دانشکده مهندسی
گروه مکانیک

عنوان پایان نامه:

برنامه ریزی همزمان تولید و نگهداری وتعمیرات پیشگیرانه سیستم‌های تولیدی چند ماشینی

توسط : حامد یزدانی

ارائه شده جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد
رشته مهندسی مکانیک- گرایش ساخت وتولید

استاد راهنما:
دکتر فرهاد کلاهان

تابستان ۱۳۸۹

فرم چکیده رساله تحصیلات تکمیلی

نام دانشجو: **حامد** نام خانوادگی دانشجو: **یزدانی**

استاد راهنما: **فرهادکلاهان**

دانشکده: **مهندسی** گروه: **مهندسی مکانیک** گرایش: **ساخت و تولید**

مقطع: **کارشناسی ارشد**

تاریخ دفاع: **۱۳۸۹/۶/۳۱** تعداد صفحات: **۸۰**

عنوان پایان‌نامه: **برنامه ریزی همزمان تولید و نگهداری وتعمیرات پیشگیرانه سیستم‌های تولیدی چند ماشینی**

کلمات کلیدی: **بهینه‌سازی، زمان‌بندی، نت پیشگیرانه، قابلیت اطمینان، الگوریتم تبرید تدریجی.**

چکیده:

برنامه‌ریزی یک سیستم تولیدی هنگامی کارآمد و مؤثر است که خصوصیات، توانمندی‌ها و محدودیت‌های آن سیستم به دقت بررسی شده و همچنین معیارها و اولویت‌های مورد نظر به‌گونه‌ای شفاف در برنامه‌ریزی لحاظ گردند. یکی از عوامل تاثیرگذار در یک سیستم تولیدی، فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات (نت) است که معمولا به‌صورت پیشگیرانه و برنامه‌ریزی شده انجام می‌شود. نت پیشگیرانه روشی برای بهبود عملکرد تجهیزات است که به‌منظور جلوگیری از وقوع خرابی‌های اتفاقی انجام می‌گیرد. فعالیت‌های نت مستلزم صرف زمان و هزینه است و بنابراین در فرآیند برنامه‌ریزی تولید می‌بایست لحاظ شود. واضح است که چنانچه روند برنامه‌ریزی نت پیشگیرانه و زمان‌بندی تولید به‌صورت مستقل صورت گیرد، برنامه‌ریزی تولید بهینه نخواهد بود. در این پژوهش سعی شده به‌گونه‌ای مدون و هدفمند مسئله برنامه‌ریزی همزمان تولید و نت پیشگیرانه در یک محیط چند ماشینی مدل‌سازی شده وسپس بکمک الگوریتم تبرید تدریجی حل گردد. تابع چند هدفه این مسئله شامل جمع وزن یافتهٔ موارد زیر است: ۱) هزینه‌های پردازش کارها، ۲) جریمه دیرکرد از موعد تحویل، ۳) هزینه پیاده‌سازی نت پیشگیرانه، ۴) جریمه دیرکرد از موعد نت، ۵) جریمه افت قابلیت اطمینان و ۶) هزینه مرتبط با گستره زمانی تولید. پس از طراحی مدل و انطباق الگوریتم تدریجی، یک مثال عددی متشکل از ۳ ماشین موازی غیرمشابه و ۵۰ کار مستقل با پردازش تک مرحله‌ای، حل گردیده و نتایج بحث شده‌اند. نتایج محاسباتی مبین کارایی و موثر بودن الگوریتم تبرید تدریجی برای حل مسائلِ پیچیده برنامه‌ریزی همزمان تولید و نت پیشگیرانه است. همچنین مقایسه صورت گرفته بین دو حالت برنامه‌ریزی با لحاظ کردن نت و دیگری بدون لحاظ کردن نت، این واقعیت را نشان می‌دهد که افت قابلیت اطمینان ناشی از عدم لحاظ کردن نت پیشگیرانه، بطور قابل توجهی در افزایش هزینه‌های کلی سیستم موثر است.

اصالت اثر

اینجانب **حامد یزدانی** تأیید می‌نمایم مطالب مندرج در این پایان‌نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب بوده و در صورت استفاده موردی از دست‌آوردهای پژوهشی دیگران مطابق مقررات با آنها ارجاع شده است. این پایان‌نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرکی هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

امضاء دانشجو

حامد یزدانی **تاریخ**

امضاء استاد راهنما

فرهاد کلاهان **تاریخ**

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

در اینجا بر خود واجب می‌دانم تا از زحمات بی‌دریغ و دلسوزانه استاد ارجمند جناب دکتر فرهاد کلاهان کمال تشکر را داشته باشم.

