

معرفی بسته‌بندی هوشمند در اقلام حساس

حسن صراف جوشقانی*

تاریخ دریافت مقاله: اردیبهشت ماه ۱۳۹۱

تاریخ پذیرش مقاله: مرداد ماه ۱۳۹۱

چکیده

موجود و تشریح تفصیلی سامانه عیب‌یابی آن، نحوه عملکرد کارکردهای آن در ایجاد شبکه ایمن حمل‌ونقل و ذخیره‌سازی تا مصرف تشریح می‌شود. همچنین پیشینه و معماری این سامانه در "بخش بسته‌بندی" و "بخش مرکز خدمات مشترک" و همچنین مزیت‌های آن بیان شده است. بدین طریق نحوه تشکیل پرونده الکترونیکی عیب‌یابی و سلامت هر یک از اقلام موشکی خریداری شده و اجزای آن از طریق خروجی‌های سامانه بسته‌بندی هوشمند حاصل خواهد شد.

واژه‌های کلیدی

مهمات، هوشمند، بسته‌بندی، موشک، عیب‌یابی از راه دور.

۱- مقدمه

امروزه ضرورت و اهمیت بسته‌بندی بر همگان روشن شده است و حفظ کالا در مدت زمان ذخیره‌سازی طولانی، سالم ماندن آن در حین جابه‌جایی، حمل‌ونقل، تخلیه، بارگیری و به‌طور کلی دور ماندن کالا از عوامل مخرب محیطی و آسیب‌های فیزیکی در درجه اول اهمیت قرار دارد. موشک‌ها به‌عنوان یک کالای راهبردی نظامی نیز از با ارزش‌ترین اقلام مورد نیاز یک سازمان نظامی به شمار آمده و لازم است همواره سامانه‌های موشکی مورد نیاز دارای کیفیت و سلامت لازم باشند. بی‌شک از شاخص‌های اصلی در افزایش طول عمر و قابلیت اطمینان

استفاده از سامانه بسته‌بندی هوشمند به منظور عیب‌یابی قبل از مصرف، تحول مثبتی در ارائه خدمات فنی، در حین حمل‌ونقل و ذخیره‌سازی تا مصرف به شمار می‌رود. بدین شکل که با تعبیه واحد الکترونیکی مناسب در بسته‌بندی، به صورت دوره‌ای یا موردی، اطلاعات فنی اجزا و قطعات موشکی، شناسایی، تحلیل و در صورت بروز خطا، هشدارهای لازم به‌طور خودکار به یک مرکز خدمات مشترک مخابره می‌شود و یا به‌صورت دستی و مشاهده نشانگر واحد کنترل الکترونیکی بسته‌بندی توسط کاربر به مرکز خدمات و اطلاعات مزبور ارایه می‌گردد. این موضوع از یک طرف باعث جلوگیری از بروز عیوب بیشتر و نهایتاً آماده به‌کاری مداوم موشک خواهد شد. از سوی دیگر باعث از باعث از رده خارج شدن و برگشت دادن موشک تأمینی خواهد شد.

به این صورت که بعد از شناسایی واحد کنترل الکترونیکی که در بخشی از بسته‌بندی نصب می‌شود و بررسی فرایند عیب‌یابی اقلام موشکی - قبل از لانچ کردن^۲ و به‌کارگیری - نتایج به مرکز خدمات مخابره، دسته‌بندی و تحلیل می‌شود تا نهایتاً مدیریت رفع عیوب به‌صورت یکپارچه یا موردی عمل نموده و اقدامات اصلاحی و تعمیراتی مورد نیاز صورت گیرد. در این مقاله جهت غلبه بر موانع به‌کارگیری این سامانه با بررسی رویکردهای

۱- مهندسی صنایع و کارشناس ارشد مدیریت صنعتی

(* نویسنده مسئول: hasarraaf@yahoo.com)



نیز سرایت پیدا کرده است. امروزه با توسعه این سامانه‌ها به تدریج ECU^۱ها (یا واحد کنترل الکترونیکی) به‌خصوص در بخش نظامی، بخش خودروسازی و سایر بخش‌های صنعتی به کمک مهندسان و طراحان آمده است تا تمامی سامانه‌های موجود در دستگاه‌ها و تجهیزات جدید به شکل مناسب پایش و کنترل شود.

همزمان با به‌کارگیری واحد کنترل الکترونیکی در بخش‌های مختلف، عملاً لازم است در خصوص سامانه‌های الکترونیکی جانبی، نگاه جامع و فراگیر به‌وجود آید تا مدیریت چرخه عیب‌یابی مناسب طراحی و اجرا شود. با مطالعات صورت گرفته در این مقاله، سامانه "عیب‌یابی از راه دور موشکی"^۲ که بخشی از آن، داخل واحد بسته‌بندی و بخش دیگر در مرکز خدمات عیب‌یابی نصب می‌شود؛ به‌عنوان سامانه بسته‌بندی هوشمند معرفی و تشریح خواهد شد. این روش بسته‌بندی با شیوه بسته‌بندی سنتی که تنها موشک در یک جعبه چوبی قرار داده می‌شد و تا موقع مصرف هیچ اطلاعی از سلامت و کیفیت موشک نداشتند؛ متفاوت است، به‌طوری که امکان پایش کلی موشک تا موقع مصرف از طریق بسته‌بندی هوشمند فراهم خواهد شد.

۲- مشکلات فرایند عیب‌یابی کلاسیک در بسته‌بندی سنتی موشک‌ها

با توجه به فرایند عیب‌یابی کلاسیک^۶ و بسته‌بندی سنتی موشک‌ها و تفاوت آن با طرح سامانه بسته‌بندی هوشمند که عیب‌یابی را به‌صورت خودکار انجام داده و بعضاً واکنش‌های مناسب را جهت حفظ موشک از طریق فعل و

موشک، چگونگی بسته‌بندی آن می‌باشد و با بسته‌بندی مناسب می‌توان عمر واقعی اقلام مهماتی را در سطح استاندارد حفظ نمود. لذا لازم است که در این خصوص در بخش نظامی و در سازمان‌های لجستیکی، گام‌های اساسی و مؤثر برداشته شود.

این اقدامات در بخش شیمیایی اجزای موشکی (از جمله خرج‌های پرتاب، چاشنی‌ها^۱، ترکیبات پیروتکنیکی^۲ و مواد شدید الانفجار)، محصولات شیمیایی^۳ و همین‌طور در محصولات کامل تولیدی از اهمیت بیشتری برخوردار است (۱). در صحنه ذخیره‌سازی و مصرف که غالباً شامل شرایط محیطی رطوبت، شوک، ارتعاش، تداخل امواج الکترومغناطیس، تابش خورشید و غیره مواجه است؛ با توجه به فناوری‌های نوین، یکی از بهترین روش‌های پایش رو، استفاده از بسته‌بندی هوشمند می‌باشد.

