متدلوژی تحلیلی سیستمهای پشتیبانی تصمیم گیری ماتریسی درانتخاب استراتژی نگهداری وتعمیرات

بهرام قدیری سلطانی [1]
شرکت مهندسی افرند رسای تهران
Email:ghadiri_b@ yahoo.com

چکیده

بهبود عملکرد وافزایش قابلیت اطمینان تجهیزات از عوامل مهمی هستند که مدیریت نگهداری وتعمیرات کارخانجات وصنایع را ترغیب می نماید استراتژی های مختلف ومتناسبی در خصوص موضوع نگهداری ومدیریت دارائی انتخاب نمایند.به منظور انتخاب استراتژی موثر لازم است اطلاعات وداده های تجهیزات در محل مناسبی گردآوری وتجزیه وتحلیل های لازم بر روی آنها صورت گیرد.اطلاعات جمع آوری شده یک منبع باارزش جهت امکان تصمیم گیری مدیریت به حساب می آید.درحوزه نگهداری وتعمیرات و بمنظور بهبود اثربخشی تجهیزات شاید مجبور باشیم بررسی ها ومطالعاتی در خصوص سیستم های پشتیبانی تصمیم گیری داشته باشیم زیرا انتخاب وبهینه سازی استراتژی های نگهداری وتعمیرات مهمترین موضوع مدیریت دارائی تجهیزات بحساب می آید.
مقاله مورد نظر به تاثیر دو مفهوم کلیدی مدت توقفات وتواتر خرابی ها در انتخاب استراتژی نگهداری می پردازد.استفاده از مدل های بارویکرد تحلیلی سیستم های پشتیبانی تصمیم گیری می تواند ما را درانتخاب استراتژی مناسب همراهی سازد.

واژه های کلیدی : ماتریس تصمیم گیری (Decision Making Grid : DMG) ، سیستم های پشتیبانی ازتصمیم(Decision SUPPORT SYSTEM : DSS) نگهداری وتعمیرات بهره ور فراگیر (TPM) و نگهداری وتعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM).

۱- مقدمه

یکی از ابزار های سیستم های پشتیبانی تصمیم گیری استفاده از ماتریس تصمیم گیری می باشد.ماتریس تصمیم گیری با استفاده از پارامتر های وعوامل کلیدی کلیه گزینه های پیش رو را در اختیار می گذاردو حاوی داده های ناشی از تحلیل های صورت گرفته شده می باشد.در سیستم نگهداری وتعمیرات ذخیره سازی اطلاعات یا بصورت دستی است که در فایل های مربوطه نگهداری می شودویا به شکل مکانیزه می باشد که در سیستم مکانیزه مدیریت نگهداری وتعمیرات (CMMS) به نحوساختار یافته ای ذخیره سازی انجام می شود. موضوع سرعت ،دقت وکیفیت

۱- لیسانس مهندسی صنایع فوق لیسانس مدیریت صنعتی

از جمله مواردی هستند که مدیریت نگهداری وتعمیرات را در استقرار وشکل گیری CMMS مورد تشویق قرار می دهد .در طرح ریزی CMMS مدل های پشتیبانی تصمیم گیری قادر است به بهبود عملیات برنامه ریزی منجر گردد وهم می تواند مدیریت را در جهت اتخاذ تدابیر استراتژیک همراه سازدلذا CMMSگزینه بسیار عالی جهت ذخیره سازی داده ها بحساب می آید.

بمنظور بهینه سازی عملیات نگهداری وتعمیرات ایجاد وتوسعه مدل های بهینه سازی کمی در CMMS باعث ایجاد سیستم پشتیبانی از تصمیم (DSS) وهمچنین کم شدن فاصله بین موضوعات تئوری با عمل می گردد. تصمیم گیری شبکه ای می تواند همچون یک مدل اولیه فرایند فیلتری ،میزان پتانسیل تجهیزات را جهت بکارگیری سیستم های همچون RCM,TPM تعیین نماید.