فهرست مطالب

ردیف	عنوان	صفحه
۱	**فصل ۱ : مقدمه**	۱
۱-۱	اهمیت برنامه‌ریزی در تولید	۱
۱-۲	اهمیت نت پیشگیرانه در تولید	۲
۱-۳	لزوم تلفیق برنامه‌ریزی تولید و نت پیشگیرانه	۲
۱-۴	طرح مسئله و اهداف پژوهش	۳
۱-۵	ترتیب ارائه پایان‌نامه	۴
۲	**فصل ۲ : مبانی نت**	۵
۲-۱	تعریف و تاریخچه نت	۵
۲-۲	نقش تغییرات تکنولوژیکی	۶
۲-۳	انواع نت	۷
۲-۴	مسائل نت : قطعی و احتمالی	۹
۲-۵	مراحل سه‌گانه از کارافتادگی	۱۰
۲-۶	نت پیشگیرانه	۱۲
۲-۶-۱	اهمیت نت پیشگیرانه	۱۲
۲-۷	ادبیات موضوعی	۱۳
۲-۸	رویکردهای برنامه‌ریزی نت	۱۴
۲-۹	معیارهای برنامه‌ریزی نت	۱۶
۲-۱۰	محدودیت‌ها در برنامه‌ریزی نت	۱۷
۲-۱۱	جمع‌بندی	۱۸
۳	**فصل ۳ : برنامه‌ریزی تولید**	۲۰
۳-۱	مقدمه	۲۰
۳-۲	انواع سیستم‌های تولیدی	۲۰
۳-۲-۱	سیستم تولید انبوه	۲۱
۳-۲-۲	سیستم تولید دسته‌ای	۲۱
۳-۲-۳	سیستم تولید سفارشی یا کارگاهی	۲۱
۳-۲-۴	سیستم تولید پروژه‌ای	۲۱
۳-۳	برنامه‌ریزی تولید	۲۲
۳-۳-۱	معیارهای برنامه‌ریزی تولید	۲۳
۳-۳-۲	زمان‌بندی	۲۴
۳-۳-۳	برنامه‌ریزی تولید ماشین‌های موازی	۲۶
۳-۴	ادبیات موضوعی	۲۹
۳-۵	جمع‌بندی	۳۰

٤	**فصل ٤ : تعریف مسئله**	۳۱
۴–۱	مقدمه	۳۱
۴–۲	مشخصات کلی مدل و نمایی کلی از رویکرد حل	۳۱
۴–۳	فرمول‌بندی مسئله	۳۲
۴–۴	جمع‌بندی	۳۸
۵	**فصل ۵ : بهینه‌سازی و الگوریتم تبرید تدریجی**	۳۹
۵–۱	مقدمه	۳۹
۵–۲	مسائل بهینه‌سازی	۳۹
۵–۲–۱	مسائل بهینه‌سازی ترکیبی و پیچیدگی‌های آن	۴۰
۵–۳	روش‌های بهینه‌سازی	۴۱
۵–۴	روش‌های حل مدل	۴۲
۵–۴–۱	روش‌های حل دقیق	۴۲
۵–۴–۲	روش‌های فرا–ابتکاری	۴۳
۵–۵	جستجوگر تبرید تدریجی	۴۵
۵–۵–۱	پارامترهای الگوریتم SA	۴۷
۵–۶	روش پیاده‌سازی مسئله در الگوریتم SA	۵۱
۵–۶–۱	کد کردن جواب‌ها	۵۲
۵–۶–۲	مکانیزم‌های همسایگی	۵۳
۵–۷	جمع‌بندی	۵۶
٦	**فصل ٦ : نتایج عددی**	۵۷
۶–۱	مقدمه	۵۷
۶–۲	سیستم در نظر گرفته شده برای مطالعه موردی	۵۷
۶–۳	نتایج عددی	۵۹
۶–۴	بررسی تاثیر نت پیشگیرانه در تولید	۶۵
۷	**فصل ۷ : نتیجه‌گیری**	۶۷
	پیوست	۷۰
	منابع	77

فهرست اشکال

شماره	عنوان	صفحه
۲-۱	رابطه بین نت پیشگیرانه و نت اصلاحی در یک سیستم تولیدی	۸
۲-۲	منحنی هزینه‌های عملیاتی دستگاه مورد نظر در مسئله‌ای قطعی	۹
۲-۳	منحنی وان – مراحل از کارافتادگی	۱۱
۳-۱	نحوه ارتباط ورودی‌ها و خروجی‌های سیستم‌های تولید	۲۲
۳-۲	آرایشی شماتیک از یک سیستم تولیدی ماشین‌های موازی	۲۷
۳-۳	نمودار گانت سیستمی متشکل از ۷ کار و ۴ ماشین موازی	۲۷
۴-۱	حالات ممکن برای m ماشین موازی و n کار	۳۷
۵-۱	فلوچارت مربوط به نحوه عملکرد الگوریتم SA	۴۸
۵-۲	پیشروی الگوریتم SA در دستیابی به قابلیت اطمینان بالاتر سیستم	۴۹
۵-۳	یک جواب عمومی کد شده	۵۲
۵-۴	نمونه‌ای از کدگذاری و کدگشایی استفاده شده در حل مسئله	۵۳
۵-۵	عملکرد مکانیزم شماره ۱	۵۴
۵-۶	عملکرد مکانیزم شماره ۲	۵۴
۵-۷	عملکرد مکانیزم شماره ۳	۵۵
۵-۸	عملکرد مکانیزم شماره ۴	۵۵
۶-۱	نمایی شماتیک از گانت اجرایی مسئله	۶۰
۶-۲	نمودار همگرایی الگوریتم تبرید تدریجی	۶۱
۶-۳	نمودار گانت جواب مسئله حل شده با الگوریتم SA	۶۳
۶-۴	نمودار گانت جواب مسئله حل شده با الگوریتم SPT	۶۳
۶-۵	نمودار همگرایی الگوریتم با نرخ سرمایش ۰.۹۹	۶۴
۶-۶	نمودار همگرایی الگوریتم با نرخ سرمایش ۰.۹۹۹۹	۶۴

