

ارائه الگویی جامع جهت تعریف الزامات فنی سامانه های پیچیده در دفاتر طراحی

صادق فاضل

دکتری مهندسی برق-کنترل دانشگاه فردوسی مشهد

sadegh.fazel@gmail.com

جعفر بوستان پور

دکتری مهندسی برق-مخابرات دانشگاه فردوسی مشهد

j.boostanpoor@mail.um.ac.ir

علی عباسی

کارشناس ارشد مهندسی برق-کنترل دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

Ahad80633@gmail.com

چکیده

در این مقاله ابتدا الگویی جامع و جزئی جهت تعریف الزامات فنی طراحی سامانه های مهندسی مورد طراحی در دفاتر طراحی ارائه شده است. از دیدگاه نظری سعی شده است که الگوی پیشنهادی شامل دسته بندی های کلی الزامات فنی ارائه شده در استانداردهای بین المللی و ملی و همچنین مراجع مهم موجود در زمینه مهندسی سیستم باشد. از دیدگاه عملی نیز ارائه این الگو برپایه تجربه عملی تعریف الزامات فنی طراحی تنوع و تعداد زیادی از سامانه ها 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. همچنین در این مقاله خلاصه نتایج تعریف الزامات فنی برای نوعی سامانه بین المللی ایمنی و نجات دریایی GMDSS¹ به عنوان یکی از سامانه های مخابراتی ضروری نوعی شناور سطحی مطابق الگوی پیشنهادی ارائه شده اند. بنابراین الگوی پیشنهادی می تواند درمورد تعریف الزامات فنی طیف وسیعی از سیستم های مهندسی در دفاتر طراحی مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: الزامات فنی، انتظارات ذینفعان، مهندسی سیستم، دفتر طراحی، سامانه مخابراتی

۱. مقدمه

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/IEEE 15288:2023 [۶] و پیش نویس سند راهنمای آن [۷] 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 24748:2022 [۸] که نسخه قبلی آن در سال های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۸ منتشر شده اند و همچنین سند ISO/IEC/IEEE 16326:2019 [۹] را نیز در حوزه مهندسی سیستم ها انتشار داده اند.

آژانس فضایی آمریکا (ناسا) مدل مهندسی سیستم خود را که به موتور مهندسی سیستم مشهور است در سال ۲۰۱۷ در ویرایش دوم سند NASA/SP-2017-6105 انتشار داده است [۱۰]. راهنمای پیاده سازی این سند در [۱۱] ارائه شده و ویرایش قبلی آن در سال ۲۰۰۷ [۱۲] 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 از جمله مجموعه سامانه های مخابراتی شناورها می باشد و همچنین در اسناد ایزو، فرآیند تعریف الزامات در قالب دو زیرفرآیند تعریف انتظارات ذینفعان و تعریف الزامات فنی وجود دارند.

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 498 [۱۳] و DOD MIL-STD 499B [۱۴] و DOD Instruction 5000.2 [۱۵] 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 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-632A [۱۶] در سطح بین المللی انتشار داده اند.

امروزه طراحی ابرسامانه ها یا سامانه های پیچیده مانند 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 نیز معروف هستند، بسته به نوع پیچیدگی از ترکیب تعداد و تنوع زیادی از سامانه های الکتریکی، الکترونیکی، کامپیوتری، ناوبری، مخابراتی، مکانیکی، الکترو مکانیکی، هیدرولیکی و پنوماتیکی، انواع سازه ها و غیره تشکیل می شوند، طراحی آنها نیاز به دانش طراحی بین رشته‌ای و تخصص گروه زیادی از مهندسين 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 و رویه های تصت آنها را بدون اشکال طراحی کرده و تحقق ببخشند.

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 در این زمینه پیشنهاد شده و مورد استفاده قرار می گیرند [۴-۱]. [۵] 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.

سازمان بین المللی استاندارد ISO، سازمان ملی هوا و فضای آمریکا NASA (ناسا)، سازمان استاندارد کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک IEC، سازمان استاندارد انجمن بین المللی مهندسين برق و الکترونیک آمریکا IEEE، وزارت دفاع آمریکا DOD، سازمان ملی استاندارد ایران ISIRI و مرکز ملی استاندارد ایران IDS^۴ از جمله سازمان هایی هستند که در اسناد منتشر کرده خود مدل مهندسی سیستم ارائه کرده اند. [۶-۲۰] از جمله مهمترین استانداردهای بین المللی و ملی هستند منتشر شده توسط این سازمان ها هستند که شامل فرآیندهای مهندسی سیستم می باشند.

^۴Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

^۵United States Department of Defense (DOD)

^۶Institute of Standards and Industrial Research (ISIRI)

^۷Iranian Defense Standard (IDS)

^۱System of System (SOS)

^۲International Standardization Organization (ISO)

^۳National Aeronautics and Space Administration (NASA)

^۴ International Electrotechnical Commission (IEC)

در ایران در حوزه مهندسی سیستم سازمان ملی استاندارد ایران سند INSO-13288 [۱۷] را که بر پایه استاندارد [۹] است منتشر کرده است. مرکز استاندارد دفاعی ایران نیز استاندارد IDS1315 [۱۸] را که فرآیندهای آن مطابق فرآیندهای سند مهندسی سیستم ناسا [۱۲] بوده و در بسیاری از صنایع ایران در حال پیاده‌سازی می‌باشد، سند IDS-STD-15288 [۱۹] که بر مبنای "پذیرش یکسان" و ترجمه ویرایش سال ۲۰۱۵ سند سازمان بین‌المللی استاندارد ISO/IEC/IEEE 15288 تهیه شده و در حال حاضر نیز اعتبار دارد و همچنین سند IDS1107 [۲۰] را که مبتنی بر مدل‌های ارائه‌شده در اسناد وزارت دفاع آمریکا [۱۴] و [۱۵] است، را منتشر کرده است.

