فصلنامه علمی - پژوهشی فرماندهی و کنترل، سال هفتم، شماره سه، پاییز ۱۴۰۲

ارائه الگویی جامع جهت طرح‌ریزی رویه‌های تصدیق، صحه‌گذاری و تست (تصت) سامانه‌های پیچیده در دفاتر طراحی

صادق فاضل[۱*]، جعفر بوستان‌پور[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۳۰

چکیده

در این مقاله ابتدا الگویی جامع و جزئی جهت طرح ریزی فرآیندهای تصدیق، صحه گذاری و تست سامانه های مهندسی پیچیده مورد طراحی در دفاتر طراحی، که به طور مختصر با نماد "تصت[۲]" نشان داده می شود، ارائه شده است. این الگو در مورد سامانه های **C٤ISR**[۳] که معمولا سامانه های پیچیده ای هستند که در برگیرنده تنوع و تعداد زیادی از سامانه های فرماندهی، کنترل، مخابراتی، کامپیوتری، جستجو، مراقبت و شناسایی هستند، کاربرد فراوانی دارد. الگوی ارائه شده به نحوی است که تضمین می کند که به ازای هر الزام فنی تعریف شده یک رویه تصدیق و به ازای هر نیاز یا انتظار هر مشتری و ذینفعان اصلی یک رویه صحه گذاری تعریف شود. در انتها نیز به عنوان یک مطالعه موردی، خلاصه نتایج طرح ریزی رویه های تصت برای نوعی سامانه بین المللی ایمنی و نجات دریایی **GMDSS**[٤] به عنوان جزئی از سامانه‌های مخابراتی ضروری سامانه فرماندهی و کنترل نوعی شناور سطحی ارائه شده است. از دیدگاه نظری سعی شده که الگوی پیشنهادی دربرگیرنده الزامات مطرح شده فرآیندهای تصدیق و صحه گذاری در استانداردهای بین المللی و ملی و همچنین مراجع مهم موجود در زمینه مهندسی سیستم باشد. از دیدگاه عملی نیز ارائه الگو ی پیشنهادی برپایه تجربه عملی طرح ریزی رویه های تصدیق و صحه گذاری تنوع و تعداد زیادی از ابرسامانه‌ها و سامانه های پیچیده الکتریکی، الکترونیکی، کامپیوتری، مخابراتی، مکانیکی، و الکترو مکانیکی است. بنابراین این الگو می تواند درمورد طرح ریزی رویه های تصت طیف وسیعی از سیستم های مهندسی در دفاتر طراحی مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: تصدیق، صحه‌گذاری، فرماندهی و کنترل، مهندسی سیستم، دفتر طراحی.

[۱] دکتری مهندسی برق-کنترل دانشگاه فردوسی مشهد، sadegh.fzel@gmail.com
[۲] دکتری مهندسی برق-مخابرات دانشگاه فردوسی مشهد، j.boostanpoor@mail.um.ac.ir
[*] نویسنده مسئول

[۲] Verification, Validation and Test (VVT)

[۳] Command, Control, Communication, Computer, Intelligence, Survillance and Reconassance (C٤ISR)

[۴] Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS)

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-11]

۱. کلیات

امروزه طراحی ابرسامانه ها یا سامانه های پیچیده مانند فرماندهی و کنترل، خودروها، هواپیماها، کشتی ها، ماهواره ها و تجهیزات پزشکی پیچیده در دفاتر طراحی صورت می گیرد. با توجه به اینکه ابرسامانه ها که به **SOS**[۱] نیز معروف هستند، بسته به نوع پیچیدگی از ترکیب تعداد و تنوع زیادی از سامانه های الکتریکی، الکترونیکی، کامپیوتری، ناوبری، مخابراتی، مکانیکی، الکترومکانیکی، هیدرولیکی و پنوماتیکی، انواع سازه ها و غیره تشکیل می شوند، طراحی آنها نیاز به دانش طراحی بین رشته ای و تخصص گروه زیادی از مهندسین با گرایش ها و تخصص های مختلف (مانند برق، مکانیک، کامپیوتر و مواد) دارد. معمولا به طراحان اصلی ابرسامانه ها سرطراح و به متخصصین هر یک از رشته ها طراح گفته می شود.

معمولا سرطراحان اصلی قادر نیستند بدون وجود مجموعه ای از فرآیندهای استاندارد سطح بالا و منظم با رویکرد میان رشته ای و جامع نگر که "مهندسی سیستم" نامیده می شود، ابرسامانه ها را بدون اشکال طراحی و تحقق بخشیده و رویه های تصت آنها را طرح ریزی کنند.

معمولا مجموعه فرآیندهای استاندارد مهندسی سیستم در مراجع [۵-۱] و به خصوص استانداردهای بین المللی موجود در حوزه مهندسی سیستم در قالب مدل های مختلف توسط سازمان های پیشرو در این زمینه پیشنهاد شده اند. در [۸-۶] مجموعه فرآیندهای فرماندهی و کنترل معرفی شده اند.

سازمان بین المللی استاندارد **ISO**[۲]، سازمان ملی هوا و فضای آمریکا **NASA** (ناسا)[۳]، سازمان استاندارد کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک **IEC**[۴]، سازمان استاندارد انجمن بین المللی مهندسین برق و الکترونیک آمریکا **IEEE**[۵]، وزارت دفاع آمریکا **DOD**[۶]، سازمان ملی استاندارد ایران **ISIRI**[۷] و مرکز ملی استاندارد ایران **IDS**[۸] از جمله سازمان هایی هستند که مدل مهندسی سیستم ارائه کرده اند [۲۳-۹]. اسناد این سازمان ها که در طراحی و تحقق سامانه های فرماندهی و کنترل کاربرد زیادی دارند، در بخش تاریخچه معرفی شده اند.

مدل فرآیندهای مهندسی سیستم ارائه شده در استانداردها و مراجع منتشرشده توسط سازمان های مذکور دارای زیرفرآیندهای مشترک زیادی هستند. فرآیندهای تصدیق و صحه گذاری از زیرفرآیندهای مشترکی هستند که تقریبا در همه استاندردهای منتشرشده توسط این سازمان های ملی و بین المللی مهم در نظر گرفته شده و برای آنها اهمیت زیادی قائل شده اند [۲۳-۹]. همچنین رویه های تصت در مراجع مرتبط با فرآیندها و سامانه های فرماندهی و کنترل مورد بحث و توجه ویژه قرار گرفته اند [۷-۶].

به طورمثال در اسناد ایزو دو زیر فرآیند تصدیق و صحه گذاری وجود داشته [۹-۱۲] و در سند ناسا نیز در مجموعه فرآیندهای مهندسی سیستم که مطابق شکل ۱ آن را موتور مهندسی سیستم نامیده، فرآیندهای تصت در قالب یک فرآیند اصلی به نام "ارزیابی[۹]" که شامل دو زیر فرآیند تصدیق و صحه گذاری می باشد [۱۴-۱۳].

۱-۱ دسته‌بندی اول روش‌های تصت و ارزیابی

در این بخش دسته بندی انواع روش های تصت و ارزیابی سامانه ها که جمع بندی مختصر و مفیدی از روش های پیشنهادی در استانداردهای مهندسی سیستم و مهندسی تصت بوده و در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته ارائه شده است. رویه های تصت و ارزیابی سامانه ها به دو دسته روش های تصدیق و صحه‌گذاری تقسیم‌بندی می‌شوند، که تعریف آنها به شرح زیر است.

[۱] System of System (SOS)

[۲] International Standardazation Organization (ISO)

[۳] National Aeronautics and Space Administration (NASA)

[۴] International Electrotechnical Commission (IEC)