فهرست جداول

شماره	عنوان	صفحه
۶-۱	مشخصات مربوط به کارها	۵۸
۶-۲	مشخصات مربوط به ماشین‌ها	۵۸
۶-۳	مشخصات مربوط به قابلیت اطمینان ماشین ها	۵۹
۶-۴	مقایسه نتایج حاصل از حل با الگوریتم SA و الگوریتم SPT	۶۱
۶-۵	مقایسه زمان و دقت محاسباتی الگوریتم SA با سه مقدار مختلف نرخ سرمایش	۶۵
۶-۶	مقایسه نتایج حاصل از حل با الگوریتم SA با و بدون اعمال کردن نت پیشگیرانه	۶۶

علائم

A_i	عمر ماشین iام
D_j	میزان دیرکرد از موعد تحویل کار jام
Due_j	موعد تحویل کار jام
m	تعداد ماشین‌ها
mk_{cost}	هزینه گستره زمانی تولید $(makespan)$
$MTBF_i$	متوسط زمان بین دو خرابی در ماشین jام
n	تعداد کارها
P_c	هزینه پردازش کارها
P_{dj}	جریمه دیرکرد از موعد تحویل برای کار jام
P_{cij}	هزینه پردازش کار jام روی ماشین iام
Pm_c	هزینه کل پیاده‌سازی PM
Pm_i	هزینه پیاده‌سازی PM روی ماشین iام به ازای هر واحد زمانی
Pr_i	جریمه افت قابلیت اطمینان ماشین iام به ازای هر یک درصد
R_c	جریمه کل افت قابلیت اطمینان
$R_i(t)$	قابلیت اطمینان ماشین iام در لحظه t
R_s	حداقل قابلیت اطمینان مطلوب از پیش تعیین شده
T_c	هزینه کل
Td_c	جریمه کل ناشی از دیرکرد کارها از موعد تحویل
Tpm_c	جریمه کل ناشی از دیرکرد از موعد PM
Tpm_{ci}	جریمه دیرکرد از موعد PM ماشین iام به ازای هر واحد زمانی
t_{pij}	مدت زمان پردازش کار jام روی ماشین iام
tpm_i	مدت زمان اعمال PM روی ماشین iام
V	ارزش زمانی گستره زمانی تولید به ازای هر واحد زمانی
α_i	پارامتر مقیاس
β_i	پارامتر شکل
γ_{ij}	متغیر باینری، چنانچه کار jام به ماشین iام تخصیص پیدا کند برابر ۱ و در غیر این صورت برابر صفر است.
δ_{ij}	متغیر باینری، چنانچه بعد پردازش کار jام روی ماشین i ام روی آن ماشین PM اعمال گردد برابر ۱ و در غیر این صورت برابر صفر است.

فصل ۱

مقدمه

۱-۱ اهمیت برنامه‌ریزی در تولید

برنامه‌ریزی تولید همگام با رشد تکنولوژی و پیدایش و تکوین روش‌های نوین مدیریت، دچار تغییرات بزرگی نسبت به دهه‌ها و حتی سال‌های نه چندان دور شده است. عامل اصلی این تغییرات رقابت روزافزون مؤسسات تولیدی برای بقاء و سودآوری بیشتر بوده و ابزار این تغییرات نیز تکنولوژی برتر به روز شده، و استفاده از دیگر شاخه‌هایی از علم به عنوان منابعی جدید است، که قبلاً کمتر مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

برنامه‌ریزی تولید نوین در سیستم‌های تولید صنعتی برتر در نهایت به سمتی پیش می‌رود که منجر به حذف موجودی مواد اولیه و انبارداری شود. جالب اینکه در افق اینگونه برنامه‌ریزی هوشمندانه افزایش سودآوری و بهره‌وری این سیستم‌های تولیدی نه تنها با تحویل به موقع، رشد کیفیت محصول و مشتری مداری تضادی ندارد که همپوشانی دارد، و این مهم میسر نمی‌شود، جز با شناسایی کامل و جامع مشخصات یک سیستم تولیدی و تمامی امکانات بالفعل و بالقوه موجود با در نظر گرفتن و لحاظ کردن نقاط قوت، ضعف و محدودیت‌های آن سیستم خاص. برنامه‌ریزی تولید برای یک سیستم تولیدی خاص موقعی منتهی به سودآوری مطلوب خواهد شد که مختص آن سیستم با نظر گرفتن واقعیت‌های آن محیط طراحی شده باشد. با توجه به این مطالب لزوم داشتن یک برنامه مناسب تولید برای یک سیستم تولیدی، نه تنها شرط لازم برای سودآوری است، حتی در شرایط شدیداً رقابتی امروزه شرط لازم برای بقا است.