مدل فرآیندهای مهندسی سیستم ارائه شده در استانداردهای مذکور، با وجود تفاوت‌ها و مغایرت‌های جزئی، دارای زیرفرآیندهای مشترک زیادی هم هستند. یکی از زیرفرآیندهای مشترکی که در همه استانداردها بر آن تاکید شده و برای آن اهمیت زیادی قائل شده‌اند، فرآیند "تعریف الزامات فنی" می‌باشد. تعریف صحیح الزامات فنی نقش بسیار مهمی در طرح ریزی معماری سیستم و انتخاب طرح نهایی و مشخصه‌های ویژگی‌های اصلی آن دارد. این مشخصه‌ها و ویژگی‌های خاص مواد اولیه لازم جهت تهیه پیوست فنی سامانه‌هایی هستند که از طریق برون‌سپاری به فراهم‌کنندگان بیرونی تهیه می‌شوند.

از طرف دیگر تعریف الزامات فنی پایه اصلی برای طرح ریزی فرآیند ارزیابی طراحی و محصول و تعریف رویه‌های تصدیق و صحت‌گذاری آن می‌باشد [۱-۲۱]. به طور مثال [۲۲] خلاصه نتایج طرح ریزی فعالیت‌های تست^۱ سامانه GMDSS مورد مطالعه در این مقاله را به کمک الگویی جامع که تضمین می‌کند به ازای هر الزام فنی یک رویه تصدیق و به ازای هر انتظار هر مشتری و ذینفعان اصلی یک رویه صحت‌گذاری تعریف شود، استخراج و ارائه کرده است.

همچنین الزامات فنی ورودی اصلی برای انجام تحلیل‌های ارزیابی و کنترل ریسک خرابی‌ها و خطرات فرآیند طراحی و محصول [۲۳-۲۶] و همچنین ارزیابی قابلیت اطمینان و قابلیت اعتماد [۲۷-۲۹] و ایمنی محصول [۳۰-۳۲] می‌باشد.

بنابراین در فرآیند طراحی و تحقق تعریف الزامات فنی ابرسامانه‌ها و سامانه‌ها و اجزای تشکیل‌دهنده آنها از جهات زیادی اهمیت فراوان دارد. همچنین وجود یک الگوی جامع برای

تعریف الزامات فنی می‌تواند به طراح کمک زیادی کند تا هم الزامات فنی ابرسامانه اصلی را به درستی تعریف کرده و هم به کمک طراحان فرآیند شکست الزامات و تعریف الزامات فنی زیرسامانه‌ها و سایر اجزای تشکیل‌دهنده سامانه اصلی را به نحو صحیح انجام دهد.

در بعضی از استانداردهای مهندسی سیستم عناوین و سرفصل کلی الزامات فنی اشاره شده است. به طور مثال ناسا [۱۰-۱۲] الزامات فنی را به دسته الزامات کارکردی، عملکردی، اینترفیسی، محیطی، ایمنی، قابلیت اطمینان و عوامل انسانی تقسیم بندی کرده است. سایر استانداردها نیز عناوین اصلی الزامات فنی را به طور مشابه و با تفاوت‌های جزئی ارائه کرده‌اند. اما بدیهی است که ارائه یک الگوی جامع و جزئی برای استخراج الزامات فنی که از یک طرف با دسته بندی‌های ارائه شده در استانداردها انطباق داشته و از طرف دیگر مبتنی بر تجربه عملی زیاد بوده و طیف گسترده‌ای از سامانه‌ها را پوشش دهد، کمک زیادی به انجام صحیح فرآیند تعریف الزامات فنی در دفاتر طراحی ابرسامانه‌ها و سامانه‌های صنعتی می‌کند.

این مقاله ابتدا الگویی جامع و جزئی جهت استانداردسازی روند تعریف الزامات فنی طراحی سامانه‌های مهندسی پیچیده مورد طراحی در دفاتر طراحی ارائه می‌دهد. در بخش‌های بعد سامانه مخابراتی GMDSS نوعی شناور سطحی مورد مطالعه معرفی و نتایج پیاده‌سازی این الگو برای تعریف الزامات فنی آن ارائه می‌شوند.

الگوی پیشنهادی به نحوی است که از نظر تئوری دسته بندی‌های کلی الزامات فنی ارائه شده در آن منطبق بر استانداردهای موجود در زمینه مهندسی سیستم است. از دیدگاه عملی نیز ارائه این الگو برپایه تجربه عملی تعریف الزامات فنی طراحی تنوع و تعداد زیادی از سامانه‌ها و ابرسامانه‌های پیچیده الکتریکی (مانند سامانه‌های تامین و توزیع برق، مبدل‌ها)، الکترونیکی (مانند انواع سنسورها، پردازشگرها و سامانه‌های ناوبری)، کامپیوتری (مانند کامپیوترها، سرورها و تجهیزات شبکه)، مخابراتی (مانند مخابرات باسیم و بیسیم)، مکانیکی (مانند سامانه‌های رانش، سامانه‌های تاسیساتی، سامانه‌های هیدرولیکی و پنوماتیکی)، و الکترو مکانیکی است. بنابراین الگوی پیشنهادی می‌تواند در مورد تعریف الزامات فنی طیف وسیعی از سیستم‌های مهندسی در دفاتر طراحی مورد استفاده قرار گیرد.