[۵] Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

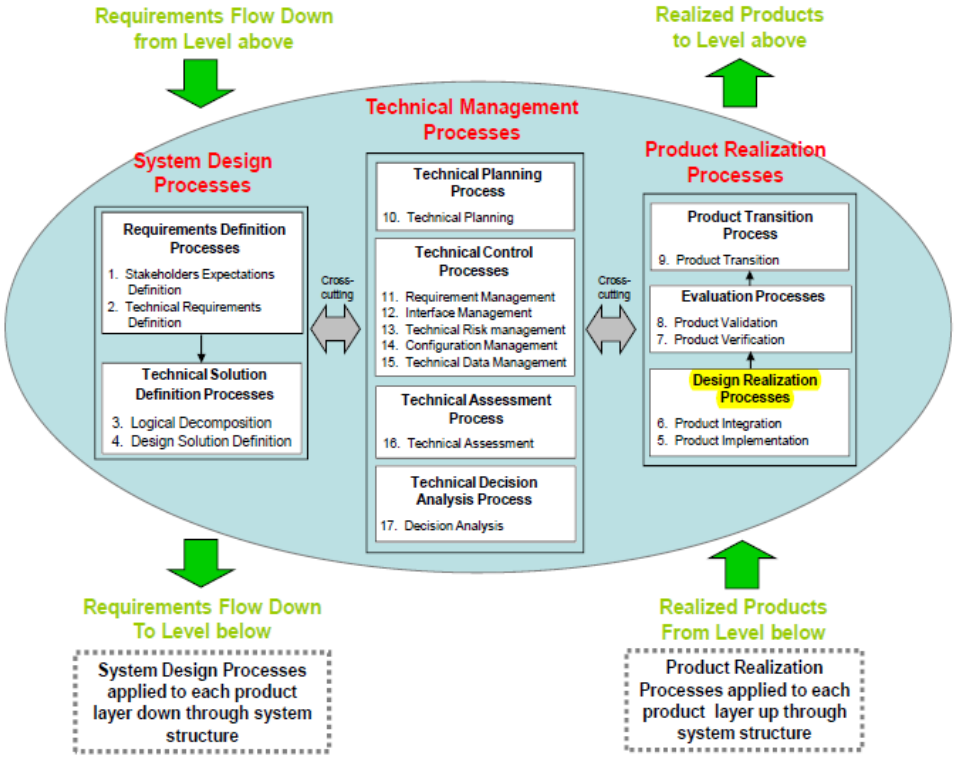
[۶] United States Department of Defense (DOD)

[۷] Institute of Standards and Industrial Research (ISIRI)

[۸] Iranian Defense Standard (IDS)

[۹] Evaluation

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-11]



شکل ۱. موتور مهندسی سیستم (مدل ناسا [۱۳] و مدل مرکز استاندارد دفاعی ایران [۲۱])

تصدیق: رویه تصدیق مربوط به مجموعه‌ای از الزامات تاییدشده (مانند سند تعریف الزامات یا **SRD**) است، که می‌تواند در مراحل مختلف چرخه عمر یک محصول انجام شود. تست تصدیق با هدف نشان دادن برآورده شدن الزامات یا مشخصه‌های تخصیص یافته (شامل الزامات فیزیکی یا ارتباطات کارکردی)، روی یک سیستم یا اجزای آن انجام شده و منجر به تهیه یک گزارش رسمی می‌شود. تست‌های تصدیق عموما توسط مهندسین، تکنیسین‌ها، اپراتورها یا پرسنل نگهداری و تعمیرات، به کمک ابزارها یا تجهیزات اندازه‌گیری در محیطی کنترل‌شده که به تحلیل‌های خرابی کمک می‌کند انجام می‌شود.

۲- صحه‌گذاری: هدف اصلی از این تست‌ها تضمین این مسئله که سامانه وقتی در محیط واقعی عملیاتی قرار می‌گیرد، مطابق انتظارات و نیازهای مشتری کار می‌کند. صحه‌گذاری در شرایط واقعی (یا شرایط شبیه‌سازی شده) روی نمونه محصول نهایی، برای تعیین اثربخشی و کفایت محصول جهت استفاده در میدان عملیات انجام می‌شود. تست صحه‌گذاری مربوط به سند مفهوم عملیات (**ConOps**)[۱] است.

۱-۱-۱ انواع رویه‌های تصدیق و صحه‌گذاری

رویه های اصلی تصدیق و صحه‌گذاری به چهار دسته اصلی به شرح زیر تقسیم بندی می شوند، که می‌توان از ترکیبی از این روش‌ها نیز استفاده کرد.

۱- تحلیل: استفاده از مدل ریاضی و تکنیک‌های تحلیلی به منظور پیش‌بینی تناسب طراحی با انتظارات ذینفعان، برپایه داده‌های محاسبه‌شده یا داده‌های به‌دست آمده از تصدیق سامانه‌ها یا اجزای موجود در سطوح پایین‌تر محصول نهایی. مدل نمایش ریاضی از یک واقعیت است. معمولا از تحلیل موقعی استفاده می‌شود که هیچ نوع نمونه اولیه، مدل مهندسی و محصول مجتمع‌سازی شده، مونتاژشده یا ساخته‌شده در دسترس نباشند. ابزارهای تحلیل شامل مدل‌سازی یا شبیه‌سازی می باشند.

[۱] Concept of Operations (ConOps)

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-11]

۲- اثبات: روشی برای نشان دادن اینکه محصول نهایی درهنگام استفاده، هر یک از الزامات مشخص‌شده را برآورده می‌کند. این رویه معمولا پایه ای برای انطباق قابلیت عملکردها است، که از تست با عدم وجود داده‌های جمع‌آوری شده جزئی مشتق می‌شود. اثبات می‌تواند شامل استفاده از مدل‌های فیزیکی یا ماکت‌ها باشد. مثلا الزام "کنترل‌ها باید توسط خلبان قابل دستیابی باشند"، با توسط خلبانی که وظایف مربوط به پرواز را در محیط یک شبیه‌ساز یا ماکت واقعی انجام می‌دهد، تصدیق شود. اثبات همچنین می‌تواند شامل رویه کارکرد واقعی محصول نهایی توسط پرسنل کیفیت‌سنجی شده در سطح بالا باشد. مانند خلبانی که یک هواپیمای جدید را برای اثبات عملکرد صحیح در محدوده‌های حدی الزامات عملکردی آن تست می‌کند.

۳- بازرسی: تست ظاهری محصول نهایی محقق شده. بازرسی معمولا برای تصدیق ویژگی‌های فیزیکی یا شناسه‌های خاص کارخانه استفاده می‌شود. مثلا اگر الزام "باید خار ضامن ایمنی دارای نشانی قرمز رنگ بوده و عبارت "قبل از پرواز برداشته شود "با رنگ سیاه روی آن نوشته شده باشد" وجود داشته باشد، برای اثبات برآورده شدن این الزام، بازرسی چشمی نشان خار ضامن می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

٤- تست: استفاده از محصول نهایی برای دستیابی به داده‌های جزئی که برای تصدیق عملکردها نیاز است، یا تهیه اطلاعات کافی برای تصدیق عملکردها با انجام تحلیل‌های بیشتر. رویه‌های تست می‌تواند روی محصول پایانی نهایی، مدارات آزمایشی یا مدل آزمایشی باشد. تست‌ها برای هر الزام مشخص‌شده، داده‌ها را که بهترین منبع تکنیک‌های تصدیق هستند، تحت شرایط کنترل‌شده، در نقاط مختلف تولید می‌کنند.

۱-۲ دسته‌بندی اول روش‌های تصت و ارزیابی

از دیدگاهی دیگر رویه های تصت سامانه ها به دو دسته مهم رویه‌های کیفیت سنجی و پذیرش به شرح زیر تقسیم بندی می شوند :

الف- تست‌های کیفیت سنجی (QT) [۱]: این تست ها در حین فرآیند طراحی یا تولید محصول با این هدف تعریف و انجام می‌شوند که طراح یا سازنده قبل از تحویل محصول به مشتری اطمینان حاصل کند که محصول مورد طراحی یا ساخت/مونتاژ/مجتمع‌سازی الزامات فنی تعریف‌شده (مانند الزامات کارکردی و عملکردی) را در شرایط محیطی موردانتظار برآورده می‌کنند. معمولا این فعالیت‌ها دسته کوچک‌تری از برنامه تصدیق محصول هستند، که در مقادیر کرانی پارامترهای محیطی موردنظر انجام‌شده و تضمین می‌کنند که محصول خروجی فرآیندهای طراحی و ساخت می‌تواند به‌طور مناسبی در محدوده‌های موردانتظار کار کند.

معمولا این آزمون‌ها در شرایطی شدیدتر از حداکثر شرایط اعمالی طی طول عمر محصول، مثلا با لحاظ کردن ضریب اطمینان، انجام می‌شوند تا اطمینان حاصل شود که محصول حتی در بدترین شرایط قابل اعمال در حین ماموریت توانایی انجام وظیفه مورد نظر را دارد. درصورت لزوم این آزمون‌ها روی تعداد محدودی از واحدها که می‌تواند با پیشنهاد مشتری، طراح و یا سازنده تعیین می‌شوند انجام شوند.