به همین خاطر، در صنعت تولید موشک‌های مختلف - هدایت شونده ضد زره، پدافند هوایی و یا موشک‌های بالستیک- عاملی که نقش مؤثری را در اقدامات بهبود دهنده ایفا می‌کند؛ توجه به تولید کیفی و بسته‌بندی با حفظ معیارهای فنی تعریف شده از تولید تا زمان مصرف می‌باشد. با این حساب تولید مناسب و بسته‌بندی درخور توجه، بخش اعظم اشکالات فنی ثانویه را مرتفع خواهد نمود.

رشد سامانه‌های الکترونیکی و تغییرات پیش آمده در محصولات مختلف، تحولی است که در سنوات اخیر به‌شدت رایج و برای مصرف‌کنندگان دارای فایده فراوان است. بدین صورت که الکترونیکی نمودن از سامانه‌های مکانیکی قبلی آغاز و به بخش‌های دیگر - حتی بسته‌بندی -

۱- شامل فولمینات جیوه، آزتور سرب، تری نیترو رزرو سینات، دی ازودی نیتروفل، فولمینات نقره، نمک‌های فسفری کلراته.

۲- شامل ترکیبات ایجادکننده صدا، ترکیبات گازی و دودزا، ترکیبات منور و اشعه دار.

۳- شامل نیترات آمونیم برای کودهای شیمیایی، ترکیبات نیترو نوع دوم، مخلوط‌های نیترو برای علف‌کش و آفت‌کش‌ها، آزنیتروول و سولفویدرازیدها در عوامل منورکننده صنایع، ترکیبات پراکسید و هیدروکسیدها که به‌عنوان کاتالیزورها در صنایع لاستیک، ترکیبات آزو و دی آزو در محصولات پاک‌کننده و سفیدکننده و ...



انفعالات بسته‌بندی انجام می‌دهد؛ مشکلاتی به شرح زیر در روش عیب‌یابی کلاسیک و بسته‌بندی سنتی وجود دارد که به شرح آن پرداخته می‌شود(۶):

۱- در روش بسته‌بندی سنتی موشک‌ها، در صورت بروز هر نوع مشکل و بروز شرایط غیراستاندارد در ذخیره‌سازی و حمل‌ونقل، هیچ نوع واکنش کامل و هوشمندی از طرف بسته‌بندی به محصول وارد نشده و ممکن است پیش از هر نوع فرصت عیب‌یابی، بعضاً شرایط بحرانی و منجر به حوادث ناخواسته‌ای شود.

۲- یک عیب‌یابی کامل ممکن است به یکسری تجهیزات خاص و متخصصین آموزش دیده نیاز داشته باشد. این مسئله عیب‌یابی را بسیار گران قیمت می‌کند.

۳- روش و ابزار عیب‌یابی در میان صنایع موشک‌سازی در کشورهای مختلف، استاندارد نیست که این مسئله باعث محدودیت‌های فنی، مالی و عملیاتی برای مصرف‌کنندگان یا واحدهای لجستیکی متولی خدمات پس از فروش می‌شود. در نتیجه در شرایطی که بخواهیم از یک سامانه عیب‌یابی - فرضاً در مراکز مختلف - استفاده نماییم؛ سامانه و آزمون مشخصی برای آن- مثلاً در بسته‌بندی و یا هر بخش موشک- طراحی نشده است.

۴- عیب‌یابی سنتی مستلزم آن است که موشک به یک محل خاص - مثلاً در یک آمادگاه اصلی - که به تجهیزات عیب‌یابی مجهز شده است؛ انتقال یابد. این مسئله نه تنها برای رده‌های مصرف‌کننده مشکلاتی را ایجاد می‌نماید بلکه باعث افزایش زمان عیب‌یابی موشک و تعمیر آن توسط مراکز تعمیراتی می‌گردد. مثلاً به رده عملیاتی گفته می‌شود موشک را یک ماه در اختیار تعمیرکار قرار دهد برای مشکلی که ممکن است در طول یک روز نیز رفع گردد!

۵- با توسعه سامانه‌های کنترل الکترونیکی پیشرفته‌تر در آینده، شناسایی اجزا و قطعات معیوب به مراتب

مشکل‌تر خواهد گردید که این موضوع موجب پیچیده‌تر شدن مشکلات عیب‌یابی موشک‌ها در آینده می‌شود.

۳- معرفی واحد کنترل الکترونیکی بسته‌بندی موشکی

موشک‌ها به عنوان یک کالای حساس، مهماتی درون‌سوز می‌باشند که حرکت آن‌ها براساس انسداد گاز حاصل از سوزش موتور، پرتاب و خروج گازها از انتهای محفظه احتراق با ایجاد نیروی عکس‌العمل و موجب به جلو راندن موشک می‌شود؛ بنابراین توجه و دقت نظر در بسته‌بندی آن‌ها در اجزای مختلف و محصول کامل از اهمیت بالایی برخوردار است.

در موشک‌های هدایت شونده پس از پرتاب از روی زمین، هوا و یا زیر دریا توسط مکانیزم‌هایی که در داخل موشک یا سایت پرتاب قرار دارند، نسبت به هدف تحت کنترل و هدایت قرار گرفته و خط سیر این مهمات تا هدف، پس از پرتاب به‌طور مداوم گزارش شده و در صورت لزوم تصحیح می‌شود.^۱ اجزای موشک شامل «ساختمان آئرو دینامیک^۲ و اسکلت‌بندی، سامانه کنترلینگ^۳، هدایت، پیشرانش، سکان‌های هدایت، کلاهک جنگی» می‌باشد که واحد کنترل الکترونیکی نقش پایش سلامت و ایمنی اجزای مورد نظر را به منظور آماده‌بکاری مستمر موشک فراهم می‌نماید.

به‌طور کلی "واحد کنترل الکترونیکی" واژه‌ای است که به تمامی سامانه‌های جاسازی شده (مثلاً در بسته‌بندی) که یک یا چند سامانه یا زیر سامانه الکتریکی و سایر شاخص‌های محصول را کنترل می‌کند؛ اطلاق می‌گردد(۲).

۱- در این مقاله منظور از واژه کلی موشک‌ها، موشک‌های هدایت شونده ضد زره یا پدافند هوایی می‌باشد.

