نشریه علمی علوم و فنون نوین هوانوردی
سال ۲، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴

استانداردها و الزامات مربوط به طراحی و جانمایی چک لیست الکترونیکی در هواپیمای فوکر۲۷

هادی چایچی نصرتی*[۱]

۱-دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری

(دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۵)

چکیده :مطابق با آمارهای سوانح منتشر شده توسط NTSB، حدود ۱۸٪ از سوانح هوانوردی دنیا ناشی از عدم رعایت دستورالعمل های بیان شده در چک لیست، فقدان زمان کافی برای مراجعه به صفحه مربوط به حالت اضطراری اتفاق افتاده، عدم اجرای یکی از آیتم های چک لیست (مانند نزدن فلپ در ابتدای پرواز) و عدم بکارگیری چک لیست (از حفظ انجام دادن) بوده است. در هواپیماهای موجود در نهاجا، با توجه به چاپی بودن چک لیست ها، عدم بروزرسانی آنها و دشواری های مربوط به استفاده از چک لیست کاغذی در موقعیت های اضطراری، استفاده از چک لیست های الکترونیکی بسیار حائز اهمیت است. بنابراین فقدان یک چک لیست الکترونیک استاندارد (که در حال حاضر از الزامات همه هواپیماهای مدرن شکاری و ترابری دنیا می باشد) در هواپیمای فوکر ۲۷ نهاجا کاملا مشهود است. در این مقاله، براساس دستورالعمل های مراجع ذی‌صلاح بین المللی، مانند انتشارات اداره ی هوانوردی فدرال (FAA)، استاندارد دفاعی آمریکا (MIL) ، انتشارات بین المللی(SAE) و نشریات فنی و پروازی وبهره‌مندی از مشاوره‌ی پرسنل فنی و پروازی؛ استانداردها و الزامات مربوط به صفحه های نمایشگر، طراحی وجانمایی صحیح چک لیست الکترونیکی استخراج شده است، تا خلبان بتواند به انتخاب خود، چک های نرمال، حالت اضطراری مورد نیاز و دستورالعمل های دیگری که در زمان پرواز ضروری است را به صورت شنیداری و بصری دریافت نماید. بر اساس یافته های این مقاله و با توجه قدیمی بودن هواپیماهای حال حاضر نهاجا، که اکثراً از کامپیوتر مرکزی پرواز برخوردار نیستند؛ پیشنهاد می گردد از چک لیستهای قابل حمل مانند آیپد، کیف های الکترونیکی و نمایشگرهای ثابت ، با قابلیت اتصال به منابع تامین برق هواپیما، در هواپیماهای فوکر۲۷ استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: چک لیست الکترونیکی، طراحی چک لیست، جانمایی چک لیست، استانداردهای هوایی، هواپیمای فوکر۲۷

* نویسنده پاسخگو، پست الکترونیک: chichaee@gmail.com

مقدمه

پیشگامان اولیه‌ی پرواز، اغلب با به خطر انداختن خویش، بسیاری از قوانین مهم و اساسی طراحی هواپیما برای پرواز ایمن را شناسایی کردند. این قوانین نیز ناشی از موفقیت ها و شکست‌های فلسفه‌های طراحی مختلف غیرنظامی و نظامی از اوایل قرن بیستم و در طی هر دو دوره‌ی جنگ جهانی اول و دوم بود، که هم در بهبود ایمنی و هم در افزایش توانایی در طراحی نقش داشته‌اند. درحالی که این دانش طراحی در حال تحول، در ابتدا فقط توسط سازندگان هواپیما بکارگرفته شده بود. شرکتها و نهادهای سازنده محصولات هوانوردی تصمیم بر مکتوب کردن تجربیات ساخت و تولید گرفتند تا با استفاده از تجربیات گذشته بتوانند نقشه‌ی راهی برای تولیدات آینده فراهم سازند. این اقدامات، در نهایت باعث تولد دستورالعمل‌های استاندارد شد. به طور کلی یک استاندارد از پیشرفت هوافضایی پیشی نمی‌گیرد بلکه آن را دنبال می‌کند و حتی گاهی با آن همراهی می‌کند. خصوصیت دیگر استانداردها که از دل آن مجوزهای صلاحیت پرواز استخراج می‌شود، مد نظر داشتن سه عنصر کلیدی، شرایطی ایمن، کسب الزامات ضروری و محدوده مجاز در یک محصول و یا سامانه‌ی هوانوردی است. بعد از اعلام نیاز به یک محصول و یا سامانه هوانوردی توسط سازمان‌های بهره بردار، پیروی و متابعت از دستورالعمل‌ها و شیوه‌نامه‌های استاندارد در طراحی آن محصول به‌جهت اخذ مجوزهای پروازی لازم، امری ضروری است، حتی اگر این اعلام نیاز منجر به تولید محصول جدیدی نشده و فقط در راستای ارتقاء عملکرد محصولات و سامانه‌های موجود باشد. با توجه به رشد قابل ملاحظه نیروی هوایی ایران در ساخت و تولید محصولات هوانوردی نظامی، می‌توان گفت که امکان ارتقاء و تغییر در محصولات هوانوردی نظامی و سامانه‌های آن در این نیروی نظامی وجود دارد. و بدیهی است که این تغییرات باید بر مبنای استانداردهای روز دنیا باشد.امروزه ایمنی پرواز در اولویت اول انجام ماموریتهای هوانوردی است، افزودن سیستم‌های عملکرد خودکار و الکترونیکی به وسایل پرنده برای کاهش خطاهای انسانی از جمله اقدامات ایمنی است که باعث کاهش سوانح هوانوردی شده است. اتول گاواندە[1] در کتاب مانیفست چک لیست[2] این داستان را به زندگی روزمره ما تعمیم می‌دهد. در این کتاب می خوانیم: چک لیستها ابزاری هستند که بدون افزایش مهارت، نتایج را بهبود میبخشند. (گاوانده،۲۰۰۹)