امروزه، ارتباط تنگاتنگ واحدهای موجود در یک سازمان تولیدی باعث شده که برنامه‌ریزی جامع سازمانی جایگزین برنامه‌ریزی تولید گردد. در یک رویکرد جامع تاثیر متقابل سایر بخش‌های سازمان در فرآیند برنامه‌ریزی فعالیت‌های تولیدی لحاظ می‌گردد. در این میان فعالیت‌های تعمیرات و نگهداری (نت) تاثیر زیادی در روند انجام فعالیت‌های تولیدی دارد و از جمله عوامل مهمی است که در مبحث برنامه‌ریزی تولید می‌بایست در نظر گرفته شود.

سیستم تولیدی مورد بررسی در این پژوهش، یک سیستم چند ماشینه موازیِ غیر مشابه است. اینگونه سیستم‌ها از زمره جامع‌ترین و پیچیده‌ترین ساختارها در مدل‌های زمان‌بندی تولید است که توسط آن می‌توان بسیاری از مسائل مرتبط با این زمینه را مدل‌سازی و حل نمود. در ادامه تعریف جامعی از این سیستم‌ها به‌همراه ملزومات و شرایط آن‌ها ارائه شده و لزوم انجام این تحقیق تبیین می‌شود.

۱-۲ اهمیت نت پیشگیرانه[۱] در تولید

برخلاف تعمیرات عادی، که باید درهنگام خرابی به کار گرفته شوند، نت پیشگیرانه می‌تواند از قبل برنامه‌ریزی گردد. این به معنای مدیریت فعال به جای حالت واکنشی است . بدین ترتیب، زمان کاری کارکنان را می‌توان به طوری برنامه‌ریزی کرد، که ماشین برای زمان‌های خواسته شده در دسترس بوده و لطمه‌ای به تولید وارد نشود. با لحاظ کردن مناسب این مدیریت فعال، اضافه کاری می‌تواند حذف گردیده یا کاهش داده شود. خرابی‌های ناگهانی کاهش می‌یابد وکارها در زمانی که باید، انجام می‌پذیرند.

هنگامی که نت پیشگیرانه به‌کار گرفته شود، ساعت‌های لازم برای نگهداری و تعمیرات، درقیاس با حالتی که قبلاً برای نت تصحیح کننده لازم بود؛ کاهش یافته و قابلیت به کارگیری تجهیزات بهبود می‌پذیرد. چنانچه نت پیشگیرانه به‌خوبی به کار گرفته شود؛ عیوب، توسط بازرسی‌های منظم مشخص شده، و قبل از ایجاد خسارات دید و یا توقف تولید مرتفع می‌شوند. به‌طور کلی سرمایه‌گذاری در نت پیشگیرانه، چنانچه به نحوه مناسبی برنامه‌ریزی شده باشد، موجب صرفه‌جویی در هزینه‌ها نسبت به نگهداری و تعمیر در زمان خرابی ناگهانی است.

۱-۳ لزوم تلفیق برنامه ریزی تولید و نت پیشگیرانه

در یک سیستم تولیدی که از اجزاء متعددی تشکیل شده است، تعویض یا تعمیر پیشگیرانه بحرانی‌ترین اجزاء می‌تواند موجب افزایش قابلیت اطمینان سیستم و زمان عملیاتی بودن آن گردد. نت پیشگیرانه اصولا با افزایش قابلیت اطمینان و در دسترس‌پذیری سیستم منجر به کاهش هزینه‌ها و افزایش سود خواهد شد. ازین رو اصولاً طرح‌ریزی و زمان‌بندی نت پیشگیرانه جدای از دیگر عناصر کاهش دهنده هزینه، خصوصاً در سیستم‌های تولیدی با پیچیدگی بالا، غیر معقول و با درجه دقت پایین می‌باشد. در این میان تعیین زمان مناسب انجام فعالیت‌های نت از اهمیت خاصی برخوردار است. در گذشته این سؤال بدون اینکه زمان‌بندی نت با ملزومات زمان‌بندی تولید و محاسبات مرتبط با آن، تطبیق داده شود، جواب داده می‌شد. ولی با رقابت شدیدتر صنایع و نیاز به سودآوری بیشتر و ورود مباحثی چون قابلیت اطمینان و مدیریت ریسک به تولید، شکل و ساختار این دو زمان‌بندی به گونه‌ای تکوین یافتند که در فرآیند برنامه‌ریزی به گونه-

[۱] Preventive Maintenance

ای همزمان طرح‌ریزی شوند. هرچه پیچیدگی ساختار سیستم تولیدی بیشتر شود، لزوم این طرح ریزی توأم نیز بیشتر می‌شود. پس برای بالا بردن دقت مربوط به محاسبه سود و زیان، احتساب و طرح‌ریزی همزمان این دو مهم لاجرم خواهد بود.

۱-٤ طرح مسئله و اهداف پژوهش

مسئله مورد بحث در این پایان‌نامه به طور کلی شامل یک سیستم تولیدی چند ماشینه موازی غیرمشابه است، که باید تعدادی کار مستقل را مورد پردازش قرار دهد. هدف اصلی، ارائه رویکردی مناسب در زمینه برنامه‌ریزی همزمان تولید و نت پیشگیرانه در محیط تولیدی ماشین‌های موازی غیرمشابه است به‌طوری است که مجموع هزینه‌های عملیاتی کمینه شوند. در این تحقیق سعی شده است مؤلفه‌های مهم هزینه‌ای بطور همزمان در نظر گرفته شوند. به‌منظور همسان-سازی پارامترها و لحاظ نمودن اهمیت نسبی آن‌ها، در طراحی مدل ریاضی تمامی پارامترها وزن‌دهی شده‌اند. با توجه به قالب تحقیق تابع هزینه (هدف) شامل مجموع وزن دهی شده موارد زیر است:

۱) هزینه‌های پردازش کارها، ۲) جریمه‌های دیرکرد از موعد تحویل، ۳) هزینه پیاده‌سازی نت پیشگیرانه، ۴) جریمه دیرکرد از موعد انجام نت پیشگیرانه، ۵) جریمه افت قابلیت اطمینان در اثر عدم انجام به‌موقع نت و ۶) هزینه‌های مرتبط با گستره زمانی تولید[۲].

