

# رویکردی جدید برای محاسبه شاخص MTBF

## A new approach for calculating the MTBF measure

عمران محمدی\* - علیرضا سلامت بخش\*\*

\* دانشجوی دوره دکتری مهندسی صنایع و مدرس دانشگاه علم و صنعت ایران واحد بهشهر

\*\* دانشجوی دوره کارشناسی دانشگاه علم و صنعت ایران واحد بهشهر

EMRAN\_MK@YAHOO.COM

ALIREZA\_SALAMATBAKSH@YAHOO.COM

### چکیده

از دیر باز بشر با بکارگیری ابزار تولید سعی داشته تا میزان بهره‌گیری خود را از منابع موجود تا حد ممکن افزایش دهد. به همین خاطر نگهداری و تعمیرات صحیح ابزار تولید برای بشر همواره دارای اهمیت بوده است. در همین راستا شاخصهای مختلفی جهت اندازه‌گیری سیستم نگهداری مطرح گردیده‌اند. معیار MTBF یکی از همین شاخص‌هاست که برای پیش‌بینی و تشخیص زمان تقریبی وقوع خرابی بعدی و متعاقباً برنامه‌ریزی لازم برای مقابله با آن و انجام تعمیرات پیشگیرانه مورد نیاز میباشد.

برای محاسبه MTBF جهت خرابی‌های پیش‌بینی نشده، عموماً فرض بر این است که زمان در دسترس بودن دستگاه ثابت است. در صورتیکه که واحد‌های تولیدی و صنایع بنا به نوع پیوستگی کار، نوع انجام کار و وضعیت‌های پیش‌بینی نشده با توقفاتی روبرو می‌شوند که به مجموع این عوامل "توقفات غیر خرابی" گفته میشود. وجود "توقفات غیر خرابی" علاوه بر این که در زمان در دسترس بودن دستگاه موثر است، به علت نوعی رابطه غیر خطی باعث عدم دقت در محاسبه MTBF میگردد. در این مقاله سعی بر این است تا رویکردی جدید برای محاسبه MTBF ارائه گردد.

### واژه‌های کلیدی

---

در مدیریت سنتی نگهداری و تعمیرات بعنوان ابزار پشتیبانی، غیر بهره‌ور، و کم اهمیت که مزیت ناچیزی را برای موسسات در نظر می‌گرفت، مد نظر قرار گرفته می‌شد. اما در نگرش نوین نگهداری و تعمیرات، تاسیسات و ماشین آلات بعنوان بخش ضروری عملیات مرکز تولیدی مورد توجه قرار می‌گیرد و بکارگیری استراتژی‌های اثر بخش نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه موجب افزایش ارزش افزوده قابل توجهی در فعالیت‌های تولیدی می‌گردد. به همین دلیل نگهداری به عنوان یک اصل در مقیاس جهانی در موسسات تولیدی مورد استفاده قرار می‌گیرد [1].

در این نوع نگرش سیستم نگهداری و تعمیرات، اصل بر آماده بکار نگاه‌داشتن تجهیزات و دستگاهها می‌باشد. هدف از نگهداری اصولی و برنامه ریزی شده تجهیزات و ماشین‌آلات در این سیستم به صفر رسانیدن تعمیرات اضطراری<sup>۱</sup> و توقفات ناگهانی و افزایش قابلیت پیش‌بینی تعمیرات دوره ای و برنامه ریزی شده<sup>۲</sup> و تعمیرات اساسی<sup>۳</sup> می‌باشد.

در فواصل سالهای ۱۹۵۰ تا ۱۹۶۰ با تکامل نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه نگرش جدیدی تحت عنوان نگهداری و تعمیرات بهره ور<sup>۴</sup> در آمریکا و ژاپن بوجود آمد.