وظیفه اصلی چک لیست پرواز اطمینان از پیکربندی مناسب هواپیما برای هر بخش پرواز است.چک لیست کامل پرواز تقریباً برای تمام بخشهای پرواز به لیستهای مشخص مجزا از هم تقسیم شده است ، یعنی چک های قبل از پرواز ، تاکسی، قبل از نشستن و غیره. و به ویژه قبل از بخشهای مهم: بلند شدن ، پرواز کروز و لندینگ را هم شامل می شود. بسیاری از تحقیقات توسط NTSB[3] نشان داد که علت احتمالی بسیاری از حوادث و پیامدها ناشی از استفاده نامناسب از چک لیست توسط خدمه پرواز است. (سازمان ایمنی حمل و نقل بین المللی،۱۹۸۸)

در یک مطالعه وبررسی که توسط شرکت هواپیماسازی بوئینگ انجام شده بود ، لوتمن و گالیمور دوازده گزارش تصادف و حادثه را بررسی کردند. آنها نتیجه گرفتند که تعداد قابل توجهی از این موارد مربوط به خطاهای خدمه به دلیل استفاده نادرست از چک لیست است.در طول سال ها انواع مختلفی از دستگاه های چک لیست تکامل یافته اند. از جمله چک لیست کاغذی ، مکانیکی وصوتی است. (بورمن، ۲۰۰۱)

عدم رعایت درست چک ها توسط خدمه پرواز به عنوان عاملی در بسیاری از حوادث هوایی ذکر شده است. برخی از این حوادث شامل خطاهای چک لیست کاغذی ، مانند پرش از چک لیست، انتخاب سوئیچ نادرست ، متن غیرقابل خواندن به دلیل کم بودن روشنایی ، از دست دادن مکان هنگام حواس پرتی، فشار روانی به علت کار با کاغذ، یا حذف موردی یکی ازآیتم های چک لیست بود. چک لیست های الکترونیکی ابزاری مبتنی بر کنترل وهدایت خودکار هستند که چندین نوع خطای مرتبط با روش چک لیست را کاهش یا از بین می برند. بسیاری از خلبانان اظهار داشتند که در یک

---

[1]- Atul Gawande
[2] - Checklist Manifesto
[3] - National Transportation Safety Board

زمان یا مورد دیگر آنها یک یا چند مورد از آیتم های چک لیست را به درستی انجام نداده اند یا بـه کلـی آنـرا فرامـوش کرده اند. این پدیده در تحقیقات تصادف دلتا ایر لاینزدر پرواز۱۱۴۱ که در آن خدمه پـرواز فلـپ هـای هواپیمـا را بـرای برخاستن باز نکرده بودند، مشهود بود. (سازمان ایمنی حمل و نقل بین المللی، ۲۰۰۱)

مدیریت منابع کابین خلبان[4] یکی از موضوعات مورد علاقه در دهه اخیر بوده است ، زیـرا نگرانـی در همـاهنگی ، فرایندهای اجتماعی و عملکرد ترکیبی خدمه پرواز متمرکز بوده است. (فوشه و همکاران، ۱۹۸۸)

استفاده ازچک لیست با اقدامات وارتباطات هماهنگ شده بین کاپیتان وخلبان های دیگر انجام می شود. عـلاوه بـر این ، چک لیست به گونه ای طراحی شده است که تعاریف بسیار متمایز و نقـش هـر خدمـه پـرواز را تعیـین مـی کنـد. همچنین این امر مستلزم این است که خلبان ناظر بطور صحیح بر عملکرد خلبان پرواز در استفاده از چک لیست نظـارت کند و در صورت تخطی تذکرات لازم را بدون در نظر گرفتن جایگاه هر خدمـه در پـرواز بدهـد. در یـک گـزارش حادثـه هوانوردی آمده است کاپیتان با بی توجهی کامل به مهندس پرواز که تا حدودی از وظایف خود عقب بود اقـدام بـه بلنـد شدن کرده که باعث واماندگی[5] هواپیما ودر نتیجه حادثه شده، وعلت واماندگی هم ۱۰نات سرعت کمتر از سرعت مجـاز بلند شدن بود وآن هم بدلیل این بود که مهندس پرواز چک های مربوط به خود را انجام می داد وکاپیتان بـدون گـرفتن تایید ((چک ها کامل شد)) اقدام به پرواز کرده بود. این تقصیر مهندس پرواز نبود ، بلکه کاپیتان بودکه مـی توانسـت ۳۰ ثانیه صبر کند تا مهندس پرواز وظایف خود را به درستی انجام دهد. هامر و همکاران، ۱۹۸۲)

ویا در پرواز هواپیمای ایلیوشین ۷۶ نیروی هوایی در رژه روز ارتش سال ۸۸ متاسفانه خلبان فرمانده بدون توجه بـه تذکرات مهندس پرواز وخلبان دوم با سرعت بالاتر از حد مجاز در چک لیست ادامه پرواز را انجام می داد، که باعث کنده شدن آنتن رادار و در نتیجه کنده شدن سکان افقی وعمودی هواپیما ودر نهایت سقوط واز بین رفتن خدمه پرواز وهواپیما شد. این مدیریت منابع انسانی در هواپیما می تواند بسیاری از مشکلات ناشی از انجام نـدادن صـحیح آیـتم هـای چـک لیست و در نتیجه بالا بردن ایمنی پرواز را برطرف کند با افزایش پیچیدگی هواپیما ، توانـایی خلبـان هـا در انجـام تمـام موارد لازم برای ایمنی بدون برخی از انواع چک لیست کاهش یافته و با ظهور هواپیماهای بزرگتـر و چنـد موتـوره، یـک چک لیست رسمی تر برای اطمینان از تکمیل بسیاری از مواردی که باید بررسی شوند لازم وضروری به نظر آمد. با ایـن حال ، با بزرگتر شدن هواپیماها و پیچیدگی آنها ، با افزایش تعداد چک ها ، و با افـزایش ترافیـک، تـداخل در اسـتفاده از چک لیست ها نیز افزایش می یابد ،که افزایش احتمال خطا در استفاده از چک لیست ها و روش های مبتنی بـر اسـتفاده صحیح ازچک لیست را افزایش می دهند. لذا این امر انگیزه‌ای شد تا با انجام این تحقیق در غالب پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، به بررسی روش‌های استاندارد صدور مجوز و صلاحیت پرواز، برای یک سامانه هوانوردی پرداخته شود. و بـه طـور خاص استخراج استانداردها والزامات مربوط به طراحی وجانمایی چک لیست الکترونیکی هواپیمای فوکر۲۷ در این تحقیق مطالعه شد که در نتیجه آن، استانداردی تدوین شد، که نقشه‌ی راهی برای اقدام به طراحی بر اساس اسـتاندارد والزامـات پروازی برای نصب وجانمایی در طراحی چک لیست الکترونیکی این هواپیما باشد.