^۱ تصدیق، صحت‌گذاری و تست (تست)

۲. معرفی الگوی تعریف الزامات فنی

در این بخش الگوی استاندارد، جامع و جزئی تعریف الزامات فنی طراحی سامانه های مهندسی مورد طراحی در دفاتر طراحی پیشنهاد شده است. این الگو در جدول (۱) ارائه شده است. مطابق این الگو الزامات فنی به سه دسته الزامات فنی عمومی سامانه، الزامات فنی ساخت و مجتمع سازی سامانه و الزامات ارزیابی و تست سامانه تقسیم بندی می شوند. این الگو دربرگیرنده دسته بندی کلی الزامات فنی به دسته های دسته الزامات کارکردی، عملکردی، اینترفیسی، محیطی، ایمنی، قابلیت اطمینان و عوامل انسانی که در بیشتر استانداردها مانند استاندارد ناسا [۱۰] و راهنمای آن، استاندارد سازمان بین المللی استاندارد [۶]، استاندارد وزارت دفاع آمریکا [۱۴]، استاندارد مرکز استاندارد دفاعی ایران [۱۸] و سایر استاندارد دیگر به طور مشابه و با تفاوت های کمی به آنها اشاره شده است، می باشد.

اما از طرف دیگر مولفین این مقاله با تکیه بر تجربه عملی در زمینه تعریف الزامات فنی طراحی تنوع و تعداد زیادی از سامانه ها و ابرسامانه های پیچیده الکترونیکی (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، اقدام به توسعه این الگوی تعریف الزامات فنی کرده اند.

به طور مثال در جدول (۱) الزامات سازگاری به چهار دسته مختلف تقسیم بندی شده اند. همچنین الزامات قابلیت اطمینان در هفت دسته مختلف و الزامات عوامل انسانی در دو دسته مختلف جزئی تر دسته بندی شده اند. همچنین به این الزامات گروهی از الزامات با عنوان الزامات خاص هر سامانه اضافه شده است، که این گروه خود به نه دسته مختلف تقسیم بندی شده است. این الزامات خاص می تواند به صورت منحصر به فردی در مورد هر سامانه بیان شود.

همچنین به مجموعه الزامات مذکور، الزامات فنی ساخت و مجتمع سازی سامانه اضافه شده است، که بیشتر مربوط به جانمایی هر سامانه در ابرسامانه اصلی، یا الزامات نصب یک سامانه در مجاورت سایر سامانه های دیگر می باشد. همچنین در این حوزه الزامات مربوط به فونداسیون ها و اتصالات مکانیکی هر یک از سامانه های تشکیل دهنده ابرسامانه اصلی در نظر گرفته شده اند.

الزامات فنی ارزیابی و تست سامانه مربوط به رویه های ارزیابی، تصدیق، صحت گذاری و تست هر سامانه می باشند. این دسته از الزامات فنی با انجام طرح ریزی برای فرآیند ارزیابی سامانه به نحوی تدوین می شوند که به ازای هر الزام حداقل یک رویه تصدیق و به ازای هر نیاز یا انتظار مشتری یا ذینفعان اصلی محصول یک رویه صحت گذاری وجود داشته باشد.

همچنین در شکل (۱) فلوجارت تعریف الزامات فنی سامانه های پیچیده مطابق الگوی استاندارد، جامع و جزئی پیشنهادی ترسیم شده است.

از آنجایی که ارائه این الگو از طرفی بر پایه دسته بندی های الزامات فنی ارائه شده در بیشتر استانداردهای بین المللی و از طرف دیگر برپایه تجربه عملی تعریف الزامات فنی طراحی تنوع و تعداد زیادی از سامانه ها و ابرسامانه های پیچیده بوده است، می تواند در دفاتر طراحی برای تعریف استاندارد الزامات فنی طیف وسیعی از سامانه های الکترونیکی، کامپیوتری، مخابراتی، مکانیکی، و الکترو مکانیکی مورد استفاده قرار گیرد.