در این نگرش، ضمن تاکید برروی اصلاح خرابی‌های اتفاقی و از کار افتادن غیره منتظره تجهیزات، با بهره گیری مناسب از علوم، آمار واحتمالات و پژوهش‌های عملیاتی، شبیه سازی، اقتصاد مهندسی، تئوری صف و ارائه مدل‌های مختلف برای حالات مختلف انواع دستگاهها و تجهیزات ابداع شده که متخصصین این رشته می‌توانستند خرابی‌ها را پیش‌بینی کرده و جهت نگهداری و تعمیر آنها را برنامه‌ریزی کنند [2].

از جمله مهمترین پارامترهای کمی، جهت رسیدن به نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه، قابلیت اطمینان<sup>۵</sup> و قابلیت تعمیر پذیری<sup>۶</sup> می‌باشد.  $MTBF$ <sup>۷</sup> به معنای متوسط زمان بین دو خرابی ماشین، جهت تعیین تناوب اجرای یک برنامه نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه جهت تعیین زمان وقوع خرابی استفاده می‌گردد.

امروزه با توجه به مشکلاتی که برای اجرای این شاخص مطرح است، این شاخص عملاً در حد تئوری باقی مانده است و جنبه عملی پیدا نکرده است، بطوری که صنایع و سازمان‌ها، تحقیقات جدیدی را در مورد تعیین حقیقی قابلیت اطمینان تجهیزات آغاز کرده اند. بطور مثال، فرماندهی عملیاتی نیروی هوایی آمریکا ترجیح می‌دهد قابلیت اطمینان تجهیزات و دستگاهها را بر مبنای نوع عملیات و نیازمندی‌های عملیاتی تعیین کند تا اینکه آن را بر مبنای شاخص متوسط زمان مابین نگهداری سنتی و یا قابلیت در دسترس بودن تجهیزات مشخص نماید [3].

همچنین در مواردی هیچ کدام از توصیف‌ها در مورد  $MTBF$  نمی‌تواند به اندازه کافی قابلیت اطمینان سیستم را توصیف کند به عنوان مثال اگر تابع توزیع بصورت نمایی نباشد تقریباً ناممکن است که  $MTBF$  بتواند زمان باقی مانده به خرابی<sup>۸</sup> را پیش‌بینی کند [4].

با توجه به توضیحات بالا زمان متوسط خرابی شاخصی در مبحث قابلیت اطمینان می‌باشد، خرابی‌ها غالباً به دو دسته تقسیم می‌گردند آنهایی که در اثر پایان عمر مفید رخ می‌دهند و آنهایی که در اثر اتفاق و حادثه رخ می‌دهند.

<sup>1</sup> -Emergency Maintenance

<sup>2</sup> Planning Maintenance

<sup>3</sup> -Overhaul

<sup>4</sup> -Productive Maintenance

<sup>5</sup> -Reliability

<sup>6</sup> -Maintainability

<sup>7</sup> - Mean Time Between Failures

<sup>8</sup> -Time-To-Failure

معمولا بیشتر خرابی ها، ناشی از کار افتادگی های اضطراری بوده تا اینکه بر اثر پایان عمر مفید بوده باشد. برای کار افتادگی های ناشی از طول عمر، بدلیل تبعیت آنها از توزیع نمائی و همچنین بدلیل اینکه اجزا و قطعات دستگاه هر کدام به تنهایی دارای طول عمری متفاوت می باشند و با کارکرد دستگاه، عمر قطعات روبه افزایش گذاشته و احتمال خرابی بیشتر میگردد نباید از شاخص *MTBF* استفاده نمود. برای کار افتادگی ها ناشی از طول عمر می ترجیحا باید از الگوهای دیگری براساس عمر مفید<sup>1</sup> استفاده نمود. بطور نمونه، از آنجا که قابلیت تعمیر پذیری سنتی در بعضی از موارد دارای چندین اشکال می باشد نیروی هوای انگلستان به منظور تعیین میانگین خرابی تجهیزات از معیار جدیدی به نام آزاد از نگهداری در دوره های عملیاتی<sup>2</sup> (*MFOP*) در برابر *MTBF* استفاده می کند. و این روش بیشترین قابلیت اطمینان و قابلیت تعمیر تجهیزات را، برای تولیدات آینده نیروی هوایی انگلستان ایجاد می نماید [5].