پیشینه پژوهش

در اوایل حمل و نقل هوایی به دلیل سادگی هواپیما ، به چک لیست نیازی نبـود. در ۳۰ اکتبـر ۱۹۳۵ ، ایـن رویـه تغییر کرد. یک هواپیمای بویینگ مدل ۲۹۹ که بعداً به عنوان بویینگ۱۷ معرفی شد ، اندکی پس از پرواز سقوط کرد زیرا خلبانان نتوانستند مکانیسم جدید قفل سکان عمودی و سکان افقی را آزاد کنند. (گاوانده،۲۰۰۹)

[4] -Cockpit Resource Managment

[5] – Stall

پس از آن ، چک لیست ها در هواپیما به مسئله استاندارد تبدیل شدند ، اما با پیچیدگی هواپیما ، خطاهای بیشتری در چک لیست ظاهر شد. اداره هوانوردی فدرال (FAA)[6] با استفاده از داده های شورای ایمنی حمل و نقل ملی (NTSB) ، استفاده نامناسب از چک لیست را به عنوان یکی از علل احتمالی یا عامل موثر در ۳۷ سانحه هوایی بزرگ بین ۱۹۷۸ و ۱۹۹۰ شناسایی کرد. علاوه بر این ، یک شاخه تجزیه و تحلیل ایمنی از FAA در همان مطالعه به این نتیجه رسید که بین سالهای ۱۹۸۳ و ۱۹۹۳ ، ۲۷۹ حادثه مربوط به خطاهای چک لیست ۲۱۵ کشته و ۲۶۰ مصدومیت به همراه داشته است. (سازمان ایمنی حمل و نقل بین المللی،۱۹۸۸)

بیشترین درصد از خطاهای مربوط به چک لیست در طی مراحل قبل از پرواز یا هنگام پرواز رخ داده است. دو نمونه از این نوع خطاها در گزارشات تصادف شورای ایمنی حمل و نقل ملی برای پرواز ۲۵۵ نورث وست (هواپیمای DC-۹)در سال۱۹۸۷ (سازمان ایمنی حمل و نقل بین المللی،۱۹۸۸) و پرواز ۱۱۴۱ دلتا (هواپیمای بویینگ۷۲۷) در سال ۱۹۸۹ تأیید شده، علت اصلی هر دو اتفاق ناگوار اشتباه خطای چک لیست بود که منجر به مرگ کل ۱۷۰ نفر شد. (سازمان ایمنی حمل و نقل بین المللی، ۲۰۰۱)

متداول ترین روش ارائه برای چک لیست ها ، کاغذ / کارت لمینیت است. (سازمان ایمنی حمل و نقل بین المللی،۱۹۸۸)

این مطلب برای همه هواپیماهای عمومی هواپیمایی ساخته شده در یکصد سال گذشته درست است ، اما با بزرگتر شدن هواپیماها و پیچیدگی آنها ، با افزایش تعداد سیستم ها، و با افزایش ترافیک هوایی ، تداخل در استفاده از چک لیست ها نیز افزایش می یابد ،که افزایش احتمال خطا در استفاده از چک لیست ها و روش های مبتنی بر استفاده صحیح ازچک لیست را افزایش می دهند. افزایش سخت افزار و نرم افزار و محاسبات کاهش هزینه، نحوه ارائه چک لیست های هواپیماهای جدید را به سرعت تغییر می دهد. در دو دهه گذشته، چک لیست های الکترونیکی و یا دیجیتال در بسیاری از کاکپیت هواپیماهای تجاری منطقه ای و بزرگ، نظامی، و برخی از هواپیماهای کوچک آموزشی وتفریحی ظاهر شدند. (هامر و همکاران، ۱۹۸۲)

این چک لیست های دیجیتال به پانل هواپیمای جدید توسط سازنده با نرم افزار طراحی شده برای سیستم های هواپیما یکپارچه شده، که باعث حذف بسیاری از اشتباهات چک لیست کاغذی شده اند. (واینر، ۱۹۸۹)

بوئینگ روند مطالعه چک لیست الکترونیکی را از اواخر دهه ۱۹۸۰ آغاز کرد. توسعه این مدل از چک- لیست ها از سال ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۶ ادامه داشت تا اینکه یک سال پس از انتشار گزارش FAA، مبنی براشتباهات مستند چک لیست کاغذی ، گواهینامه چک لیست الکترونیک را در بوئینگ ۷۷۷ تأیید و معرفی کرد. چک لیست بویینگ۷۷۷ شامل همه چک لیست های نرمال و غیر نرمال واضطراری مورد نیاز برای عملیات ایمن پروازبود. (سازمان ایمنی حمل و نقل بین المللی،۱۹۸۸)

چک لیست الکترونیک بوئینگ همچنین می تواند با نشانگر موتور و سیستم هشدار دهنده خدمه پرواز (EICAS)[7] مرتبط باشد. (هامر و همکاران، ۱۹۸۲)

این سیستم نظارت بر موتورهای هواپیماهای بوئینگ را بصورت گرافیکی ارائه می دهد و جایگزینی تعداد زیادی نشاندهنده وآلات دقیق جداگانه شده است. همانند سیستم ECAM[8] ایرباس، EICAS بویینگ از دو نمایشگر نصب شده در مرکز بصورت عمودی استفاده می کند. اطلاعات ارائه شده توسط EICAS شامل همه پیام های هواپیما مربوط به نمایش گشتاور موتور، دمای توربین، دورموتورRPM ، جریان سوخت، دمای روغن وفشار وهمچنین تصویری گرافیکی

6 - Federal Aviation Administration
7 - Engine Indicating And Crew Alerting System
8 - Electronic Centralized Aircraft Monitoring

از سیستم های هواپیما سیستم هایی مانند برق، هیدرولیک، یخ زدایی، تهویه مطبوع کابین، کنترل فرامین و... قابل نمایش است.

