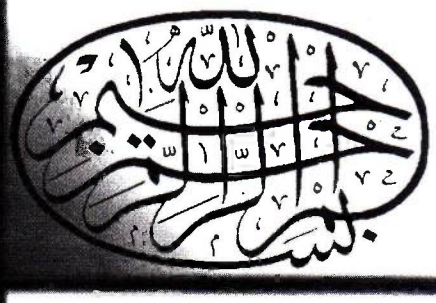


دنیای کیفیت

فصلنامه علمی-ترویجی

معاونت تضمین مرغوبیت
سازمان صنایع هوا فضا

سرمقاله	۲
مدیریت قابلیت اطمینان به عنوان یک فرآیند	۳
اخبار کیفیت	۹
مروری بر شیوه‌های پیشگویی قابلیت اطمینان محصول	۱۰
تخصیص قابلیت اطمینان	۱۶
نقش شرایط محیطی در تعیین قابلیت اطمینان و ...	۲۲
دستاورد/ صنایع صنام	۲۸
معرفی تست‌های رشد در قابلیت اطمینان	۳۰
برگرفته از دنیای تجربه/ شیوه‌های منسوخ و مدرن مدیریت	۳۴
ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم‌های مهندسی ...	۳۸
معرفی سایتهای اینترنتی	۴۶
مهندسی قابلیت اطمینان و Robust Design	۴۸
نقش قابلیت اطمینان در سیستم‌های دفاعی هوشمند	۶۱
معرفی کتاب	۶۸
پیش‌بینی قابلیت اطمینان اتوپایلوت موشک ثاقب ...	۷۰
محاسبه قابلیت اطمینان اعتماد سازه‌ای ...	۷۴
معرفی استانداردهای نظامی قابلیت اطمینان	۷۸
مدل ریاضی و آنالیز خطا در ژیروسکوپهای تنظیم‌شونده ...	۸۲
هزینه‌های کیفیت؛ چیستی و ضرورت وجود	۹۲
How To Obtain Fork-Lift Life-Curve by ...	۹۸

۱۰-۵

صاحب امتیاز: معاونت تضمین مرغوبیت سازمان هوا فضا

مدیر مسوول: مهندس ناصر مالکی

سردبیر: مهندس سعید شایسته

مدیر اجرایی و روابط عمومی: مهندس حمید آقایی

با تشکر ویژه از: مهندس محمد حاجعلی، مهندس آرنوش شاکری

➢ **دنیای کیفیت** در رد و اصلاح مطالب آزاد است.

➢ آنچه در **دنیای کیفیت** درج می‌شود لزوما دیدگاه این مجله نیست.

➢ هرگونه استفاده و نقل گفتار و نوشتار **دنیای کیفیت**، به شرط ذکر نام،

تهران، میدان نوبنیاد، سازمان هوا فضا،
معاونت تضمین مرغوبیت، دفتر نشریه
دنیای کیفیت

صندوق پستی: ۱۶۱-۱۶۷۶۵

تلفن تماس: ۲۹۵۱۳۹۴

نمابر: ۲۹۴۸۱۷۴

پست الکترونیک:
QualityMagazine@Noavar.Com

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

نقش قابلیت اطمینان در سیستم‌های دفاعی هوشمند و نحوه ارتقاء قابلیت آمادگی عملیاتی تسلیحات نظامی

دکتر علی پیروی
دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده:

در این مقاله دستاوردهای حاصله از تحقیقات در خصوص قابلیت اطمینان و آمادگی عملیاتی سیستم‌های دفاعی هوشمند ارائه می‌گردند. از آنجا که جزئیات کار انجام شده به لحاظ ماهیت دفاعی آن قابل انتشار نمی‌باشد چهارچوب علمی تحقیقات انجام شده عرضه می‌گردد. قابلیت اطمینان سیستم‌های دفاعی هوشمند از مهم‌ترین مباحث در کلیه مراحل از طراحی تا ساخت و تولید و بهره‌برداری و انبارداری و تعمیر و نگهداری و بکارگیری می‌باشد. قابلیت اطمینان و آمادگی عملیاتی تسلیحات نظامی نقش برجسته‌ای در دفاع از تمامیت ارضی و کیان میهن اسلامی داشته و می‌توانند به عنوان عوامل بازدارنده نیز به کار آیند. از جمله عواملی که به دشمن متصور جرأت اقدام به تجاوز به حریم کشور را می‌دهند احتمال پایین بودن سطح قابلیت اطمینان سیستم‌های دفاعی و قابلیت آمادگی عملیاتی تسلیحات نظامی است. فرسودگی ناشی از گذشت زمان چه در حالت بهره‌برداری و چه در حالت اقامت تسلیحات در انبار. منسوخ شدن برخی فناوری‌ها در جهان و خروج قطعات مصرف شده در تسلیحات دفاعی کشور از خط پشتیبانی و تولید کارخانجات سازنده و عدم دسترسی به قطعات یدکی برای تسلیحات موجود بنا به دلایل متعدد سیاسی از جمله عواملی هستند که می‌توانند منجر به کاهش قابلیت اطمینان و آمادگی عملیاتی تسلیحات شوند.

