

نقش مهندسی آزمون در چرخه عمر محصولات نظامی

مهدی حسین پور
حسن نوروزی

چکیده:

چالشی که هم‌اکنون در مهندسی نوین وجود دارد حصول اطمینان از کاهش هزینه‌های دوره‌ی عمر و افزایش قابلیت اطمینان محصولات می‌باشد. بدلیل عدم توجه صحیح به بحث مهندسی آزمون در طی چرخه عمر محصولات (یعنی از ابتدای پیدایش ایده تا خلق محصول و پایان عمر آن، بعد از خروج محصولات از کارخانه و تحویل آن به مشتری)، هزینه‌های زیادی به هر یک ذینفعان تحمیل خواهد شد. هدف از ارایه این مقاله آشنایی با دسته بندی کلی انواع آزمون‌ها و جایگاه مهندسی آزمون در طول عمر یک محصول نظامی تا لحظه تحویل به مشتری می‌باشد.

یکی از علل پایین بودن قابلیت اطمینان و کیفیت محصولات در طول عمر خود، به خصوص بعد از تحویل به مشتری تا پایان عمر آن، عدم وجود تمرکز در صنایع سازنده نسبت به مساله آزمون و ارزیابی می‌باشد. این عدم توجه به صورت متمرکز روی بحث مهندسی آزمون و متعاقب آن پرورش نیافتن متخصصین طراحی و انجام آزمون، سبب شده است تا این موضوع در چرخه طراحی محصول، به صورت خیلی کم رنگ جلوه‌گر شود. برنامه‌ی آزمون بخشی ضروری از تصدیق و صحت‌گذاری کامل یک محصول به حساب می‌آید. هدف این برنامه در طول چرخه عمر محصولات، اطمینان از این امر است که آن محصول به تمام الزامات مربوط به طراحی، کارایی و کیفیت رسیده باشد. باید توجه داشت که طرح ریزی الزامات و ملاک‌های آزمون باید از الزامات طراحی استنتاج شوند. به طور کلی آزمون‌های مورد استفاده در فازهای مختلف چرخه عمر یک محصول تا زمان تحویل آن به مشتری عبارتند از آزمون تکوین، آزمون تایید صلاحیت و آزمون پذیرش که هر یک از این نوع آزمون‌ها در مرحله خاصی از چرخه تکوین یک محصول مورد استفاده قرار می‌گیرند و عدم توجه به آنها سبب ایجاد مشکلات متعددی برای مصرف‌کننده و سازنده خواهد شد.

واژه‌های کلیدی:

مهندسی آزمون، برنامه آزمون، آزمون تکوین، آزمون تایید صلاحیت و آزمون پذیرش



(۱) مقدمه

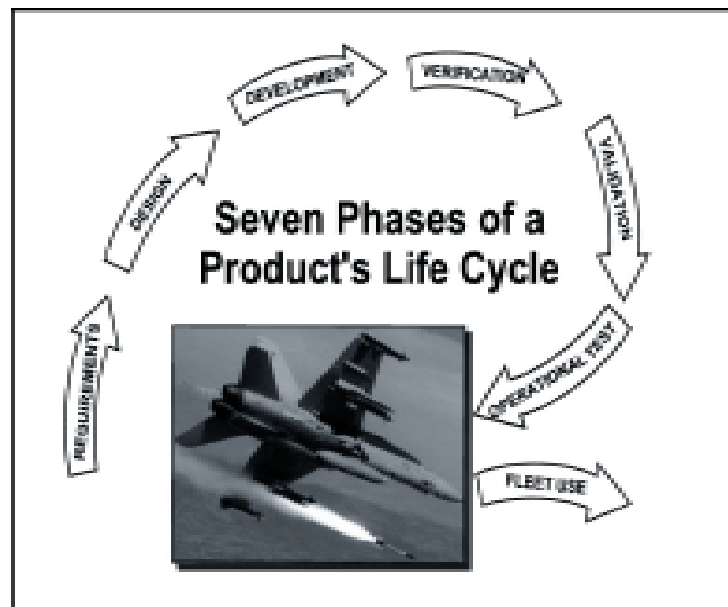
نظامی، طبیعی است که تعداد خرابی‌های مورد انتظار در آن افزایش یافته و در نهایت این موضوع منجر به افت مشخصه‌ها و پارامترهای اصلی محصول شود. این