2- Aerodynamic

3- Controlling system



واحد کنترل الکترونیکی، این فعالیت‌ها را از طریق مطابقت مقادیری انجام می‌دهد که از نقشه‌های عملکرد چند بعدی^۱ به دست می‌آیند و مقادیر واقعی توسط سنسورهای که به طور مداوم در حال پایش شاخص بخش‌های مختلف موشکی می‌باشند، اندازه‌گیری شده که واحد کنترل الکترونیکی آن‌ها را دریافت نموده و بعد از انجام محاسبات لازم، با ارسال پیام برای واحدهای عملکردی موسوم به "عملگر" فعالیت‌های مورد نظر را انجام می‌دهد.

۳-۱- نحوه کنترل الکترونیکی هر یک از اجزای موشک

فعالیت‌ها و کارکردهای اصلی "واحد کنترل الکترونیکی" جاسازی شده در بسته‌بندی موشکی در طی پروفایل محیطی^۲ حمل و نقل و ذخیره‌سازی، پیش از مصرف را براساس اجزا به پنج بخش، به شرح زیر می‌توان تقسیم نمود (۳):

۳-۱-۱- کنترل ساختمان آئرودینامیک و اسکلت‌بندی

کنترل ظاهر فیزیکی موشک قبل از شلیک، در حدی که بتواند نفوذ مناسبی در هوا داشته و نیروی پسای^۴ مناسبی مطابق با استاندارد تولید نماید از طریق "واحد کنترل الکترونیکی" انجام می‌شود. مثلاً براساس یکسری شاخص‌های خاص، مقدار رطوبت و گرمایی را که از طریق بسته‌بندی به اسکلت‌بندی موشک اعمال می‌شود، تنظیم می‌نماید. بنابراین در شرایط آب و هوایی مختلف و پروفایل محیطی حمل و نقل یا ذخیره‌سازی، کنترل‌های لازم جهت تنظیم شرایط استاندارد دمایی و رطوبتی (مثلاً بین صفر تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی کمتر از ۴۰ درصد) صورت می‌گیرد. یعنی بعد از حس و سنجش مقادیر بحرانی دما و

1- Multidimensional performance maps

2- Environmental profile

۳- به‌طور کلی به برش عرضی نسبت به شرایط فیزیکی اقلام منفجره در چرخه عمر (بعد از مرحله تولید) در حین تأمین تا ذخیره‌سازی و مصرف، پروفایل محیطی یا EP^۳ اطلاق می‌شود

4- Drag force

رطوبت توسط "واحد کنترل الکترونیکی" بسته‌بندی با مخبره خبر به مرکز خدمات عیب‌یابی یا مستقیماً افعال مکانیکی و یا شیمیایی، جهت محافظت از ساختمان آئرودینامیک موشک اعلام می‌گردد.

۳-۱-۲- کنترل سامانه کنترلینگ موشک

جهت کنترل این سامانه که موظف به کنترل بالک‌ها و سکان‌هایی خارجی و فرامین داخلی موشک می‌باشد؛ "واحد کنترل الکترونیکی" بر فرض پیامی مبنی بر دریافت ضربات در حین جابه‌جایی به بسته‌بندی بخش کنترلینگ دریافت می‌کند که در این حالت در الاستیک بسته‌بندی تغییراتی ایجاد شده تا شدت یا نوع ضربات دمپ^۵ و موشک با شرایط بهتری نگهداری و حفظ شود.

۳-۱-۳- کنترل سامانه هدایت

سامانه هدایت دارای بخش‌های مجزا و مرتبطی در سایت پرتاب و همچنین خود موشک می‌باشد که فرامین و سکان‌های متولی سمت و جهت‌های جدید موشک نسبت به هدف را تعیین می‌کند. در پروفایل محیطی قبل از مصرف توسط "واحد کنترل الکترونیکی" بسته‌بندی با حسگری، شرایط به‌وجود آمده سامانه هدایت در موشک یا سامانه موشکی کنترل می‌شود.

۳-۱-۴- کنترل سامانه پیش‌ران

جهت کنترل انواع موتورهای سوخت جامد یا مایع که جهت جلوگیری از موشک‌ها در نظر گرفته شده است؛ "واحد کنترل الکترونیکی" نصب شده در بسته‌بندی به کنترل سامانه مزبور می‌پردازد. مثلاً وقتی "واحد کنترل الکترونیکی" بسته‌بندی پیامی مبنی بر ترک یا شکست در سوخت یا افت و تغییر شارژ دریافت می‌کند و بسته‌بندی نتواند پاسخ مناسبی جهت حفظ سامانه پیش‌ران ارائه نماید؛ این خبر مستقیماً به مرکز خدمات عیب‌یابی جهت

5- Kicks doped



تصمیم‌گیری مخابره یا با تغییر رنگ دریچه بازرسی بسته‌بندی، کاربر خواهد دانست که امکان مصرف موشک در این شرایط مجاز نمی‌باشد.

۳-۱-۵- کنترل کلاهک جنگی (سرجنگی)

با توجه به آنکه مأموریت اساسی هر موشک توسط بخش کلاهک جنگی با عمل تخریب و انفجار به هدف انجام می‌شود؛ وظیفه "واحد کنترل الکتریکی" بسته‌بندی آن است که انرژی انهدامی کلاهک، همواره کنترل شود و هر گونه کاهش عملکرد و انرژی کلاهک را اعلام نماید. روش اعلام افت انرژی کلاهک یا از طریق دریچه نشانگر بسته‌بندی و یا به مرکز خدمات عیب‌یابی مخابره خواهد شد.

۳-۲- بخش‌های "واحد کنترل الکترونیکی" در بسته‌بندی

همان طور که گفته شد؛ "واحد کنترل الکترونیکی" به تمامی سامانه‌های جاسازی شده در بسته‌بندی که یک یا چند سامانه یا زیر سامانه الکتریکی و سایر شاخص‌هایی را که در بخش‌های مختلف کنترل می‌کند؛ اطلاق می‌گردد. در این قسمت به عناصر اصلی عیب‌یابی هر یک از اجزای موشکی - یعنی "ساختمان آئرو دینامیک و اسکلت بندی، سامانه کنترل، هدایت، پیش رانش، کلاهک جنگی" - و یا موشک کامل در قالب گزارش عیوب، داده‌های عیب‌یابی و ابزار اسکن اشاره می‌شود (شکل ۱).