با توجه به معیارهای تشکیل دهنده تابع هدف، برنامه تولیدی که حاصل جواب این مسئله خواهد بود، هر دو مقوله زمان‌بندی تولید (شامل تخصیص و توالی) و زمان‌بندی نت را لحاظ می‌کند. از جمله نکات مهمی که در این پژوهش مورد مطالعه قرار گرفتند، بررسی و کاربرد مفاهیم قابلیت اطمینان در حفظ و پایش سلامت یک سیستم تولیدی به منظور ارتقاء در دسترس‌پذیری و سوددهی آن بوده است. در این راستا، برخی از مولفه‌های هزینه‌ای ارائه شده در مدل، بر اساس مفاهیم قابلیت اطمینان محاسبه و لحاظ شده‌اند.

به‌طورکلی، در طبقه بندی مدل‌های زمان‌بندی تولید، مسئله فوق در گروه مسائل سخت (NP-Hard) جای می‌گیرد. این نوع مسائل با روش‌های حل استاندارد از قبیل شاخه و کران و برنامه‌ریزی خطی قابل حل نمی‌باشند. بنابراین در

[۲] Makespan

این پژوهش از روش فرا–ابتکاری الگوریتم تبرید تدریجی[۳] در حل این مسئله استفاده شده است. بمنظور ارزیابی کارایی روش پیشنهادی، یک مثال عددی با ابعاد نسبتاً بزرگ متشکل از ۵۰ کار و ۳ ماشین ارائه و حل گردیده‌است.

۱-۵ ترتیب ارائه پایان‌نامه

مطالب ارائه شده در نوشتار پیش رو به ترتیب زیر ارائه شده‌اند. در فصل دوم ابتدا انواع رویکردهای نت به صورت اجمالی بررسی شده‌اند. سپس با تأکید بر نت پیشگیرانه و استراتژی‌ها پیاده‌سازی آن، تحقیقات مرتبط در زمینه برنامه-ریزی نت پیشگیرانه مرور شده است. در فصل سوم انواع سیستم‌های تولید صنعتی در نگاهی کلی مورد بررسی قرار گرفته و با مبحث برنامه‌ریزی تولید، مبانی و روش‌های برنامه‌ریزی سیستم‌های تولیدی نوشتار ادامه پیدا می‌کند. پیچیدگی و دشواری زمانبندی تولید مسائل چند هدفه با انواع مختلفی از تصمیم‌گیری نیز به همراه مطالعه تلاش‌های دیگران در زمینه حل اینگونه مسائل دشوار برنامه‌ریزی تولید، در این بخش بیان گردیده است. مدل‌سازی و فرمول‌بندی مسئله، به همراه لزوم استفاده از روش‌های حل غیرمتعارف ریاضی برای حل این مسئله، در فصل چهارم ارائه گردیده است. در فصل پنجم به معرفی الگوریتم‌های فرا–ابتکاری پرداخته شده و از این میان به الگوریتم "تبرید تدریجی" به عنوان یک تکنیک فرا–ابتکاری بر مبنای همسایگی، با تفضیل بیشتری پرداخته شده است. نتایج عددی حاصل از یک مطالعه موردی برای سیستمی متشکل از ۳ ماشین و ۵۰ کار، مطابق با مشخصات ذکر شده مدل در فصل چهارم، در فصل ششم آورده شده است. در فصل هفتم به نتیجه‌گیری‌های کلی از این پژوهش و همچنین جهت‌گیری‌های آینده پرداخته شده است. برخی روابط و توابع قابلیت اطمینان مرتبط با موضوع تحقیق نیز به‌صورت پیوست در انتهای گزارش آمده است.