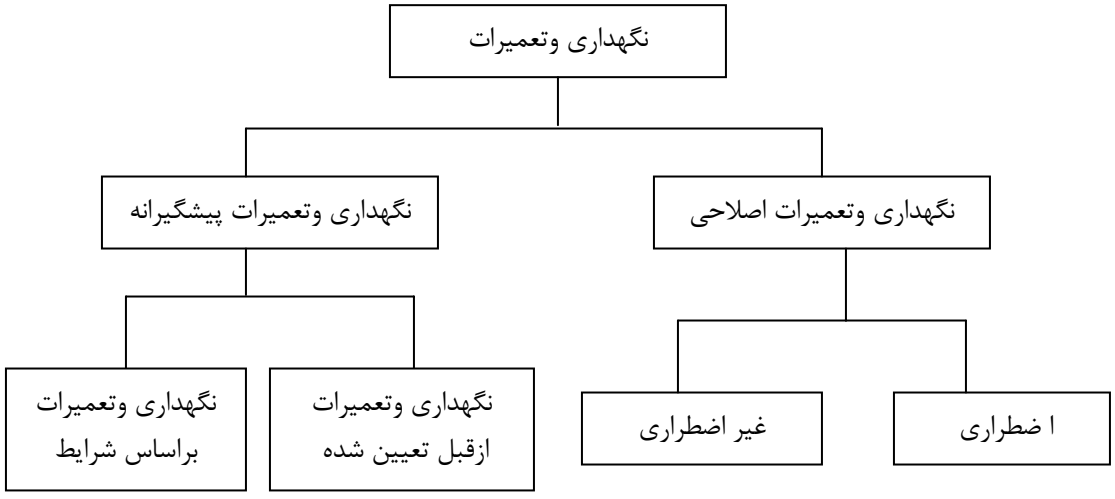
بهینه سازی استراتژی فقط به بهینه سازی توقفات ارتباط ندارد بلکه به توالی خرابی های تجهیزات نیز مرتبط می باشد.در عمل مدیریت نگهداری وتعمیرات باید قادر باشد تحقق دو موضوع مهم ذیل را عملی سازد.

۱- انتخاب مناسبترین استراتژی پویای نگهداری وتعمیرات بر اساس دو فاکتورکلیدی مدت توقفات وتکرار خرابی به شکل همزمان .

۲- تعیین وتوسعه میزان اطلاعات مرتبط به کار اپراتورهای تولید از طریق انتقال دانش کارشناسان.