۳-۲-۱- گزارش عیوب موشک

به گزارش عیوب (OBD)^۱ موشک و خود عیب‌یابی از بخش نمایشی و دیداری "واحد کنترل الکتریکی" اطلاق می‌گردد. OBDها اطلاعاتی راجع به زیر سامانه‌ها و اجزای اصلی موشک آماده نموده و از این طریق، امکان دسترسی به کارکرد و قابلیت اطمینان موشک را در حین ذخیره‌سازی یا حمل و نقل در اختیار سامانه‌های مسئول لجستیکی قرار

می‌دهند. OBDهای اولیه که در بسته‌بندی یا خود محصول قرار داشتند؛ بسیار ساده و با مواد شیمیایی فعال می‌شدند. از یک دریچه نماگر^۲ استفاده نموده تا انباردار یا مصرف‌کننده را از عمر مفید و سلامت موشک مطلع سازند. آن‌ها هیچ گونه اطلاعاتی راجع به دلیل مشکل ارائه نمی‌دادند. اما OBDهای مدرن امروزی، داده‌ها و یک سری کد خطای DTC^۳ استاندارد را از طریق یک پورت ارتباطی^۴ خیلی سریع در اختیار قرار می‌دهند که از این طریق شناسایی و حتی رفع عیوب موشک امکان‌پذیر شده است.

۳-۲-۲- داده‌های عیب‌یابی

به درخواست داده‌های عیب‌یابی که از "واحد کنترل الکترونیکی" بسته‌بندی دریافت گردد؛ داده‌های عیب‌یابی یا PID^۵ اطلاق می‌شود. به‌طور کلی مراحل عملی استفاده از PIDها در عیب‌یابی حین ذخیره‌سازی بدین شرح می‌باشد(۵):

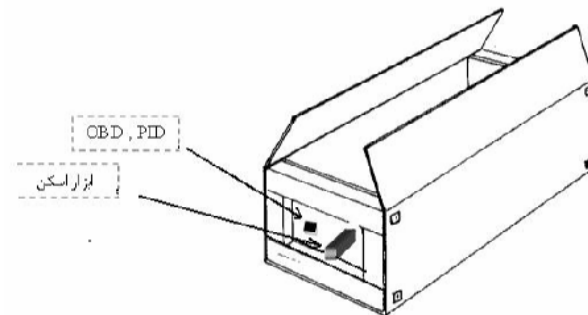
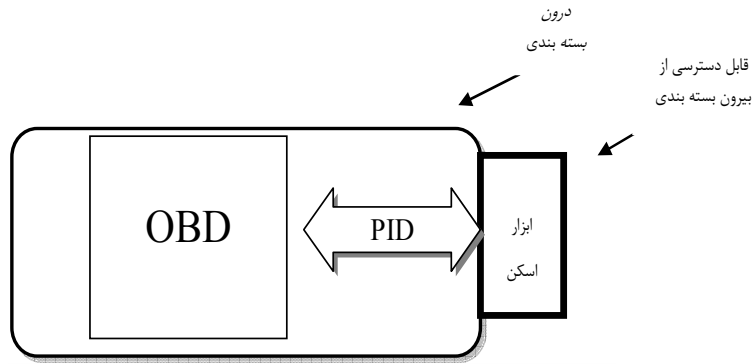
- ۱- ابتدا انباردار یا کاربر، PID مورد نظر را از طریق اسکنر^۶ وارد می‌کند؛
- ۲- اسکنر یا ابزار اسکن‌کننده (که به کانکتور^۷ OBD متصل است) PID را به باس موشک انتقال می‌دهد؛
- ۳- واحدی که مسئول عملیات مربوطه است PID را شناسایی نموده و داده مورد نظر PID را به باس انتقال می‌دهد؛
- ۴- اسکنر پاسخ را دریافت می‌کند و آن را به انباردار نشان می‌دهد.

۲- مانند دریچه سیلیکاژل در موشک تاو

- 3- Diagnostics Trouble Code (DTC)
- 4- Communication port
- 5- Parameter IDs
- 6- Scanner
- 7- Connector



1- On-Board diagnostics



شکل ۱- بخش ها و عناصر اصلی واحد کنترل لوازم حساس

و لازم است اطلاعات فنی به مرکز خدمات عیب‌یابی، مخابره یا توسط انباردار ارسال شود تا تصمیم‌گیری و اقدامات فنی لازم صورت گیرد. نمونه اقدامات صورت گرفته - که بخشی از آن جنبه اطلاع‌رسانی دارد - در سامانه بسته‌بندی هوشمند به شرح زیر می‌باشد:

- ۱- پارگی‌ها و سوراخ‌های کوچک در سطوح بسته‌بندی اولیه و تکمیلی با توجه به شرایط محیطی (مانند تغییرات دما و رطوبت) پیش می‌آید؛ ترمیم و گاهی با تغییر رنگ و یا نوع واکنش بصری، انباردار یا مصرف‌کننده را از مشکل به‌وجود آمده، آگاه می‌سازد؛
- ۲- استفاده از نانوحسگرهایی که نسبت به گازهایی که از مواد شیمیایی آزاد شده و موجب تسریع در فساد موشک‌ها می‌گردند، به شدت حساس بوده و تغییر رنگ می‌دهند که این تغییر رنگ، علامت واضحی از سلامت و آماده بکار بودن موشک‌هاست؛

۳-۲-۳- ابزار اسکن

برای دسترسی به کدهای خطا از اسکنر استفاده می‌شود که به یک کانکتور خاص موشک (یا "OBD") متصل می‌شود. معمولاً این کانکتورها در پوشش بیرونی بسته‌بندی جاسازی شده و به راحتی به آن می‌توان دسترسی پیدا نمود (۴).

۳-۳- تشریح مکانیزم واکنشی بسته‌بندی هوشمند

مکانیزم واکنشی بسته‌بندی هوشمند به دو شکل عمل می‌کند؛ در حالت اول با تحلیلی که توسط "واحد کنترل الکترونیکی" جاسازی شده در بسته‌بندی و سنسورهای آن در تماس با محصول انجام می‌شود؛ امکان واکنش مستقیم از طرف بسته‌بندی میسر بوده و به‌طور خودکار این کار انجام می‌شود. در حالت دوم "واحد کنترل الکترونیکی" تشخیص می‌دهد که رفع شرایط منجر به بروز عیوب و یا حتی شناخت شرایط پیش آمده خارج از توان سامانه داخلی بوده

۳- استفاده از پوشش‌های دفع‌کننده آلودگی، مثلاً نانوذرات اکسید منیزیم و اکسید روی باعث از بین بردن میکروارگانیزم‌ها می‌شوند که موجب تخریب زود هنگام مواد آتش‌زا و شیمیایی می‌شود.

با توجه به موارد فوق، مشخص گردید که جنس جدید مواد پایه در بسته‌بندی هوشمند که با جنس پلیمری، فلزی و چوبی گذشته تغییر یافته و جهت انجام اقدامات واکنشی گفته شده بر حضور و به‌کارگیری فناوری نانو و مواد شیمیایی جدید وجود دارد. بقیه عیوب غیرقابل رفع از طرف جنس مواد بسته‌بندی توسط واحد کنترل الکترونیکی به مرکز خدمات عیب‌یابی جهت انجام اقدامات واکنشی بعدی مخابره می‌شود.

