	67	80
74	74	70	18	93	82	85	81	23	41	96	89	64	24	10
54	80	73	51	21	2	66	95	2	30	72	70	55	52	3
24	45	8	91	58	27	69	43	76	27	21	48	88	78	99
50	66	21	95	70	68	12	94	47	79	88	36	14	76	16
24	94	21	50	67	9	23	56	69	80	75	53	46	19	86
96	74	32	32	34	53	6	18	76	65	70	43	68	91	73
60	26	96	51	91	51	90	22	49	86	15	83	26	92	89
6	67	60	18	85	45	53	92	52	74	89	38	89	99	36
44	37	34	60	69	79	62	32	32	0	18	21	35	55	31
15	92	30	92	29	26	43	96	63	28	57	88	61	85	85
75	86	5	76	79	57	5	56	86	50	99	62	62	95	23
96	73	99	85	86	98	76	71	63	16	42	98	43	45	99
62	49	39	66	15	59	73	24	13	96	63	57	44	25	73
57	67	48	69	18	23	56	11	66	62	17	33	77	40	77
50	64	91	21	98	63	2	73	24	1	99	3	69	54	78
45	3	41	62	20	74	78	76	39	91	89	72	8	44	86
99	67	28	9	69	74	7	37	29	50	40	50	73	57	97
83	95	57	11	58	26	1	44	84	99	14	76	35	53	92
40	56	89	14	56	64	64	55	23	48	91	8	27	20	4

۵۱۶ برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات (مدیریت فنی در صنایع)

ضمیمه ۵

مقادیر L_q به ازاء مقادیر مختلف λ/μ و تعداد کانال‌های سرویس‌دهنده (N)

(جدول ۵-۱)