و همچنین امروزه روش *CBM*<sup>3</sup> سیستم های قابلیت اطمینان را چه در سیستم های عمومی و فردی و چه در دستگاهها و تجهیزات بطور ویژه تغییر داده است. یکی از این نوع سیستم ها، سیستم تحلیل درخت خرابی<sup>4</sup> *FTA* می باشد که این نوع سیستم در حال حاضر در فاز طراحی میباشد [6].

اما در شکست های تصادفی و اضطراری که پهنه ی گسترده ای از خرابی ها و اجزای دستگاه را شامل میشود، شاخص *MTBF* میتواند معیار خوبی جهت پیش بینی خرابی های اضطراری به منظور مدیریت صحیح در برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات دستگاه باشد. همچنین *MTBF* سنتی، به معنای میانگین عملیاتی میان خرابی های اضطراری با مشخصه تعریف شده اش، یعنی (نرخ خرابی) توسط بسیاری از صنایع و تولید کنندگان به عنوان مشخصه قابلیت اطمینان مورد استفاده قرار گرفته است ولی بدلایلی در اغلب اوقات غیر ممکن است که بتوان آن را با واقعیت موجود تطبیق داد [7].

از دلایل غیر واقعی بودن آن اینست که برای محاسبه *MTBF* جهت خرابی های پیش بینی نشده، فرض بر این است که *T* یعنی زمان در دسترسی دستگاه را ثابت در نظر میگیرند که همین امر باعث غیر واقعی شدن خرابی های غیر ضرور میگردد که در این مقاله رویکرد جدیدی برای رفع این مشکل مطرح میگردد.

## ۲- شاخص های قابلیت اطمینان

سیستم نگهداری پیشگیرانه مانند تمامی سیستم های دیگر جهت اندازه گیری درصد موفقیت و نیازمند شاخص می باشد. از این شاخص های توان برای تعیین قابلیت یک دستگاه، یک دپارتمان یا کل خط تولید استفاده نمود. از مهمترین شاخص های قابلیت اطمینان می توان به شاخص های زیر اشاره کرد:

### ۲-۱- میانگین فاصله زمانی بین خرابی ها<sup>5</sup> [*MTBF*]

<sup>1</sup> -usefull life

<sup>2</sup> -maintenance free operating period

<sup>3</sup> -Condition Based Maintenance

<sup>4</sup> -Fault Tree Analysis

<sup>5</sup> -Mean Time Between Failures

این شاخص بعنوان یکی از ابزارها جهت اندازه گیری سیستم نگهداری پیشگیرانه مطرح است. کاربرد دیگر این شاخص، پیش بینی و تشخیص، زمان تقریبی وقوع خرابی بعدی و متعاقبا برنامه ریزی لازم برای مقابله با خرابی بعدی و انجام تعمیرات بعدی مورد نیاز میباشد.

$$MTBF = \frac{T}{n}$$

$T$ (TIME): مجموع زمان در دسترس دستگاه  
 $N$ : تعداد خرابی ها

## ۲-۲- میانگین مدت زمانی تعمیرات<sup>۱</sup> [MTTR]

اگر فرض کنیم که یک سیستم که در  $n$  نوبت گذشته دچار خرابی گشته است و زمان لازم برای تعمیر سیستم در نوبت  $j$  برابر  $t_j$  بوده است، آنگاه متوسط زمان لازم برای تعمیر آن برابر خواهد بود با:

$$MTTR = \frac{\sum_{j=1}^N T_j}{N}$$

$t_j$ : مدت زمان تعمیر در دوره  $j$  خرابی

$N$ : تعداد دفعات خرابی [8].