صفحه نمایش بالایی EICAS ابزارهای نشانگر داده های موتور وهشدارها به خدمه را ارائه می دهد که شامل:

- دور در دقیقه و دما
- جریان و مقدار سوخت
- لرزش موتور
- جزئیات چرخ دنده های موتور[9] (در صورت لزوم)
- پیام های سیستم هشدار احتیاط (CASM)[10]
- نمایشگر ثانویه EICAS که شامل نمایش اطلاعات مربوط به:
- موقعیت ارابه فرود
- فلپ/تریم
- واحد برق کمکی
- فشار کابین/ضد یخ
- سوخت/هیدرولیک
- موقعیت های کنترل فرامین پرواز
- درب ها/ تهویه مطبوع کابین
- داده های الکتریکی AC و DC.

EICAS قابلیت اطمینان را از طریق حذف سنتی آلات دقیق موتور و نشاندهنده های دیگرعرشه پرواز را از طریق کاهش حجم کار خدمه ی پرواز، افزایش می دهد. حجم کار با استفاده از یک نمایش گرافیکی که می تواند به سرعت توسط خلبان تفسیر شودپایین آمده و باعث کاهش هزینه های عملیاتی و نگهداری با ارائه دقیق داده ها می شود. این سیستم ها در ECAM نیز نمایش داده می شوند. چک لیست الکترونیک ایرباس سیستم نظارت الکترونیکی متمرکز هواپیمای (ECAM) نامیده می شود و مانند چک لیست الکترونیک بوئینگ شامل روشهای نرمال و اضطراری برای خانواده های ایرباس ۳۲۰ ، ۳۳۰ و ۳۴۰ است. (ایمنی برای خلبانان و سفر ه، شرکت بوئینگ)

این مانیتور الکترونیکی معمولا به شکل دو نمایشگر CRT یا LCD که به صورت عمودی هستند ودر پانل مرکزی آلات دقیق هواپیما نصب شده است. صفحه نمایش بالایی پارامترهای اولیه موتور مانند(N۱/سرعت فن، دمای توربین موتور، N۲/سرعت توربین تحت فشار) و همچنین جریان سوخت، وضعیت دستگاه های افزایش دهنده برآ (فلپ و موقعیت های slat)، همراه با اطلاعات دیگر را نشان می دهد. درنمایشگر ECAM پایین (ثانویه) اطلاعات اضافی از جمله اطلاعات مربوط به هرگونه نقص سیستم و پیامدهای آن و راههای برطرف کردن مشکل ارائه می شود. سیستم (ECAM) بر انواع سیستم های هواپیما و همچنین جمع آوری داده ها به صورت پیوسته نظارت دارد وبصورت خودکار خرابی سیستم های مختلف را هشدار می دهد، خدمه پرواز نیز می تواند به صورت دستی سیستم های مورد نظر را انتخاب و نظارت کند. پیام های ثبت شده توسط خدمه پرواز می تواند توسط پرسنل تعمیر و نگهداری با استفاده ازامکانات تست سیستم در پنل تعمیر و نگهداری در کابین خلبان و در حافظه ی کامپیوتر پرواز پیگیری شود. اکثر این کامپیوترها در قسمت اویونیک هواپیما قرار دارند. سه مدل چک لیست الکترونیکی را میتوان توصیف کرد که برای مطالعه تصادف هواپیمای بوئینگ فرض شده اند و در دسترس هستند ، اما می توانند برای توصیف اساسی سه سطح اساسی

[9] - Gearbox
[10] - Cution Alert System Massage

اتوماسیون چک لیست الکترونیک استفاده شوند. نوع ۱ با هواپیما یکپارچه نیست وقابل حمل است. نوع ۲ با هواپیما یکپارچه شده است وهوشمند طراحی شده تا با ادغام با سیستم های هواپیما آیتم مورد نظرچک لیست را در زمان مناسب بطور خودکار نمایش دهد. نوع ۳ ادغام شده است و مشابه نوع ۲ است، اما آیتم مورد نیاز هر مرحله در چک لیست توسط خلبان بصورت دستی انتخاب می شود. هامر و همکاران، ۱۹۸۲)

استاندارد و خصوصیات

خصوصیت، مجموعه‌ای ترکیبی از استانداردهایی را در برمی‌گیرد که الزامات خاصی را برای یک طراحی منحصر بفرد بیان می‌کند. درحالیکه استاندارد، الزامات طراحی را برای ساخت طیف وسیعی از محصولات که در عملیات، ساخت، نگهداری و تامین مواد و تجهیزات شرکت می‌کنند، ارائه می‌کند (وزارت دفاع کانادا،۲۰۱۲).

خصوصیات بعنوان پایه و اساس تهیه تجهیزات فنی و خدماتی بوده و برای تولید محصولات جداگانه از محصولی همچون پیچ تا محصولات بزرگی همچون هواپیما، بکارگرفته می‌شوند. بطور طبیعی یک خصوصیت، شامل اهداف طراحی برای بکارگیری در یک محصول خاص می‌شود (وزارت دفاع کانادا،۲۰۱۲).

خصوصیات می‌توانند توسط مراجع ذی‌صلاح مختلفی منتشر شده باشند، برای اخذ استاندارد طراحی یک قطعه و یا یک سیستم، ارجاع به هریک از خصوصیات منتشر شده توسط هریک از مراجع ذی‌صلاح، در مورد زیر سیستم‌های بکار رفته، بلامانع می‌باشد.