ب- تست‌های پذیرش (AT) [۲]: این تست ها پس از تولید محصول و با هدف تعریف معیارهایی برای تحویل‌دهی محصول به مشتری، یا تحویل‌گیری اجزای محصول از پیمانکاران و صدور گواهی پذیرش در این زمینه ها طرح ریزی و سپس اجرا می-شوند. آزمون‌های پذیرش برای هر یک از اجزای محصول انجام می‌شوند. معیار تست‌ها/تحلیل‌های پذیرش به‌نحوی انتخاب می‌شوند که نشان دهند واحدهای ساخته‌شده با طراحی که قبلا تصدیق/کیفیت‌سنجی شده است انطباق دارند. در حوزه صنایع دریایی که سیستم مورد مطالعه در آن مورد بهره برداری قرار می گیرد، تست های پذیرش محصول به سه گروه زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

ب-۱- تست پذیرش کارخانه‌ای (FAT) [۳] : در مورد هر یک از سامانه‌های تشکیل‌دهنده ابرسامانه جامع سلاح که طراحی

[۱] Qualification Test (QT)

[۲] Acceptance Test (AT)

[۳] Factory Acceptance Test (FAT)

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-11]

و تحقق آن ها به پیمانکاران محول‌شده است، و با هدف اطمینان از برآورده شده الزامات، قابلیت‌ها و مشخصه‌های فنی مشخص شده در پیوست فنی هر سامانه انجام می شود. چون این تست ها معمولا در محل کارخانه سازنده انجام می شود به آنها تست های پذیرش کارخانه ای گفته می شود، امام این تست ها می توانند با توافق در محل ساحل انجام شوند.

ب-۲- تست پذیرش اسکله‌ای (HAT)[۱] : انجام تصت های صحه گذاری عملکرد سامانه ها پس از راه اندازی و بررسی عدم وجود اشکال در آن، اطمینان از صحت عملکرد سامانه ها در حین خدمت و تست های ارتباطی و هماهنگی بین اجزا در ساحل تحت عنوان تست اسکله ای بیان می شوند.

ب-۳- تست پذیرش دریا (SAT) [۲] : این تست ها با هدف اطمینان از برآورده شدن الزامات، قابلیت ها و مشخصه های فنی مشخص شده در پیوست فنی سامانه با مشتری انجام می شود. این تست ها معمولا در دریا و در شرایط محیطی واقعی توافق شده با مشتری (مانند دما، ارتعاش، شوک، تداخلات الکترومغناطیسی و غیره) و برای آن دسته از تست هایی که در ساحل قابل انجام نیستند صورت می پذیرد. هدف اصلی انجام این آزمایشات تحویلدهی محصول به کارفرما است.

۲. تاریخچه و اهداف

۲-۱ تاریخچه

معمولا مجموعه فرآیندهای استاندارد مهندسی سیستم در استانداردهای بین المللی و همچنین مراجع مهم موجود در حوزه مهندسی سیستم در قالب مدل های مختلف توسط سازمان های پیشرو پیشنهاد شده و مورد استفاده قرار گرفته و فرآیندهای تصت از زیرفرآیندهای هستند که در همه این استاندردها بر آن تاکید و برای آنها اهمیت زیادی قائل شده اند [٤-١].

[٥] مدل های مهندسی سیستم مشهور دنیا را که در استانداردهای مختلف بین المللی معرفی شده و شامل فرآیندهای تصت می باشند، ارائه و با یکدیگر مقایسه کرده است. [٧-٦] مجموعه فرآیندهای فرماندهی و کنترل مشهور دنیا را معرفی و با یکدیگر مقایسه کرده و [٨] تاریخچه ای در حوزه فرآیندهای تلفیق داده و فرماندهی و کنترل ارائه کرده است.

سازمان **ISO**، سازمان **IEC** و سازمان **IEEE** در سال ۲۰۲۳ به طور مشترک آخرین مدل مهندسی سیستم خود را در ویرایش نهایی سند **ISO/IEC/IEE ١٥٢٨٨:٢٠٢٣** [٩] و پیش نویس سند راهنمای آن [١٠] را نیز در سال ۲۰۲۳ منتشر کرده اند. ویرایش قبلی این سند در سال ۲۰۱۵ و نسخه اولیه آن در سال ۲۰۰۲ منتشر شده اند. این سازمان ها سند **ISO/IEC/IEEE ٢٤٧٤٨:٢٠٢٢** [١١] که نسخه قبلی آن در سال های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۸ منتشر شده اند و همچنین سند **ISO/IEC/IEEE ١٦٣٢٦:٢٠١٩** [١٢] را نیز در حوزه مهندسی سیستم ها انتشار داده اند. در اسناد سازمان ایزو فرآیند تصت در قالب دو زیرفرآیند تصدیق و صحه گذاری وجود دارند.

آژانس فضایی آمریکا (ناسا) مدل مهندسی سیستم خود را که در شکل ۱ نشان داده شده و به موتور مهندسی سیستم مشهور است در سال ۲۰۱۷ در ویرایش دوم سند **NASA/SP-٢٠١٧-٦١٠٥** انتشار داده است [١٣]. راهنمای پیاده سازی این سند در [١٤] ارائه شده و ویرایش قبلی آن در سال ۲۰۰۷ [١٥] منتشر شده است. در این مدل که در حال حاضر نیز اعتبار داشته و مدل بسیار خوبی برای پیاده سازی فرآیندهای مهندسی سیستم برای ابرسامانه ها یا سامانه های پیچیده ازجمله سامانه های فرماندهی و کنترل می باشد، مطابق شکل ۱ فرآیندهای تصت در قالب فرآیند اصلی به نام "ارزیابی" که شامل دو زیر فرآیند تصدیق و صحه گذاری می باشد در نظر گرفته شده اند.

وزارت دفاع آمریکا نیز به عنوان نخستین سازمانی که اقدام به مدل سازی فرآیندهای مهندسی سیستم کرده است، مدل های خود را در **DOD MIL-STD ٤٩٨** [١٦] و **DOD MIL-STD ٤٩٩B** [١٧] و **DOD Instruction ٥٠٠٠,٢** [١٨] ارائه کرده است. هر چند این اسناد از کاربرد عملی زیادی در پروژه های وزارت دفاع آمریکا برخوردار نیستند، اما همچنان از سوی بسیاری از سازمان ها به عنوان الگویی جهت پیاده سازی

[۱] Hat Acceptance Test (HAT)

[۲] Sat Acceptance Test (SAT)

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-11]

یا فهم مبانی فرآیندهای مهندسی سیستم ها به کار می روند. موسسه ملی استاندارد و انجمن صنایع الکترونیک آمریکا از جمله سازمان دیگری هستند که به طور مشترک مدل فرآیندهای مهندسی سیستم را در سند **ANSI/EIA-۶۳۲A** [۱۹] در سطح بین المللی انتشار داده اند.

در ایران در حوزه مهندسی سیستم سازمان ملی استاندارد ایران سند **INSO-۱۳۲۸۸** [۲۰] را که بر پایه استاندارد [۱۲] است منتشر کرده است. مرکز استاندارد دفاعی ایران نیز استاندارد **IDS۱۳۱۵** [۲۱] را که فرآیندهای آن مطابق فرآیندهای سند مهنسی سیستم ناسا [۱۵] بوده و در بسیاری از صنایع ایران در حال پیاده‌سازی می باشد، سند **IDS-STD-۱۵۲۸۸** [۲۲] که بر مبنای "پذیرش یکسان" و ترجمه ویرایش سال ۲۰۱۵ سند سازمان بین المللی استاندارد **ISO/IEC/IEEE ۱۵۲۸۸** تهیه شده و در حال حاضر نیز اعتبار دارد و همچنین سند**IDS۱۱۰۷** [۲۳] را که مبتنی بر مدل‌های ارائه‌شده در اسناد وزارت دفاع آمریکا [۱۷] و [۱۸] است، را منتشر کرده است.

[۲٤] فرآیند ارزیابی را شامل فعالیت های اصلی تصدیق، صحه گذاری و تست دانسته و آن را به طور خلاصه با نماد **VVT**[۱] نشان داده است.

معمولا مراحل تصدیق و صحه گذاری عملکرد سامانه ها شامل چهار مرحله اصلی طرح ریزی، تدوین رویه، اجرا و تحلیل است. هر چند مهندسین در زمینه تدوین رویه، اجرا و تحلیل انواع رویه های **VVT** تبحر زیادی دارند، اما در زمینه طرح ریزی این فرآیندها مشکلات زیادی دیده می شود. به نحوی که در بسیاری از موارد دیده شده است که رویه های تدوین شده برای تصدیق یا صحه گذاری محصولات همه الزامات فنی تعریف شده برای آن را در بر ندارد.

۲-۲ اهدف و نوآوری

یکی از نوآوری های این مقاله معرفی کلمه "تصت" است که علاوه بر اینکه دربرگیرنده مفهوم "تست" است، مطابق بخش (۱-۱) شامل سایر رویه های تصدیق و صحه گذاری شامل تحلیل، اثبات و بازرسی نیز می باشد. کلمه تصت برای رساندن مفهوم **VVT** پیشنهاد شده که در [۲٤] به کار رفته است.