لازم به ذکر است که طبق تعریف استاندارد های صنعتی ژاپن<sup>۲</sup>، یک خرابی یا از کارافتادگی<sup>۳</sup> عبارت است از (از کار افتادن یک وظیفه یا عمل مشخص در یک شی، نظیر یک سیستم تولیدی، یک ماشین یا یک قطعه می باشد که با توجه به این تعریف دو نوع مفهوم از خرابی برداشت میگردد، که یکی خرابی های است که منجر به از کار افتادگی کامل یک وظیفه یا عمل می گردد و دومی خرابی های است که منجر به افت و کاهش یک وظیفه و عمل می گردد که در این مقاله منظور از خرابی نوع اول یعنی خرابی که باعث از کار افتادگی کامل می باشد مورد نظر می باشد [9].

## ۳- الگوریتم پیشنهادی جهت محاسبه MTBF

همانطور که گفته شد، یکی از دلایل غیر واقعی بودن  $MTBF$  این است که برای محاسبه  $MTBF$  جهت خرابی های پیش بینی نشده، فرض بر این است که  $T$  یعنی زمان در دسترسی دستگاه را ثابت در نظر میگیرند. در صورتی که این درست نیست، زیرا در واحد های تولیدی و صنایع بنا به نوع پیوستگی کار، نوع انجام کار و وضعیت های دیگر ممکن است توقفاتی بوجود بیاید که به مجموع این عوامل توقفات غیر خرابی گفته میشود. که در زمان در دسترس بودن دستگاه موثر است و باعث عدم دقت در محاسبه  $MTBF$  میگردد.

مجموعه ای از عوامل توقفات غیر خرابی در جدول زیر آمده است:

<sup>1</sup> -Mean Time To Repair

<sup>2</sup> -JIS

<sup>3</sup> -Failure

انواع توقفات غیر خرابی
انمام مواد اولیه / خام دستگاه
عدم وجود قطعه
خرابی قالب
قطع برق
عدم حضور اپراتور
آموزش
آماده سازی و SETUP
تخلیه نهائی
تولید / تست نمونه های اولیه
امور متفرقه

جدول ۳-۱: علل توقفات غیر خرابی

در واقع این توقفات غیر خرابی توقفاتی است که، دستگاه آماده به کار می باشد، ولی بنا به دلایل ذکر شده در جدول شماره ۱ از دستگاه استفاده نمی گردد ولی در محاسبه  $MTBF$  این توقفات لحاظ نمیگردد که این امر کاملاً اشتباه است. الگوریتم زیر جهت بهبود محاسبه ی  $MTBF$  پیشنهاد میگردد:

### ۳-۱-۳-قدم اول

ابتدازمان در دسترس دستگاه در یک پریود مشخص، تعیین میشود. به منظور نرمال سازی داده ها دوره محاسبه زمان در دسترس بودن دستگاه می بایستی بین ۳ تا ۶ ماه در نظر گرفته شود، که این زمان در دسترس را با نماد  $T_B$  مشخص می نمائیم.

$$T_B = H * D * M$$

(1-3)

H: تعداد ساعات کاری در روز

D: تعداد روزهای کاری

M: تعداد ماه ای در دسترس دستگاه

### ۳-۲-۳-قدم دوم

همانطور که بیان گردید هر واحد تولیدی در واحد برنامه ریزی تولید خود از آیتی می به نام توقفات برنامه ریزی نشده و یا توقفات غیر خرابی استفاده می کند که بنا به مشخصات آن واحد، این توقفات دارای دلایل گوناگونی است که نمونه ای از آن در جدول شماره ۱ بیان گردید.

این توقفات توقفاتی هستند که دستگاه مورد نظر آماده به کار است ولی بنا به دلایلی استفاده نمی شود، پس این زمان ها می بایستی از زمان در دسترس دستگاه کسر گردد. این توقفات غیر خرابی را با نماد  $T_j$  معرفی گردد. که اطلاعات آن در جدولی همانند جدول زیر باید ثبت گردد.