۳. معرفی سامانه مخابراتی مورد مطالعه

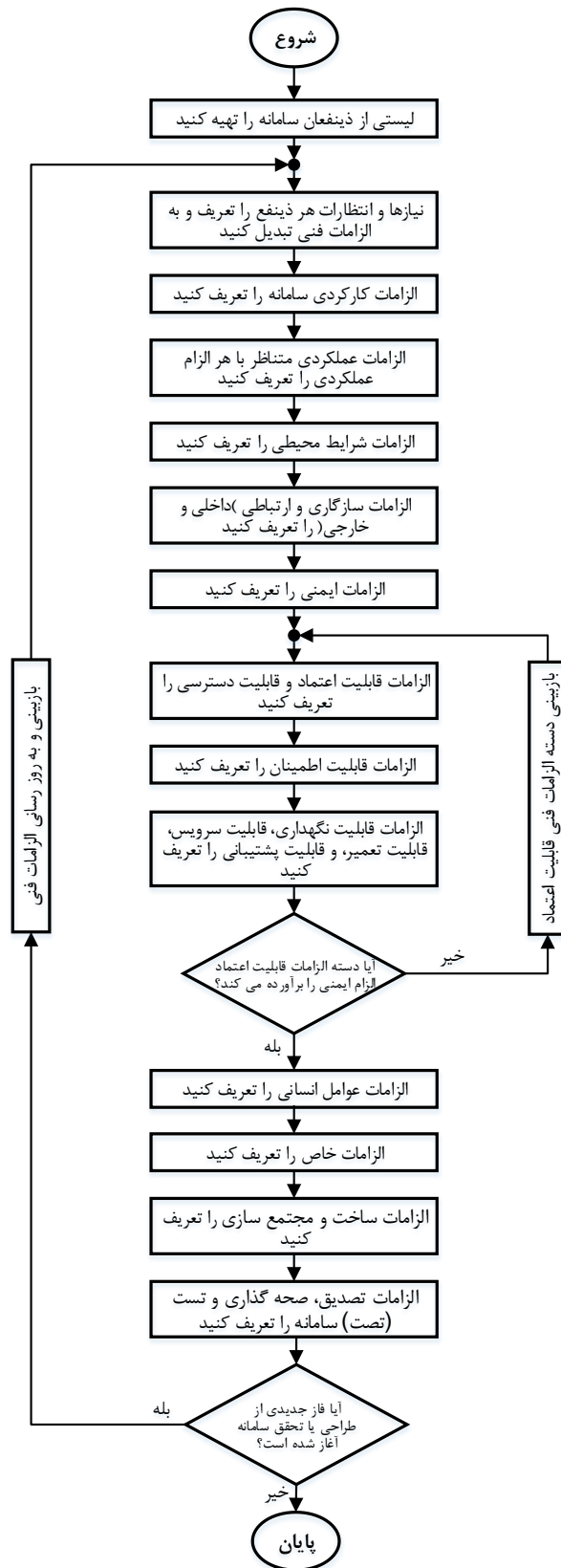
سامانه مورد مطالعه در این تحقیق، سامانه مخابراتی ارتباطات رادیویی یک شناور سطحی در آب های ساحلی کشور می باشد، که به اختصار سامانه بین المللی ایمنی و نجات دریایی یا GMDSS نامیده می شود. در شکل (۲) سامانه بین المللی ایمنی و نجات دریایی GMDSS نشان داده شده است.

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 است. لذا وجود سامانه ارتباطات بی سیم یکی از ضروریات این گونه از شناورها می باشد. از سوی دیگر مطابق با استاندارد سازمان بین المللی دریانوردی وجود یک سامانه GMDSS با قابلیت اعلام درخواست اضطراری به مراکز ایمنی و نجات دریایی و یا حتی سایر شناورهای محدوده، برای شناورها اجباری می باشد.

به طور کلی مطابق شکل (۳) سامانه GMDSS یک شناور، متشکل از یک رادیو بی سیم در باند فرکانسی VHF، یک رادیو بی سیم در باند فرکانسی HF یک تجهیز ارتباط ماهواره ای جهت اعلام درخواست اضطراری می باشد.

جدول ۱. الگوی استاندارد، جامع و جزئی تعریف الزامات فنی سامانه های پیچیده

عنوان گروه الزام	عنوان دسته الزام	عنوان زیردسته الزام	
۱- الزامات فنی عمومی	۱-۱- الزامات کارکردی	۱-۱-۱- قابلیت های عملیاتی	
		۱-۱-۲- مدها، حالات و سناریوهای مختلف کاری	
	۲-۱- الزامات عملکردی	۳-۱- الزامات ساختار و اجزای سامانه	۲-۱-۱- الزامات عملکردی
			۳-۱-۱- الزامات ساختار و اجزای سامانه
	۴-۱- الزامات سازگاری	۱-۴-۱- الزامات ابعادی و وزنی	۴-۱-۱- الزامات سازگاری
			۲-۴-۱- الزامات تغذیه
			۳-۴-۱- الزامات ارتباطی
			۴-۴-۱- الزامات سازگاری الکترومغناطیسی
	۵-۱- الزامات شرایط محیطی	۶-۱- الزامات ایمنی	۷-۱- الزامات قابلیت اعتماد
	۸-۱- الزامات عوامل انسانی	۱-۷-۱- الزامات قابلیت اطمینان	۷-۱-۱- الزامات قابلیت اعتماد
			۲-۷-۱- الزامات قابلیت نگهداری (تعمیر و سرویس)
			۳-۷-۱- الزامات قابلیت پشتیبانی و تدارکات
			۴-۷-۱- الزامات قابلیت دسترسی و قابلیت اعتماد
			۵-۷-۱- الزامات گارانتی و وارانتی
			۵-۷-۱- الزامات اسناد سیستم
			۷-۷-۱- الزامات آموزش
	۹-۱- سایر الزامات خاص	۱-۸-۱- الزامات مهندسی عوامل انسانی	۸-۱-۱- الزامات عوامل انسانی
			۲-۸-۱- الزامات ارگونومی
		۱-۹-۱- الزامات استانداردها	۱-۹-۱-۱- الزامات استانداردها
			۲-۹-۱- الزامات سخت افزاری
۳-۹-۱- الزامات شبکه			
۴-۹-۱- الزامات نرم افزاری			
۵-۹-۱- الزامات مدیریت اطلاعات			
۶-۹-۱- پوشش و رنگ			
۷-۹-۱- الزامات بسته بندی، انبارداری و انتقال سامانه			
۸-۹-۱- الزامات تطبیق پذیری			
۹-۹-۱- الزامات قانونی و مقرراتی			
۱۰-۹-۱- سیاست ها و قوانین			
۱۱-۹-۱- الزامات امنیتی			
۲- الزامات فنی ساخت و مجتمع سازی	۱-۲- الزامات یکپارچه سازی سامانه با ابرسامانه اصلی	۱-۲-۱- الزامات جانمایی	
		۲-۲-۱- الزامات هم‌محورسازی	
		۳-۲-۱- الزامات فونداسیون ها و نقاط اتصال مکانیکی	
۳- الزامات فنی ارزیابی و تست سامانه	۲-۲- الزامات ساخت سامانه	۲-۲-۱- الزامات ساخت سامانه	
		۱-۳- الزامات تست های پذیرش سامانه	۱-۳-۱- الزامات تست های پذیرش سامانه
			۲-۳-۱- الزامات مرتبط با تحلیل و اثبات عملکرد سامانه
۳-۳-۱- الزامات کنترل کیفیت و بازرسی سامانه	۳-۳-۱- الزامات کنترل کیفیت و بازرسی سامانه	۳-۳-۱- الزامات کنترل کیفیت و بازرسی سامانه	