استانداردها و خصوصیات نظامی ایالات متحده

خصوصیات و استانداردهای نظامی ایالات متحده به منظور دربرگیری هر مورد قابل تصوری اعم از محصولات هوافضایی از فضاپیما تا پروتکل‌های ارتباطی فیبر نوری، منتشر شده‌اند. استانداردهای نظامی ایالات متحده شاملACها، MIL-STD ها، MIL-HDBK ها، CFR ها وTSOها می‌شوند. بعلاوه‌ی تعداد زیادی اسناد که در محصولات و سرویس‌های نظامی ایالات متحده بکار گرفته می‌شود. به طور کلی استانداردها و خصوصیات بر اساس پارامترهای متعددی (عملکرد، جایگزینی، هندسه، رنگ) دسته بندی می‌شوند. از این رو فقط بر اساس معیارهای قابل قبول صلاحیت پروازی دسته بندی نمی‌شوند. در انتخاب الزامات صلاحیت پروازی در این استانداردها باید به نقش، وظیفه، محیط و ایمنی، دقت لازم را مبذول داشت (وزارت دفاع کانادا،۲۰۱۲).

استانداردها و خصوصیات به‌کار رفته در این تحقیق

هم‌اکنون . نیروی هوایی کشور ایالات متحده، از واژه‌ی برنامه اصلی MIL به جای واژه‌ی استانداردهای نظامی استفاده می‌کند. تحت این برنامه، تعدای از استانداردهای نظامی ایالات متحده لیست شده‌اند، که هنگام قرارگیری در کنار یکدیگر، راه حلی کلی را برای طراحی محصول ارائه می‌کنند. برنامه اصلی MIL، مرجع‌دهی به دیگر اسناد را کنترل کرده، بر ایجاد جایگزین‌ها تاکید می‌کند و به تشریح الزامات بر حسب ویژگی‌های عملکردی به جای راه‌های طراحی می‌پردازد. به منظور بروزرسانی‌های آینده نیز، بخش قابل تجهی از اسناد اصلی MIL خالی گذاشته شده‌اند. زمانی که نیازی عملیاتی برای یک کاربرد شناسایی شود، الزامات عملکردی خاصی در قسمت خالی وارد می‌شوند. (وزارت دفاع کانادا،۲۰۱۲).

هدف از این تحقیق و خروجی آن ، تدوین الزامات طراحی چک لیست الکترونیکی وجایگذاری برای هواپیمای فوکر۲۷ بر مبنای شیوه‌ی ارائه شده در منابع نام برده شده ی نظامی آمریکا است، در این چک لیست‌ها، اسناد استاندارد و کتب فنی مرتبط با این ارتقاء، بر مبنای طراحی پیش‌فرض ارائه شده است. البته در برخی موارد استانداردهای غیرنظامی مرتبط نیز در این چک لیست‌ها گنجانده شده است.

بررسی تطابق الزامات مشخصات کلی نمایشگر در فوکر۲۷ با استاندارد

یک نمایشگر باید به اندازه ای بزرگ باشد که داده ها را به شکلی قابل استفاده (به عنوان مثال قابل خواندن یا شناسایی) از جایگاه خدمه پرواز، در تمام شرایط قابل پیش بینی، نسبت به محیط عملیاتی و روشنایی مطابق با عملکرد مورد نظر خود ارائه دهد. وضوح و حداقل عرض خط باید برای پشتیبانی از تمام تصاویر نمایش داده شده کافی باشد به طوری که اطلاعات نمایش داده شده بدون تفسیر نادرست از جایگاه خدمه پرواز در تمام شرایط قابل پیش بینی، نسبت به محیط عملیاتی و نور، قابل مشاهده و قابل درک باشد. به دلیل قدیمی بودن هواپیمای فوکر۲۷ ونشاندهنده ها، نداشتن کامپیوتر وعدم بروز رسانی نشریات مورد نیاز هواپیما به دلیل تحریمها وبسته شدن کارخانه سازنده در سال ۱۹۹۶، در این هواپیما می توان فقط از نمایشگرهای قابل حمل یا ثابت دارای پردازشگر داخلی استفاده کرد. لازم به ذکر است که قابلیت وصل شدن نشاندهنده ها به نمایشگر را می توان فراهم کرد، ولی انجام عکس العمل اتوماتیک برطرف کردن اشکالات توسط نمایشگر به دلیل نداشتن کامپیوتر پردازشگرمرکزی در هواپیما مقدور نمی باشد. اپراتورها قادر به کنترل یا تغییر ویژگی های چک لیست الکترونیک هستند. بعضی از سیستم های چک لیست الکترونیک به طور کامل توسط کارخانه تعریف می شوند، به طوری که اپراتور فقط می تواند از آن استفاده کند و نمی توان به آن اطلاعات ورودی داد وغیرقابل تغییر توسط خلبان هستند. سایر سیستم های چک لیست الکترونیک بیشتر بازهستند، اجازه می دهد اپراتور با کلیدهای ورودی اطلاعات اضافه کردن یا انطباق متن، چک لیست را سفارشی و بروزرسانی کند. با اضافه کردن صفحات ناوبری واطلاعات فرودگاه ها یا بصورت ذخیره شده در حافظه ی داخلی نمایشگر ویا استفاده از حافظه ی خارجی یا فلش، می توان بصورت بهینه از صفحه ی نمایشگر استفاده نمود. اکثر چک لیست های الکترونیکی جدید از این نوع دوم هستند. هرچه امکانات هشداری نمایشگر بیشتر ودر دسترس تر باشد سطح ایمنی پرواز بالاتر می رود، بنابراین توصیه می شود از هشدارهای شنیداری ودیداری بصورت هم زمان استفاده گردد.

در جدول (۱)زیر برخی از الزامات کلی نمایشگر چک لیست الکترونیکی در هواپیمای فوکر۲۷ آورده شده است.