با افزایش تنوع و تعداد قطعات در یک محصول

افت تنها در صورتی قابل شناسایی و پیشگیری می‌باشد که از ابتدا وضعیت سیستم، تحت بررسی، نظارت و ارزیابی قرار گیرد تا کاستی‌ها، نقاط ضعف و علل وقوع خرابی‌های عمومی مورد شناسایی قرار گرفته و سپس با اتخاذ تدابیر و روش‌های مناسبی، نسبت به رفع و پیشگیری این موارد، اقدامات لازم صورت پذیرد. این مقوله یکی از مهمترین حوزه‌هایی است که تا به حال کمتر به آن پرداخته شده است .

معمولاً انجام آزمون در طول پیدایش و شکل‌گیری محصولات و سیستم‌های نظامی فعالیتی پرهزینه، وقت‌گیر و مشکل‌می‌باشد. انجام آزمون صرفاً یک موضوع مهندسی نمی‌باشد بلکه به دلیل اهمیت و

ارزش جنبه‌های تجاری و اقتصادی آن، یک موضوع مدیریتی نیز محسوب می‌شود. اغلب بدلیل هزینه‌های بالایی که انجام آزمون‌ها در طول فرآیند طراحی و تکوین محصولات به دنبال دارند، از سوی مدیران ارشد در جهت کاهش انجام آزمون‌ها، فشارهای زیادی بر طراحان اعمال می‌شود. البته این اعمال فشارها بدون در نظر گرفتن اثراتی است که در آینده روی کارایی، قابلیت اطمینان و ایمنی محصول دیده خواهد شد. ضمن اینکه ممکن است هزینه‌های بالاتری نیز به دلیل خرابی‌های بالقوه، در حین به کارگیری محصول بر مصرف کننده تحمیل گردد.



شکل ۱- نمونه‌ای از چرخه عمر محصولات نظامی

به نظر می‌رسد دلیل اصلی این نابسامانی و نارسایی در انجام آزمون، مهندسان می‌باشند چرا که تاکنون متدولوژی و فلسفه محکمی برای این فعالیت ضروری توسط آنها تهیه نشده است. این بدان علت است که "آزمون" بعنوان بخشی

از تحصیلات دوره مهندسی نبوده و منابع و کتب علمی زیادی در خصوص این موضوع وجود ندارد و آموزش‌های مهندسی در طول دوران تحصیلات تکمیلی بیشتر بر جنبه طراحی تاکید دارند.

محصولات نظامی نوین می‌بایست طوری طراحی و ساخته شوند که در طول به کارگیری قابل اطمینان باشند. توجه به این نکته حایز اهمیت است که مولفه‌ی تاثیرگذار روی هزینه‌های طراحی، تکوین و تولید محصولات، هزینه‌های مربوط به دوره عمر محصول تا اتمام این دوره می‌باشد که ممکن است مخارج زیادی را بر سازنده (در طول دوران گارانتی) و بر مصرف کننده (در طول دوران وارانته و پس از آن) تحمیل نماید. چالشی که هم‌اکنون در مهندسی نوین وجود دارد به حداقل رساندن هزینه‌های مربوط به دوره عمر محصولات می‌باشد. حال باتوجه به مطالب بیان شده، اهمیت مهندسی آزمون و جایگاه آن در فرایند طراحی محصولات قابل تامل می‌باشد. [۴ و ۱]