[۳] Simulated Annealing

فصل ۲

مبانی نت

۲-۱ تعریف و تاریخچه نت

به طور سنتی، نگهداری و تعمیر به مفهوم رفع خرابی است. با این تعریف فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات، محدود به تعمیر و یا تعویض قطعه معیوب خواهد بود که صرفاً پس از مشاهده خرابی صورت می‌پذیرد و اصطلاحاً به نگهداری و تعمیر انفعالی[۱]، نگهداری و تعمیر شکست[۲] و یا نگهداری و تعمیر اصلاحی[۳] معروف می‌باشد. تعریف جدیدتر از نگهداری و تعمیر توسط جرارد[٤]، عبارت است از : " کلیه فعالیت‌هایی که هدف آن نگهداری و یا آماده‌سازی یک آیتم (ماشین و یا یک سیستم) به گونه‌ای که بتواند وظایف خود را به طور کامل انجام دهد، می‌باشد." واضح است که با این تعریف دامنه فعالیت‌ها شامل، فعالیت‌های پیشگیرانه مانند انجام سرویس‌های عمومی، بازرسی‌های دوره‌ای، تعویض پیشگیرانه و کنترل پیوسته شرایط[٥] نیز خواهد بود. بسته به اینکه وظایف در یک سازمان چگونه تقسیم‌بندی شده باشد، فعالیت‌های مذکور ممکن است بین بخش‌های مختلف یک سازمان منحصراً و یا با مشارکت انجام پذیرد. به عنوان مثال در یک سازمان که در آن سیستم نت بهره‌ور فراگیر[٦] ،TPM، پیاده‌سازی شده است؛ سرویس‌های عمومی و بازرسی‌های دوره-ای دستگاه‌ها توسط اپراتورهای مربوطه انجام می‌شود و تعمیرات اساسی توسط دپارتمان نت صورت می‌پذیرد.

با لحاظ ابعاد استراتژیک، نگهداری و تعمیر شامل تصمیمات بلند مدت‌تر دیگری نظیر تصمیمات مربوط به تعویض تجهیزات و انجام اصلاحات در طراحی به‌گونه‌ای که موجب افزایش قابلیت اطمینان در سیستم باشد، نیز خواهد شد. مؤسسه مهندسی نگهداری و تعمیرات استرالیا[۷] ،MESA، در یک تعریف جامع‌تر، نت را این‌گونه تعریف کرده است: "تصمیم‌های مهندسی و فعالیت‌های لازم، کافی و مناسب در جهت بهینه‌سازی توان و قابلیت‌های تعریف شده." در این تعریف منظور از توان و قابلیت، عبارت است از توانمندی انجام یک فعالیت خاص در یک محدوده کارایی تعریف شده. با این تعریف ابعاد مدیریت نگهداری و تعمیر وسیع‌تر خواهد بود، به نحوی که کلیه مراحل دوره حیات ماشین آلات[۸]، کارخانجات و تجهیزات (شامل ارزیابی و انتخاب، تامین، راه اندازی، اجرا و بهره برداری، ارزیابی کارآیی، گسترش و

[۱] Reactive Maintenance
[۲] Breakdown Maintenance
[۳] Corrective maintenance
[٤] geraerde
[٥] Condition Monitoring
[٦] Total Productive Maintenance
[۷] Maintenance Engineering Society of Australia
[۸] Life Cycle

نهایتاً از رده خارج کردن آن‌ها) را در بر خواهد گرفت. با این تعریف مدیریت نگهداری و تعمیر به مفهوم مدیریت دارایی‌های فیزیکی خواهد بود.[۱]

نت را می‌توان از زمان ظهور آن در سال ۱۹۳۰ میلادی تا کنون در قالب سه دوره متوالی بررسی کرد:

۱) دوره اول از سال ۱۹۳۰ تا قبل از آغاز جنگ جهانی دوم می‌باشد. در آن زمان صنعت به صورت فعلی مکانیزه نبوده، لذا زمان توقف دستگاه‌ها اهمیت چندانی نداشته است. این به‌این معنی است که جلوگیری از خرابی دستگاه-ها برای مهندسین چندان اهمیتی نداشته؛ همچنین از طرف دیگر اکثر تجهیزات ساده بوده و به همین خاطر قابلیت اطمینان بیشتری داشته و راحت تعمیر می شدند. بنابراین در دوره اول هیچ نیازی به نت سیستماتیک بیشتر از تمیزکاری ساده، سرویس کردن، روانسازی معمولی و نیروی انسانی متخصص برای این امر، وجود نداشت.

۲) دوره دوم در آستانه سال ۱۹۶۰ شکل گرفت. با گسترش وابستگی صنایع به ماشین‌ها و مکانیزاسیون، زمان توقف این تجهیزات و ماشین‌ها اهمیت ویژه ای پیدا کرد. این اهمیت در نهایت منجر به شکل‌گیری این ایده شد که باید جلوی خرابی تجهیزات، تأسیسات و ماشین آلات را گرفت و مشخصه آن امر انجام عملیات پیاده کردن و دوباره سوار کردن[۱] (در تعمیرات) به صورت برنامه‌ریزی شده بود، و بدین ترتیب مفهوم نت پیشگیرانه شکل گرفت. امروزه نت پیشگیرانه یک قسمت تثبیت شده از فعالیت‌های نت می باشد.

۳) دوره سوم در اوایل دهه ۱۹۷۰ شکل گرفت. در این دوره، وجود نیازهای جدید منجر به تحقیقات جدید در زمینه-های شد که تا آن زمان کمتر به آن‌ها توجه شده بود و در نهایت تکنیک‌های جدیدی شکل گرفت که موجب حرکت تکاملی بزرگی در زمینه نت شد.[۲]

۲-۲ نقش تغییرات تکنولوژیکی

تکنولوژی به عنوان یک عامل اصلی در تغییرات، در چند دهه اخیر به سرعت در حال دگرگونی بوده است و تبعاً، نگهداری و تعمیر نیز به ناچار متأثر از این تغییرات تکنولوژیکی، متحول شده است. استفاده از تست‌های غیر مخرب، انواع مبدل و سنسورها، اندازه‌گیری لرزش، ترموگرافی، فرورفتگی و اسپکتروسکوپی همگی موجب شده‌اند تا بتوان بازرسی‌های حین کار را انجام، و از توقف دستگاه‌ها برای بازرسی جلوگیری کرد. این امر نقطه شروعی برای به‌کارگیری