جدول-۱ بررسی تطابق الزامات مشخصات کلی نمایشگر در فوکر۲۷ با استاندارد

ردیف	پارامترها	الزامات	وضعیت در فوکر۲۷	
			بله	خیر
۱	اندازه ی صفحه نمایشگر	قابلیت خواندن ودیدن اطلاعات	*	
۲	عملکرد اتوماتیک نمایشگر در شرایط اضطراری	قابلیت وصل شدن به کامپیوتر مرکزی		*
۳	ورود اطلاعات توسط اپراتور وخدمه ی پرواز	دارای کلیدهای ورودی اطلاعات	*	
۴	اضافه کردن صفحه ی ناوبری واطلاعات هواشناسی وفرودگاهها	دارای حافظه ی داخلی وقابلیت نصب حافظه ی خارجی مانند کارت حافظه یا فلش	*	
۵	سیستم هشدار به خدمه بصورت شنیداری	صفحه ی نمایشگر مجهز به بلندگوی داخلی یا قابلیت وصل شدن به بلندگوی داخل کابین	*	
۶	محل نصب نمایشگر	جهت استفاده ی همه ی خدمه	*	
۷	سیستم هشدار حالت اضطراری بصورت دیداری- شنیداری بصورت اتوماتیک	دارای نرم افزارقابلیت نمایش وضعیت سیستم هواپیما		*
۸	ابزار های ورودی اطلاعات توسط اپراتور	کلید –MOUSE- صفحه ی لمسی- JOYSTICK	*	
۹	ذخیره سازی پاسخ های داده شده به چک لیست توسط خدمه	قابلیت ضبط خودکار اطلاعات	*	

بررسی تطابق الزامات زمان پاسخ صفحه ی نمایشگر در فوکر۲۷ با استاندارد

نمایشگر الکترونیکی نباید بیش از یک ثانیه پس ازخاموش شدن موتور هواپیما وقطع شدن برق غیر قابل استفاده یا ناپایدار باشد. فقط نمایشگرهای یک طرف هواپیما باید تحت تأثیر خرابی موتور قرار بگیرند. داده‌های معتبر قابل تشخیص باید در عرض یک ثانیه روی نمایشگرهای آسیب‌دیده دردسترس باشند.اگر نمایشگر دارای باتری مستقل یا به باتری هواپیما متصل باشد، در صورت خاموش شدن یا خاموش کردن موتور، واز دست دادن منابع تولید برق مانند ژنراتور، اینورتر، داده های نمایشگر در دسترس خواهند بود. پاسخ نمایشگر به قطع برق کوتاه مدت (کمتر از ۲۰۰ میلی ثانیه) باید به گونه ای باشد که عملکرد مورد نظر نمایشگر تحت تأثیر منفی قرار نگیرد. برای قطع برق تا ۲۰۰ میلی ثانیه، زمان بازیابی نباید از ۱ ثانیه تجاوز کند. در هیچ موردی قطع کوتاه مدت برق نباید باعث نمایش یا خروجی اشتباه ثابت شوند. به دنبال وقفه های برق طولانی مدت در حین پرواز (بیش از ۲۰۰ میلی ثانیه)، سیستم نمایشگر باید به سرعت مطابق با عملکرد مورد نظر خود به کار بازگردد و همچنان کنترل ایمن هواپیما را در وضعیتهای مختلف نشان دهد. نمایش اطلاعات ضروری برای ایمنی پرواز باید کاملاً پاسخگو و دقیق به الزامات عملیاتی باشد. اثرات تأخیر اطلاعات ضروری سیستم نمایش الکترونیکی، از جمله وضعیت، سرعت هوا، ارتفاع، سمت و پارامترهای خاص پیشرانه، نباید توانایی خلبان برای کنترل هواپیما را کاهش دهد. هرگونه تأخیر وارد شده توسط سیستم نمایشگر باید با وظیفه کنترل هواپیما مرتبط با آن پارامتر سازگار باشد. در جدول (۲) برخی از الزامات زمان پاسخ صفحه ی نمایشگر در فوکر۲۷ با استاندارد آورده شده است.

جدول-۲ بررسی تطابق الزامات مشخصات کلی نمایشگر در فوکر۲۷ با استاندار

ردیف	پارامترها	الزامات	وضعیت در فوکر۲۷	
			بله	خیر
۱	زمان پاسخ صفحه نمایشگر	در مدت ۱ دقیقه باید اطلاعات نمایش داده شود	❋	
۲	قابلیت نمایش پس از خاموش شدن موتور	دارای باتری داخلی یا برق مستقل از موتور	❋	
۳	پاسخ نمایشگر به قطع برق کوتاه مدت کمتر از ۲۰۰میلی ثانیه	بازیابی کمتر از ۱ ثانیه ودارای برق مستقل	❋	
۴	پاسخ صفحه ی نمایشگر به ورودی های اطلاعات توسط خدمه ی پرواز	دارای قابلیت پاسخ صفحه ی نمایشگر در عرض۵۰۰میلی ثانیه	❋	
۵	نرخ بازیابی داده ها REFRESH RATE و چشمک زدنDISPLAY FLICKER	نرخ بازیابی برایCRT ها ۵۰-۶۰ هرتز وبرای LCD ها ۳۰ هرتز	❋	

بررسی تطابق الزامات ویژگی های بصری نمایشگر در فوکر۲۷ با استاندارد

فناوری نمایشگر از سیستم‌های اولیه که در آن‌ها گاهی اوقات برای دیدن و خواندن داده های نمایشگر مشکل پیش می آمد، به ویژه در نور شدید، به سیستم‌هایی که تقریباً در همه شرایط نوری تصویری واضح و خوانا ارائه می‌کنند، تکامل یافته است. کیفیت صفحه نمایش و موقعیت آن در عرشه پرواز می تواند به طور قابل توجهی بر خوانایی اطلاعات تأثیر بگذارد.نمایشگرهای عرشه پرواز باید در طیف وسیعی از شرایط نوری قابل خواندن باشند. هدف از ابزارها این است که به خدمه پرواز امکان دیدن، مکان یابی و شناسایی اطلاعات روی نمایشگرها و/یا تعامل با کنترل‌ها در تمامی شرایط نوری برای خواندن آسان اخطار، احتیاط، یا اطلاعات توصیه‌ای بسیار مهم را بدهد. دو نگرانی مهم، تابش خیره کننده و کنتراست است. تابش نور ناشی از منابع داخلی یا خارجی به عرشه پرواز است که به سطح نمایشگر منعکس می شود. این می تواند ناراحتی بصری ایجاد کند، خوانایی و قابلیت استفاده نمایشگر را کاهش دهد و توانایی دید بیرون از کاکپیت را به خطر بیندازد.کاکپیت هواپیمای فوکر۲۷ از لحاظ نور ودید خلبان برای نصب چک لیست الکترونیکی بسیار مناسب است، ومی توان بانصب صفحه نمایشگر با کیفیت وضوح بالا به پرواز ایمن کمک کرد. همچنین در طراحی نمایشگر باید در نظر داشت دسترسی هر دو خلبان برای استفاده

از چک لیست الکترونیکی باید لحاظ شود وهر دو بتوانند داده های لازم وضروری را را وارد کنند. کنترل نور صفحه ی نمایشگر آیتم بسیار مهم در طراحی چک لیست الکترونیکی بدلیل انجام دادن پرواز در همه ی شرایط دید، از قبیل پرواز روز، پرواز شب، پرواز در شرایط ابر ودید کم وپرواز در طلوع وغروب خورشید است وباید در نظر گرفته شود.