۲) واحد آزمون

یکی از علل پایین بودن قابلیت اطمینان و کیفیت محصولات در طول عمر خود به خصوص بعد از تحویل به مشتری تا پایان عمر آن، عدم وجود تمرکز در صنایع سازنده نسبت به مساله آزمون می‌باشد. این عدم توجه به صورت متمرکز روی بحث مهندسی آزمون و متعاقب آن پرورش نیافتن متخصصین طراحی و انجام آزمون، سبب شده است تا این موضوع در چرخه طراحی محصول، خود را به صورت خیلی کم رنگ نشان دهد. از این رو، با توجه به جنبه‌های ارزشی مطرح شده در بالا؛ نیاز است تا در هر پروژه بخشی به عنوان دپارتمان آزمون وجود داشته باشد که از جمله وظایف آن طراحی آزمون‌ها، اطمینان از مناسب بودن امکانات در دسترس و استفاده از آنها به صورت موثر جهت پشتیبانی از پروژه‌ها خواهد بود. به منظور تعیین و زمینه‌سازی در خصوص اینکه چه امکاناتی جهت انجام آزمون‌ها مورد نیاز هستند، این مساله باید بادقت و با همکاری تیم‌های درگیر در

پروژه انجام شود.

به برخی از مسولیت‌های مربوط به بخش آزمون در ذیل اشاره می‌گردد:

- ۱- داشتن دانش و آگاهی در خصوص الزامات و روش‌های آزمون (مشتری‌ها، قوانین، استانداردها و غیره)؛
- ۲- مدیریت نحوه‌ی استفاده از امکانات آزمون در خارج از مجموعه در هنگام نیاز؛
- ۳- کالیبراسیون و نگهداری و تعمیرات تجهیزات آزمون؛
- ۴- آموزش آزمون [۱].

۳) برنامه آزمون

برنامه آزمون بخشی ضروری از تصدیق کامل محصول به حساب می‌آید. هدف این برنامه در طول چرخه عمر محصولات نظامی، اطمینان از این امر است که آن محصول به تمام الزامات مربوط به طراحی، کارایی و کیفیت رسیده است یا خیر. باید توجه داشت که طرح‌ریزی، الزامات و ملاک‌های آزمون باید از الزامات طراحی استنتاج شوند. که این الزامات طراحی، کارایی مورد انتظار از محصول و همچنین شرایطی که تحت آن شرایط، محصول باید کار کند را نشان می‌دهند. [۲]

در یک پروژه‌ی مهندسی، یک برنامه آزمون باید به منظور تاثیرگذاری انجام آزمون در فازهای مختلف طراحی شامل فاز شناسایی راهکار، طراحی، تکوین، تولید و پشتیبانی طرح ریزی و تدوین گردد.

انجام آزمون به ویژه در طول فاز تکوین تقریباً همیشه پر هزینه و مشکل می‌باشد. با این وجود این آزمون‌ها می‌توانند در آینده برای پروژه ایجاد ارزش افزوده نمایند. فواید موثر انجام آزمون تکوین (و هزینه انجام آزمون‌های غیر موثر از لحاظ صنعتی) در آینده (ممکن است یک سال یا در سال‌های بعد) دیده

خواهد شد.

جمع‌بندی برنامه آزمون به این معنی است که تمام فعالیت‌های تجاری از قبیل بازاریابی، سرمایه‌گذاری، مهندسی (طراحی، آزمون تکوین، تولید، نگهداری و تعمیرات)، خرید و پشتیبانی باید در نظر گرفته شوند. در حقیقت این بدان معنی است که پیش‌بردن انجام آزمون از موضوعاتی است که به مدیریت ارشد مربوط می‌شود. [۱]

لازم بذکر است تمام تامین‌کنندگان محصولات مهندسی و خدمات مربوط به پروژه، می‌بایست در برنامه آزمون درگیر شوند. معمولاً بین ۵۰ تا ۸۰ درصد هزینه‌های ناشی از مشکلات و خرابی‌های سیستم‌های مهندسی در حین خدمت به وسیله تامین‌کنندگان اجزا و زیرسیستم‌ها ایجاد می‌شود. بنابراین، عدم توجه کافی به تامین‌کنندگان در برنامه‌ی آزمون در آینده هزینه‌های زیادی را در پی خواهد داشت. [۱]