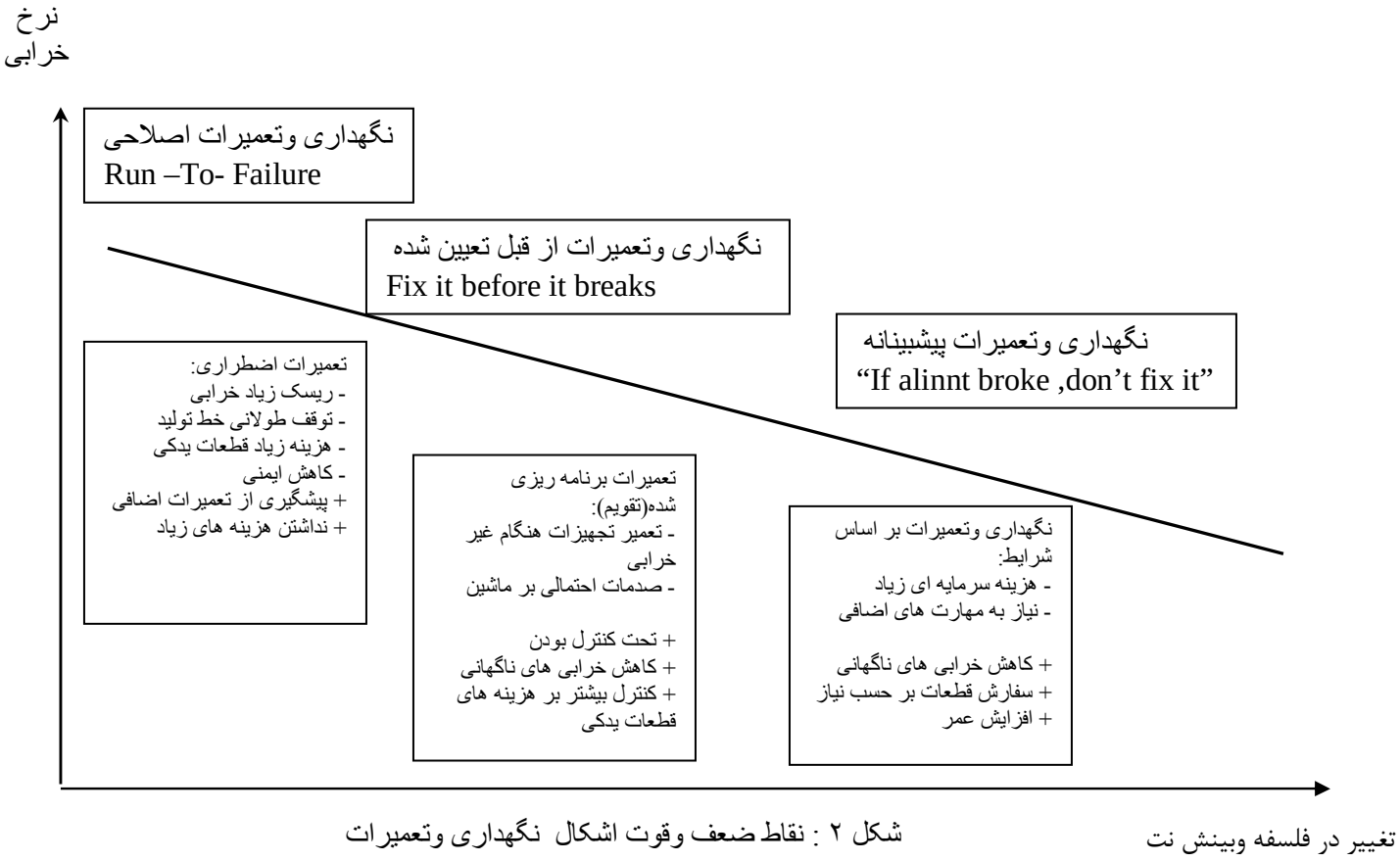
۲- تعاریف وکلیات

به طور معمول نگهداری وتعمیرات به دو شکل نگهداری وتعمیرات پیشگیرانه واصلاحی انجام می گیرد رویکرد نگهداری وتعمیرات پیشگیرانه تعمیرات وسرویس های لازم را با هدف پیشگیری از خرابی انجام می دهد در حالیکه رویکرد نگهداری وتعمیرات اصلاحی فعالیت های مربوط به سرویس وتعمیر را پس از وقوع واشکال یا خرابی وبر حسب نوع تجهیز ودرجه فوریت های تعیین شده انجام می دهد.در استاندارد SS-EN13306(2000) سوئد نگهداری وتعمیرات پیشگیرانه واصلاحی مطابق با شکل (۱) تقسیم بندی شدند.



شکل ۱ : تقسیم بندی نگهداری وتعمیرات

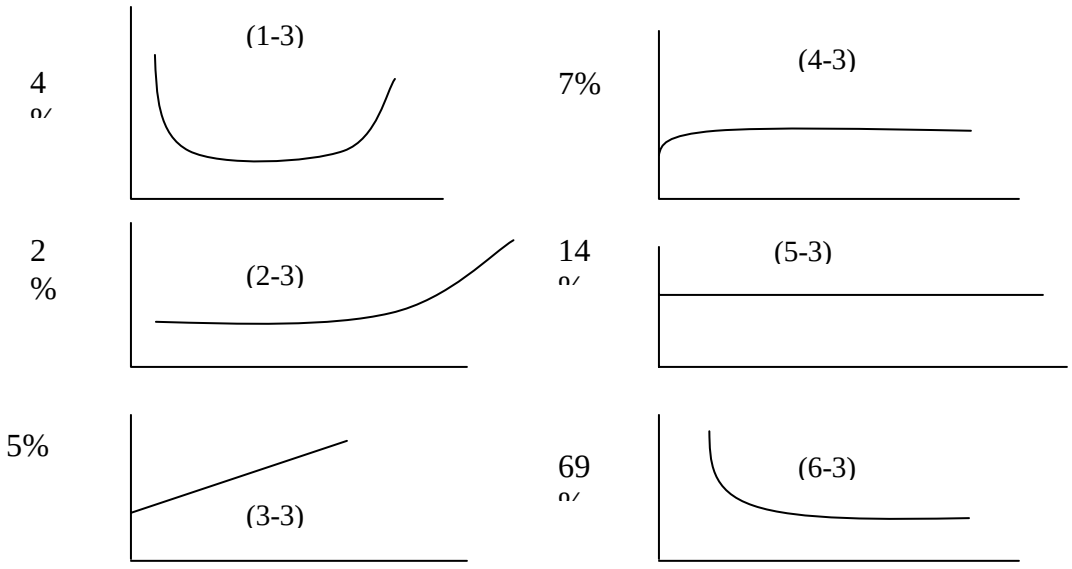
نگهداری وتعمرات از قیل تعیین شده تعمیرات از قبل برنامه ریزی شده با مبنـای ثابـت زمـانی را شـامل مـی گـرددو نگهداری وتعمیرات براساس شرایط را نیز گاهی تحت عنوان تعمیرات پیشگویانه نیز تلقی می نمایند. شکل۲ نقاط قوت وضعف هریک از انواع تعمیرات را نشان می دهد.