در این مقاله در بخش (۳) الگویی جدید، جامع و جزئی جهت استانداردسازی رویه طرح ریزی فرآیندهای تصت یا **VVT** سامانه های مهندسی مورد طراحی در دفاتر طراحی ارائه شده است. این الگو به نحوی طراحی شده است که رویه های تصدیق و صحه گذاری همه نیازها و انتظارات مشتری و ذینفعان و همچنین همه الزامات فنی تعریف شده برای سامانه را در بر بگیرد. در بخش (٤) سامانه مورد مطالعه که سامانه مخابرات نوعی شناور کاوشگر است معرفی شده است. در بخش (۵) نتایج پیاده سازی الگوی پیشنهادی در مورد سامانه مخابراتی **GMDSS** مورد مطالعه ارائه شده اند.

با توجه به اینکه پیش نیاز طرح ریزی فعالیت های تصت محصول تعریف کامل نیازها و انتظارات مشتریان و الزامات فنی محصول می باشد، در [۲۵] الگویی جامع جهت تعریف الزامات فنی سامانه های پیچیده همراه با خلاصه نتایج استخراج الزامات فنی سامانه مخابراتی مورد مطالعه در این مقاله ارائه شده اند.

از نظر تئوری الگوی پیشنهادی به نحوی است که منطبق بر استانداردهای موجود در زمینه مهندسی سیستم می باشد. همچنین از دیدگاه عملی نیز ارائه این الگو برپایه تجربه عملی تعریف الزامات فنی طراحی تنوع و تعداد زیادی از سامانه‌ها و ابرسامانه های پیچیده الکتریکی (مانند سامانه های تامین و توزیع برق، مبدل ها)، الکترونیکی (مانند انواع سنسورها، پردازشگرها و سامانه های ناوبری)، کامپیوتری (مانند کامپیوترها، سرورها و تجهیزات شبکه)، مخابراتی (مانند مخابرات باسیم و بیسیم)، مکانیکی (مانند سامانه های رانش، سامانه های تاسیساتی، سامانه های هیدرولیکی و پنوماتیکی)، و الکترو مکانیکی است. بنابراین الگوی پیشنهادی می تواند درمورد طرح ریزی فرآیندهای تصدیق و صحه گذاری طیف وسیعی از سیستم های مهندسی در دفاتر طراحی مورد استفاده قرار گیرد.

[۱] Verification, Validation and Test (VVT)

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-11]

جدول ۱ . مراحل پیشنهادی طرح ریزی فرآیند تصدیق و صحه گذاری

عنوان مرحله	عنوان مرحله	عنوان فرم
پیش مرحله (۱)	تعریف نیازها و انتظارات مشتری	-
پیش مرحله (۲)	تعریف جامع الزامات فنی	-
اول	انتصاب حداقل یک رویه تصدیق به هر الزام	F۱-۰۰
دوم	انتصاب حداقل یک رویه صحه گذاری به هر انتظار یا نیاز مشتری یا ذینفعان	F۲-۰۰
سوم	تعیین همه رویه های تصدیق و صحه گذاری سامانه به کمک فرم های F۱ و F۲	F۳-۰۰
چهارم	تعیین عناوین رویه های تست های FAT سامانه به کمک فرم F۳	F٤-۰۰
پنجم	تعیین عناوین رویه های تست های HAT سامانه به کمک فرم F۳	F٤-۰۰
ششم	تعیین عناوین رویه های تست های SAT سامانه به کمک فرم F۳	F٤-۰۰
هفتم	دسته بندی و تعیین عناوین آزمون های QT به کمک فرم F۳	F٤-۰۰

۳. معرفی الگوی طرح‌ریزی رویه‌های تصت

در این بخش الگوی پیشنهادی استاندارد طرح ریزی فرآیند تصت سامانه های مهندسی مورد طراحی در دفاتر طراحی پیشنهاد شده است. این الگو در جدول ۱ در قالب دو پیش مرحله و شش مرحله اصلی ارائه شده است. مطابق این الگو طرح ریزی کلان فرآیند ارزیابی در ابتدای پروژه در فاز طراحی مفهومی آغاز شده و طرح ریزی جزئی تر آن درطی فازهای طراحی مقدماتی و جزئی ادامه یافته و در انتهای فاز طراحی جزئی نهایی می شود. طرح‌ریزی یا تعیین فعالیت های تصدیق محصول درقالب فرم **F۱** انجام می شود. این فرم تضمین می کند که به ازای هر یک از الزامات فنی محصول یک رویه تصدیق در نظر گرفته شود. به عبارت دیگر در فرم **F۱** علاوه بر تعیین رویه تصدیق برای هر یک از الزامات فنی، اطلاعات جزئی تر مربوط به این رویه تصدیق مانند نوع تست (که در بخش اول ارائه شد)، آزمایشگاه محل انجام و تجهیزات مورد نیاز آزمون، فاز انجام آزمون، رویه انجام آزمون، مسئول انجام آزمون و غیره نیز ارائه می‌شوند. بدیهی است که معمولا رویه‌های تحلیلی و شبیه‌سازی در فازهای اولیه و سایر آزمون‌های پیچیده‌تر **QT** در فازهای بعدی طراحی و ساخت محصول انجام می‌شوند.

همچنین آزمون‌های پذیرش مانند آزمون‌های **FAT** اجزای محصول در در هنگام تحویل گیری اجزای محصول از پیمانکاران، و آزمون‌های **HAT** و **SAT** سامانه‌ها در فازهای مجتمع‌سازی و نهایی، در هنگام تحویل دهی محصول به کارفرما بیشتر کاربرد دارند.

در مرحله بعد در فرم صحه‌گذاری که با کد **F۲-۰۰** مشخص می‌شود، فعالیت های صحه گذاری محصول انجام طرح‌ریزی یا تعیین می شوند. این فرم تضمین می کند که به ازای هر یک از انتظارات یا نیازهای ذینفعان یک رویه صحه گذاری وجود داشته باشند. همچنین در این فرم نیز خلاصه اطلاعات مربوط به فعالیت های صحه گذاری مانند فرم **F۱** ارائه می‌شوند.

پس از تکمیل این فرم ها لیست جامعی از فعالیت های تصدیق و صحه گذاری در قالب فرم **F۳** تهیه می شود. این فرم با حذف لیست الزامات فنی و انتظارات ذینفعان از فرم‌های **F۱** و **F۲** و انتقال لیست کامل رویه‌های تصدیق و صحه‌گذاری و حداقل اطلاعات لازم جهت انجام آنها تکمیل می‌شود. در این فرم نام آزمون هایی که در فرم‌های **F۱** و **F۲** چند بار برای ارزیابی چند الزام فنی یا انتظار ذینفعان به طور مشترکی به کار رفته و تکرار شده است، در قالب یک نام و یک ردیف آورده می شود. بنابراین تا اینجا تضمین شده است اجرای فعالیت های **VV** تعیین شده در فرم **F۳** ارزیابی کلیه الزامات فنی و انتظارات ذینفعان را تضمین می کند. اما لازم است فعالیت های **VV** تعیین شده در این فرم در قالب دسته آزمون های **AT** یا **QT** دسته بندی شده و رویه های جزئی اجرای آنها تدوین شوند.

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-11]

کد فرم: F1-00 — فرم تست های تصدیق سامانه

عنوان پروژه: | عنوان سامانه: | شناسه سامانه:

شناسه الزام	عنوان الزام	عنوان سند	شماره صفحه و پاراگراف	نوع تست	آزمایشگاه/تجهیزات	رویه انجام تست	فاز انجام تست	معیار موفقیت	مسئول انجام	سند ثبت نتایج	توضیحات

نام و امضاء تهیه کننده: | نام و امضاء تایید کننده:

شکل ۲. فرم انتصاب حداقل یک رویه تصدیق به هر الزام (کد فرم F۱-۰۰)

کد فرم: F2-00 — فرم تست های صحه گذاری سامانه

پروژه: | عنوان سامانه: | شناسه سامانه:

عنوان انتظار/نیاز	نوع تست	آزمایشگاه/تجهیزات	رویه انجام تست	فاز انجام تست	مسئول انجام	سند ثبت نتایج	توضیحات

نام و امضاء تهیه کننده: | نام و امضاء تایید کننده:

شکل ۳. فرم انتصاب حداقل یک رویه صحه گذاری به هر انتظار یا نیاز مشتری یا ذینفعان (کد فرم F۲-۰۰)

کد فرم: F3-00 — فرم خلاصه فعالیت‌های تست سامانه

پروژه: | سامانه: | شناسه سامانه:

عنوان آزمون	نوع (تصدیق یا صحه گذاری)	اسناد مورد نیاز	زمان مورد نیاز (روز)	نفرات متخصص	تجهیزات	آزمایشگاه/مکان	تایید کنندگان	توضیحات

نام و امضاء تهیه کننده: | نام و امضاء تایید کننده:

شکل ٤. فرم تعیین رویه های تصدیق و صحه گذاری سامانه (کد فرم F۳-۰۰)

ردیف	عناوین آزمون‌ها	نوع تصت (مانند تصدیق/صحه‌گذاری، تحلیل، اثبات، بازرسی، ثبت)
۱		
۲		
...	...	...