در تهیه‌ی یک طرح آزمون^۱ که قسمت اصلی برنامه‌ی آزمون (در کنار زمانبندی) به شمار می‌آید باید موارد زیر مورد توجه قرار بگیرند:

۱- توصیف و توالی همه آزمون‌ها؛

۲- اهداف و دامنه کاربرد آزمون‌ها؛

۳- مشخص نمودن امکانات مورد نیاز آزمون؛

۴- کنترل اجرای تمام آزمون‌ها.

در تعیین توالی آزمون‌ها دو نکته اصلی باید مدنظر قرار بگیرد:

۱- توجه به کلیه محیط‌هایی که محصول در طول عمر عملیاتی با آن مواجه خواهد شد؛

۲- توجه به آشکار نمودن هرچه بیشتر عیب‌ها و خرابی‌های بالقوه در تعیین توالی آزمون‌ها [۲]

۴) نقش فن‌های رایانه‌ای در مهندسی آزمون

با استفاده از فن‌های نوین رایانه‌ای از قبیل مدل‌سازی ریاضی، تحلیل عنصر محدود و طراحی مدارهای الکترونیکی، امکان تجزیه و تحلیل طرح‌ها فراهم شده است و می‌توان به وسیله نرم افزارهای مختلف، طرح‌ها را از لحاظ کارایی تحت آزمون قرار داد. این ابزار قدرتمند به صورت گسترده در ایجاد طرح‌های دقیق کمک می‌نمایند و با بهره‌گیری از آنها می‌توان آزمون‌های مورد نیاز جهت تصدیق محصول واقعی را کاهش داد. از این‌رو، هزینه‌های مربوط به تکوین محصول نیز کاهش خواهد یافت. بنابراین، استفاده از این فن‌ها و نتایج بدست آمده از آنها می‌بایست به عنوان اجزای پیوسته‌ی برنامه آزمون تکوین مورد استفاده قرار گیرند. اما باید توجه داشت که این فن‌ها نمی‌توانند کل شرایط کاربرد واقعی از قبیل شرایط محیطی و شرایط مربوط به ساخت و مونتاژ و تاثیر شرایط مختلف روی یکدیگر را ایجاد و شبیه‌سازی نمایند.

باید توجه داشت که بیشتر محصولات مهندسی در شرایط محیط واقعی مورد استفاده و بهره‌برداری قرار می‌گیرند و شرایط محیطی می‌تواند بر کارایی، قابلیت اطمینان و قابلیت دوام یک محصول تاثیرگذار باشد. بنابراین تاثیر این شرایط باید در طرح‌ریزی برنامه‌ی آزمون مورد توجه قرار گیرد. [۱]

۵) دسته‌بندی آزمون‌ها در چرخه عمر محصول

وقتی قرار است الزامات به وسیله‌ی اندازه‌گیری کارایی و کارکرد محصول، تحت محیط‌های شبیه‌سازی شده مختلف تصدیق شوند، آزمون روشی است که مورد استفاده قرار می‌گیرد و تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده از آزمون می‌بایست به عنوان بخش جدانشدنی از آزمون مورد توجه قرار گیرند. در ادامه این مطلب انواع آزمون‌ها معرفی و شرح مختصری از آنها ارائه شده است. [۲]

۵-۱) آزمون تکوین^۱

منظور از انجام آزمون تکوین کمک به ارزیابی طراحی و حمایت از عملی بودن طراحی می‌باشد. چنانچه امکان پذیر باشد این آزمون‌ها باید در اندازه‌های بالاتر از میزان شرایط عملکردی که از محدوده‌های طراحی تجاوز می‌کند انجام شوند تا حاشیه‌های طراحی شناسایی شوند. [۲] آزمون‌های تکوین جهت تایید موارد ذیل مورد استفاده قرار می‌گیرند:

- ۱- حاشیه‌های کارایی؛
- ۲- قابلیت ساخت؛
- ۳- قابلیت آزمون؛
- ۴- قابلیت نگهداری؛
- ۵- قابلیت اطمینان؛
- ۶- پیش‌بینی عمر؛
- ۷- حالات خرابی؛

۸- سازگاری با الزامات ایمنی [۲].