مقدمه

مسئولیت نهایی تضمین بالاترین سطح قابلیت اطمینان و آمادگی عملیاتی ناوگان دفاعی میهن بر عهده فرماندهی محترم قوای مسلح و فرماندهان نیروها می‌باشد ولی وظیفه ما تبیین زمینه‌های علمی جهت یاری رساندن به مسئولین جهت تحقق این امر مهم می‌باشد. در این مقاله ضمن معرفی این مفاهیم نحوه ارتقاء قابلیت اطمینان و قابلیت آمادگی عملیاتی تسلیحات دفاعی نیز تشریح می‌گردد. به بیان ساده قابلیت اطمینان به احتمال موفقیت در انجام مأموریت یک سیستم تحت شرایط مشخص و برای دوره مشخص مأموریت گفته می‌شود. هر سیستمی از زیرسیستم‌ها و یا اجزایی تشکیل می‌شود که هر یک از آنها در انجام آن مأموریت نقش مشخصی ایفا می‌نمایند. در ضمن اجزا و قطعات و زیرسیستم‌های تشکیل‌دهنده سیستم دارای عمر عملیاتی محدودی بوده و حتی در شرایط اقامت در انبار نیز مستهلک شده و حتی در برخی شرایط بالاجبار و یا در اثر سوء استفاده تحت فشارهای بیش از حد قرار گرفته و به طور زودرس مستهلک شده و خیلی زودتر از موعد مورد انتظار از کار می‌افتند. این ازکارافتادگی ممکن است منجر به از کار افتادن بخشی از یک سیستم دفاعی خاص و یا کل آن گردد. تقارن این گونه رخدادها با نیاز به بکارگیری آن سلاح منجر به زیان‌های عمده‌ای خواهد شد که می‌تواند شامل خسارات زیاد به نیروی بکارگیرنده آن سلاح، شکست مأموریت و حتی شکست عملیات و یا از دست دادن فرصت‌های موجود برای مقابله با دشمن متهاجم گردد. از آنجا که انبار نمودن، خرابی، کهولت و استهلاک قطعات اجتناب‌ناپذیر بوده و ازکارافتادگی قطعات تشکیل‌دهنده هر سیستمی امری تصادفی در زمان می‌باشد و

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

از سوی دیگر حفظ کیان نظام در گروی عملکرد موفقیت‌آمیز و به موقع تسلیحات دفاعی در زمان نامشخص در آینده هر گاه که بکارگیری آنها به تشخیص فرماندهی نیرو لازم تلقی گردد می‌باشد و اثربخشی آن از دید مدیریت نیرو حائز اهمیت است ارتقاء قابلیت آمادگی عملیاتی تسلیحات نظامی از ضروریات اساسی کشور می‌باشد. پیچیدگی و پیشرفته شدن روزافزون سیستم‌های دفاعی هوشمند به لحاظ توسعه فناوری‌های جدید از یک سو و منسوخ شدن بسیاری از قطعات در تسلیحات موجود در ناوگان دفاعی کشور به لحاظ منسوخ شدن فناوری‌های مربوطه ساخت آنها در کشورهای مبدأ و نیز گستردگی تنوع قطعات بکار گرفته شده در آنها موجب مشکل شدن تحلیل و ارزیابی قابلیت اطمینان آنها از یک سو، نیاز به توجه به مسایل لجستیک قطعات یدکی به صورت علمی از سوی دیگر و موجب تقویت ضرورت و امکان‌پذیری معرفی روش‌های افزونگی و خودآزمایی در طراحی سیستم‌های دفاعی جدید شده است. از آنجا که کثرت قطعات در چنین سیستم‌هایی خود عاملی در راستای تقلیل شدید قابلیت اطمینان آنها می‌گردد این اقدامات می‌توانند در راستای افزایش قابلیت اطمینان و ارتقاء قابلیت آمادگی عملیاتی تسلیحات نظامی به نحو شایسته بکار روند.

عدم موفقیت نیرو در بکارگیری تسلیحات دفاعی هوشمند می‌تواند عواقب بسیار خطرناک و پرهزینه‌ای هم از نظر دفاعی و هم از نظر سیاسی، اجتماعی، اقتصادی داشته باشد. به همین خاطر است که نیروهای مسلح کشورهای قدرتمند همواره در جهت تحلیل و ارزیابی قابلیت اطمینان تسلیحاتی که به آنها متکی می‌باشند کوشا بوده و پیوسته سعی در ارتقاء قابلیت اطمینان آنها دارند. بحث دیگری که در دنیا مطرح است تعمیر و نگهداری بر محور قابلیت اطمینان سیستم است که مبتنی بر اصول علمی و در راستای کاهش هزینه‌های در طول عمر سیستم و ارتقاء آمادگی عملیاتی و قابلیت اطمینان عملکردی تسلیحات مورد نظر می‌باشد. علاوه بر اینکه این فرآیند می‌تواند منجر به ارتقاء قابلیت اطمینان سیستم گردد، می‌توان در خصوص مدیریت تعمیر و نگهداری از رده قطعات همراه تا قطعات در رده تعمیراتی و یا رده‌های بالاتر نیز بهره جسته و میزان اثربخشی سیستم‌های دفاعی هوشمند در کشور را ارتقاء داد. میزان اثربخشی یک سیستم دفاعی به توانمندی عملیاتی، آمادگی عملیاتی و قابلیت اتکاء به سیستم بستگی دارد. چنانچه اثربخشی سیستم را با SE نشان دهیم آنگاه:

$$SE = C_0 x A_0 x D_0$$

اثربخشی سیستم و هر یک از مؤلفه‌های تشکیل‌دهنده آن دارای تعریف دقیقی مبتنی بر نظریه احتمالات و فرآیندهای تصادفی می‌باشد و چنین تعریف می‌شوند:

اثربخشی سیستم SE

احتمال عملکرد موفقیت‌آمیز سیستم در اجرای اهداف دفاعی مورد نظر

توانمندی عملیاتی C_o

احتمال برخورداری از توان لازم جهت مقابله به بحران به صورت در اختیار داشتن سیستم دفاعی مناسب

آمادگی عملیاتی A_o

احتمال آماده بودن و قابلیت بهره‌برداری از سیستم دفاعی مورد نظر

قابلیت اتکاء به سیستم D_o

احتمال موفقیت سیستم دفاعی جهت تکمیل مأموریت محوله یکی از نیازهای مهم و اساسی پس از تولید محصولات نظامی حصول اطمینان از صحت عملکرد آنها در انجام مأموریت محوله به آنها می‌باشد زیرا چنانچه این سیستم‌ها نتوانند مأموریت خود را انجام دهند یا به عبارتی قابلیت اطمینان آنها پایین باشد ممکن است یکی از مشکلات زیر پیش آید:

عدم موفقیت در انجام مأموریت

چنانچه پس از تولید نتوانند موفق عمل کنند ممکن است به جای از بین رفتن اهداف دشمن امکانات خودی را تخریب کنند.

تحمیل هزینه زیاد

از آنجایی که ساخت محصولات نظامی هزینه زیادی دربر دارد عدم موفقیت در انجام مأموریت آنها باعث تحمیل هزینه‌های بسیار زیادی می‌شود.

به خطر افتادن جای اپراتور

ممکن است به جای نیروهای دشمن جان اپراتور خودی به خطر بیافتد.

تعریف قابلیت اطمینان سیستم

قابلیت اطمینان یک سیستم عبارت است از احتمال اینکه آن سیستم بتواند مأموریت محوله را تا زمان مشخص و معلوم و تحت شرایط مشخص با موفقیت انجام دهد. جهت محاسبه این معیار اصولاً سیستم‌ها را به دو گروه تعمیرپذیر و تعمیرناپذیر می‌توان تقسیم نمود. دوره عمر سیستم‌های تعمیرناپذیر محدود به تنها یک دوره بکارگیری می‌شود. برای مثال یک موشک بالیستیک را در نظر بگیرید. مأموریت این موشک به یک دوره پرتاب محدود است. چنانچه این موشک بتواند طی مدت مأموریت خود سالم باقی مانده و مأموریت خود را به انجام برساند دیگر عمر آن تجدید نخواهد شد. پس در بررسی قابلیت اطمینان آن ما تنها علاقمند به یافتن احتمال عملکرد موفقیت‌آمیز آن طی دوره بکارگیری هستیم. اگر مدت مأموریت را t در نظر گرفته و عمر آن را T فرض نماییم آنگاه قابلیت اطمینان برابر با احتمال این است که عمر موشک بیشتر از دوره مأموریت آن باشد یعنی قبل از ختم مأموریت از کار نیافتد:

$$R(t) = P[T > t]$$

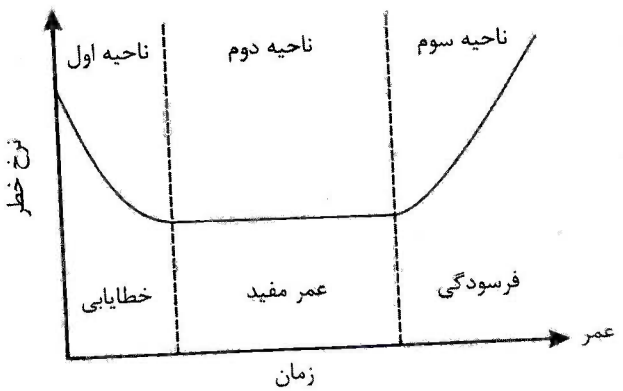
PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

اما دوره عمر سیستم‌های دفاعی تعمیرپذیر محدود به تنها یک دوره بکارگیری نمی‌شود و شامل دوره‌های متوالی آمادگی عملیاتی و عدم آمادگی عملیاتی می‌باشد. برای چنین سیستم‌هایی آمادگی به عنوان معیار سنجش قابلیت اطمینان بکار گرفته می‌شود. در حقیقت طی دوره‌های آمادگی سیستم دفاعی قابل بکارگیری می‌باشد و ممکن است به دلیل رخداد خرابی با خروج اضطراری خاتمه یابد و یا با خروج عمدی سیستم از سرویس به منظور اعمال نگهداری ختم گردد. چنانچه برای مدل‌سازی دوره آماده عملیات از متغیر تصادفی T_U برای مدل‌سازی دوره عدم آماده عملیات از متغیر تصادفی T_D استفاده نماییم آنگاه می‌توانیم معیار آمادگی عملیاتی را برای توصیف قابلیت اطمینان یک سیستم دفاعی به شکل زیر تعریف نماییم.

$$A = \frac{T_U}{T_U + T_D}$$

منحنی وان حمام

منحنی زیر که به منحنی وان حمام معروف است روند کلی نرخ خرابی قطعات را طی دوران مختلف عمرشان نشان می‌دهد. در این منحنی مشهود است که عمر قطعه به سه ناحیه قابل تقسیم بوده و روند نرخ خرابی در این نواحی مختلف متفاوت می‌باشد.