در جدول (۳) الزامات ویژگی های بصری نمایشگر در هواپیمای فوکر۲۷ مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول-۳ بررسی تطابق الزامات ویژگی های بصری نمایشگر در فوکر۲۷ با استاندارد

ردیف	پارامترها	الزامات	وضعیت در فوکر۲۷	
			بله	خیر
۱	روشنایی نمایشگر	قابلیت کم وزیاد کردن نور صفحه بصورت دستی	*	
۲	یکنواختی روشنایی نمایشگر	برای جلوگیری از حواس پرتی یا تفسیر اشتباه اطلاعات	*	
۳	وضوح نمایشگر	پشتیبانی یکنواخت از تمام تصاویر واطلاعات	*	
۴	درخشندگی و روشنایی نمایشگر	قابلیت نمایش در تمام سطوح روشنایی با شدت۸۶۱۰۰لومن	*	
۵	کنترل دستی نمایشگر	کلید تنظیم نور صفحه	*	
۶	کنترل روشنایی خودکار	سنسور کنترل نور صفحه برای حالت شب یا روز	*	
۷	ثبات رنگی نمایشگر	دمای عملیاتی-پوشش صفحه –دینامیک تصویر جهت جلوگیری از گمراهی در اطلاعات ونمادهای رنگی	*	
۸	تراکم متن نمایشگر	تراکم متن کمتر از۵۰٪ باشد. بهترین ۲۵٪ یا کمتر	*	
۹	نمایشگر رنگی	استفاده از تعداد رنگ های محدود ومشخص شده	*	
۱۰	بازتاب صفحه ی نمایشگر	اطمینان از خوانایی واستفاده از فیلتر، مواد یا محل وزاویه نصب	*	

بحث و نتیجه‌گیری

یکی از اولین و اصلی ترین اقدامات خلبانان قبل از پرواز ، استفاده از چک لیست است. اصلی ترین دلیل این است که، سفر هواپیمایی ایمن ترین شکل سفر است. روزانه بیش از ۱۰۰۰۰۰ پرواز مسافری تجاری انجام می شود و تعداد آنها همچنان در حال افزایش است. با این وجود، پروازها به عنوان ایمن ترین روش سفر باقی می مانند ، زیرا ایمنی از اولویت اصلی همه شرکت ها و سازمان هایی است که در صنعت هواپیمایی فعالیت می کنند. در حالی که فناوری به پیشرفت در زمینه ایمنی کمک کرده است ، گام های بزرگ در سیستم های مدیریت ایمنی و بینش در مورد عوامل انسانی نیز کمک قابل توجهی کرده است. بررسی سوانح هوایی و بازرسی های ایمنی هواپیما بسیار پیشرفت کرده است. پیشرفت در فن آوری ساخت و کنترل بهتر کیفیت نیز هواپیماها را ایمن تر می کند. اما روش بررسی امنیتی در یک کارخانه به هیچ عنوان متوقف نمی شود. هواپیما قبل از هر پرواز بارها توسط خدمه بررسی می شود. در دهه های اخیر پیشرفت های مهمی در زمینه ایمنی در زمینه مدیریت منابع خدمه یا کابین خلبان و نظارت بر داده ها رخ داده است که با هدف کاهش خطرو خطای انسانی انجام می شود. تأکید شده است که خلبان فرمانده ۱۰۰٪ تأیید کند که هواپیما قبل از ورود مسافران به کابین کاملاً ایمن است. خلبانان هر ۶-۱۲ ماه یک بارچک های دوره ای می شوند و کاپیتان ها هر ساله چک های روتین انجام می دهند و استفاده صحیح از چک لیست از اساسی ترین شرایط برای گذراندن این چک ها است. اهمیت یک پرواز قبل از پرواز توسط مربیان پرواز از روز اول در یک هواپیمای سبک و تا هواپیماهای دسته سنگین حمل و نقل به دانشجویان پروازتأکید می شود. در این مقاله بعد از آشنایی با انواع استاندارد و شیوه‌ی اخذ مجوزهای صلاحیت پرواز، ابتدا الزامات صفحه های نمایشگر وسپس طراحی چک لیست الکترونیکی مورد بررسی و پژوهش قرار گرفت سپس با بررسی کلی کتب فنی و پروازی و با بهره‌مندی از مشاوره‌ی پرسنل فنی و پروازی نهاجا، هواپیمای فوکر۲۷ از نظر سیستم ها وشرایط مورد نیاز برای جانمایی چک لیست الکترونیکی، مورد بررسی و پژوهش قرار گرفت.از این جمع آوری اطلاعات می توان به نتایج زیر رسید: با توجه به اقدامات مشابه کشورهای صاحب تکنولوژی در دهه های گذشته مبتنی بر تجهیز پرنده هایی که در رده عملیاتی قرار داشتند به چک لیست الکترونیک، می توان امکان نصب این سیستم بر روی پرنده های موجود در نهاجا که علی رغم نیاز عملیاتی و قدیمی بودن پرنده ها وبه روز نبودن آنها، را مورد بررسی

قرار داد. در طراحی های اولیه باید درصورت امکان، نصب چک لیست الکترونیکی برای پرنده هایی که نیاز عملیاتی به این سیستم را دارند بررسی شود و همچنین با اضافه کردن قابلیت های دیگر به چک لیست الکترونیکی مانند نقشه های ناوبری به بالا بردن سطح ایمنی پرنده های نهاجا کمک کرد. در راستای ارتقاء و یا طراحی‌های نوین در تجهیزات و هواپیماهای نهاجا، می توان به چالش فقدان مرکز استانداردی تخصصی در این نیرو اشاره کرد. با توجه به برخورداری از تکنولوژی‌های HI-TECH در تجهیزات این نیرو و دارا بودن مرکز علمی وتحقیقاتی و همچنین، تجهیزات محور بودن آن، در صورت تاسیس چنین مرکزی، تمامی طراحی‌ها و یا به روز رسانی‌ها می‌تواند در غالب استانداردها و نیازهای منتشر شده از این نهاد صورت پذیرد.