تعداد کانالهای سرویس‌دهنده (N)																
λ/μ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0.10	0.0111	0.0003														
0.15	0.0285	0.0008														
0.20	0.0500	0.0020														
0.25	0.0833	0.0040	0.0002													
0.30	0.1286	0.0080	0.0004													
0.35	0.1885	0.0111	0.0008													
0.40	0.2667	0.0167	0.0013													
0.45	0.3662	0.0240	0.0020	0.0002												
0.50	0.5000	0.0333	0.0030	0.0003												
0.55	0.6722	0.0450	0.0044	0.0004												
0.60	0.9000	0.0583	0.0062	0.0006												
0.65	1.2071	0.0768	0.0084	0.0009												
0.70	1.6333	0.0977	0.0112	0.0013	0.0001											
0.75	2.2500	0.1227	0.0147	0.0018	0.0002											
0.80	3.2000	0.1524	0.0189	0.0024	0.0003											
0.85	4.5167	0.1874	0.0240	0.0032	0.0004											
0.90	6.1000	0.2286	0.0300	0.0042	0.0005											
0.95	16.0500	0.2768	0.0371	0.0054	0.0007											
1.00		0.3333	0.0456	0.0068	0.0010	0.0001										
1.20		0.5750	0.0841	0.0159	0.0025	0.0004										
1.40		1.3451	0.1771	0.0325	0.0060	0.0010	0.0002									
1.60		2.8444	0.3129	0.0605	0.0122	0.0023	0.0004									
1.80		7.8737	0.5321	0.1082	0.0228	0.0048	0.0009	0.0002								
2.00			0.8889	0.1739	0.0398	0.0080	0.0019	0.0004	0.0001							
2.20			1.4809	0.2772	0.0689	0.0169	0.0037	0.0008	0.0002							
2.40			2.5586	0.4308	0.1048	0.0286	0.0065	0.0015	0.0003	0.0001						
2.60			4.8328	0.8582	0.1810	0.0427	0.0111	0.0027	0.0008	0.0001						
2.80				1.0002	0.2412	0.0680	0.0180	0.0047	0.0012	0.0003	0.0001					
3.00				1.5283	0.3542	0.0991	0.0282	0.0078	0.0020	0.0005	0.0001					
3.20				2.3857	0.5130	0.1483	0.0428	0.0123	0.0034	0.0009	0.0002					
3.40				3.9081	0.7367	0.2086	0.0633	0.0180	0.0064	0.0015	0.0004	0.0001				
3.60				7.0898	1.0553	0.2948	0.0913	0.0283	0.0085	0.0024	0.0007	0.0002				
3.80					1.5187	0.4118	0.1283	0.0413	0.0129	0.0038	0.0011	0.0003	0.0001			
4.00					2.2166	0.6895	0.1801	0.0690	0.0190	0.0059	0.0017	0.0005	0.0001			
4.20					3.3273	0.7838	0.2476	0.0828	0.0275	0.0088	0.0027	0.0008	0.0002	0.0001		
4.40					5.2882	1.0778	0.3385	0.1143	0.0389	0.0129	0.0041	0.0012	0.0004	0.0001		
4.60					8.2883	1.4889	0.4535	0.1556	0.0542	0.0185	0.0081	0.0018	0.0006	0.0002		
4.80					21.8408	2.0711	0.6073	0.2089	0.0744	0.0281	0.0088	0.0028	0.0009	0.0003	0.0001	
5.00						2.8376	0.8104	0.2786	0.1008	0.0381	0.0128	0.0042	0.0013	0.0004	0.0001	
5.20						4.3009	1.0805	0.3683	0.1345	0.0483	0.0176	0.0081	0.0020	0.0006	0.0002	0.0001
5.40						6.6611	1.4444	0.4833	0.1779	0.0684	0.0243	0.0086	0.0028	0.0008	0.0003	0.0001
5.60							1.8438	0.8314	0.2332	0.0884	0.0331	0.0120	0.0042	0.0014	0.0004	0.0001
5.80							2.8482	0.8226	0.3033	0.1165	0.0445	0.0168	0.0089	0.0020	0.0007	0.0002
6.00							3.8830	1.0709	0.3820	0.1519	0.0681	0.0225	0.0083	0.0029	0.0010	0.0003
6.20							5.2981	1.3988	0.5038	0.1988	0.0779	0.0301	0.0114	0.0041	0.0014	0.0005
6.40							8.0771	1.8306	0.8455	0.2825	0.1010	0.0389	0.0154	0.0057	0.0020	0.0007
6.60								2.4200	0.8249	0.3223	0.1303	0.0824	0.0208	0.0078	0.0029	0.0010
6.80								3.2446	1.0538	0.4082	0.1687	0.0881	0.0273	0.0108	0.0040	0.0014
7.00								4.4472	1.3473	0.5174	0.2119	0.0877	0.0357	0.0142	0.0054	0.0020
7.20								6.3138	1.7289	0.8621	0.2578	0.1120	0.0464	0.0187	0.0073	0.0028
7.40								8.5111	2.2325	0.8204	0.3386	0.1421	0.0597	0.0246	0.0088	0.0038
7.60									2.9118	1.0314	0.4212	0.1791	0.0762	0.0319	0.0130	0.0051
7.80									3.8583	1.2978	0.5253	0.2244	0.0896	0.0410	0.0170	0.0089
8.00									5.2288	1.8367	0.8532	0.2787	0.1218	0.0524	0.0221	0.0091
8.20									7.3444	2.0740	0.8110	0.3471	0.1821	0.0884	0.0284	0.0119
8.40										2.8474	1.0981	0.4291	0.1993	0.0835	0.0363	0.0158
8.60										3.4168	1.2487	0.5288	0.2343	0.1044	0.0480	0.0201
8.80										4.4807	1.8628	0.8502	0.2867	0.1298	0.0578	0.0257
9.00										6.0188	1.9371	0.7981	0.3644	0.1605	0.0724	0.0327
9.20										8.3873	2.4301	0.9780	0.4336	0.1975	0.0899	0.0412
9.40											3.0732	1.2010	0.8280	0.2420	0.1112	0.0518
9.60											3.9321	1.4764	0.8440	0.2863	0.1368	0.0648
9.80											5.1159	1.8170	0.7829	0.3681	0.1674	0.0802
10.00											8.8212	2.2489	0.8809	0.4353	0.2041	0.0890