۵-۲) آزمون تایید صلاحیت^۲

این آزمون تحت عنوان آزمون تایید طراحی نیز معرفی شده است و آزمونی است که تحت شرایط معین، به منظور تعیین مطابقت محصول با الزامات طراحی اجرا می‌شود؛ به طوری که مبنایی برای تصویب محصول باشد. [۳] منظور از انجام آزمون تایید صلاحیت، اثبات و بررسی دقیق این موضوع است که آیا پیاده‌سازی طراحی و روش‌های مورد استفاده جهت ساخت منجر به ایجاد سخت‌افزار و نرم‌افزاری مطابق با الزامات طراحی شده است. هدف از انجام این آزمون اثبات این موضوع است که تجهیزات در شرایط محیطی مورد نظر به صورت رضایت بخش عمل می‌کنند. [۲]



شکل ۲- نمونه ای از آزمون شرایط محیطی ارتعاش مربوط به یک موشک هدایت شونده در حالت عمودی

۳-۵) آزمون پذیرش^۱

آزمونی است که تحت شرایط معین، به منظور تعیین مطابقت محصول با الزامات مشخص شده اجرا می‌شود. [۳] هدف از انجام آزمون پذیرش اثبات تطابق با مشخصات و اجرای غربال‌های کنترل کیفیت جهت آشکارسازی عیب‌های ساخت، خطاهای ساخت و مونتاژ^۲، شروع خرابی‌ها و سایر بی‌نظمی‌ها در کارایی تجهیزات است، که این موارد به سهولت به وسیله فن‌های معمولی بازرسی قابل آشکار شدن نمی‌باشند. [۲] آزمون‌های پذیرش را می‌بایست به منظور اثبات کفایت و آمادگی^۳ هریک از مولفه‌ها جهت تحویل و استفاده در مرحله‌ی بعدی اجرا کرد. این آزمون‌ها نباید تحت شرایط محیطی که سخت‌تر از شرایط پیش‌بینی شده برای تجهیزات در طول ماموریت آنها است، اجرا شوند. همچنین این آزمون‌ها نباید شرایطی را ایجاد کنند که از حاشیه‌های ایمنی تجاوز می‌کنند یا باعث مدهای غیرواقعی خرابی می‌شوند. [۲]

۶) نتیجه‌گیری

به منظور افزایش کیفیت و قابلیت اطمینان تجهیزات در طول عمر خدمتی آنها نیاز است در چرخه عمر محصول با توجه خاص به مبحث مهندسی آزمون و تهیه برنامه‌ی آزمون، عیب‌های بالقوه‌ی محصول را شناسایی و برطرف نمود تا در طی چرخه‌ی عمر آن هزینه‌ی کمتری به سازنده و مصرف‌کننده وارد شود. ضمن اینکه با انجام این کار از آمادگی عملیاتی محصول نیز اطمینان حاصل خواهد شد.

۷) منابع

1. Patrick D. T. O'Connor. (2001) "Test Engineering: A Concise Guide To Cost-Effective Design. Development, And Manufacture".
2. ECSS-E-10-03A, "Testing- Space Engineering". Published by: European Space Agency Publications. February 2002
3. Definition Of Terms For Reliability & Maintainability, MIL-STD-721
4. Test And Evaluation Management Guide / Third Edition, March 1998 Published By The Defense Systems Management College Press