$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

توزیع نمایی

مقدار نرخ خرابی در بازه میانی دوره عمر تقریباً ثابت بوده و می‌تواند در تحلیل قابلیت اطمینان سیستم‌ها در طول دوره عمر مفید آنها مورد استفاده قرار گیرد. قابلیت اطمینان در این دوره عمر از توزیع نمایی قابل محاسبه می‌باشد:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

توزیع وایبل

مقدار نرخ خرابی در بازه دوره اولیه و نیز در دوران کهولت دیگر ثابت نبوده و همان گونه که از منحنی وان حمام مشاهده می‌گردد در دوره اولیه عمر روند کاهشی داشته و در دوره کهولت روند افزایشی دارد. برای مدل‌سازی قابلیت اطمینان در این دو دوره عمر می‌توان از توزیع وایبل استفاده کرد:

$$R(t) = e^{-(\lambda t)^{\alpha}}$$

در اینجا α پارامتر شکل می‌باشد.

MTTF یا متوسط زمان تا خرابی

$$MTTF = E[T_U] = \int_0^{\infty} t f_U(t)dt = \int_0^{\infty} R(t)dt$$

برای سیستمی که خرابی آن تابع توزیع نمایی باشد

$$MTTF = E[T_U] = \int_0^{\infty} t f_U(t)dt = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t}dt = \frac{1}{\lambda}$$

و نیز قابلیت اطمینان در زمان MTTF برابر است با

$$R(t = MTTF) = R\left(\frac{1}{\lambda}\right) = e^{-\lambda\left(\frac{1}{\lambda}\right)} = e^{-1} = ۰.۳۶۷۸$$

عنصر	MTTF
مقاومت	۲۵۰۰۰۰۰
کابل	۹۵۰۰۰۰
باطری	۲۵۰۰۰۰
موتور برقی	۱۰۰۰۰۰
ژنراتور	۱۲۰۰۰
آنتن	۲۰۰۰۰
لیزر	۲۰۰۰۰
رله	۵۰۰۰۰۰
مگنترون	۱۰۰۰۰
رادار	۶۰۰

گرچه در هر سیستمی انواع قطعات مختلف ممکن است بکار گرفته شود اما مشاهده اعداد فوق نشان می‌دهد که متوسط زمان تا خرابی قطعاتی که عمدتاً در سیستم‌های نظامی وجود دارند بسیار کمتر از سایر انواع قطعات است.

رده‌های مختلف تعمیرات

تعمیر و نگهداری برنامه‌ریزی شده نقش اساسی در ارتقاء آمادگی عملیاتی سیستم‌های دفاعی ایفا می‌نمایند. به همین دلیل نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان روش متداول در طراحی برنامه تعمیر و نگهداری سیستم‌های دفاعی می‌باشد. اصولاً برای تعمیرات سیستم‌های دفاعی سه رده مختلف تعریف می‌گردد. این در حالی است که تعمیرات سایر سیستم‌ها به تنها دو رده محدود است. این مسأله خود اهمیت حفظ آمادگی عملیاتی در بالاترین سطح ممکن را نشان می‌دهد.

رده همراه سیستم

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

در این رده تعمیرات اولیه ساده توسط پرسنل همراه سیستم دفاعی انجام می‌شود. این تعمیرات معمولاً به تعویض ماژول‌های تعویض‌پذیر و سایر قطعات ساده‌ای که برای شناسایی و تعویض به وقت کمی نیاز دارد محدود می‌گردد.

رده میانی

این رده تعمیرات معمولاً در خود نیرو مستقر بوده و در آن تعمیرات پیچیده‌تر در سطوح عمیق‌تری از سخت‌افزار سیستم که شناسایی و تعویض و یا تعمیر آنها به تخصص و تجهیزات پیچیده‌تری نیازمند است و مستلزم صرف وقت بیشتری نیز می‌باشند انجام می‌شود.

رده عالی

این رده تعمیرات عالی‌ترین رده ممکن تعمیرات سیستم بوده و با برخورداری از دانش فنی و تجهیزات پیشرفته قادر است کلیه تعمیرات اساسی روی سیستم را انجام دهد. در بسیاری از موارد این رده تعمیرات در داخل صنعت تولیدکننده سیستم دفاعی قرار دارد.