[۱] Overhaul

نت از قبل پیش بینی شده، بوده است. استفاده از کنترل‌های الکترونیکی، کامپیوتر و سیستم‌های ارتباطی الکترونیکی به جای سیستم‌های الکتروترمودینامیک موجب افزایش قابلیت اطمینان، قابلیت انعطاف، کاهش وزن و حجم و در نهایت کاهش هزینه شده است. استفاده از نرم افزارهای جامع کنترل نیز هم‌اکنون از استانداردهای اصلی در طراحی و ساخت انواع سیستم‌های ناوبری بشمار می‌آید.[۳]

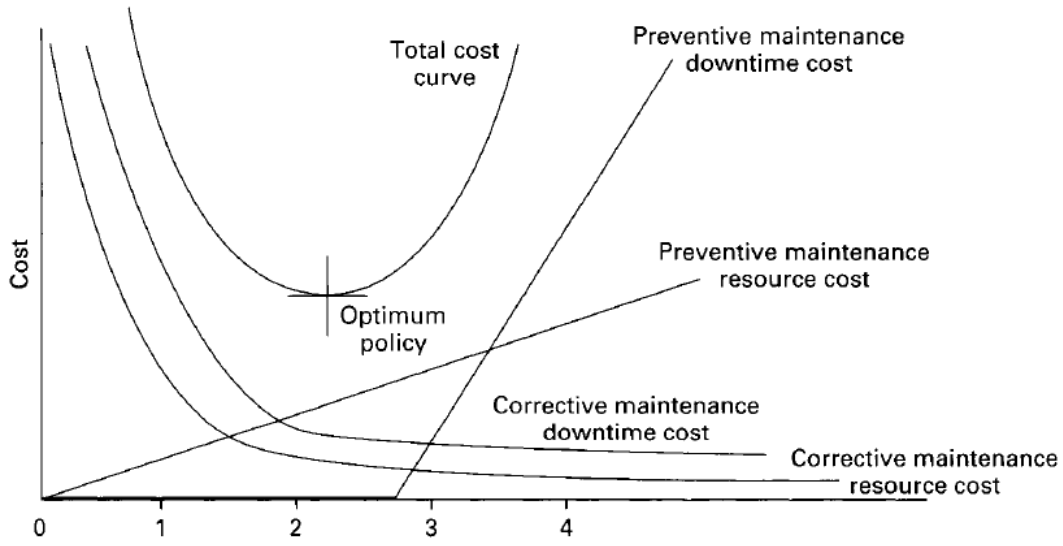
معرفی و بهره‌گیری از تکنولوژی‌های فوق همگی با این هدف بوده است که بتوان قابلیت اطمینان سیستم‌ها را افزایش، هزینه‌ها را کاهش و سطح سرویس به مشتریان را بهبود بخشید. این افزایش سطح سرویس، مدیریت دارایی‌های فیزیکی را پیچیده‌تر می‌کند و تبعاً دانش مورد نیاز در این خصوص را طلب می‌نماید. هم چنین در مرحله گذر از سیستم-های قدیمی و طراحی و اجرای سیستم‌های جدید نیز مشکلاتی وجود دارد که موجب پیچیدگی بیشتر در مدیریت دارائی‌های فیزیکی خواهد بود.

۲-۳ انواع نت

فعالیت‌های نت بر اساس زمانی که انجام می‌شوند، به دو دسته کلی نت اصلاحی و نت پیشگیرانه تقسیم می‌شوند. تعمیرات اصلاحی به معنی تمام فعالیت‌هایی است که در نتیجه خراب شدن قسمتی از سیستم، انجام می گیرند تا جزء خراب شده را به شرایط مطلوب بازگردانند. تعمیرات اصلاحی معمولاً بعد از خرابی انجام می‌گیرند. تعمیرات پیشگیرانه، فعالیت‌هایی می باشند که در زمان عملکرد صحیح سیستم و به منظور جلوگیری از خرابی اتفاقی سیستم انجام می-شوند. تعمیرات پیشگیرانه عمر باقیمانده سیستم را کم کرده و در نتیجه قابلیت اطمینان سیستم را، برای باقیمانده دوره کاری، ارتقاء می‌دهند.[۴] در شکل ۲-۱ رابطه بین نت پیشگیرانه و نت اصلاحی در یک سیستم تولیدی نشان داده شده است. همانطور که در شکل پیداست؛ برای حداقل کردن هزینه‌ها باید حد معینی از دو گونه نت در برنامه‌ریزی تولید لحاظ گردد.

در گونه‌ای دیگر از تقسیم‌بندی انواع فعالیت‌های نت به صورت‌های نت اضطراری[۱]، نت پیشگیرانه، نت پیشگویانه[۲]، نت کنش‌گرایانه[۳]، نت بهره‌ور[۴] و نت بهره‌ور فراگیر[۵] تقسیم‌بندی شده‌اند.