شکل ۱. فلوچارت تعریف الزامات فنی طراحی سامانه ها مطابق الگوی استاندارد، جامع و جزئی پیشنهادی

4-1. انتظارات ذینفعان

در این مطالعه موردی، ذی‌نفعان اصلی مشتری، مرکز سازنده شناور و سازمان استاندارد و سازمان بنادر و کشتیرانی در نظر گرفته شده‌اند، 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)

۴- 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 (خدمه شناور).

۶- ارائه محصولات و تجهیزات با مرغوبیت بالا (خدمه شناور).

۷- انطباق کیفیت تجهیزات با استانداردهای بین‌المللی دریایی (سازمان استاندارد).

۸- دریافت الزامات نصب تجهیزات در اماکن مختلف (شرکت سازنده شناور).

۹- تامین تغذیه مورد نیاز سامانه ارتباطات مخابراتی (تامین کننده سامانه مخابراتی).

4-2. الزامات فنی عمومی سامانه

با توجه به بررسی‌های فنی انجام گرفته بر روی انتظارات ذی‌نفعان می‌توان الزامات فنی و عملکردی سامانه ارتباطات مخابراتی یک شناور به شرح زیر قابل بیان است.

4-2-1. الزامات کارکردی / قابلیت‌های عملیاتی

- قابلیت برقراری ارتباط بی‌سیم در مواقع عملیاتی با ساحل و سایر شناورها در باند فرکانسی HF
- قابلیت برقراری ارتباط بی‌سیم در مواقع عملیاتی با شناورهای دیگر و ساحل در باند فرکانسی VHF
- اعلام درخواست نجات و ایمنی دریایی
- دریافت پیام اضطراری به صورت ماهواره‌ای
- قابلیت ریموت کنترل بی‌سیم.



شکل ۲. سامانه بین‌المللی ایمنی و نجات دریایی GMDSS



شکل ۳. اجزا و ارتباطات داخلی سامانه ارتباطات بی‌سیم شناورها در آب‌های ساحلی

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 بصورت پیام‌های از پیش تعیین شده ارسال نماید و یا پیام‌های درخواست کمک و امداد سایر شناورها را دریافت نماید.

۴. ارائه نتایج

در این بخش نتایج پیاده سازی الگوی استاندارد و جزئی تعریف الزامات فنی پیشنهاد شده در بخش (۲) برای تعریف الزامات فنی سامانه ارتباطی GMDSS معرفی شده در بخش (۳) ارائه می‌شود.

- برقراری ارتباطات شهری و تجاری.
- قابلیت اجرای سناریوی عملیاتی جهت بهره‌برداری همزمان از همه سامانه‌های شناور.
- آنتن گیرنده ماهواره‌ای
- آنتن‌های میله‌ای HF
- آنتن‌های میله‌ای VHF
- بدنه اجزا (باید مطابق با استانداردهای دریایی باشد).

۴-۲-۲. الزامات کارکردی/امدها، حالات و سناریوهای کاری

- کارایی در مد کاری AM
- کارایی در مد کاری FM
- برقراری ارتباط با استفاده از سناریوی ارتباطی مبتنی بر پرش فرکانس.

۴-۲-۳. الزامات عملکردی

الزامات عملکردی به شرح جدول (۲) می‌باشد.

جدول ۲. الزامات عملکردی سامانه ارتباطات مخابراتی

ردیف	وظیفه	عنوان مشخصه	محدوده
۱	شناسایی در فرکانس VHF برقراری ارتباط با ساحل و شناورها	فرکانس کاری	108-174 MHz
۲		حساسیت	-103 to -110 dBm
۳		توان خروجی فرستنده	40-60W
۱	ایمپنی دریایی اعلام درخواست نجات و دریافت پیام اضطراری	فرکانس کاری	1.5-30 , 156-163MHz
۲		توان خروجی فرستنده	25W, 250W
۱	ماهواره‌ای	فرکانس کاری	باند فرکانسی KU
۲		حساسیت گیرنده	-120 dBm

۴-۲-۵. الزامات سازگاری / ابعادی وزنی

الزامات ابعادی وزنی سامانه مطابق جدول (۳) می‌باشد.