فهرست مراجع

الف) مراجع فارسی

- ۱- پایان نامه ها
 - ۲- جاردین، ا، ک
 - ۳- حاج شیرمحمدی، علی
 - ۴- حاج شیرمحمدی، علی
 - ۵- حاج شیرمحمدی، علی
 - ۶- حاج شیرمحمدی، علی
 - ۷- حاج شیرمحمدی، علی
 - ۸- حاج شیرمحمدی، علی
 - ۹- حاج شیرمحمدی، علی
- دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی اصفهان، و دانشگاه علوم و صنایع دفاعی، سازمان مدیریت صنعتی.
- "استراتژیهای تعمیرات و نگهداری و قابلیت اطمینانی" ترجمه دکتر محمد حسین سلیمی نمین، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
- "دیدگاههای اصولی در زمینه سازماندهی امور نگهداری و تعمیرات" گزارش فنی، تهیه شده جهت مجتمع فولاد مبارکه، اصفهان
- "اصول برنامه ریزی و کنترل تولید و موجودیها"، انتشارات ارکان اصفهان
- "مدیریت فنی، تروتکنولوژی"، مقاله ارائه شده در اولین کنگره ملی بهرمروری؛ دانشگاه امیرکبیر، تهران
- "روشهای استاندارد در برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات"، دستورالعملهای تهیه شده جهت شرکت سهامی آلومینیوم ایران، (ایرالکو) ۱۳۵۱ تا ۱۳۵۴.
- "برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات بانک ماشین آلات"، گزارش فنی و دستورالعملهای تهیه شده جهت بنیاد مسکن انقلاب اسلامی ایران
- "دیدگاههای قابلیت اطمینان و قابلیت تعمیر در طراحی محصولات" مجموعه مقالات اولین کنگره بین المللی نگهداری و تعمیرات ایران - دانشگاه صنعتی اصفهان.
- سخنرانیهای افتتاحیه، مقالات، و یا یادداشتهای تدریس شده در:
- اولین تا چهارمین همایش های مدیران نت و صنعت فولاد کشور، ذوب آهن اصفهان، شرکت فولاد مبارکه، شرکت فولاد اهواز، ۱۳۷۴ تا ۱۳۷۷.
 - پانزدهمین کنفرانس بین المللی برق - تهران، ۱۳۷۱
 - کنفرانس های ملی نت، تهران
 - اولین تا پنجمین همایش بین المللی مدیران فنی و نت تهران، ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۸.

- ۱۰- حاج شیرمحمدی، علی (ترجمه) "نت بهره‌ور فراگیر"، (TPM)، نوشته Seichi Nakajima، از مؤسسه مهندسی نت ژاپن، (JIPM)، انتشارات ارکان دانش - ۱۳۸۸
- ۱۱- حاج شیرمحمدی، علی (ترجمه) "نت خودگردان در هفت قدم"، نوشته Fumio Gotoh، انتشار توسط شرکت فولاد مبارکه
- ۱۲- داوری، دردانه "نت خودکنترلی"، انتشارات انجمن مدیریت کیفیت ایران
- ۱۳- رستمیان، هوشنگ "نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر" جلد‌های اول و دوم
- ۱۴- سابیر، شرکت سهامی "راهنمای کدگذاری اقلام انبار لوازم یدکی"
- ۱۵- سیدحسینی، محمد "اصول برنامه‌ریزی مهندسی تعمیرات و نگهداری" یادداشتهای درس، دانشگاه علم و صنعت ایران
- ۱۶- فقیه، نظام الدین "مهندسی تعمیرات و نگهداری"، انتشارات نوید شیراز
- ۱۷- کاردان، فاطمه "از نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه تا نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر"، انتشارات عالی
- ۱۸- کرت، مهندسین مشاور چگونگی بهره‌وری به واسطه سازماندهی نگهداری و تعمیرات، ترجمه و تدوین شینی شیخ، دفتر برنامه‌ریزی مجتمع فولاد اهواز
- ۱۹- وایت، ای نگهداری و تعمیرات ترجمه گروه مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی شریف