شکل ۵. فرم تعیین عناوین رویه های دسته تصت های مختلف سامانه مانند QT، FAT، HAT، SAT (کد فرم F٤-۰۰)

در این مرحله درمورد رویه های **AT** با تکمیل فرم **F٤** به طور جدا در مورد هر یک از آزمون های **FAT**، **HAT** و **SAT** عناوین آزمون هایی را که لازم است در هر یک از این دسته آزمون ها در نظر گرفته شوند، از جدول **F۳** مشخص می کنیم. به طور مثال در هنگام تکمیل فرم **F٤** برای آزمون **FAT** هر سامانه، لیست کلیه رویه های **VV** آن را که در فرم **F۳** نوع آنها **FAT** تعیین شده است استخراج کرده و به فرم **F٤** منتقل می کنیم و همین کار را درمورد آزمون های **HAT** و **SAT** نیز انجام می دهیم.

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-11]

همچنین رویه های **VV** نوع **QT** تعیین شده در فرم **F۳** را به نحوی دسته‌بندی می کنیم که بتوان برای اجرای هر دسته از آنها یک سند تهیه کرد. باید رویه های تصت هر یک از این دسته ها در فرم **F٤** وارد شوند. بدین ترتیب طرح ریزی فعالیت های **VV** با رویه ارائه شده در این بخش به نحوی به پایان می رسد که تضمین می شود که به ازای هر الزام فنی تعریف شده یک رویه تصدیق و به ازای هر نیاز یا انتظار هر مشتری یا ذینفع اصلی یک رویه صحه گذاری تعریف شده است.

٤. معرفی سامانه مورد مطالعه

سامانه مورد مطالعه در این تحقیق، نوعی سامانه بین المللی ایمنی و نجات دریایی است که به اختصار با **GMDSS** نمایش داده شده و توسط نوعی شناور سطحی در آب‌های ساحلی کشور مورد استفاده قرار می گیرد. سامانه **GMDSS** سامانه ارتباطی بی سیم رادیویی بوده و جزئی از تجهیزات ضروری مخابراتی سامانه فرماندهی و کنترل این نوع شناور سطحی است. در این بخش نتایج طرح ریزی آزمون های پذیرش **FAT**، **HAT** و **SAT** این سامانه با الگوی پیشنهادی در بخش (۳) ارائه می شوند.

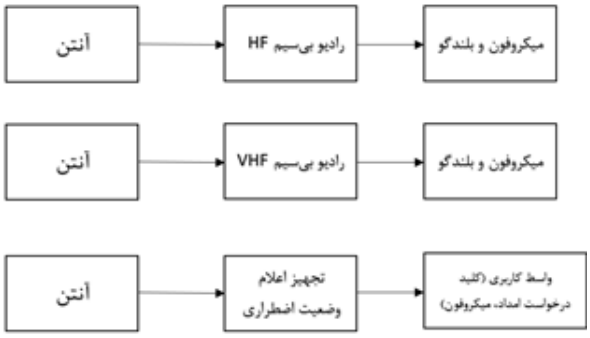
به طور کلی یک شناور با فاصله گرفتن از ساحل و عدم کارکرد تجهیزات ارتباطی نظیر موبایل، فقط از طریق ارتباطات رادیویی قابلیت برقراری ارتباطات با ساحل و یا سایر شناورها را دارا خواهد بود و لذا وجود سامانه ارتباطات بی‌سیم یکی از ضروریات این گونه از شناورها است. به همین دلیل مطابق با استانداردهای سازمان بین المللی دریانوردی **(IMO)**[1] تجهیز شناورها به سامانه **GMDSS** با قابلیت اعلام درخواست اضطراری به مراکز ایمنی و نجات دریایی و حتی سایر شناورهای محدوده در دریا الزامی می‌باشد.

در شکل ٦ نمای سامانه **GMDSS** دریایی و در شکل ۷ نمای ارتباطات داخلی این سامانه ارتباطی بی‌سیم شناورها در آب‌های ساحلی نمایش داده شده اند.

به طور کلی سامانه **GMDSS** در یک شناور، متشکل از یک رادیو بی‌سیم در باند فرکانسی **VHF** و یک رادیو بی‌سیم در باند



شکل ٦. نمای یک تجهیز درخواست نجات و ایمنی اضطراری دریایی



شکل ۷. ارتباطات داخلی سامانه ارتباطات بی‌سیم شناورهای آب‌های ساحلی

فرکانسی **HF** یک تجهیز ارتباط ماهواره‌ای جهت اعلام درخواست اضطراری می‌باشد. رادیو بی‌سیم فرکانس **VHF** برقراری ارتباط بی‌سیم شناور با ساحل و یا سایر شناورهای اطراف در محدوده **LOS** شناور را فراهم می‌نماید، رادیو بی‌سیم فرکانس **HF** برقراری ارتباط بی‌سیم شناور با ساحل و یا سایر شناورهای اطراف در محدوده **NLOS** شناور را فراهم می‌نماید و تجهیز ارتباط ماهواره‌ای امکان ارتباط ماهواره‌ای را فراهم می‌کند، در مجموع در محدوده فرکانسی **HF** یا **VHF** و یا ارتباط ماهواره‌ای، **GMDSS** می‌تواند درخواست کمک و امداد دریایی به صورت پیام‌های از پیش تعیین شده ارسال نماید و یا پیام‌های درخواست کمک و امداد سایر شناورها را دریافت نماید.

٥. یافته‌ها

در این بخش نتایج اجرای طرح ریزی فرآیندهای تصت در مورد سامانه ارتباطات رادیویی معرفی شده در بخش قبل که مطابق با الگوی جامع پیشنهادی در این مقاله انجام شده است،

[1] International Marine Organization (IMO)

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-11]

ارائه الگویی جامع جهت طرح‌ریزی رویه‌های تصدیق، صحه‌گذاری و تست (تصت) سامانه‌های پیچیده در دفاتر طراحی ارائه می شوند. با توجه به اینکه مطابق جدول ۲ برای طرح ریزی فرآیندهای تصدیق و صحه گذاری ابتدا لازم است

جدول ۲. الزامات عملکردی سامانه ارتباطات رادیویی

ردیف	وظیفه	عنوان مشخصه	محدوده
۱	برقراری ارتباط با ساحل و شناورها در فرکانس VHF	فرکانس کاری	۱۰۸–۱۷٤ MHz
۲		حساسیت	-۱۰۳ to -۱۱۰ dBm
۳		توان خروجی فرستنده	٤۰–٦۰W
٤		مدولاسیون	AM, FM
۱	برقراری ارتباطبا ساحل و شناورها در فرکانس HF	فرکانس کاری	۳–۳۰ MHz
۲		حساسیت	-۷۰ to -۱۰۹ dBm
۳		توان خروجی فرستنده	۵۰–۵۰۰W
۱	اعلام درخواست نجات و ایمنی دریایی	فرکانس کاری	۱.۵–۳۰ , ۱۵٦–۱٦۳MHZ
۲		توان خروجی فرستنده	۲۵W, ۲۵۰W

انتظارات ذینفعان و الزامات فنی محصول تعیین شده باشند، در این بخش ابتدا خلاصه ای از این موارد ارائه خواهند شد.

۵-۱ انتظارات ذی‌نفعان

در این مطالعه موردی، ذی‌نفعان اصلی مشتری، مرکز سازنده شناور کاوشگر و سازمان استاندارد و سازمان بنادر و کشتیرانی درنظر گرفته شده اند، که با توجه به بررسی‌های انجام گرفته انتظارات آنها از سامانه مد نظر به شرح زیر است:

۱- امکان برقراری ارتباط رادیویی بی‌سیم در باند فرکانسی **VHF** با ساحل و مراکز کنترل ساحلی (خدمه شناور).

۲- امکان برقراری ارتباط رادیویی بی‌سیم در باند فرکانسی **VHF** با سایر شناورها (خدمه شناور).

۳- امکان برقراری ارتباط رادیویی بی‌سیم در باند فرکانسی **HF** با ساحل و مراکز کنترل ساحلی (خدمه شناور).

٤- امکان برقراری ارتباط رادیویی بی‌سیم در باند فرکانسی **HF** با سایر شناورها (خدمه شناور).

۵- امکان اعلام درخواست نجات و ایمنی دریایی در مواقع اضطراری با تجهیزات رادیویی امداد و نجات دریایی.

٦- ارائه محصولات و تجهیزات با مرغوبیت بالا.

۷- انطباق کیفیت تجهیزات با استانداردهای بین‌المللی دریایی.