پیشنهادهای کاربردی برای این محصول

باتوجه به قدیمی بودن هواپیمای فوکر۲۷ نهاجا وبه روز نبودن آنها پیشنهاد می گردد که چک لیست الکترونیکی طراحی وساخته شود. برای طراحی چک لیست الکترونیکی، پیشنهاد می‌شود که طراح و یا تیم طراحی، موارد زیر را به‌عنوان یک الگوی اولیه درنظر بگیرد:

هواپیماهای فوکر۲۷ نهاجا بدلیل قدیمی بودن از تجهیزات روز برخوردار نیستند، همچنین این هواپیما که پرواز پشتیبانی، شناسایی روی دریا وآموزشی را انجام می دهند، پیشنهاد می گردد که برای ارتقاء سطح ایمنی آنها چک لیست الکترونیک در آنها نصب گردد. بدلیل قدیمی بودن هواپیماهای حال حاضر نهاجا که اکثراُ از کامپیوتر پرواز برخوردار نیستند، پیشنهاد می گردد از چک لیستهای قابل حمل مانند آیپد ویا کیف های الکترونیکی برای پرنده ها استفاده گردد. با توجه به منابع تامین برق هواپیما می توان بصورت پایدار از چک لیست الکترونیکی استفاده نمود. همچنین با نصب سنسور های ثبت داده های موتور و کنترل های هدایت هواپیما ونمایش آنها در چک لیست الکترونیکی می توان از داده های ضروری به صورت لحظه ای اطلاع حاصل کرد و در صورت نیاز با مراجعه به بخش اضطراری چک لیست الکترونیکی اشکالات را برطرف نمود. در تیم طراحی اولیه، استانداردهای نظامی نیز درنظر گرفته شود. تا از همان ابتدا مبانی طراحی بر طبق استاندارد انجام شود. البته با توجه به استخراج استانداردها از منابع مورد استفاده در صنعت هوانوردی ، این پژوهش نیز می‌تواند به‌عنوان نقشه‌ی راهی مناسب، مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

مراجع

A.Gawande,“ChecklistManifesto,”Metropolitan Books,. Sep. 22, 2009

National Transportation Safety Board. (1988). Northwest Airlines DC-9-82, Detroit, Michigan, August 16, 1987. Report no. NTSB/AAR-88/05. Washington: Author.

Boorman, D. J. (2001). Checklist errors in commercial transport accidents: Implications for paper and electronic checklists. Manuscript in preparation.

National Transportation Safety Board. (1989). Delta Air Lines, Boeing 727-232, N473DA. Dallas-Fort Worth International Airport, Texas. August 31, 1988 (Aircraft accident report, NTSB/AAR-89/04). Washington, DC: Author.

Foushee, H.C., and Helmreich, R. L. (1988). Group interaction and flight crew performance. In E. L. Wiener and D. C. Nagel (Eds.), Human factors in aviation (pp. 189—227). San Diego: Academic.

Rouse, S. H., Rouse, W. B., and Hammer, J. M. (1982). Design and evaluation of an onboard computerbased information system for aircraft. IEEE Transactions on System, Man and Cybernetics, 12, 451-463.

Wiener, E. L. (1989). The human factors of advanced technology (“glass cockpit") transport aircraft (Contractor Report 177528). Moffett Field, CA: NASA Ames Research Center.

Safety for pilots and travelers. Boeing Frontiers, 04, 11. Retrieved from: http://www.boeing.com/news/frontiers/archive/2006/april/i_ca3html

Department of National Defence/Canadian Arm Forces (DND/CAF)“Airworthiness Design Standard Manual (ADSM)”, 29, February 2012
“Technical Airworthiness Authority (TAA)”, available on: www.canada.ca/en/department-national-defence/services/military-airworthiness

Journal of Modern Aviation and Techniques
Year 2, Number 1, spring 2025

Standards and requirements related to the design and placement of the electronic checklist in the Fokker 27 aircraft

Abstract: According to accident statistics published by NTSB, about 18% of aviation accidents in the world are caused by not following the instructions stated in the checklist, lack of sufficient time to refer to the page related to the emergency situation, failure to implement one of the checklist items. (such as not closing the flap at the beginning of the flight) and not using the checklist (from memorizing to do). In the airplanes in iranian airforce, due to the fact that the checklists are printed, they are not updated and the difficulties related to the use of paper checklists in emergency situations, the use of electronic checklists is very important.Therefore, the lack of a standard electronic checklist (which is currently one of the requirements of all modern fighter and transport aircraft in the world) is quite evident in the Fokker 27 iranian airforce aircraft.

In this article, based on the guidelines of competent international authorities, such as publications of the Federal Aviation Administration (FAA), American Defense Standard (MIL), International Publications (SAE) and technical and flight publications and benefiting from the advice of technical and flight personnel;The standards and requirements related to the display screens, the design and the correct placement of the electronic checklist have been extracted**,** so that the pilot can choose to receive normal checks, required emergency mode and other instructions that are necessary during the flight in audio and visual form.

Based on the findings of this article and considering the oldness of current airplanes, most of which do not have a central flight computer; It is recommended to use portable checklists such as iPads, electronic flight bags and fixed displays, with the ability to connect to the aircraft's power supply sources, in Fokker 27 aircraft.

Key words: Electronic checklist, checklist design, checklist placement, aviation standards, Fokker 27 aircraft