ب) مراجع خارجی

- 20- Adam, Jr. "Production & Operations Management" Prentice Hall.
- 21- Billy, C, Langley "Plant Maintenance", Prentice Hall.
- 22- Blanchard & Fabricky "Systems Engineering & Analysis" 2nd. Ed. Prentice Hall.
- 23- Blanchard, I, "Logistics Engineering & Management" Prentice Hall,
- 24- Clifton, R, "Principles of Planned Maintenance", Edward Arnold
- 25- Corder, A, "Maintenance Mangement Techniques" Mc-Graw Hill,
- 26- Fourth European Maintenacne Congress, London "Proceedings of the Congress"
- 27- Gertsbakh. I "Models of Preventive Maintenace", North Holland Pub. Co.
- 28- Jardin, A, "Maintenance, Replacement, & Reliability", Pitman Pub.
- 29- Johnson & Fernandes "Simulation of the Number of Spare Engines Required for an Aircraft Fleet", j. Opr. Res. Soc. 1978, Vol. 29
- 30- Law & Sawyer "Manufacturing Systems Characteristics and Their Effects on Planning & Control", Univ. Of Aston, Birmingham,

- 31- Meredith, J, "*The Management of Operations*", John Wiley,
- 32- Miller, Freund & Johnson "*Probability & Statistics for Engineers*", Prentice Hall,
- 33- Morse, P.M "*Queues, Inventories and Maintenance*", John Wiley,
- 34- Riggs, J, "*Production Systems*" John Wiley & Sons,
- 35- Stanir, W, "*Plant Engineering Handbook*", Mc-Graw Hill,
- 36- Taylor, H.M "*Optimal Replacement Under Additive Damage*" Nav. Ref. Quart. Vol. 22, No. 1.
- 37- Technical University of Budapest "*Advanced Studies on Reliability Engineering*" Proceedings of Seminar,
- 38- Thuesen & Fabricky "*Engineering Economy*", 7th. Ed. Prentice Hall,
- 39- UNIDO "*Studies on Maintenance Engineering*" , Intensive Course Materials, Stockholm,.
- 40- White, E, "*Maintenance Planning, Control, & Documentation*" Gower Press,.
- 41- Wild, R "*The Techniques of Production Management*" John Wiley & Sons,.

Industrial Maintenance Planning & Control (Plant Engineering)

New Edition, Including Four New Chapters:

◆ TPM ◆ RCM ◆ CMMS ◆ KPI's



این کتاب در دیست و نود و هفتمین جلد شورای عالی برنامه ریزی وزارت علوم، تحقیقات و فن آوری به عنوان کتاب مرجع برای تدریس در دانشگاه ها و مؤسسات آموزش عالی کشور معرفی شده است. در عین حال به دلیل اجرایی بودن مباحث، کاربرد وسیع کتاب در مؤسسات صنعتی و در بخشهای مدیریت فنی و مدیریت نت مشهود است.

بخش اول کتاب به معرفی مبانی و اصول برنامه ریزی و کنترل امور نگهداری و تعمیرات در صنایع تولیدی، به خصوص بادیگازهای اجرایی در صنعت ایران میپردازد. در بخش دوم اصول محاسبات مهندسی بادیگازهای فنی و اقتصادی ارائه گردیده است. در بخش سوم که در ویرایش جدید به کتاب افزوده شده است، ساختارهای نوین مدیریت نت معرفی شده اند.



انتشارات ارغوان دانش

By: Ali Haj Shirmohammadi