۴- نقش بسته‌بندی هوشمند در انطباق با رویکردهای نوین عیب‌یابی

در سال‌های اخیر رویکردهای موجود در عیب‌یابی، نگهداری و تعمیرات شامل روش‌های اصلاحی^۱ یا پیشگیرانه^۲ در سرویس اقلام مختلف، همچون موشک‌ها با تغییرات بسیاری همراه بوده است که در این بخش به نقش بسته‌بندی هوشمند در ارتقا و توسعه رویکردهای عیب‌یابی و در نتیجه تعمیرات بهینه پرداخته شده است.

به طور کلی در رویکرد تعمیر اصلاحی موشک، در صورت بروز عیب نیاز به تعمیرات صورت می‌گیرد به طور مثال: بعد از اینکه یک خطا و مشکل اتفاق بیافتد؛ در صورت تعیین فرآیند اجرایی و دستورالعمل‌های مربوطه در رده، نسبت به تعمیر آن اقدام می‌گردد. این روش ریسک بالایی دارد چرا که ممکن است به مرور زمان خطاهای غیر منتظره اتفاق بیافتد و به دلیل بروز خسارات سنگین‌تر، خطرات بیشتر و یا تعمیرات پر هزینه‌تری مورد نیاز باشد.

در روش عیب‌یابی پیشگیرانه از نگاه دیگر، تعمیر پیشگیرانه به این صورت اجرا می‌شود که قطعات و

سامانه‌های موشک در یک زمان‌بندی منظم که جهت پیشگیری به روز نقایص ممکن تنظیم گردیده، تعویض و یا تعمیر می‌گردد. اگرچه برنامه‌های عیب‌یابی پیشگیرانه توانایی سامانه را افزایش می‌دهد؛ ولی به هر حال هزینه‌های لجستیکی را افزایش می‌دهد. به این دلیل که گاهی رده‌های لجستیکی، اجزاء و قطعات را قبل از اینکه عمر مفیدشان دقیقاً تمام شود؛ تعویض می‌نمایند.

به‌طور کلی امروزه عیب‌یابی پیشگیرانه موشک‌ها، یک راهکار بر مبنای زمان یا کیلومتر تردد و جابه‌جایی است و براساس شرایط واقعی عملکرد موشک یا سلامتی زیر سامانه‌های آن انجام نمی‌شود. مثلاً انبارداران اطلاعات زیادی راجع به اینکه شاخص‌های مختلف اجزای موشک چگونه تغییر می‌کند و مطابق با آن باید اقدام نمایند، نمی‌دانند؛ اما صنایع تولید کننده به انبارداران می‌گویند مثلاً در هر ۵ سال، باتری‌های موشک باید تعویض گردد؛ حال آنکه بسیاری از سازندگان موشک برای ذخیره‌سازی و حمل‌ونقل در شرایط عادی، دوره زمانی بلندتری را پیشنهاد می‌کنند. بر این اساس باید نگاه جامع‌تری به فرآیند عیب‌یابی موشک با تکیه بر سامانه‌های الکترونیکی آن شود.

به‌طور کلی هر دو روش عیب‌یابی پیشگیرانه و اصلاحی به لحاظ هزینه‌ها و کیفیت، رویکردهای غیر بهینه‌ای محسوب می‌شوند. هیچ کدام از راهکارها، شرایط واقعی موشک یا سلامتی اجزاء و قطعات را در نظر نمی‌گیرند. به‌علاوه، ممکن است بسیاری از رده‌ها - بخصوص رده‌های عملیاتی - اغلب برنامه زمان‌بندی عیب‌یابی موشک را مطالعه نکرده و یا حتی اگر این کار را هم بکنند؛ در مورد تمایز بین شرایط ایده‌آل عملکرد موشک و شرایط بد آن، شناخت و تخصص کافی نداشته باشند.

از طرفی مطابق شواهد و تجربیات متعادل به‌صرفه بودن ذخیره‌سازی و مصرف موشک از لحاظ اقتصادی، تنها به هزینه اولیه خرید موشک یا سامانه موشکی بستگی نداشته

- 1- Corrective
- 2- Preventive



و بایستی هزینه بازبینی و عیب‌یابی را به آن اضافه نمود. این موضوع اهمیت تغییر رویکردهای موجود در ارتقای سامانه‌های عیب‌یابی را با کمک سامانه‌های مختلف (بالاخص سامانه‌های الکترونیکی) نشان می‌دهد. در صورت فرایندی یا نگاه مجموعه‌ای به موضوع نگهداری و تعمیرات موشکی و انطباق آن با شرایط و نیازمندی‌های جدید، به نظر می‌رسد؛ عیب‌یابی از راه دور و از طریق سامانه‌های جانبی موشک که تأثیر بر عملکرد آن نداشته باشد؛ مثلاً با بسته‌بندی هوشمند، تأثیری مناسبی در به‌کارگیری رویکردهای نوین عیب‌یابی به‌وجود آمده و نتایج زیر را دربردارد:

- ۱- استانداردسازی کلیه فعالیت‌های انجام شده جهت عیب‌یابی اصلاحی یا پیشگیرانه در پروفایل تولیدی و محیطی موشک‌ها؛
- ۲- تهیه و نصب "واحد کنترل الکترونیکی" در بسته‌بندی موشکی (هوشمندسازی بسته‌بندی موشکی)؛
- ۳- ایجاد بسترهای الکترونیکی سخت افزاری مشخص در آمادگاه مبنا یا محل ذخیره‌سازی اصلی (به‌عنوان مرکز خدمات عیب‌یابی از راه دور موشکی) جهت ایجاد استقرار سامانه عیب‌یابی از راه دور؛
- ۴- تهیه و طراحی بسترهای نرم افزاری سامانه مدیریت دیداری الکترونیکی در عیب‌یابی موشک‌ها؛
- ۵- راه‌اندازی سامانه و بهبود کیفیت در ارائه خدمات پیش‌بینی شده و حتی غیرمترقبه؛
- ۶- ارائه به موقع خدمات عیب‌یابی موشکی با سامانه بسته‌بندی هوشمند به مشتریان و کنترل هزینه‌ها.