جدول ۳. الزامات سازگاری ابعادی وزنی

ردیف	سامانه	ارتفاع (mm)	عمق (mm)	عرض (mm)	وزن (Kg)
۱	رادیو بی‌سیم VHF	۲۲۰	۴۰۰	۴۴۰	۲۶
۲	ریموت رادیو VHF	۱۳۲	۸۴	۲۰۴	۲
۳	آنتن میله‌ای VHF	۱۲۳۰	-	-	۱
۴	رادیو بی‌سیم HF	۳۶۰	۵۰۰	۴۰۰	۳۶
۵	ریموت رادیو HF	۱۲۰	۹۶	۱۸۶	۳
۶	آنتن میله‌ای HF	۸۰۰۰	-	-	۸
۷	گیرنده ماهواره‌ای	۱۲۰	۱۰۰	۱۲۰	۱۵
۸	آنتن گیرنده ماهواره‌ای	۹۶۰	-	-	۱
۹	کنسول GMDSS	۱۵۰۰	۱۰۰۰	۲۵۰۰	۱۰۰

۴-۲-۶. الزامات سازگاری/تغذیه

- باید تامین تغذیه سامانه مطابق با جدول (۴) باشد.

۴-۲-۴. الزامات ساختار و اجزای سامانه

سامانه باید از اجزا و ساختار زیر تشکیل شده باشد :

- رادیو بی‌سیم باند فرکانسی HF
- رادیو بی‌سیم باند فرکانسی VHF
- گیرنده ماهواره‌ای
- ریموت کنترل

- باید سطح ریسک کلیه خطرات سامانه مطابق معیار پذیرش/رد ریسک جدول (۷) تحت کنترل قرار گرفته و فاقد ریسک غیرمجاز باشد.
- باید کلیه تجهیزات زیرسیستمها با سطح ریسک بالا مجهز به مدارات ایمنی و هشدار دهنده باشند.
- سامانه در هنگام بهره‌برداری و نگهداری و تعمیرات برای پرسنل کاملاً ایمن باشد و در این زمینه باید دستورالعملها و علامتهای اعلام خطر در زیر سامانه‌هایی که به هنگام بهره‌برداری و نگهداری و تعمیر ممکن است خطرناک باشد در معرض دید کاربر قرار داشته باشند.
- باید منابع تغذیه سامانه دارای حفاظت‌های اتصال کوتاه، اضافه جریان، نوسانات برق شهر و اضافه دما باشند.

جدول ۶. ماتریس ارزیابی ریسک [۲۷]

Severity → Occurrence ↓	Catastrophic (1)	Critical (2)	Minor (3)	Negligible (4)
(A) Frequent ($Q < 10^{-1}$)	1	3	7	13
(B) Probable ($10^{-2} < Q < 10^{-1}$)	2	5	9	16
(C) Occasional ($10^{-3} < Q < 10^{-2}$)	4	6	11	18
(D) Remote ($10^{-6} < Q < 10^{-3}$)	8	10	14	19
(E) Improbable ($Q < 10^{-6}$)	12	15	17	20

جدول ۷. معیار پذیرش/رد ریسک [۲۷]

طبقه بندی	شاخص ریسک	معیار پذیرش / رد
بالا	1-5	غیر قابل پذیرش
وخیم	6-9	نامطلوب و نیازمند تصمیم‌گیری مدیریت
متوسط	10-17	قابل پذیرش ولی نیازمند بازنگری مدیریت
کم	18-20	قابل پذیرش بدون نیاز به بازنگری مدیریت

۴-۲-۱۰. الزامات قابلیت اطمینان

- باید کمینه میانگین زمان بین خرابی سیستم ($MTBF \geq 2000$ Hours) ساعت باشد.

جدول ۴. الزامات سازگاری ابعادی وزنی

ردیف	سامانه	ولتاژ (V)	جریان (A)	توان (W)	نوع AC/DC
۱	رادیو بی‌سیم VHF	۲۴	۷	۱۶۸	DC
۲	رادیو HF	۲۲۰	۴,۵	۱۰۰۰	AC
۳	گیرنده ماهواره‌ای	۲۴	۲	۴۸	DC

۴-۲-۷. الزامات ارتباطی

- باید سامانه امکان ارتباط با سامانه ناوبری شناور را داشته باشد.
- باید ارتباطات سامانه مطابق با شکل (۲) برقرار گردد.

۴-۲-۸. الزامات شرایط محیطی

- سامانه باید موارد مطرح شده در استاندارد مرجع دریایی EN60945 را رعایت نماید.
- باید سامانه قابلیت انجام کار در شرایط محیطی مطابق جدول ۵ را داشته باشد.

جدول ۵. الزامات شرایط محیطی به کارگیری سامانه

عنوان	توضیحات	مقادیر
دمای محیط	در حالت عملیاتی	[+55 -5]
	در حالت خاموش	[+70 -5]
درصد رطوبت	رطوبت نسبی	در ۹۰٪ در +۴۰ درجه سانتیگراد both 0 - 70% relative humidity, non-condensing
سرعت باد	مقدار بیشینه	۱۰ متر بر ثانیه
ضربه	مقدار بیشینه	۵g, 1Ms
ارتعاش	مقدار بیشینه	۱۰-۳۰ هرتز

۴-۲-۹. الزامات ایمنی

- باید سطح ریسک کلیه خطرات سامانه مطابق معیار جدول (۶) ارزیابی شود.

- باید ریسک خرابی‌های سامانه در فاز طراحی به‌روشنی DFMEA و در فاز مونتاژ و مجتمع‌سازی به‌روشنی PFMEA و با معیار RPN ارزیابی شده، و با معیار پذیرش/رد ریسک خرابی‌های بالقوه مطابق جدول ۹ تحت کنترل قرار گیرد.