۸- دریافت الزامات نصب تجهیزات در اماکن مختلف تامین تغذیه مورد نیاز سامانه ارتباطات رادیویی.

۵-۲ الزامات فنی

در [۲۲] خلاصه نتایج استخراج الزامات فنی سامانه مخابراتی مورد مطالعه، با بررسی‌های فنی انجام گرفته بر روی انتظارات ذی‌نفعان و الگوی جامع ارائه شده در آن جهت تعریف الزامات فنی سامانه های پیچیده استخراج و ارائه شده اند. خلاصه الزامات فنی سامانه ارتباطات رادیویی به شرح زیر می باشد.

۵-۲-۱. الزامات کارکردی و عملکردی

الزامات کارکردی و عملکردی به شرح جدول ۲ می‌باشد.

۵-۲-۲. الزامات سازگاری

۱- تغذیه **AC** با فرکانس ۵۰ هرتز و توان ۱۰۰۰ کیلو وات.

۲- ابعاد سیستم باید در محدوده زیر باشد:

W×H×D=۵۰۰×۲۰۰×٤۰۰ mmm

۳- دمای محیط به کارگیری سامانه در محدوده ℃ ۵- تا ℃ ۵۵.

٤- استاندارد **DNV-GL RU-Ship** رعایت شود.

۵- تا جایی که ممکن است انتخاب از اجزاء و دستگاه‌های الکتریکی/ الکترونیکی باشد که مستعد پذیرش اثرات القایی محیط‌های الکترومغناطیسی نباشند.

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-11]

۵-۳ طرح‌ریزی رویه‌های تصدیق و صحه‌گذاری

۵-۳-۱ طرح‌ریزی فرآیند تصدیق

طرح‌ریزی فرآیند تصدیق سامانه ارتباطات خارجی رادیویی توسط کارشناسان فنی انجام و در جدول ۳ ارائه شده است.

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-11]

جدول ۳. فعالیت تصدیق سامانه ارتباطات رادیویی شناور (فرم F۱)

شناسه الزام	عنوان الزام	عنوان سند	عنوان آزمون	نوع تست	آزمایشگاه/تجهیزات	رویه انجام تست	فاز انجام تست	معیار موفقیت	مسئول انجام	سند ثبت نتایج	توضیح
R۰۱	برقراری ارتباط با ساحل و سایر شناور ها در محدوده فرکانسی VHF	سند تعریف الزامات فنی سامانه ارتباطات رادیویی شناور	آزمون بررسی عملکرد فرستندگی و گیرندگی رادیویی در باند فرکانسی VHF	آزمون، FAT آزمون، HAT	تجهیز رادیویی در محل کارخانه دستگاه Spectrum Anlyzer تجهیزات رادیویی نصب شده بر روی شناور شناور دیگر مجهز به رادیوهای مشابه	دفترچه FAT دفترچه HAT	فاز C (ساخت) فاز D (نصب و راه‌اندازی)	برقراری ارتباط صوت و داده سالم در محدوده فرکانسی۱۰۸تا ۱۷٤ مگاهرتز	مسئول فنی شرکت سازنده	دفترچه FAT دفترچه HAT	
R۰۲	دستیابی به حداکثر توان خروجی فرستنده از طریق آنتن در باند فرکانسی VHF	سند تعریف الزامات فنی سامانه ارتباطات رادیویی شناور	آزمون بررسی توان ارسال شده توسط آنتن رادیو در باند فرکانسی VHF و مقایسه آن با حداکثر توان ممکن	آزمون، FAT آزمون، HAT	تجهیز رادیویی در محل کارخانه دستگاه Spectrum Anlyzer تجهیزات رادیویی نصب شده بر روی شناور شناور دیگر مجهز به رادیوهای مشابه	دفترچه FAT دفترچه HAT	فاز C (ساخت) فاز D (نصب و راه‌اندازی)	دستیابی به حداکثر توان خروجی فرستنده از طریق آنتن به مقدار ٦۰ وات	مسئول فنی شرکت سازنده	دفترچه FAT دفترچه HAT	
R۰۳	حساسیت گیرندگی مناسب در باند فرکانسی VHF	سند تعریف الزامات فنی سامانه ارتباطات رادیویی شناور	بررسی میزان حساسیت رادیو در دریافت سیگنال در باند فرکانسی VHF	آزمون، FAT آزمون، HAT	تجهیز رادیویی در محل کارخانه دستگاه Spectrum Anlyzer تجهیزات رادیویی نصب شده بر روی شناور شناور دیگر مجهز به رادیوهای مشابه	دفترچه FAT دفترچه HAT	فاز C (ساخت) فاز D (نصب و راه‌اندازی)	دستیابی به حساسیت گیرنده بین ۱۰۳- تا ۱۱۰- در مقیاس dB	مسئول فنی شرکت سازنده	دفترچه FAT دفترچه HAT	

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-11]

R۰٤	برقراری ارتباط با ساحل و سایر شناور ها در محدوده فرکانسی HF	سند تعریف الزامات فنی سامانه ارتباطات رادیویی شناور	آزمون بررسی عملکرد فرستندگی و گیرندگی رادیویی در باند فرکانسی HF	آزمون، FAT آزمون، HAT	تجهیز رادیویی در محل کارخانه دستگاه Spectrum Anlyzer تجهیزات رادیویی نصب شده بر روی شناور شناور دیگر مجهز به رادیوهای مشابه	دفترچه FAT دفترچه HAT	فاز C (ساخت) فاز D (نصب و راه‌اندازی)	برقراری ارتباط صوت و داده سالم در محدوده فرکانسی۳ تا ۳۰ مگاهرتز	مسئول فنی شرکت سازنده	دفترچه FAT دفترچه HAT	
R۰۵	دستیابی به حداکثر توان خروجی فرستنده از طریق آنتن در باند فرکانسی HF	سند تعریف الزامات فنی سامانه ارتباطات رادیویی شناور	آزمون بررسی توان ارسال شده توسط آنتن رادیو در باند فرکانسی HF و مقایسه آن با حداکثر توان ممکن	آزمون، FAT آزمون، HAT	تجهیز رادیویی در محل کارخانه دستگاه Spectrum Anlyzer تجهیزات رادیویی نصب شده بر روی شناور شناور دیگر مجهز به رادیوهای مشابه	دفترچه FAT دفترچه HAT	فاز C (ساخت) فاز D (نصب و راه‌اندازی)	دستیابی به حداکثر توان خروجی فرستنده از طریق آنتن به مقدار ۵۰۰ وات	مسئول فنی شرکت سازنده	دفترچه FAT دفترچه HAT	
R۰٦	حساسیت گیرندگی مناسب در باند فرکانسی HF	سند تعریف الزامات فنی سامانه ارتباطات رادیویی شناور	بررسی میزان حساسیت رادیو در دریافت سیگنال در باند فرکانسی HF	آزمون، FAT آزمون، HAT	تجهیز رادیویی در محل کارخانه دستگاه Spectrum Anlyzer تجهیزات رادیویی نصب شده بر روی شناور شناور دیگر مجهز به رادیوهای مشابه	دفترچه FAT دفترچه HAT	فاز C (ساخت) فاز D (نصب و راه‌اندازی)	دستیابی به حساسیت گیرنده بین ۷۰- تا ۱۰۹- در مقیاس dB	مسئول فنی شرکت سازنده	دفترچه FAT دفترچه HAT	
R۰۷	ارسال سیگنال درخواست نجات و ایمنی دریایی اضطراری	سند تعریف الزامات فنی سامانه ارتباطات رادیویی شناور	ارسال و دریافت اطلاعات اضطراری و ایمنی نجات دریایی بر روی کانال ۷۰ باند فرکانسی VHF و ۱۵ HF	آزمون، HAT	دستگاه شبیه‌ساز	دفترچه HAT	فاز D (نصب و راه‌اندازی)	ارسال صحیح سیگنال DSC	مسئول فنی شرکت سازنده	دفترچه HAT	

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-11]