شکل ۲ : نقاط ضعف وقوت اشکال نگهداری وتعمیرات

در سال ۱۹۷۸ مطالعات نوولان (NOWLAN)و هیاپ (Heap) الگوها منحنی های احتمالی خرابی را در شرکت هواپیمای مربوط به خطوط هوائی ایالات متحده آمریکا را انجام دادند (شکل ۳).بررسی آنها نشان داد که ۴٪ از خرابی ها از الگوی منحنی وانی شکل پیروی می نمایند .سری منحنی های فوق نشان می دهد که فقط ۶٪ از خرابی ها در

حوزه مرتبط به فرسودگی قرار دارند .منحنی (۳-۳) ارتباط مستقیم با فرسودگی ناشی از کهنگی ندارد اما بطور احتمال با افزایش سن تجهیزات نرخ وقوع آنها ثابت وافزایشی می باشد.
منحنی های(۴-۳)،(۵-۳)،(۶-۳)گویای این واقعیت می باشد که تقریبا" ۸۹٪ از خرابی ها ی تجهیزات تقریبا" نرخ خرابی و رفتار کاملا" ثابتی ازخود دارد وارتباط مستقیم با فرسودگی ندارند.

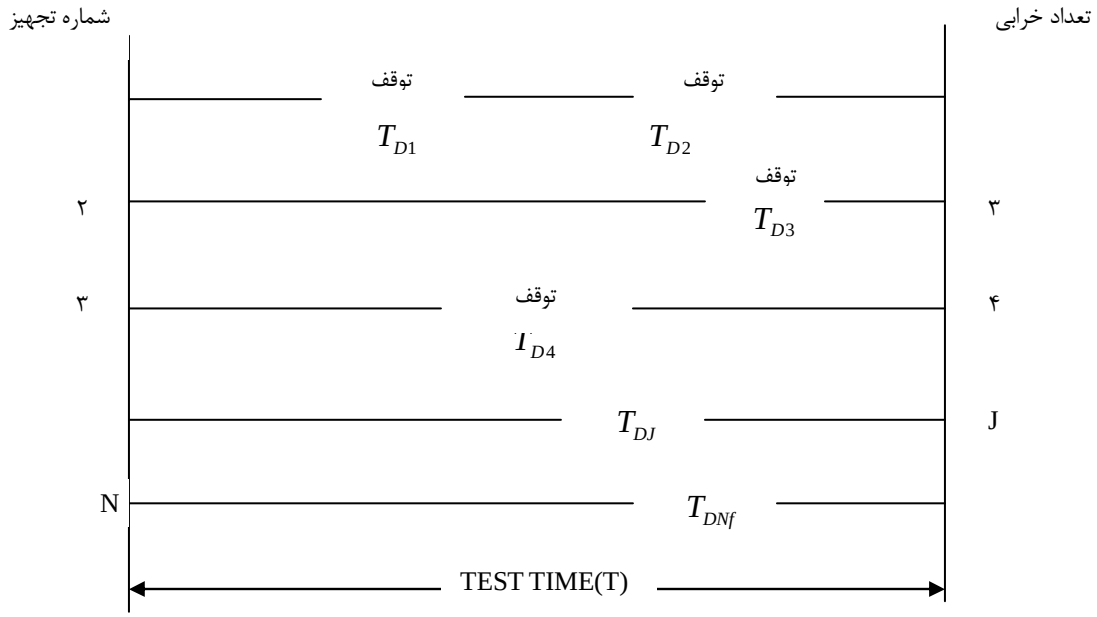


شکل ۳ : رفتار(الگوی) خرابی

باتوجه به نمودار های فوق قابل نتیجه گیری است خرابی های که برای تجهیزات اتفاق می افتد اولا" مختلف هستند وبا پیچیدگی وسطح تکنولوژی میزان تنوع آنها بیشتر می گردد.ثانیا" هریک از خرابی ها ممکن است از توزیع ونمودار های احتمالی مربوط به خود برخوردار باشند .لذاسیاست گذاری نگهداری وتعمیرات باید متناسب بانوع ورفتار خرابی وبراساس رویکردهای مختلفی انتخاب گردد. لذادر عمل ممکن است جهت بخشی از تجهیزات سیستم کارکرد تاخرابی ، جهت بخشی از تجهیزات سیستم PM وجهت بخشی دیگری از تجهیزات سیستم نگهداری وتعمیرات با قابلیت اطمینان RCM به اجراء در آید.