[۱] Emergency Maintenance
[۲] Predictive Maintenance
[۳] Proactive Maintenance
[۴] Productive Maintenance
[۵] Total Productive Maintenance

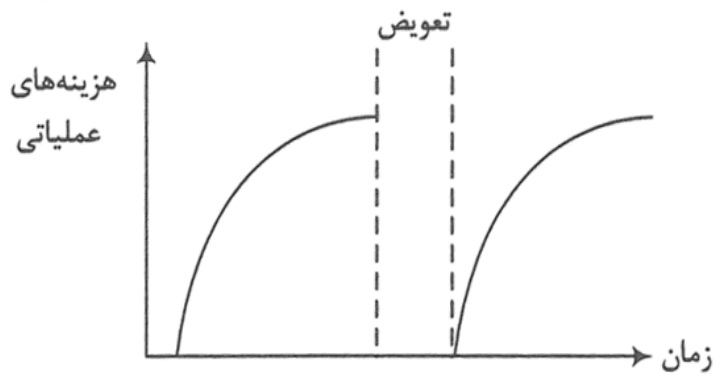


شکل ۲- ۱ رابطه بین نت پیشگیرانه و نت اصلاحی در یک سیستم تولیدی [۵]

نت اضطراری به صورت خلاصه شامل همه فعالیت‌هایی است که بعد از خرابی روی دستگاه‌ها و تجهیزات، به منظور برگرداندن آن‌ها به وضعیت مطلوب، صورت می‌گیرد، و در برخی موارد هزینه‌های هنگفتی را به سازمان تحمیل می‌کند. نت پیشگویانه یک نوع نگهداری و تعمیرات پیش گیرانه می‌باشد که انجام نت غیر ضروری (و حتی مخرب) را نهی می‌کند. نت پیشگویانه انجام فعالیت‌های نگهداری غیرمستقیم از قبیل بررسی مستمر وضعیت تجهیزات و دستگاه‌ها را اشاعه داده، و با استفاده از تحلیل‌های زمانی را که فعالیت‌های نت پیشگیرانه باید روی دستگاه‌ها و تجهیزات اجرا شوند را پیش بینی می کند. نت کنش‌گرایانه تمرکز خود را بر ریشه‌های فرسایش و خرابی ماشین‌ها و تأسیسات قرار داده، و با پیدا کردن این دلایل، سعی در از بین بردن علت اصلی بروز خرابی و فرسایش ماشین‌ها دارد. نت بهره‌ور نیز شامل لحاظ کردن تمام چهار رویکرد بالا به صورت همزمان می‌باشد. نت بهره‌ور فراگیر کلیه قسمت‌ها، اعم از تولید تا توسعه، فروش و اداره کل را دربر می‌گیرد، و هدف از اعمال آن بنای تشکیلاتی نیرومند جهت رسیدن به حداکثر راندمان در سیستم تولید می‌باشد. این نوع جامع از نت کل چرخه سیستم تولیدی را هدایت کرده، و سیستمی واقعی و بر مبنای اطلاعات سطح کارخانه ایجاد می کند تا از کلیه اتفاقات و خرابی‌ها حتی‌الامکان جلوگیری کند.

۲-٤ مسائل نت: قطعی و احتمالی

به طور کلی مسائل نت را می‌توان به دو گروه قطعی و احتمالی تقسیم نمود. در مسائل قطعی زمان تعویض و نتیجه حاصل از آن به طور قطع معلوم فرض می‌شود. به عنوان مثال، دستگاهی را در نظر بگیرید که در معرض خرابی نیست بلکه با استفاده هرچه بیشتر از آن، هزینه‌های عملیاتی آن افزایش می‌یابد. در این دستگاه تعویض بعضی از قطعات موجب کاهش هزینه‌های عملیاتی خواهد بود و فرض بر این است که پس از تعویض، منحنی هزینه‌های عملیاتی دستگاه به صورت قطعی معلوم می‌باشد. در شکل ۲-۲ منحنی هزینه‌های عملیاتی دستگاه نشان داده شده است.



شکل ۲- ۲ منحنی هزینه‌های عملیاتی دستگاه مورد نظر در مسئله‌ای قطعی [۱]

فیلتر بنزین و هوا در یک اتومبیل، منبع دو جداره در شوفاژهای منازل از مواردی هستند که با گذشت زمان و عدم تعویض آنها، هزینه‌های سوخت مصرفی افزایش می یابد.[۱]

در مسائل احتمالی، زمان تعویض و نتایج حاصله از آن تصادفی است. دستگاه می‌تواند در وضعیت سالم و یا خراب قرار داشته باشد. وقتی دستگاه در وضعیت سالم است، هر لحظه این امکان وجود دارد که خراب شود. به هنگام وقوع خرابی، با تشخیص و تعویض قطعه معیوب، دستگاه مجدداً به وضعیت سالم باز می‌گردد، معذلک نتیجه این اقدامات اصلاحی به طور قطع به مفهوم صحت عملکرد دستگاه برای مدت زمان بین دو خرابی یک متغیر تصادفی است و تابع توزیع احتمالی آن، که به توزیع احتمالی شکست معروف می‌باشد، برحسب نوع دستگاه متفاوت خواهد بود. به عنوان مثال یک لامپ روشنایی را در نظر بگیرید که می‌تواند در وضعیت سالم و یا خراب باشد. در صورت خرابی و تعویض لامپ، به