مدت زمان توقف $T_j$	علت توقف	کد توقف	ردیف

جدول شماره ۳-۲: ساعات توقفات غیر خرابی در طول دوره

$$T_I = \sum_{j=1}^N T_j \quad J=1, 2, 3, \dots \quad (2-3)$$

### ۳-۳-۳-۳-۳ قدم سوم

ممکن است دوره ای که در آن  $MTBF$  محاسبه میگردد، مجموع توقفات غیر خرابی بنا به شرایطی بطور غیر واقعی باشد. بطور مثال، ممکن است بنا به شرایط بازار، مواد اولیه مورد نیاز گران بوده و بنا به سیاست های مدیریتی تولید انجام نگردد. و یا دوره ای از سال باشد که میزان غیبت های اپراتور بدلیل مرخصی و دلایل مختلف بالا باشد و یا میزان قطع برق در آن دوره بالا باشد و یا اینکه اتمام مواد خام دستگاه زیاد باشد و دلایلی از این قبیل، به همین منظور برای رفع این مشکل و تعیین دقیق میزان  $MTBF$  و مستند کردن میزان  $T_j$  از ضریبی به عنوان  $w_j$  استفاده میگردد که باعث واقعی تر شدن  $T_j$  می گردد. همچنین فقدان یک بانک اطلاعاتی با اجزای مناسب به عنوان یک نکته مهم در رابطه با عدم صحیح تشخیص  $MTBF$  و قابلیت اطمینان مطرح است [10] و همچنین برای اینکه هدف این مطالعه بیان الگوی برای آینده می باشد و ممکن است اطلاعات گذشته بطور کامل در دسترس نباشد برای تعیین  $w_j$  از الگوی لیکرتی استفاده می گردد. به این طریق که اطلاعات مربوط به خرابی های سالهای قبل را استخراج کرده و آنها را بر مبنای دوره محاسبه در  $MTBF$  به دوره های مساوی تقسیم میگردد. سپس به آن دوره ای که بیشترین مدت توقف غیر خرابی را دارد ضریب ۱۰۰٪ داده می شود و سپس با توجه به آن برای بقیه دوره ها، درصدی متناسب با آن محاسبه می گردد. و در نهایت میانگین درصد کل دوره ها برابر با ضریب  $w_j$  می باشد.

$w_j$	مجموع مدت زمان توقفات در هر دوره	تعداد / دوره
$w_j = \frac{t_j}{t_{\max}} * 100\%$	$t_{\max} = \max\{t_1, t_2, \dots, t_n\}$	

جدول شماره ۳-۳: درصد ساعات توقفات غیر خرابی در دوره های مختلف

$t_{\max}$  برابر است با:

$$t_{\max} = \max\{t_1, t_2, \dots, t_n\} \quad (3-3)$$

$$n=1, 2, 3, \dots$$

$n$  تعداد دوره های که اطلاعات آن در دسترس میباشد است.

درصد هر دوره برابر است با: (4-3)

$$w_i = \frac{t_i}{t_{\max}} * 100\%$$

پس برای  $w_i$  خواهیم داشت: (5-3)

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n w_j}{n}$$

$$0 \leq w_i \leq 1$$

حال بر اساس مراحل قبل MTBF به صورت زیر قابل محاسبه است:

(6-3)

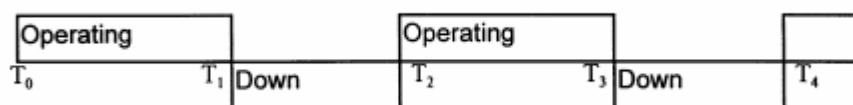
$$MTBF = \frac{T_B - W_T T_L}{N}$$

$N$ : تعداد خرابی های یک دوره می باشد.

توجه به این نکته لازم می باشد که تعداد خرابی های یک دوره، بامجموع زمان های غیرخرابی آن دوره رابطه عکس دارد، یعنی با افزایش زمان توقف غیرخرابی، تعداد خرابی ها کاهش می یابد، ولی این رابطه حالت خطی ندارد و رابطه آنها غیرخطی میباشد. تعداد خرابی ها در یک دوره به عواملی مختلفی از جمله عمر دستگاه، نحوه کارکرد اپراتور، نوع محصولی که تولید می کند و غیره بستگی دارد که یکی از عوامل آن ساعات کارکرد دستگاه میباشد.