MTTR یا متوسط زمان تا تعمیر

$$MTTR = E[T_D] = \int_{0}^{\infty} t f_D(t) dt$$

چنانچه فرض کنیم تعمیرات از توزیع نمایی تبعیت می‌کنند آنگاه توزیع آنها برابر است با

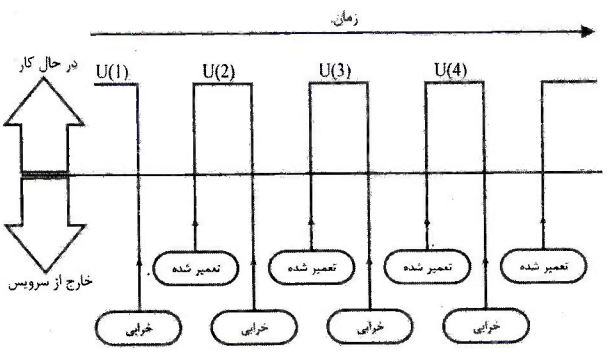
$$f_D(t) = \mu e^{-\mu t}$$

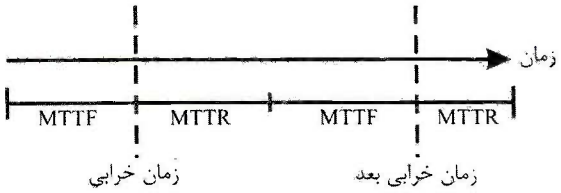
در این صورت متوسط زمان تا تعمیر برابر است با

$$MTTR = E[T_D] = \int_{0}^{\infty} t f_D(t) dt = \int_{0}^{\infty} e^{-\mu t} dt = \frac{1}{\mu}$$

رده	MTTR
تعمیرات همراه سیستم	حدود ۱/۵-۰/۵ ساعت
رده تعمیرات میانی	حدود ۳-۰/۵ ساعت
تعمیرات عالی	حدود ۴-۱ ساعت

MTBF یا متوسط زمان بین خرابی‌های متوالی معیار خوبی برای سنجش عملکرد سیستم‌های دفاعی می‌باشد.





MTBF = MTTF + MTTR
MTBF = MTTR + MTTF

برای مثال می‌توان به رادار هواپیمای C-130 با MTBF برابر با ۵۰ ساعت اشاره کرد. جدول زیر مقادیر معمول متوسط زمان تا خرابی چندین مدل رادار برای کاربردهای مختلف را نشان می‌دهد:

نوع سیستم	MTBF به ساعت
رادار چرخشی زمینی	100-200
رادار بزرگ آرایه فاز ثابت	5-10
رادار متحرک زمینی تاکتیکی	50-100
رادار کنترل آتش جنگنده	50-200
رادار جستجوی هواپیما	300-500
رادار شناسایی هواپیما	200-2000
رادار ناوبری هواپیما	300-4500

جدول زیر مقادیر معمول متوسط زمان بین خرابی‌های متوالی انواع تجهیزات معمول زمینی رایانه را می‌دهد:

نوع سیستم	MTBF به ساعت
رایانه شخصی/ ایستگاه کاری	5000-50000
نمایشگر تک‌رنگ	20000-30000
نمایشگر رنگی	5000-30000
دیسک‌گردان سخت	30000-90000
دیسک‌گردان نرم	20000-40000
نوار گردان	7500-12000
دیسک‌گردان دیسک فشرده	30000-60000
راه‌انداز DVD	75000-125000
صفحه کلید	30000-60000
چاپگر سرعت پایین نقطه آرایه	2000-4000
رسام	30000-40000
مودم	20000-30000
روتر	50000-500000
منبع تغذیه	20000-40000

عوامل مؤثر در کاهش MTTR

با بررسی محدودیت‌های عملیاتی نیروهای بکارگیرنده تسلیحات دفاعی می‌توان ملزومات نگهداری‌پذیری سیستم را شناسایی نموده و در جهت کاهش MTTR تلاش نمود. از جمله این گونه محدودیت‌های عملیاتی می‌توان موارد زیر را نام برد:

- ساعات بهره‌برداری
- محدودیت‌های مربوط به خروج سیستم از سرویس جهت نگهداری
- ملزومات تحرک‌پذیری سیستم

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

- نیاز سیستم به اپراتور و یا عدم نیاز به اپراتور
- محدودیت‌های مربوط به بی‌نیازی سیستم
- زمان عکس‌العمل سیستم
- محیط عملیاتی سیستم
- سطح مهارت پرسنل نگهدارنده سیستم
- ترکیب تخصص پرسنل همراه سیستم
- انواع تجهیزات خطایابی و نگهداری چه به صورت نهفته و چه به صورت همراه سیستم
- رده‌های مختلف تعمیرات
- استفاده از قطعات متداول و یا طرح‌های جدید
- حدود مقادیر معمول نگهداری‌پذیری