۴-۱- نحوه عیب‌یابی از راه دور موشکی از طریق "سامانه بسته‌بندی هوشمند"

همان‌طور که گفته شد در سامانه بسته‌بندی هوشمند که بخشی از آن در واحد بسته‌بندی نصب می‌شود؛ شاخص‌های موشک در بخش‌های "ساختمان آن‌رودینامیک و اسکلت‌بندی، سامانه کنترل، هدایت، پیش‌رانش و کلاهک جنگی (سرجنگی)" کنترل می‌گردد. همچنین بخش دیگر سامانه در مرکز خدمات عیب‌یابی در حالتی که موشک

ذخیره‌سازی یا حمل‌ونقل شده است - قبل از مصرف و لانچ شدن - نمایش داده می‌شود تا مشخص کند؛ آیا بسته‌بندی می‌تواند تغییرات پیشگیرانه واکنشی را انجام دهد؟ آیا تعمیرات مورد نیاز است یا خیر؟ بخش عمده و اصلی این امکانات که امروزه در قالب سامانه عیب‌یابی از راه دور شناخته می‌شود، در بخشی از بسته‌بندی با واسطه‌ای در یک مرکز خدمات عیب‌یابی از راه دور موشکی (مستقر در آمادگاه مبنا) و مسئول پایش (مانیتور کردن) عیوب به شرح زیر استفاده می‌گردد.

۴-۲- مشخصات مرکز خدمات "عیب‌یابی از راه دور موشکی"

پیشینه عیب‌یابی از راه دور برای اولین بار توسط سازمان فضایی ناسا^۱ برای آنکه اجزای یک سرور^۲ عیب‌یابی از راه دور سلامتی شاتل فضایی را مانیتور نماید؛ طراحی و اجرا گردید که بعدها در بخش‌های دیگر صنعتی (به‌خصوص خودرو سازی) بهینه‌کاوای گردید. امروزه نیز مرکز "عیب‌یابی از راه دور موشکی" در بخش موشکی یک موضوع چند کاربردی است که شامل "زیر سامانه‌های مختلف موشک، بسته‌بندی آن، نیازهای تعمیر و عیب‌یابی مرتبط و همچنین یک مرکز تجزیه و تحلیل از راه دور و ارتباط بی‌سیم"^۳ می‌باشد. مصداق مرکز "عیب‌یابی از راه دور موشکی" که با "واحد کنترل الکترونیکی بسته‌بندی" در ارتباط است، شامل بخش‌های زیر است:

- ۱- هوش مصنوعی جهت فراهم آوردن کدهای خطا، مقادیر سنسورهای کلیدی، اطلاعات مرتبط با نگهداری برای یک مرکز و امکان دریافت (دانلود^۴) از واحد کنترل الکترونیکی هر بسته‌بندی را داشته باشد.

- 1- NASA
- 2- Server
- 3- Wireless
- 4- Download



۲- عیب‌یابی بر خط^۱ در زمان مورد نیاز قطعات و مازول‌های^۲ موشک به همراه واسط مناسب میان کاربر(در آمادگاه یا رده) با بسته‌بندی موشک و همین‌طور مرکز کنترل راه دور.

۳- مرکز خدمات عیب‌یابی به همراه یک مشاور خبره که برنامه‌های نگهداری و عیب‌یابی پیشرفته را اجرا می‌نماید و مسئول تعامل با انباردار یا مصرف‌کننده است.

۴- تشکیل لینک^۳ ارتباط داده میان مرکز خدمات با واحد کنترل الکترونیکی بسته‌بندی موشک مورد نظر و همچنین لینک‌های ارتباط صوتی یا تصویری با انباردار یا مصرف‌کننده؛ یعنی:

۴-الف- یک سامانه ارتباطی برای برقراری تماس دو طرفه میان بسته‌بندی موشک و مرکز داده.^۴

۴-ب- سامانه مکانیزه پاسخ صوتی و نوشتاری انباردار یا مصرف‌کننده برای فراهم‌سازی یک سامانه عیب‌یابی از راه دور و هر نوع پیام دیگر.

همچنین بهتر است مرکز خدمات "عیب‌یابی از راه دور موشکی" لینک‌هایی را با موجودیت‌های مرتبط- مانند: سازندگان موشک و سازمان‌های لجستیکی نیروهای مصرف‌کننده یا مراکز نگهداری و تعمیر برقرار نماید تا به مقاصد زیر نائل شود(۴):

۱- پیشینه کردن اثربخشی بسته‌بندی، ذخیره‌سازی و به‌کارگیری سامانه‌های موشکی و بهبود راندمان اقتصادی؛

۲- توسعه سامانه عیب‌یابی در دوره عمر مفید موشک‌ها؛

۳- همکاری و اشتراک مساعی فراگیر کارکنان در بخش‌های طراحی، تولید و طی دوره مصرف.

در ادامه مقاله جهت شناخت دقیق‌تر عیب‌یابی از راه دور، معماری سامانه بسته‌بندی هوشمند تشریح می‌شود.

۴-۳- معماری سامانه بسته‌بندی هوشمند(عیب‌یابی از راه دور موشکی)

معماری فیزیکی سامانه عیب‌یابی از راه دور موشکی، مطابق(شکل ۲) مبین ارتباطات موجود واحد کنترل الکترونیکی بسته‌بندی موشک و مرکز خدمات عیب‌یابی از راه دور می‌باشد. به این صورت موشکی که باید عیب‌یابی شود. در صورت عدم امکان واکنش خودکار از طرف بسته‌بندی از طریق یک مازول^۵ ارتباطی بی‌سیم دو طرفه با مرکز خدمات ارتباط برقرار نموده و اطلاعات رسانی شرایط می‌نماید. سپس یک مشاور در مرکز خدمات "عیب‌یابی از راه دور موشکی" می‌تواند هر کدام از مازول‌های مختلف موشکی را در زمان عیوب و یا پیش از آن کنترل نماید. این مازول‌ها شامل: مانیتورینگ^۶ از راه دور سنسورها جهت عیب‌یابی پیشرفته می‌باشد. ضمن آنکه برنامه عیب‌یابی موشک در آمادگاه‌ها قبل از مصرف می‌تواند به صورت مستقل کار کند و یا اینکه در تعامل با مرکز راه دور فعالیت نموده و کدهای خطا و اطلاعات سنسور مربوطه را انتقال دهد. سایر منابع مانند: مرکز داده سازندگان موشک، مرکز داده سازمان‌های لجستیکی، انبارداران و واحدهای نگهداری و تعمیر می‌توانند توسط مرکز خدمات در چرخه ارتباط راه دور قرار گیرند.

اطلاعات موجود در صنایع سازنده، ممکن است در حین عملیات عیب‌یابی و تجزیه و تحلیل اطلاعات از طرف مرکز خدمات مورد نیاز باشند. ضمناً مرکز خدمات نیز به نوبه خود می‌تواند اطلاعاتی در مورد عیوب و اشکالات پیش آمده و تکرار آن‌ها را به صنایع سازنده موشک ارسال نماید.