۳- اندازه گیری میزان کارائی تجهیزات

اغلب شاخص های اندازه گیری نظیر قابلیت اطمینان ، آماده بکاری وخرابی ها وابسته به زمان هستند.بنتلی (۱۹۹۳ Bently) الگوهای خرابی تجهیزات را مطابق با شکل ۴ نشان می دهد.



شکل ۴ : رخداد خرابی

هریک از پارامتر ها نشان دهنده موارد ذیل می باشد .

N: تعداد تجهیزات در حال کار

F: تعداد کل خرابی در محددوه قابل بررسی

T: مدت تحت مطالعه

T_{DJ}: مدت فاصله زمانی از لحظه وقوع خرابی تا شروع کارکرد

N_f : تعداد کل خرابی N تجهیز در محدوده قابل بررسی

براساس مدل بنتلی فرمول هاومحاسبات زیرقابل نتیجه گیری می باشد:

$$\text{متوسط مدت خرابی (Mean Down time: MDT)} = \frac{1}{N_f}\sum_{J=1}^{J=N_f} T_{DJ}$$

$$\text{متوسط زمان کارکرد (Total UP Time)} = N.T - \sum_{J=1}^{J=N_f} T_{DJ}$$

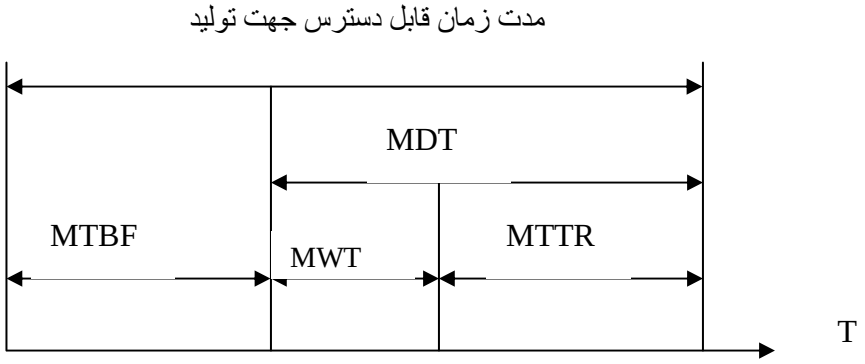
$$\text{متوسط زمان بین خرابی (MTBF)} = \frac{NT - N_f.MDT}{N_f}$$

$$\text{نرخ خرابی} = \frac{N_f}{NT - N_F \times MDT}$$

$$\text{قابلیت دسترسی} = \frac{N_f \times MTBF}{(N_f \times MTBF) + (N_F \times MDT)}$$

$$\text{دسترس ناپذیری} = \frac{N_f \times MDT}{(N_f \times MTBF) + (N_F \times MDT)}$$

در شکل 5 ارتباطات هریک از مفاهیم وشاخص های MTBF, MDT, MEAN WAITING TIME:MWT ,MTTR (به ترتیب شامل : متوسط مدت تعمیر،متوسط مدت انتظار تا تعمیر، متوسط مدت خرابی و متوسط مدت بین خرابی) را نشان می دهد.



شکل 5 : ارتباطات زمانی بین شاخص های اندازه گیری

۴- ماتریس تصمیم گیری

در اینجا با استفاده از ماتریس تصمیم گیری وداده های واقعی مدل را تعمیم می دهیم .ماتریس رابر حسب دو فاکتور کلیدی تعداد خرابی ومدت توقف با درجه شدت وتاثیر پذیری کم ، متوسط، وزیاد تشکیل می دهیم .داده ها رااز سیستم CMMS بر اساس بیشترین خرابی یا بیشترین مدت خرابی استخراج می نمائیم.

درادامه هریک از موئلف های ماتریس برحسب شدت دو فاکتور توالی ومدت توقف با استفاده از سیاست های موجود نگهداری وتعمیرات مطابق با ذیل تکمیل می گردد(شکل ۶).