آمادگی عملیاتی تسلیحات نظامی

دوره خروج اضطراری باید با تعمیر عنصر و یا زیرسیستم خراب شده پایان یافته و سیستم به حالت آمادگی عملیاتی بازگردانده شود. گاهی اوقات مخصوصاً برای سیستم‌های دفاعی دوره خروج اضطراری به خاطر مشکلات در تدارک قطعات یدکی بسیار طولانی می‌گردد به نحوی که سیستم دفاعی آمادگی عملیاتی خود را باز نمی‌یابد. می‌توانیم معیار آمادگی عملیاتی را برای توصیف قابلیت اطمینان یک سیستم دفاعی به شکل زیر تعریف نماییم:

$$A_o = \frac{MTTF}{MTTF + MDT}$$

از طرفی متوسط زمان خروج یا متوسط زمان عدم قابلیت عملیاتی خود از دو بخش عمده تشکیل می‌گردد که شامل متوسط زمان عدم قابلیت عملیاتی ناشی از عدم تدارک قطعات یدکی مورد نیاز و نیز متوسط زمان تا تعمیر می‌گردد.

$$MDT = MTTR + MLDT$$

پس به بیان دقیق‌تر آمادگی عملیاتی تسلیحات دفاعی عبارت است از:

$$A_o = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR + MLDT}$$

آمادگی عملیاتی ذاتی تسلیحات نظامی

چنانچه شرایط تدارکات ایده‌آل فرض شود و کلیه قطعات یدکی سیستم همراه آن در نظر گرفته شوند آنگاه متوسط زمان عدم قابلیت عملیاتی ناشی از عدم تدارک قطعات یدکی مورد نیاز برابر صفر بوده و آمادگی عملیاتی ذاتی تسلیحات نظامی که از دیدگاه نظری حد بالای آمادگی عملیات تسلیحات مورد نظر است بدست می‌آید:

$$MLDT = 0$$

$$A_o = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR}$$

این بالاترین سطح ممکن قابلیت اطمینان حاصل از طراحی و ساخت سیستم است.

عوامل مؤثر در ارتقاء قابلیت آمادگی عملیات که در کنترل نیرو می‌باشد برای کاهش MLDT به مسائل لجستیک برمی‌گردند و شامل محدودیت‌های تدارک و انتخاب بهینه قطعات یدکی برمی‌گردند.

محدودیت‌های تدارک

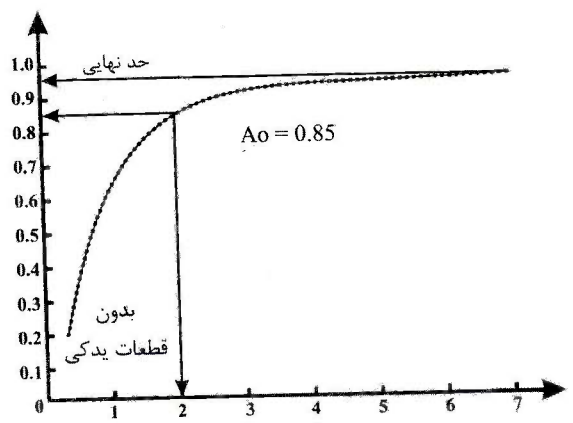
۱- زمان مسافرت تکنسین یا کادر فنی جهت شناسایی و رفع عیب
۲- احتمال موجود بودن قطعه یدکی
۳- زمان لازم جهت تدارک قطعه یدکی

انتخاب قطعات یدکی

یکی از عمده‌ترین روش‌ها برای ارتقاء قابلیت آمادگی عملیاتی سیستم‌های دفاعی هوشمند بکارگیری روش علمی در انتخاب قطعات یدکی سیستم می‌باشد. اصولاً روش‌های زیر برای انتخاب قطعات یدکی مطرح هستند.

- روش سنتی
- روش مبتنی بر تقاضا
- روش مبتنی بر قابلیت آمادگی عملیاتی

در روش سنتی انتخاب قطعات یدکی سیستم‌های دفاعی به صورت تجربی و بر اساس سابقه نگهداری سیستم و یا سیستم‌های مشابه انجام می‌شد. در روش مبتنی بر تقاضا یک دوره خاص حفاظتی برای سیستم تعریف گردیده و با توجه به برنامه نگهداری و سابقه تعمیرات سیستم قطعات همراه سیستم برای حفظ سطح خاص آمادگی عملیاتی سیستم طی این دوره تعیین می‌گردد. در روش مبتنی بر قابلیت آمادگی عملیاتی تعداد قطعات یدکی مورد نیاز در کلیه رده‌های تعمیرات و نگهداری با توجه به ماهیت سیستم و مأموریت آن به نحوی تعیین می‌گردد که زمان‌های لجستیک کمینه گردند. بدیهی است که سرمایه‌گذاری بیشتر روی قطعات یدکی نقش بالایی در ارتقای آمادگی عملیاتی سیستم دفاعی هوشمند ایفا می‌کند.



منحنی ارتقاء قابلیت آمادگی عملیاتی با افزایش سرمایه‌گذاری در قطعات یدکی

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

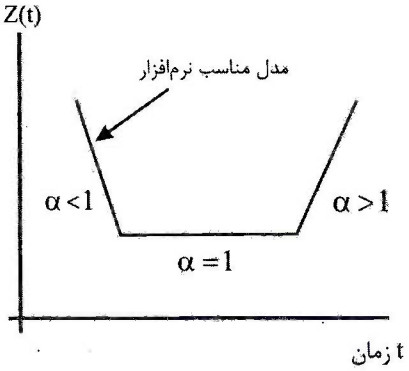
مقایسه اعداد داده شده در این جداول اهمیت وافر توجه به قابلیت اطمینان سیستم‌های دفاعی را نشان می‌دهد.