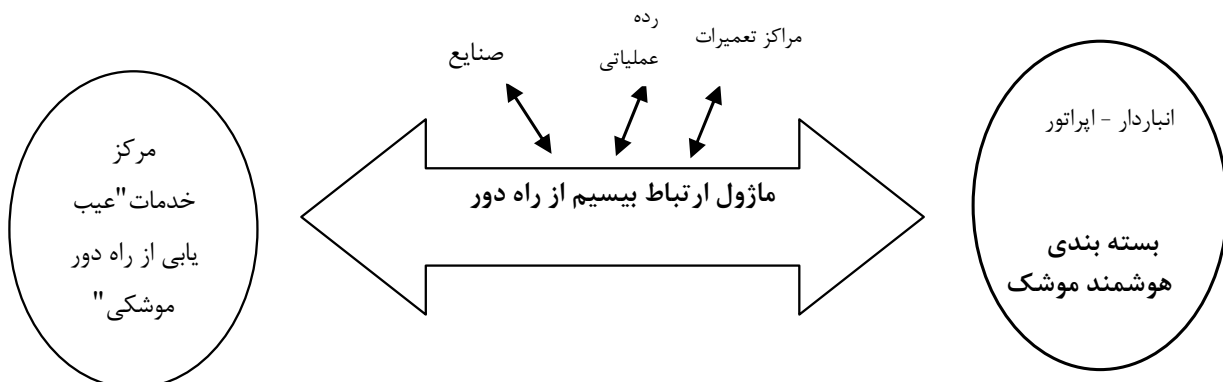
ناگفته نماند خود واحد بسته‌بندی مستقلاً می‌تواند برخی واکنش‌های ترمیمی محدود را جهت حفظ سلامت موشک تعریف و اجرا نماید.

- 1- On line
- 2- Module
- 3- Link

۴- شامل GPRS Module , OBD Reader

- 5- Mogule
- 6- Monitoring





شکل ۲- معماری سامانه بسته‌بندی هوشمند موشکی

باشد، به سرعت رکورد سلامتی موشک را بازیابی تا در فرایند ارتباطی دو طرفه، اطلاعات لازم را ارسال و دریافت نماید.

اگر مشکلی تشخیص داده شد؛ آمادگاه یا رده عملیاتی می‌تواند از وجود خطا مطلع گردیده و یک مشاوره از شرکت سرویس‌دهنده در رابطه با دستیابی به ریشه‌های مشکل و همچنین زمان‌بندی "نت" موشک دریافت نماید. در صورت نیاز حتی این امکان وجود دارد که الگوریتم‌های^۱ پیشرفته عیب‌یابی در موشک داندود گردد تا عیب‌یابی‌های پیچیده‌تری در موشک مشخص شده و متعاقباً خدمات امداد و نجات با کارایی کامل‌تری نیز ارائه گردد تا شرایط خطا را مدیریت نموده و بعضاً مصرف آن را ایمن‌تر نماید.

با توجه به توضیحات و (شکل ۲) در ادامه مزیت‌های به‌کارگیری این سامانه در بسته‌بندی موشکی اشاره می‌شود.

۴-۴- آینده نگری در سامانه بسته‌بندی هوشمند

برنامه عیب‌یابی از راه دور، کمک زیادی به کاهش قیمت عملیات و افزایش ایمنی مثلاً از طریق تشخیص زود هنگام کاهش دقت موشک، تشخیص زمان تعویض

بنابراین سامانه بسته‌بندی هوشمند شامل دو جزء اصلی در بخش بسته‌بندی هر موشک و همچنین یک مرکز خدمات عیب‌یابی از راه دور مشترک می‌باشد که باید این امکان را فراهم کند تا موشک‌ها همیشه عملیاتی، قابل مصرف و نیازی به حمل غیرمترقبه موشک به مبادی تولید یا تعمیرگاه خاصی نباشد و عملیات نت موشک با بهترین کیفیت و کمترین هزینه با رویکردهای TPM گونه انجام شود. در تشریح کارکرد فنی، این سامانه باید به‌گونه‌ای عمل کند که کدهای خطای موشک و مقادیر منتج از سنسورهای داخلی موشک را مورد آزمایش قرار داده تا مطابق آن، برنامه سرویس نت موشک ارائه گردد. در بیان جامعیت و بهره‌وری سامانه بسته‌بندی هوشمند همین بس که حتی ممکن است موشک در یک آمادگاه بوده و یا اینکه در حال حمل و نقل باشد که جمع‌بندی کارکردها و فرایندها بدون دخالت متخصصین و تعمیرکار، انجام شده و سرویس‌نگهداری و تعمیرات جامع موشک نیز به طور نظام‌مند مخابره و انجام می‌گیرد.

به‌طور کلی آنچه از کارکردها و فرایندهای داخلی موشک خوانده می‌شود از طریق یک ارتباط بیسیم به یک سرور راه دور (مثلاً جایی که اطلاعات موشک همچون رکوردهایی از سرویس‌ها و تعمیرات قبلی موشک‌ها ذخیره شده است) انتقال داده می‌شود. یک سرور عیب‌یابی از راه دور مشترک در مرکز خدمات می‌تواند از امکان پردازش بالایی بهره‌برداری کند تا در صورتی که نیاز به تعمیر وجود داشته

باتری‌های موشک و همچنین هشدار زود هنگام بعضی از مشکلات، می‌تواند از خرابی اجزای موشک جلوگیری نموده و در بعضی موارد حتی از حوادث احتمالی نیز جلوگیری به عمل آورد.

به نظر می‌رسد، سامانه بسته‌بندی هوشمند می‌تواند باعث شود انبارداران و مصرف‌کنندگان با خیالی آسوده و فارغ از ابهام‌هایی که روش‌های تعمیر فعلی به آن‌ها تحمیل می‌کند به ذخیره‌سازی و یا در نهایت به مصرف ادامه دهند. همچنین سازندگان موشک و یا سازمان‌های متولی امور لجستیکی نیز می‌توانند از روش سامانه بسته‌بندی هوشمند در توسعه امداد و خدمات پس از فروش بهتر، به عنوان یک سامانه هشدار زود هنگام استفاده نمایند تا خدمات مربوط به گارانتی^۱ و وارانته^۲ را به موقع تشخیص داده و مدیریت نمایند.

از طرفی با افزایش تعداد موشک‌های مجهز به بسته‌بندی هوشمند و با راه اندازی مرکز خدمات عیب‌یابی از راه دور، انبارداران و مصرف‌کنندگان نیز به نسبت فایده بر هزینه این سامانه‌ها در بلند مدت بیشتر پی خواهند برد.