جدول ۹. شاخص ریسک و معیار پذیرش/رد آن در آنالیز

PFMEA و DFMEA

شاخص ریسک	معیار پذیرش/رد
$100 < RPN < 1000$	غیر قابل پذیرش
$80 < RPN < 100$	قابل پذیرش ولی نیازمند بازنگری مدیریت
$0 < RPN < 80$	قابل پذیرش بدون نیاز به بازنگری

- باید سامانه فاقد خرابی با سطح ریسک غیر مجاز باشد.
- باید سامانه قابلیت کار مداوم ۲۴ ساعته در محدوده شرایط محیطی ذکر شده را داشته باشد.
- باید سامانه دارای مدارها و فیلترهای حذف‌کننده نویز باشد.

۱۱-۲-۴. الزامات قابلیت نگهداری (تعمیر و سرویس)

- باید بیشینه میانگین زمان تا خرابی سیستم (MTTR \leq 500 Hours) ساعت باشد.
- باید سامانه باید دارای قابلیت خطایابی خودکار با میانگین زمان عیب‌یابی حداکثر ۲ ساعت باشد.
- باید بیشینه میانگین زمان تا سرویس سیستم (MTTS \leq 72 Hours) ساعت باشد.
- باید به کارگیری، عیب‌یابی و تعمیرات زیرسیستم‌های سامانه راحت و ساده قابل انجام باشد.
- باید سخت‌افزار و نرم‌افزار سامانه به صورت ماژولار طراحی و ساخته شوند.
- باید برای کلیه تجهیزات بازدیدهای ظاهری دوره‌ای ماهیانه تعریف و انجام پذیرد.
- باید سیستم دارای نقاط تست مختلف برای سیگنال‌های مهم و ضروری به منظور آزمایش و عیب‌یابی باشد.
- باید سامانه قابلیت اندازه‌گیری دما و رطوبت و اعلام هشدار به اپراتور در وضعیتی که این پارامترها خارج از محدوده پیش‌بینی شده باشند، را داشته باشد.
- در مدت زمانی که شناور عملیاتی نشده است برق کلیه سیستم‌ها باید قطع باشند.

سایر الزامات ویژه نگهداری سامانه به شرح زیر هستند.

- باید در حالت غیرعملیاتی روی سامانه با پوشش‌های مناسب پوشانده شود.
- اجزای سیستم به طور ماهانه از نظر ظاهری چک شوند.
- باید سطوح، اجزای عملیاتی و اتصالات تجهیزات سیستم به طور ماهانه با استفاده از یک دستمال نرم و خشک تمیز شوند.
- باید در صورت آلوده شدن، سطوح و اجزای عملیاتی و اتصالات تجهیزات با استفاده از دستمال نرم و پاک‌کننده‌های مجاز از هرگونه آلودگی پاک شوند. نباید این اجزا با استفاده از دستمال خشک تمیز شوند.
- استفاده مداوم از مواد پاک‌کننده برای تجهیزات مضر است.
- نباید تجهیزات سامانه در آب یا مایعات پاک‌کننده دیگر غوطه‌ور شوند.
- باید از قراردادن اشیاء بر روی دستگاه‌ها خودداری شود.
- باید از نشستن افراد بر روی کنسول جلوگیری شود. در این خصوص باید در محل دید مناسب پلاک و هشدار نصب گردد.
- تجهیزاتی که در فضای آزاد نصب شده اند درون باکس‌های آب‌بند قرار داده شوند. لذا باز نمودن باکس‌ها و بدنه تجهیزات در موارد غیر ضرور ممنوع شود.
- باید کابل‌های ارتباطی سامانه از پوشش‌های مناسب برای در امان ماندن از ضربه و آسیب برخوردار باشند.
- باید کابل‌هایی که در محلهای آزاد قرار دارند با پوشش مناسب محافظت شوند (برای جلوگیری از اثرات مخرب ناشی از تابش نور خورشید).

۱۲-۲-۴. الزامات قابلیت پشتیبانی و تدارکات

- باید میانگین زمان پشتیبانی و تامین قطعات یدکی سیستم باید حداکثر (MLDT \leq 72 Hours) باشد.

۱۳-۲-۴. الزامات آموزش

- باید کاربران سامانه دوره آموزش تئوری کاربری سامانه به مدت ۴۸ را با سطح نمره حداقل ۱۵ از ۲۰ طی نمایند.
- باید کاربران سامانه دوره آموزش عملی کاربری سامانه به مدت ۷۲ با سطح نمره حداقل ۱۵ از ۲۰ طی نمایند.

۱۴-۲-۴. الزامات عوامل انسانی و ارگونومی

- باید تعداد اپراتورهای بهره‌بردار سامانه، و اختیارات و رویه‌های تایید صلاحیت آنها مطابق دستورالعمل EF-60-01 باشد.

ردیف	الزام
۸	باید اتیکت‌های شناسایی مناسب بر روی تجهیزات سامانه وجود داشته باشند.

۱۷-۲-۴. الزامات نرم‌افزاری

الزامات فنی نرم‌افزاری سامانه به شرح جدول (۱۱) است.

جدول ۱۱. الزامات فنی نرم‌افزاری به کارگیری سامانه

ردیف	الزام فنی
۱	باید نرم افزار سامانه به صورت ماژولار طراحی و ساخته شود (جهت نگهداری و تعمیر).
۲	باید نرم‌افزار user friendly طراحی شود (به منظور سهولت کار برای کاربر).
۳	باید حالت System Reset برای بازگرداندن سیستم به حالت تنظیم اولیه وجود داشته باشد.
۴	باید دریافت اطلاعات به طور بلادرنگ و به صورت دستی و خودکار امکان پذیر باشد.
۵	باید قابلیت پردازش بلادرنگ داده‌ها و دریافت و ارسال اطلاعات به سایر سامانه‌ها وجود داشته باشد.
۶	باید قابلیت انتقال سریع بین رابط کاربری رادیوهای مختلف وجود داشته باشد.