- روش کارکرد تا خرابی (Operate To Failure : OTF) : مطابق با روش فوق ماشین بندرت با خرابی مواجه می گرددو رفع خرابی با مدت خرابی کمی همراه می باشد.
- روش نگهداری وتعمیرات با زمان ثابت: (Fixed Time Maintenance :FTM) : خرابی با توالی مشخص رخ می دهدواغلب مدت توقف کم می باشد.
- تعدیل سطح مهارت (Skill Levels Upgrade : SLU) : ماشین همیشه خراب است ولی بواسطه وجود داشتن تخصص و مهارت در سیستم به سرعت تعمیر می گردند.
- نگهداری وتعمیرات بر اساس وضعیت (Condition-based maintenance: CBM) : ماشین بندرت خراب می گردد ودر صورت خرابی وقت زیادی جهت برگشت به حالت نرمال صرف می گردد.
- طراحی بدون در نظر گرفتن امکان تعمیر (غیر قابل تعمیر) (Design Out Maintenance :DOM) ماشین همیشه خراب است وقتی خراب می گردد برگشت به حالت نرمال بسیار وقتگیر است.

لابیب مطابق با شکل (7) جهت مثلث پایین ماتریس تصمیم گیری رویکرد TPM را توصیه می نماید.درحال حاضر TPM به طرز وسیعی در کارخانجات ژاپن بکار گرفته می شود واز رویکرد ومفهوم توانمند سازی اپراتورهای تولید در جهت نگهداری مستمر تولید با افق افزایش کارائی واثربخشی همراه می باشد.تلقی ما از TPM به عنوان

رویکردی با ویژه گی انتقال اطلاعات ودانستنی ها به اپراتورها در جهت حفظ تولید وانجام تعمیرات می باشد.در این حالت به آرامی ما میتوانیم مدت نیاز به تکنسین های فنی را در سطح کارگاه کاهش دهیم.همچنین به آپراتورهای تولید اجازه حذف ریشه ای خرابی واشکالات را قبل از اینکه به مرحله حاد برسند دراختیار قرار دهیم.

مدت خرابی : Downtime

توالی

	کم	متوسط	زیاد
کم	OTF	FTM	CBM
متوسط	FTM	FTM	FTM
زیاد	SLU	FTM	DOM

شکل ۶ : ماتریس تصمیم گیری لابیب

مدت خرابی : Downtime

توالی

	کم	متوسط	زیاد
	OTF	FTM	CBM
			FTM
			DOM

TPM

شکل ۷ : ماتریس تصمیم گیری با رویکرد نت فراگیر (TPM)

رویکرد RCMناحیه مستطیلی بالای ماتریس را مطابق با شکل (8)در بر می گیرد. RCM حالات بالقوه و محتمل خرابی را شناسائی نموده واقدامات لازم جهت حذف آنها رابکار می گیرد . درعمل تا شناسائی ورفع خرابی های محتمل وچه بسا برای مدت طولانی ممکن است استراتژی RCM باقی وبکار گرفته شود.

مدت خرابی : Downtime

توالی

	کم	متوسط	زیاد
	FTM	FTM	
	SLU	FTM	DOM

RCM

شکل ۸ : ماتریس تصمیم گیری با رویکرد (RCM)

۵- مثال از کاربرد ماتریس تصمیم گیری

در اینجا جهت روشن شدن موضوع به مثالی می پردازیم . فرض کنیم در کارگاهی ۲۱ ماشین مختلف وجود دارد.اطلاعات جمع آوری شده از سوابق تجهیزات در طی دو سال نشان می دهد که از این تعداد ماشین ۱۴ مورد شاهد خرابی با دفعات تکرار مشخص بودیم.مجموع کل زمان خرابی وتعداد خرابی ها مطابق با جدول (۱)آمده است.هریک از شاخص های ,MDT,MTBFنرخ خرابی ،دسترس پذیری وغیر دسترس پذیری مطابق با نتایج وفرمول های بنتلی محاسبه شده است.کلیه اطلاعات در جدول شماره ۱ آمده است.