اطلاعاتی که توسط سامانه بسته‌بندی هوشمند و هر نقطه از شبکه لجستیکی به مرکز خدمات ارسال می‌شود، در یک رکورد مختص به هر موشک در مرکز خدمات عیب‌یابی از راه دور نگهداری شده و تحت عنوان پرونده الکترونیکی موشک (EVR)^۳ و سطوح مختلف کاربری نگهداری و پردازش خواهد شد. سازمان‌های آماد و پشتیبانی و صنعت سازنده موشک نیز با داشتن این پرونده، می‌توانند اطلاعات جامع و کامل از کارکرد قطعات و اجزای مختلف موشک‌های ذخیره و منتظر مصرف خود داشته باشد.

تمام اطلاعاتی که توسط سامانه بسته‌بندی هوشمند از واحد کنترل الکترونیکی بسته‌بندی هر موشک خوانده می‌شود؛ مستقیماً با بستر مخابراتی GPRS^۴ برای مرکز

خدمات، ارسال شده و در آن جا پس از پالایش و آنالیز^۵ در نرم افزار عیب‌یاب مرکزی در پرونده الکترونیکی آن موشک ثبت و نگهداری می‌شود. چنانچه کدهای خطای شناسایی شده مهم و جدی باشد به پیام‌ها و هشدارهای لازم از طریق امکانات موجود در موشک می‌تواند به صورت صدا و متن به انباردار ارسال شود و او می‌تواند اقدامات لازم را با راهنمایی متخصصین مرکز کنترل به انجام برساند و متعاقباً به نزدیک‌ترین نقطه شبکه خدمات پس از فروش هدایت شود. چنانچه مشکلی وجود نداشته باشد با توجه به آنکه نحوه ارسال اطلاعات به صورت هر ۲۴ ساعت یکبار و دوره‌ای^۶ می‌باشد؛ حداقل اطلاعات و مهم‌ترین آن‌ها در واحد کنترل الکترونیکی بسته‌بندی هر موشک، ذخیره خواهد شد.

پرونده الکترونیکی موشک، معمولاً در بستر یک پایگاه داده بسیار قوی ایجاد می‌شود. به هر موشک، یک کد واحد^۷ مانند لو^۸ و شماره سریال، تخصیص داده شده تا کلیه اطلاعات ذخیره شده مربوط به سامانه‌های مختلف گزارش‌گیری قابل بازخوانی شود.

این اطلاعات می‌تواند در سطوح مختلف و با دسترسی تعریف شده در اختیار متخصصین و مسئولان مختلف قرار گیرد و این افراد می‌توانند با توجه به اطلاعات موجود، کلیه سوابق موشک را مطالعه نموده و با توجه به طول عمر قطعات، ماژول‌ها و دوره مصرف آن‌ها در مناطق مختلف جغرافیایی، اقدامات لازم را در بهینه‌سازی چرخه عمر موشک انجام دهند.

- 5- Analysis
- 6- Offline
- 7- Unique code
- 8- Lot



- 1- Gauranty
- 2- Warranty
- 3- Electronically vehicle record
- 4- General Packet Radio Service

۵- نتیجه گیری

اجرای آن میسر می‌شود، یعنی در صورت وجود توجیه فنی و انسانی، عملیاتی، مالی و اقتصادی نسبت به پیاده‌سازی در بسته‌بندی موشک‌های تولیدی و همچنین ارایه خدمات انتخابی در ذخایر موشکی کشور میسر گردد.

در این مقاله، مبانی و کلیات سامانه بسته‌بندی هوشمند اقلام حساس - همچون موشک‌ها - بررسی گردید؛ اما جهت موفقیت در به‌کارگیری و انجام این برنامه، چه رویکردهایی باید اتخاذ شود:

۶- منابع

۱. صراف جوشقانی، حسن. بی‌طرف، احمد؛ «تعریف، توسعه و بهسازی چرخه عمر». ششمین کنفرانس ملی نگهداری و تعمیرات. ۱۳۸۹.
2. Ebert, Christof; Jones, Capers. "Embedded software: facts, figures, and future". IEEE computer society press. 2009.
3. Ian Austen "Whats next, A chip-based challenge to a cars spinning camshaft". New York times. 2003.
4. Song You, Mark Krage and Laci Jalics, "Overview of remote diagnosis and maintenance for automotive systems". Vehicle diagnostics, april 11-14, 2005.
5. Ronald K. Jurgen, "On- and Off-board diagnostics - automotive electronics series". Published by society of automotive engineers, Inc. 2000.
6. Richardson, Doug, Jane's Missiles & "Rockets". Feb 2006.

آدرس نویسنده

تهران- میدان صنعت- خیابان هرمزان- خیابان پیروزان جنوبی- نبش کوچه پنجم- ساختمان اسراء- مرکز مطالعات و پژوهش‌های لجستیکی.

۱- توجه به پیشرفت سامانه‌های عیب‌یابی از راه دور در سطح بین‌المللی و همین‌طور سطح توانمندی تولیدکنندگان داخلی، تنوع و تعدد تأمین‌کنندگان موشک‌های خارجی، گستره و پهناوری جغرافیای و همچنین محدودیت بسترهای الکترونیکی کشور؛

۲- انجام تحقیقات جهت استفاده از مواد مصرفی جدید در هوشمندسازی متریال بسته‌بندی موشکی لازم به نظر می‌رسد تا امکان اجرای مکانیزم واکنشی در صورت حس شرایط دمایی و محیطی مختلف به صورت خودکار فراهم شده و یا در مرحله بعدی عیب‌یابی از راه دور فعال گردد؛

۳- توسعه معماری مخابره عیب‌یابی ماژولار^۱ جهت استاندارد نمودن پایش و عیب‌یابی از راه دور موشکی در انواع مختلف موشک‌ها از واحد بسته‌بندی به مرکز خدمات عیب‌یابی ضروری می‌باشد؛

۴- فعال‌سازی سامانه بسته‌بندی هوشمند در بخش بسته‌بندی و همین‌طور مرکز خدمات عیب‌یابی نیاز به عزم راسخ تولیدکنندگان و مسئولان نیروهای نظامی کشور داشته و لازم است ابتدا توسط صنایع داخلی و سازمان‌های لجستیکی فاز صفر امکان‌سنجی "فنی و انسانی، عملیاتی، مالی و اقتصادی" در پیاده‌سازی سامانه صورت گیرد. این امکان‌سنجی، باید در سه مرحله چرخه عمر سامانه بسته‌بندی موشکی (یعنی مراحل سرمایه‌گذاری و خرید، مصرف و نگهداری و تعمیرات، لجستیک معکوس) صورت گیرد. بدیهی است بعد از امکان‌سنجی اولیه مؤلفه‌های تفصیلی سامانه، امکان

1- Modular