شرح سیستم	آمادگی عملیاتی	MTBF
رادار دوپلر نظامی SWR-۲۵۰	0.99	
رادار APG-66 برای F16		150HR
رادار APG-68 برای F16		250HR
رادار APG-77 برای F22		450HR
ارتباطات VLF برای ICBM	0.99	2738HR
سیستم سنسور مادون قرمز دید جلوی B-52		127HR
جنگنده F-15Eagle	0.81	
هواپیمای E-9A Twin Turbo Prop	0.80	
صفحه نمایش اتاق خلبان Honeywell 4 x 4-inch Multifunction disply		7000HR

قابلیت اطمینان نرم‌افزار

برای درک بهتر اهمیت توجه به قابلیت اطمینان نرم‌افزار بهتر است به مقایسه MTTF سخت‌افزار با نرم‌افزار بپردازیم. به طور تقریبی حدود متوسط زمان تا خرابی سخت‌افزار کامپیوتر بین ۵-۱ سال بوده و متوسط زمان تا خرابی نرم‌افزار کامپیوتر حدود ۲ هفته است. قابلیت اطمینان نرم‌افزار به صورت احتمال عدم رخداد خطا در محیط مشخص و طی یک واحد مشخص زمان متوالی تعریف می‌گردد. این واحد مشخص زمان متوالی در برخی موارد وقت واحد پردازش مرکزی بوده و در برخی موارد دیگر یک نوبت اجرا تلقی می‌گردد. مدل‌های مختلفی برای ارزیابی قابلیت اطمینان نرم‌افزار پیشنهاد شده‌اند. Ramamoothy و همکاران ارزیابی قابلیت اطمینان نرم‌افزار را در مراحل مختلف توسعه نرم‌افزار با مدل‌های متفاوتی بررسی می‌کنند. Goel قابلیت اطمینان نرم‌افزار را بر حسب ماهیت فرآیند خطا دسته‌بندی می‌نماید. معمولاً در مدل‌های رشد قابلیت اطمینان از احتمال عدم رخداد خطا در یک بازه زمانی [0 , T] به عنوان قابلیت اطمینان نرم‌افزار استفاده می‌گردد:

$$R(T) = \Pr ob\{no_failure_in[\cdot, T]\}$$



معمولاً از یک نوع توزیع احتمال برای توصیف قابلیت اطمینان استفاده می‌گردد:

$$R(T) = e^{-Z(T)}$$

در اینجا Z(t) نوعی تابع مبین نرخ خرابی می‌باشد.

$$Z(t) = \alpha\lambda(\lambda t)^{\alpha-1}$$

روش‌های ارتقاء آمادگی عملیاتی تسلیحات نظامی

۱- طراحی، ساخت و تولید سیستم‌های دفاعی با قابلیت اطمینان بالا

۲- برنامه‌ریزی قطعات همراه سیستم با بکارگیری روش‌های مبتنی بر قابلیت اطمینان

۳- برنامه‌ریزی عملیات نگهداری سیستم حین زمان خروج کار برنامه‌ریزی شده سیستم

۴- اعمال روش‌های خودآزمایی در طراحی سخت‌افزار و نرم‌افزار سیستم دفاعی هوشمند

۵- اعمال روش‌های خطاپذیری با طرح افزونگی مناسب در سیستم دفاعی هوشمند

۶- تقویت پرسنل تعمیرات در رده همراه سیستم جهت ارتقاء توانمندی ایشان در شناسایی خطا و تعمیر سریع در موارد رخداد خرابی‌های ساده به منظور کاهش زمان تا تعمیر سیستم دفاعی هوشمند

۷- سفارش و تدارک قطعات از پیش جهت ذخیره در انبار به منظور کاهش تلاقی زمان لجستیک و زمان‌های خرابی سیستم به منظور کاهش زمان تا تعمیر سیستم دفاعی هوشمند

۸- طراحی ماژول گرای سیستم دفاعی هوشمند

۹- ساخت ماژول‌های یدکی و نگهداری آنها در رده‌های همراه و میانی سیستم جهت کاهش زمان تا تعمیر سیستم دفاعی هوشمند

۱۰- اعمال روش‌های طراحی جهت انعطاف‌پذیری در تغییر پیکربندی سیستم دفاعی هوشمند

خطاپذیری

چنانچه بپذیریم هر سیستم دفاعی ممکن است با خرابی و رخداد خطا مواجه خواهد شد می‌توانیم با معرفی افزونگی در زمان و یا افزونگی در فضا خطاپذیری سیستم‌های هوشمند دفاعی را افزایش دهیم. در چنین سیستم‌هایی می‌بایستی امکانات خاصی برای تشخیص خطا و اجرای سویچش مناسب برای خروج از کار بخش خطاکار و ورود به کار بخش سالم افزون طراحی نمود. در چنین سیستم‌هایی قابلیت آمادگی عملیاتی ارتقاء یافته و هزینه کل مالکیت کاهش خواهد یافت.