R۰۸	ارسال و دریافت سیگنال از طریق ارتباط ماهواره‌ای	سند تعریف الزامات فنی سامانه ارتباطات رادیویی شناور	ارسال و دریافت اطلاعات اضطراری و ایمنی نجات دریایی بر روی گیرنده ماهواره ای	آزمون، HAT	دستگاه شبیه‌ساز	دفترچه HAT	فاز D (نصب و راه‌اندازی)	ارسال صحیح سیگنال DSC	مسئول فنی شرکت سازنده	R۰۷	
R۰۹	تحلیل تداخلات الکترومغناطی سی آنتن‌های مخابراتی	سند تعریف الزامات فنی سامانه ارتباطات رادیویی شناور	بررسی اسناد تحلیل و شبیه‌سازی تداخلات الکترومغناطیسی	تحلیل	نرم افزار شبیه‌ساز FEKO	دفترچه FAT	فاز B	مطابقت با استاندارد های موسسه دفاعی	مسئول فنی شرکت سازنده	دفترچه FAT	
R۱۰	ابعاد تجهیزات	سند تعریف الزامات فنی سامانه ارتباطات رادیویی شناور	آزمون اندازه گیری ابعاد تجهیزات به منظور انطباق با نقشه‌های جانمایی	آزمون، FAT	تجهیز در محل کارخانه تجهیز نصب شده بر روی شناور	دفترچه FAT	فاز C (ساخت)	مطابقت الزام ارائه شده	مسئول فنی شرکت سازنده	دفترچه FAT	
R۱۱	توان مصرفی تجهیزات	سند تعریف الزامات فنی سامانه	آزمون اندازه گیری تغذیه و توان مصرفی	آزمون، HAT	ولت‌متر، آمپر متر، بار مجازی جدول تغذیه تجهیزات	دفترچه HAT	فاز D (نصب و راه‌اندازی)	مطابقت الزام ارائه شده	مسئول فنی	دفترچه HAT	

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-11]

		ارتباطات رادیویی شناور	تجهیزات به منظور انطباق با حدود تعیین شده					شرکت سازنده		
R۱۲	الزامات شرایط محیطی	سند تعریف الزامات فنی سامانه ارتباطات رادیویی شناور	آزمون بررسی الزامات شرایط محیطی	آزمون، تست‌های کیفیت سنجی	آزمایشگاه اجرای تست شرایط محیطی	دفترچه FAT	فاز C (ساخت)	کسب تاییدیه از مراجع ذی‌صلاح برگزار کننده تست‌های شرایط محیطی	کارشناس ان آزمایشگاه تست شرایط محیطی	دفترچه FAT	

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-11]

جدول ٤. فعالیت صحه گذاری سامانه ارتباطات رادیویی شناور (فرم F۲)

عنوان انتظار/نیاز	نوع تست	آزمایشگاه/تجهیزات	رویه انجام تست	فاز انجام تست	مسئول انجام	سند ثبت نتایج
برقراری ارتباط رادیویی با ایستگاه‌های ساحلی و شناورهای سطحی در باندهای فرکانسی VHF	آزمون، SAT	تجهیز رادیویی منصوب بر شناور شناور دیگر مجهز به تجهیز مشابه	دفترچه SAT	فاز D	مسئول فنی شرکت سازنده	دفترچه SAT
برقراری ارتباط رادیویی با ایستگاه‌های ساحلی و شناورهای سطحی در باندهای فرکانسی HF	آزمون، SAT	تجهیز رادیویی منصوب بر شناور شناور دیگر مجهز به تجهیز مشابه	دفترچه SAT	فاز D	مسئول فنی شرکت سازنده	دفترچه SAT
ارسال و دریافت صوت و اطلاعات از طریق اضطراری و ایمنی دریایی	آزمون، SAT	تجهیز ارتباط اضطراری منصوب بر شناور	دفترچه SAT	فاز D	مسئول فنی شرکت سازنده	دفترچه SAT

جدول ۵. خلاصه فعالیت‌های تصدیق و صحه گذاری سامانه ارتباط رادیویی شناور (فرم F۳)

عنوان آزمون	نوع تصت	اسناد مورد نیاز	زمان موردنیاز (روز)	نفرات متخصص	تجهیزات	آزمایشگاه/مکان	تایید کنندگان	توضیح
برقراری ارتباط با ساحل و سایر شناور ها در محدوده فرکانسی VHF	تصدیق	دفترچه FAT دفترچه HAT	۱	مسئول فنی شرکت سازنده	تجهیز رادیویی در محل کارخانه دستگاه Spectrum Analyzer تجهیزات رادیویی نصب شده بر روی شناور شناور دیگر مجهز به رادیوی مشابه	FAT در محل کارخانه HAT در محل شناور	کارشناسان استاندارد و سازمان بنادر و کشتیرانی	
آزمون بررسی توان ارسال شده توسط آنتن رادیو در باند فرکانسی VHF و مقایسه آن با حداکثر توان ممکن	تصدیق	دفترچه FAT دفترچه HAT	۱	مسئول فنی شرکت سازنده	تجهیز رادیویی در محل کارخانه دستگاه Spectrum Analyzer تجهیزات رادیویی نصب شده بر روی شناور شناور دیگر مجهز به رادیوی مشابه	FAT در محل کارخانه HAT در محل شناور	کارشناسان استاندارد و سازمان بنادر و کشتیرانی	
برقراری ارتباط با ساحل و سایر شناور ها در محدوده فرکانسی HF	تصدیق	دفترچه FAT دفترچه HAT	۱	مسئول فنی شرکت سازنده	تجهیز رادیویی در محل کارخانه دستگاه Spectrum Analyzer تجهیزات رادیویی نصب شده بر روی شناور شناور دیگر مجهز به رادیوی مشابه	FAT در محل کارخانه HAT در محل شناور	کارشناسان استاندارد و سازمان بنادر و کشتیرانی	
ارسال و دریافت اطلاعات اضطراری و ایمنی نجات دریایی بر روی گیرنده ماهواره ای	تصدیق	دفترچه HAT	۱	مسئول فنی شرکت سازنده	دستگاه شبیه‌ساز سامانه GMDSS تجهیز GPS	محل شناور	کارشناسان استاندارد و سازمان بنادر و کشتیرانی	

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-11]

آزمون اندازه گیری ابعاد تجهیزات به منظور انطباق با نقشه‌های جانمایی	تصدیق	دفترچه FAT	۱	مسئول فنی شرکت سازنده	تجهیز در محل کارخانه تجهیز نصب شده بر روی شناور تجهیزات اندازه‌گیری	FAT در محل کارخانه	کارشناسان استاندارد و سازمان بنادر و کشتیرانی	
آزمون اندازه گیری تغذیه و توان مصرفی تجهیزات به منظور انطباق با حدود تعیین شده	تصدیق	دفترچه HAT	۱	مسئول فنی شرکت سازنده	ولت‌متر، آمپر متر، بار مجازی جدول تغذیه تجهیزات	محل شناور	کارشناسان استاندارد و سازمان بنادر و کشتیرانی	
آزمون بررسی الزامات شرایط محیطی	تصدیق	دفترچه FAT	۱	مسئول فنی شرکت سازنده	کلیه تجهیزات آزمایشگاه اجرای تست شرایط محیطی	آزمایشگاه اجرای تست شرایط محیطی	کارشناسان استاندارد و سازمان بنادر و کشتیرانی	
آژمون بررسی الزامات نگهداری	تصدیق	دفترچه HAT	۱	مسئول فنی شرکت سازنده	تجهیز مشابه نصب شده بر روی شناوری دیگر	HAT در محل شناور	کارشناسان استاندارد و سازمان بنادر و کشتیرانی	
برقراری ارتباط رادیویی با ایستگاه‌های ساحلی و شناورهای سطحی در باندهای فرکانسی VHF	صحه گذاری	دفترچه SAT	۱	مسئول فنی شرکت سازنده	تجهیز مشابه نصب شده بر روی شناوری دیگر	SAT در دریا	کارشناسان استاندارد و سازمان بنادر و کشتیرانی	
برقراری ارتباط رادیویی با ایستگاه‌های ساحلی و شناورهای سطحی در باندهای فرکانسی HF	صحه گذاری	دفترچه SAT	۱	مسئول فنی شرکت سازنده	تجهیز مشابه نصب شده بر روی شناوری دیگر	SAT در دریا	کارشناسان استاندارد و سازمان بنادر و کشتیرانی	
ارسال و دریافت صوت و اطلاعات از طریق اضطراری و ایمنی دریایی	صحه گذاری	دفترچه SAT	۱	مسئول فنی شرکت سازنده	تجهیز مشابه نصب شده بر روی شناوری دیگر	SAT در دریا	کارشناسان استاندارد و سازمان بنادر و کشتیرانی	

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-11]

جدول ٦. فرم تعیین رویه تست FAT سامانه (فرم F٤)

ردیف	عناوین آزمون‌ها	نوع تست (تصدیق/صحه‌گذاری)
١	بررسی عملکرد فرستنده و گیرنده رادیویی در باند فرکانسی VHF	تصدیق
٢	بررسی عملکرد فرستنده و گیرنده رادیویی در باند فرکانسی HF	تصدیق
٣	آزمون بررسی توان ارسال شده توسط آنتن رادیو در باند فرکانسی VHF و مقایسه آن با حداکثر توان ممکن	تصدیق
٤	آزمون اندازه گیری ابعاد تجهیزات به منظور انطباق با نقشه‌های جانمایی	تصدیق
٥	آزمون بررسی الزامات شرایط محیطی	تصدیق