### ۳-۴- قدم چهارم

همانطور که مشخص است هر دستگاهی در هر دوره ای دارای تعدادی خرابی پیش بینی نشده است و این بدان معنا است که در مدت تعمیر، دستگاه از دسترسی خارج می گردد و می بایستی در محاسبه ی MTBF مدت زمان تعمیر، کسر گردد.



شکل ۳-۱- نمای عملیاتی دستگاه

در صورتی که مدت تعمیر دستگاه کم باشد محاسبه آن در تعیین MTBF تاثیر چندانی ندارد و خطای ناشی از آن قابل چشم پوشی است، ولی به دلیل آنکه MTBF را به منظور نرمال سازی در دوره های ۳ تا ۶ ماهه محاسبه میگردد و با توجه به اینکه اغلب

اوقات در اثر میزان پیچیدگی دستگاه و نبود قطعات یدکی دستگاه و موارد دیگر تعمیرات ماشین وقت گیر میشود و بایستی که برای تعیین دقیق  $MTBF$  دستگاه  $MTTR$  آن نیز محاسبه و از میزان  $MTBF$  کسر گردد. پس با توجه به مراحل قبل خواهیم داشت: (7-3)

$$MTBF = \frac{T_B - W_T T_I}{N} - MTTR$$

$T_B$ : مجموع زمانهای در دسترس

$T_I$ : مجموع زمانهای توقفات غیر خرابی

$W_T$ : ضریب هموار سازی

$N$ : تعداد خرابی در یک دوره

$MTTR$ : میانگین زمان تعمیر

حال با توجه به الگوی ارائه شده نمونه ای برای مطالعه بیشتر مورد بحث قرار میگیرد.

#### ۴- مطالعه ی موردی

شرکت ایمن تک پیشرو در عرصه تولید انواع کلیدها، سوئیچ های الکترومکانیکی و قطعات الکتریکی در صنایع گوناگون از جمله صنعت خودرو به فعالیت می پردازد. استاندارد های نگهداری و تعمیرات این شرکت برای محاسبه شاخص های قابلیت اطمینان  $MTBF$  و  $MTTR$  بر این است که نیازمند حداقل آمار کارکرد ۶ ماه ماشین الات است. در این مطالعه دستگاه پرس ضربه ای مورد بررسی قرار داده شد.

#### ۴-۱- قدم اول:

زمان دسترسی این دستگاه  $T_X$  در یک دوره ی ۶ ماهه از تاریخ ۱۳۸۵/۱/۱ الی ۱۳۸۵/۶/۳۱ به شرح زیر است. میزان ساعات کاری در هر روز برابر ۸ ساعت می باشد و تعداد روز های کاری برابر ۲۶ روز در ماه میباشد. پس بنابراین  $T_X$  برابر ۱۲۴۸ ساعت خواهد بود.

$$T_B = H * D * M$$

$$T_B = 8 * 26 * 6 = 1248$$

#### ۴-۲- قدم دوم:

بنا به اطلاعات واحد برنامه ریزی تولید میزان توقفات غیر خرابی  $T_Y$  به شرح در دوره ۶ ماهه به شرح زیر است:

ردیف	کد توقف	علت توقف	مدت زمان توقف $T_I$
۱	۱۰۰۱	اتمام مواد اولیه / خام دستگاه	۶۰
۲	۱۰۰۲	عدم وجود قطعه	۲۵
۳	۱۰۰۳	خرابی قالب	۲۰

۴	۱۰۰۴	قطع برق	۸
۵	۱۰۰۵	عدم حضور اپراتور	۵۰
۶	۱۰۰۶	آموزش	۹
۷	۱۰۰۷	آماده سازی و SETUP	۶
۸	۱۰۰۸	تخلیه نهائی	۴
۹	۱۰۰۹	تولید / تست نمونه های اولیه	۱۱
۱۰	۱۰۰۱۰	امور متفرقه	۷

بنابراین:

$$T_I = \sum_{j=1}^N T_j \Rightarrow \sum_{j=1}^{10} t_j = 200 \text{ h}$$

پس مجموع ساعات توقفات غیر خرابی  $t_y$  در ۶ ماه گذشته برابر ۲۰۰ ساعت می باشد.