ID	توالی (فرکانس)	مدت توقف	MDT	MTBF	نرخ خرابی	قابلیت دسترسی	عدم دسترسی
A	1	2	2	6238	0.0002	0.997	0.003
B	3	89	30	2050	0.0005	0.9857	0.0143
C	8	193	24	756	0.0013	0.969	0.031
D	2	13	7	3113	0.0003	0.9979	0.0021
E	5	33	7	1241	0.0008	0.9947	0.0053
F	16	249	16	374	0.0027	0.96	0.04
G	5	129	26	1222	0.0008	0.9792	0.0208
H	30	737	24	183	0.0055	0.8819	0.1181
J	5	73	15	1233	0.0008	0.9882	0.0118
K	3	54	18	2062	0.0005	0.9913	0.0087
L	1	8	8	6232	0.0002	0.9987	0.0013
M	19	188	10	318	0.0031	0.9698	0.0302
N	9	63	7	686	0.0015	0.9898	0.0102
P	2	33	17	3103	0.0003	0.9947	0.0053
TOTAL	109	1864	211	28811			

جدول ۱: محاسبات شاخص های نگهداری وتعمیرات

طبق جدول ماشین Hبابیشتری خرابی (۳۰ بار) وبا بیشترین مدت خرابی (۷۳۷ ساعت)وبعد آن ماشین M (۱۹ بار) خرابی دیده می شود .ماشین H از کمترین MTBF (۱۸۳ ساعت)وماشین Bبا بیشترین زمان متوسط خرابی (۳ ساعت) برخوردار است.لذا ماشیین های Hو Bتجهیزات غیر اطمینان کارگاه تولید بحساب می آیند.همچنین با توجه به جدول ماشین Aبواسطه بالاترین مقدار MTBF (۶۲۳۸ ساعت)وکمترین متسط مدت خرابی MDT(۲ ساعت) مطمئن ترین تجهیز کارگاه بحساب می آید.

بر اساس آنالیز معیار لابیب ماتریس دو بعدی را براساس فاکتور توالی وفاکتور مدت خرابی توسعه می دهیم .شکل ۹ نتیجه ماتریس را نشان می دهد.نتیجه تحلیل بدست آمده ماشین های تحت مطالعه رادر جدول DMG قرار داده واستراتژی نگهداری تجهیزات را ترسیم می نمائیم.

مدت خرابی : Downtime

توالی	کم	متوسط	زیاد
	J,K	G,B	
	N		
		M	H,F

شکل ۹: ماتریس تصمیم گیری

طبق جدول ماشین های J و kدر (۱و۱) ماتریس قرار گرفته اند $DMG_{1,1}$ وسیاست نگهداری کارکرد تا خرابی OTF درمورد آنها به اجراء در می آید.با توجه به توالی کم خرابی وپایین بودن مدت خرابی توصییه می گردد که سیستم فعلی نگهداری وتعمیرات درمورد آنها ادامه یابد .ضمن اینکه با بکارگیری استراتژی TPMو آموزش های لازم به اپراتورها وضعیت نسبت به گذشته بهتر وخرابی ها نیز قبل از وقوع شناسائی ورفع می گردند.

ماشین Nدر موقعیت $DMG_{2,1}$ ماتریس ودر حوزه مربوط به سیاست نگهداری ثابت زمانی FTM قرار گرفته است. به لحاظ نزدیک بودن به حوزه OTF کارائی آن با اقدامات لازم جهت تعمیرات منظم بی ارتباط نیست.همانطور که قبلا" نیز اشاره شد در این سطح ماشین همیشه با امکان خرابی مواجه است ولی رفع خرابی ومدت زمان تعمیر خیلی طولانی نیست .دراین حالت اگر به پرسنل تولید واپراتورها آموزش های لازم داده شود زمان انتظار جهت حضور تعمیر کاران وتکنسین های فنی کاهش خواهد یافت.

ماشین های Hو F در $DMG_{3,3}$ ماتریس قرار گرفته اند.هردو ماشین از لحاظ تعداد خرابی ومدت خرابی در وضعیت نامناسبی قرار دارند.لذا ضرورت دارد مطالعات مهندسی در خصوص جایگزینی ،تغییر طراحی بعمل آیدو ضمن آن پروژه بهبود جهت کارکرد بهتر آن تعریف گردد.همچنین در خصوص چنین ماشین های توصیه می گرددتجهیزات مربوط به تعمیرات پیشبینانه بر روی آنها نصب ویا از تیم اضطراری تولید ویا هر نوع شاخص اضطراری به منظور کشف شروع وقوع خرابی بکار گرفته شود .اقدامات تحلیل مهندسی ورویکرد های RCM وبا رویکرد اقتصادی می تواندنتیجه گیری وسیاست گذاری مدیریت نگهداری وتعمیرات را در خصوص ماشین های فوق تحقق بخشد.