انواع روش‌های افزونگی

روش‌های مختلفی برای معرفی افزونگی در سیستم‌های دفاعی وجود دارند. چنانچه افزونگی را در ابتدا به دو دسته مبتنی بر افزونگی

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor

سخت‌افزاری و افزونگی نرم‌افزاری تقسیم نماییم می‌توانیم انواع روش‌های موجود در هر گروه را معرفی نماییم.

۱-انواع افزونگی سخت‌افزاری

- افزونگی ایستا
- افزونگی پویا

۲-انواع افزونگی نرم‌افزاری

- افزونگی در ذخیره برنامه و داده
- افزونگی در برنامه‌های آزمون و شناسایی خطا در سیستم دفاعی هوشمند
- افزونگی در باز راه‌اندازی برنامه‌ها
- افزونگی در برنامه‌های تغییر پیکربندی سیستم دفاعی هوشمند

۳-افزونگی در زمان یا در اجرا

خودآزمایی

یکی از روش‌های افزایش قابلیت آمادگی عملیاتی سیستم‌های دفاعی هوشمند بکارگیری سیستم‌های خودآزمایی و مشخص نمودن بخش خراب سیستم می‌باشد. رعایت این امر در مرحله طراحی سیستم می‌تواند منجر به کاهش متوسط زمان تا تعمیر و نیز کاهش احتمال تلاقی زمان بکارگیری تسلیحات دفاعی هوشمند با زمان خرابی گردد. نتیجه ارتقاء قابلیت آمادگی عملیاتی سیستم خواهد بود.

انتخاب قطعات یدکی همراه

- روش سنتی
- روش مبتنی بر تقاضا
- روش مبتنی بر قابلیت آمادگی عملیاتی

در روش سنتی انتخاب قطعات یدکی سیستم‌های دفاعی به صورت تجربی و بر اساس سابقه نگهداری سیستم و یا سیستم‌های مشابه انجام می‌شد. در روش مبتنی بر تقاضا یک دوره خاص حفاظتی برای سیستم تعریف گردیده و با توجه به برنامه نگهداری و سابقه تعمیرات سیستم قطعات همراه سیستم برای حفظ سطح خاص آمادگی عملیاتی سیستم طی این دوره تعیین می‌گردد. در روش مبتنی بر قابلیت آمادگی عملیاتی تعداد قطعات یدکی مورد نیاز در کلیه رده‌های تعمیرات و نگهداری با توجه به ماهیت سیستم و مأموریت آن به نحوی تعیین می‌گردد که زمان‌های لجستیک کمینه گردند.

مراجع

1- Reliability Evaluation of Engineering Systems: Concepts and Techniques, Roy Billinton, Ronald N. Allan, Longman Scientific and Technical, 1983.
2- Military Balance in the Middle East-IX, The Northern Gulf: IRAN, Center for Strategic and International Studies, Anthony H. Cordesman, December 28, 1998.
3- AT & T Reliability Manual, David J. Klinger, Yoshinano Nakada, Maria a. Menedez, Von Nostrand Reinhold, 1990.
4- Designing for Dormant Reliability, NASA Preferred Reliability Practices, Guideline No. GD-ED-2207, Johnson Space Center.
5- Reliability and Maintability in Perspective, Technical, management and Commercial Aspects, DavidJ. Smith, The MacMillan Press Ltd., 1981.
6- Mechanical Reliability in the Process Industries, Mechanical Engineering Publications Ltd., The Institute of Mechanical Engineers, London, 1984.
7- Reliability of Engineering Products, HJH Wassell, Oxford University Press, 1980.
8- IEEE Recommended Practice for Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems, ANSI/STD 493-1980.

آزمایش قورباغه

کشف تغییرات نامحسوس دشوار است

زیست شناسی، سه آزمایش روی قورباغه‌ای انجام داد. در آزمایش اول، قورباغه را در داخل ظرفی از آب نیم گرم قرار داد و قورباغه با خوشحالی در آب شنا کرد. در آزمایش دوم، قورباغه را در ظرفی از آب گرم انداخت، قورباغه نتوانست گرما را تحمل کند و به سرعت از آب بیرون پرید. قورباغه اندکی سوخت اما جراحتش شدید نبود.

در آزمایش سوم، زیست شناس ابتدا قورباغه را در ظرفی از آب نیم گرم گذاشت و سپس به تدریج دمای آب را بالا برد. قورباغه که ابتدا با خوشحالی در آب شنا و جست و خیز می‌کرد، هرگز متوجه تغییر دمای محیط نگردید تا حدی که جان خود را از دست داد.

تغییرات فاحش محیطی را می‌توان به آسانی تشخیص داد و اقدامهای مقابل را بعمل آورد. اما کشف تغییرات نامحسوس دشوار است. به همین جهت باید نسبت به این گونه تغییرات هوشیار بود.

منبع:

معاونت اقتصادی و برنامه‌ریزی بنیاد مستضعفان و جانبازان انقلاب اسلامی،«داستانهای کیفیت»، چاپ اول، بنیاد مستضعفان، خاشع، ۱۳۷۳

PDF compression, OCR, web optimization using a watermarked evaluation copy of CVISION PDFCompressor