#### ۴-۳-قدم سوم:

اطلاعات مربوط به توقفات غیر خرابی دستگاه پرس بمنظور محاسبه  $w_i$  برای ۱۰ دوره بطور تقریباً پیوسته به شرح ذیل می باشد:

دوره / تعداد		مجموع توقف های غیر خرابی	$w_i$
۱	۱۳۸۵/۱/۱ الی ۱۳۸۵/۶/۳۱	۲۰۰	%۹۰
۲	۱۳۸۴/۷/۱ الی ۱۳۸۴/۱۲/۲۹	۱۹۱	%۸۶
۳	۱۳۸۴/۱/۱ الی ۱۳۸۴/۶/۳۱	۱۸۰	%۸۱
۴	۱۳۸۳/۷/۱ الی ۱۳۸۳/۱۲/۲۹	۲۱۶	%۹۸
۵	۱۳۸۲/۷/۱ الی ۱۳۸۲/۱۲/۲۹	۲۲۰	%۱۰۰
۶	۱۳۸۲/۱/۱ الی ۱۳۸۲/۶/۳۱	۱۷۶	%۸۰
۷	۱۳۸۲/۷/۱ الی ۱۳۸۲/۱۲/۲۹	۲۰۹	%۹۵
۸	۱۳۸۲/۱/۱ الی ۱۳۸۲/۶/۳۱	۱۸۴	%۸۳
۹	۱۳۸۲/۷/۱ الی ۱۳۸۱/۱۲/۲۹	۱۹۳	%۸۷
۱۰	۱۳۸۰/۷/۱ الی ۱۳۸۰/۱۲/۲۹	۱۹۶	%۸۹
N=10		$t_{\max} = 220h$	

پس  $t_{max}$  برابر ۲۲۰ ساعت و تعداد دوره ها  $n$  برابر ۱۰ می باشد.

حال بنا به فرمول لیکرتی  $w_i$  برای هر یک از دوره ها بر اساس فرمول زیر محاسبه می گردد

$$w_i = \frac{t_i}{t_{max}} * 100\%$$

برای مثال  $w_1$  برای دوره ی زمانی ۱۳۸۵/۶/۳۱ الی ۱۳۸۵/۱/۱ به شرح زیر است:

$$w_1 = \frac{t_1}{t_{max}} * 100\% = \frac{200}{220} * 100 = 90\%$$

پس برای  $w_i$  خواهیم داشت:

$$w_t = \frac{\sum_{j=1}^{10} w_i}{10} = 88.8\%$$

پس  $w_t$  برای دستگاه پرس برابر ۸۸,۸٪ می باشد.

#### ۴-۴-۴-۴-۴ قدم چهارم:

تعداد دفعات خرابی و همچنین میزان ساعات خرابی در دوره ی زمانی ۱۳۸۵/۶/۳۱ الی ۱۳۸۵/۱/۱ به شرح زیر می باشد:

number	finishrepiaredate	start reparaire time	finish reparaire time	reparaire time
1	138/6/18	10:00 AM	12:30 PM	2.5
2	1385/01/23	9:00 AM	5:00 PM	8
3	1385/03/01	9:30 AM	12:00 PM	2.5
4	1385/03/09	5:20 PM	8:20 PM	3
5	1385/03/09	4:30 PM	7:00 PM	3.5
6	1385/03/13	9:00 AM	2:00 PM	5
7	1385/03/14	2:00 PM	5:00 PM	3
8	1385/04/01	11:00 AM	4:30 PM	5.5
9	1385/05/01	8:15 AM	5:15 PM	9
10	1385/05/22	10:00 AM	7:00 PM	9
11	1385/2/19	11:00 AM	6:00 PM	7
12	1385/2/24	2:00 PM	8:00 PM	6
13	1385/2/4	10:00 AM	3:00 PM	5
14	1385/2/6	8:00 AM	11:30 AM	3.5
15	1385/3/11	08:00	7:00 PM	11
16	1385/4/13	11:00 AM	6:00 PM	7
17	1385/4/15	8:00 AM	12:00 PM	4
18	1385/4/26	9:00 AM	3:00 PM	6
19	1385/5/11	3:30 PM	5:30 PM	2
20	1385/5/12	4:00 PM	8:00 PM	4
21	1385/5/16	4:00 PM	7:30 PM	3.5
22	1385/6/6	9:35 AM	11:35 AM	2
مجموع زمان های تعمیر تعداد خرابی ها				$\sum T_j = 110$ 22

و با توجه به فرمول  $MTTR$  خواهیم داشت:

$$MTTR = \frac{\sum_{j=1}^{22} T_j}{22} = \frac{110}{22} = 5$$

تمامی شاخص های بدست آمده بطور خلاصه به شرح زیر است:

$T_X = 1248H$ : مجموع زمانهای در دسترس

$T_Y = 200H$ : مجموع زمانهای توقفات غیر خرابی

$W_T = 88.8\%$ : ضریب هموار سازی

$N=22$ : تعداد خرابی در یک دوره

$MTTR=5H$ : میانگین زمان تعمیر

پس بنا به رابطه داریم:

$$MTBF = \frac{T_B - W_T T_I}{N} - MTTR$$

$$MTBF = \frac{1248 - 0.888 * 200}{22} - 5 = 43.65$$

## ۵- نتیجه گیری

مقدار  $MTBF$  محاسبه شده در این روش ۴۳٫۶۵ نسبت به  $MTBF$  سنتی ۵۶٫۷ مقدار کمتر و بحرانی تری را نشان میدهد ولی این مقدار نسبت به مقدار حقیقی و اقعی فاصله ی بین خرابی نزدیک تر است، و عددی قابل اعتماد تر نسبت به حالت قبل میباشد و برنامه ریزی برای تعمیرات دقیقتر میگردد. و همچنین این روش دارای انعطاف پذیری زیادی می باشد و باعث اجرایی شدن شاخص  $MTBF$  در واحد های تولیدی میگردد.

## ۶- منابع

- [2]-terotechnology:reliability engineering and maintenance.dr.bikhash bhadury,dr.s.k .basu (2003)
- [3] USAF R&M 2000 Process. United States Air Force report, ed. 1. Washington, DC: USAF, 1987
- [4]- Drenick RF. The failure law of complex equipment. Journal of Society Of Industrial Applied Mathematics, 1960;8:680.
- [5]- Hockley CJ, Appleton DP. Setting the requirements for the Royal Air Force's next generation aircraft. Annual Reliability and Maintainability Symposium, 1997.
- [6]- Condition-based fault tree analysis (CBFTA): A new method for improved fault tree analysis (FTA), reliability and safety calculations. Dan M. Shaleva, Joseph Tiranc
- [7]- Maintenance free operating period – an alternative measure to MTBF and failure rate for specifying reliability?- U. Dinesh Kumar, J. Knezevic, J. Crocker (1999)
- ۸-نگهداری و تعمیرات (نت) بهره ور و فراگیر-موسسه مهندسين نگهداری و تعمیرات ژاپن -ترجمه علی حاج شیرمحمدی-انتشارات ارکان ۱۳۷۹
- ۹-برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات(مدیریت فنی)-تالیف علی حاج شیر محمدی -انتشارات غزال ۱۳۷۷
- [10]- reliability studies of high power proton-icuciano burgazzi and paolo pierini (2005)