نکته ای که در خصوص نتیجه بکارگیری اقدامات بهبود در ماتریس تصمیم گیری $(DMG_{I,J})$ باید اشاره شود موضوع چرخش وجابجائی ماشین آلات در ماتریس است .لذا ممکن است پس از اقدامات اصلاحی وبعد از یک دوره معین زمانی وقتی مجددا" از عملکرد تجهیزات محاسبات بعمل می آید موقعیت تجهیزات در ماتریس جابجا یا تغییر یابد.

همانطور که در شکل۱۰می بینیم هریک از ماشین های B,Hکه در گذشته از عملکرد نامناسبی برخوردار بودند در ردیف ماشین های قابل اطمینان قرار گرفته اند.

زیاد	متوسط	کم
	G	H,B,N
E	A	J
M		

توالی

شکل ۹: ماتریس تصمیم گیری تعدیل شده

۶- نتیجه گیری

مطابق با برسی های احتمالی نوولان رفتار ونرخ عمده ای از خرابی ها تقریبا"مستقل از میزان عمر واستهلاک تجهیزات می باشد.لذا اقدامات ثابت نگهداری وتعمیرات واجراء سرویس های لازم بر مبنای ثابت زمانی نمی تواند به عنوان یک استراتژی ویک اصل ثابت دردستور کار قرار گیرد.تغییرات وجابجایی استراتژی ها نشان دهنده پویا ودینامیک بودن سیستم نگهداری می باشد وباعث ایجاد وتوسعه این موضوع می گرددکه اقدامات لازم نگهداری متناسب با نیاز یک تجهیز طرح ریزی و به اجراء در آید.

نکته ای که در ایجاد CMMS باید مورد توجه قرار گیرداستفاده از مدل های تصمیم گیری وتحلیلی می باشدبه تا محاسبات مطابق با فرمول ها مشخص انجام گیردومتعاقب آن نیز امکان تجزیه وتحلیل های لازم فراهم گردد و تصمیم گیری در خصوص انتخاب استراتژی را امکان پذیر سازد.روش DMG یک روش سیستماتیک جهت تحلیل تواتر ومدت خرابی وانتخاب وتصمیم گیری استراتژی نگهداری وتعمیرات بحساب می آید.تلفیق تصمیم گیری ماتریسی با رویکرد های مهم نگهداری وتعمیرات نظیر TPMیا RCM می تواند برمیزان آماده یکاری واثربخش تجهیزات تاثیر بسزائی داشته باشد.فلسفه TPM از طریق ارائه آموزش های لازم به اپراتورها ودر نتیجه پیشگیری وحذف اشکالات ورویکرد RCMنیز با شناسائی نقاط بالقوه خرابی وحذف عوامل فوق در دراز مدت باعث توانمند سازی استراتژی های نگهداری وتعمیرات وبهبود اثر بخشی تجهیزات می گردند.

مراجع فارسی :

۱- سیدحسینی ،محمد،برنامه ریزی سیستماتیک نظام نگهداری وتعمیرات دربخش صنایع وخدمات،سازمان مدیریت صنعتی ،۱۳۸۰

۲- حاج شیرمحمدی، علی ،برنامه ریزی نگهداری وتعمیرات ، دانشگاه صنعتی اصفهان ،۱۳۷۴.

۳- وایت، جیم ، ترجمه گروه مهندسی صنایع ،نگهداری وتعمیرات – سازماندهی ،برنامه ریزی وکنترل ،جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۷۳.

۴- حاج شیرمحمدی، علی ، نگهداری وتعمیرات بهره ور فراگیر ، سازمان مدیریت صنعتی ،۱۳۷۷.

مراجع خارجي

1- Patton,Joseph D,Jr Preventive Maintenance ,Instrument Society OF America.1995.

2- MIL-STD-2173 (AS), Reliability-Centered Maintenance Requirements for Naval Aircraft, Weapons Systems and Support Equipment, AMSC N3769, DoD (US)

3- Preventative Maintenance Strategies using Reliability-Centred Maintenance (RCM), NASA Technique PM-4, 1995

4- Bently,J.P,"An Introduction to Reliability and Quality Engineering" ,John Wiley sons inc ,1993.

5- Labib ,WA, " A decision analysis model for maintenance policy selection using a CMMS" Journal of Quailty in Maintenance Engineering ,2004.