جدول ٧. فرم تعیین رویه تست HAT سامانه (فرم F٤)

ردیف	عناوین آزمون‌ها	نوع تست (تصدیق/صحه‌گذاری)
١	بررسی عملکرد فرستنده و گیرنده رادیویی در باند فرکانسی VHF	تصدیق
٢	بررسی عملکرد فرستنده و گیرنده رادیویی در باند فرکانسی HF	تصدیق
٣	آزمون بررسی توان ارسال شده توسط آنتن رادیو در باند فرکانسی VHF و مقایسه آن با حداکثر توان ممکن	تصدیق
٤	ارسال سیگنال درخواست نجات و ایمنی دریایی از طریق ماهواره	تصدیق
٥	آزمون اندازه گیری ابعاد تجهیزات به منظور انطباق با نقشه‌های جانمایی	تصدیق
٦	آزمون بررسی الزامات شرایط محیطی	تصدیق

جدول ٨ . فرم تعیین رویه تست SAT سامانه (فرم F٤)

ردیف	عناوین آزمون‌ها	نوع تست (تصدیق/صحه‌گذاری)
١	برقراری ارتباط رادیویی با ایستگاه‌های ساحلی و شناورهای سطحی در باندهای فرکانسی VHF	صحه گذاری
٢	برقراری ارتباط رادیویی با ایستگاه‌های ساحلی و شناورهای سطحی در باندهای فرکانسی VHF	صحه گذاری
٣	ارسال و دریافت صوت و اطلاعات از طریق ماهواره	صحه گذاری

٥-٣-٢ طرح‌ریزی فرآیندهای صحه گذاری

نتایج طرح ریزی فرآیند صحه گذاری سامانه در جدول ٣ ارائه شده است.

٥-٣-٣ رویه‌های ارزیابی

در جدول ٥ خلاصه‌ای از عناوین رویه‌های تصدیق و صحه‌گذاری و حداقل اطلاعات لازم جهت طرح ریزی آنها ارائه شده است.

٥-٣-٤ تست‌های پذیرش سیستم

خلاصه تست‌های پذیرش سیستم در جداول ٦ تا ٨ ارائه شده است.

٦. نتیجه‌گیری

در فرآیند طراحی و تحقق تعریف الزامات فنی و همچنین وجود یک الگوی جامع برای طرح ریزی رویه های تصدیق و صحه گذاری ابرسامانه‌ها و سامانه ها و اجزای تشکیل دهنده آنها از جهات زیادی اهمیت فراوان داشته و می تواند به سرطراح کمک زیادی کند تا این رویه ها را به نحوی طرح ریزی کند که همه الزامات فنی و انتظارات ذینفعان سامانه‌ها مورد تصدیق و صحه گذاری قرار گیرد.

در این مقاله ابتدا الگویی جامع و جزئی جهت طرح ریزی فرآیندهای تصدیق و صحه گذاری سامانه های مهندسی مورد طراحی در دفاتر طراحی به نحوی ارائه شد که تضمین شود که

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-11]

به ازای هر الزام فنی تعریف شده یک رویه تصدیق و به ازای هر نیاز یا انتظار هر مشتری و ذینفعان اصلی یک رویه صحه گذاری تعریف شود. همچنین خلاصه نتایج طرح ریزی رویه های تصدیق و صحه گذاری درمورد سامانه مخابراتی **GMDSS** نوعی شناور سطحی به عنوان یک مطالعه موردی ارائه گردید.

الگوی پیشنهادی از دیدگاه نظری دربرگیرنده الزامات مطرح شده فرآیندهای تصدیق و صحه گذاری در استانداردهای بین المللی و ملی و همچنین مراجع مهم موجود در زمینه مهندسی سیستم بوده و از دیدگاه عملی نیز برپایه تجربه عملی طرح ریزی رویه های تصدیق و صحه گذاری تنوع و تعداد زیادی از سامانه‌ها و ابرسامانه های پیچیده الکتریکی، الکترونیکی، کامپیوتری، مخابراتی، مکانیکی، و الکترومکانیکی است. بنابراین این الگو می‌تواند برای طرح‌ریزی رویه های تصدیق و صحه گذاری طیف وسیعی از سیستم های مهندسی در دفاتر طراحی از جمله سامانه های فرماندهی و کنترل مورد استفاده قرار گیرد.

مراجع

[۱] INCOSE, (۲۰۲۳), "Systems engineering handbook- A Guide for System Life Cycle Processes and Activities", Fifth edition, International Council On Systems engineering, Wiley.

[۲] Eisner, H., (۲۰۲۲), "Tomorrow's Systems Engineering: Commentaries on the Profession". United States: CRC Press.

[۳] Eisner, H., (۲۰۲۲), "Systems Engineering: Building Successful Systems", Poland : Springer International Publishing.

[٤] Kossiakoff, A., Biemer, S. M., Seymour, S. J., Flanigan, D. A., (۲۰۲۰), "Systems Engineering Principles and Practice", United States: Wiley.

[٥] حسینی مونس، سید احمد، کیا، علی، (۱۳۹۵)، "مهندسی سیستم‌ها"، تهران، انتشارات موسسه آموزشی و تحقیقات دفاعی.

[٦] S. K. Das, (۲۰۰۸), “High-level data fusion”, Artech House.

[۷] M. Liggins II, D. Hall, and J. Llinas, (۲۰۰۸), “Handbook of multisensor data fusion: theory and practice”, Second edition ed., CRC press.

[۸] B. Khaleghi, A. Khamis, F. O. Karray, and S. N. Razavi, (۲۰۱۳), "Multisensor data fusion: A review of the state-of-the-art," Information fusion, vol. ١٤, pp. ٢٨–٤٤.

[۹] ISO/IEC/IEEE ١٥٢٨٨:٢٠٢٣, (۲۰۲۳), Systems and software engineering, System life cycle processes.

[۱۰] ISO/IEC/IEEE Draft International Standard - Systems and software engineering -Life cycle management - Part ٢: Guidelines for the application of ISO/IEC/IEEE ١٥٢٨٨, (۲۰۲۳).

[۱۱] ISO/IEC/IEEE ٢٤٧٤٨-٧٠٠٠:٢٠٢٢, (۲۰۲۲), Systems and software engineering, - System life cycle processes, Standard model process for addressing ethical concerns during system design.

[۱۲] ISO/IEC/IEEE ١٦٣٢٦:٢٠١٩, (۲۰۱۹), "Systems and software engineering, System life cycle processes, project management".

[۱۳] NASA/SP-٢٠١٧-٦١٠٥, (۲۰۱۷), "NASA systems engineering handbook", Rev٢.

[١٤] NASA, (۲۰۱۷), "Guide to NASA systems engineering handbook".

[١٥] NASA/SP-٢٠٠٧-٦١٠٥, (۲۰۰۷), "NASA systems engineering handbook", Rev١.

[١٦] MIL-STD ٤٩٨, (١٩٩٤), "Software systems engineering draft", Department of Defense (DOD).

[۱۷] MIL-STD ٤٩٩B, (۱۹۹۳), "Systems engineering draft", Department of Defense (DOD).

[۱۸] DOD Instruction ٥٠٠٠,٢., (۲۰۰۸), "Operation of the defense acquisition systems", Department of Defense (DOD).

[۱۹] ANSI/EIA-٦٣٢A, (۲۰۲۱), "Processes for engineering a system".

[۲۰] **INSO-۱۳۲۸۸**، (١٤٠٠)، " مهندسی سامانه ها و نرم افزار – فرآیندهای چرخه عمر– مدیریت پروژه"، سازمان ملی استاندارد دفاعی ایران، تهران.

[۲۱] **IDS۱۳۱۵**، (۱۳۹۱)، "خطوط راهنمای مهندسی سیستم‌ها"، مرکز استاندارد دفاعی ایران، تهران.

[۲۲] **IDS-STD-۱۵۲۸۸**، (١٣٩٤)، مهندسی سامانه ها و نرم افزار– فرآیندهای چرخه عمر سامانه"، مرکز استاندارد دفاعی ایران، تهران.

[۲۳] **IDS۱۱۰۷**، (۱۳۹۰)، "معماری فرآیند تحقق ایده (ایده تا ساخت نمونه) – الزامات عمومی"، مرکز استاندارد دفاعی ایران، تهران.

[٢٤] Engel. A., (٢٠١٠), "Verification, Validation and testing of engineered systems", Jhon whiley & Sons.

[۲۵] فاضل، صادق، بوستان پور، جعفر، عباسی، علی، (١٤٠٢)، "ارائه الگویی جامع جهت تعریف الزامات فنی سامانه های پیچیده در دفاتر طراحی"، دومین کنفرانس مدیریت و مهندسی کیفیت و قابلیت اتکا، دانشگاه صنعتی مالک اشتر.

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-11]