۱۸-۲-۴. الزامات پوشش و رنگ

• باید پوشش تمامی تجهیزات به دو صورت فوم‌های مناسب (برای کاهش آسیب ناشی از ضربه‌های احتمالی) و نیز پوشش‌های برزنتی ضدآب و ضد گرد و غبار باشد. در همه جای این مقاله منظور از پوشش مناسب همین نوع پوشش است.

۱۹-۲-۴. الزامات بسته‌بندی، انبارداری و انتقال سامانه

• تمامی تجهیزات که در هنگام کاربردی در معرض هوای آزاد قرار می‌گیرند، باید از پوشش و حفاظ مناسب برخوردار باشند تا در مقابل رطوبت و حرارت محفوظ و مصون بوده و از نظر ظاهری دارای استتار مناسب باشد.

• باید کلیه ابزار و تجهیزات همراه این سامانه که جهت به نگهداری (سرویس یا تعمیر) رده ۱ و ۲ به کار می‌روند، بسته بندی شده و در جعبه ابزار مربوطه قرد داده شوند.

- باید تعداد اپراتورهای نگهداری و تعمیرات سامانه، و اختیارات و رویه‌های تایید صلاحیت آنها مطابق دستورالعمل EF-61-01 باشد.
- باید الزامات ارگونومی کاربر تجهیزات در فاز طراحی مطابق استاندارد ملی ایران برآورده شوند.

جدول ۹. الزامات استانداردهای مورد کاربرد برای سامانه

ردیف	شماره استاندارد	عنوان
۱	DNVGL-CG-0339	الزامات تست محیطی
۲	DNVGL-CG-0063	الزامات تست ارتعاش
۳	DNVGL-RU-NAVAL-Pt3	الزامات شناور سطحی
۴	ISO 12944, BS5493	الزامات خوردگی

۱۵-۲-۴. الزامات استانداردها

لیست استانداردهای الزامی مورد کاربرد برای این سامانه به شرح جدول (۹) باشد.

۱۶-۲-۴. الزامات سخت‌افزاری

الزامات فنی سخت‌افزاری سامانه به شرح جدول (۱۰) باشد.

جدول ۱۰. الزامات سخت‌افزاری به کارگیری سامانه

ردیف	الزام
۱	باید سخت افزار سامانه به صورت ماژولار طراحی و ساخته شود.
۲	باید سامانه مجهز به سیستم UPS برای مواقع قطع برق و یا نوسانات برق ورودی باشد.
۳	باید سخت افزار، کابل‌ها و اتصالات دارای استاندارد صنعتی باشند.
۴	باید برای نصب سامانه از لرزه‌گیرهای مناسب استفاده شود.
۵	باید مقاومت در مقابل زنگ‌زدگی و پوسیدگی از طریق رنگ‌آمیزی و جداسازی سیستم از محیط بیرون ایجاد شود.
۶	باید آنتن‌های سامانه که در فضای باز نصب می‌شوند از درجه IPx68 برخوردار باشند.
۷	باید سامانه مجهز به مدارات و فیلترهای حذف‌کننده نویز باشد.

- باید کلیه قطعات یدکی و مواد همراه سامانه دارای بسته بندی مطلوب بوده و از حفاظ مناسب برخوردار باشند.
- باید قطعات یدکی به تفکیک بسته بندی شوند.
- باید قطعات یدکی حساس مکانیکی آغشته به روغن مخصوص بوده و بسته بندی شوند.
- نباید قطعات یدکی داخل بسته های بزرگتر در معرض سایش و فشار قرار داشته باشند.
- باید در بسته بندی ها کلیه قطعاتی که به رطوبت حساس می باشند، ماده مخصوص ضد رطوبت قرار داده شود.
- باید کلیه قطعات یدکی الکترونیکی به ویژه بردها در کاغذ و پلاستیک مخصوص در یونولیت بسته بندی شده و همراه آنها ماده ضد رطوبت قرار داده شوند.
- باید قطعات الکترونیکی حساس به الکتریسته ساکن در بسته بندی آلومینیومی قرار داده شوند.
- باید بسته بندی قابلیت نگهداری در مناطق دریایی را دارا بوده و قابلیت جابه جایی به صورت عمودی با وسایل حمل و نقل را داشته باشد.
- باید بسته بندی قطعات یدکی در شرایط رطوبت نسبی کمتر از ۸۵ درصد مقاوم باشند.
- باید دستورالعمل نگهداری برای قطعات یدکی که در طول مدت انبارداری نیاز به پردازش، انجام فرایندهای آزمایش و شارژ دارند، تدوین و اجرا شود.
- باید قطعات و بردهای یدکی در کیسه های مناسب درون جعبه های کارتنی قرار گیرند و این جعبه های کارتنی درون جعبه های چوبی یا فایبرگلاس قرار داده شوند.

4-3. الزامات فنی ساخت و مجتمع سازی سامانه

4-3-1. الزامات جانمایی

- باید جانمایی تجهیزات در داخل شناور متناسب با مکان تعریف شده تجهیزات ارتباطی در شناور باشد
- باید جانمایی تجهیزات در مکانی با تهویه مناسب هوا همراه باشد.
- باید آنتن VHF بر روی دکل شناور یا در بالاترین ارتفاع ممکن در شناور نصب گردد.
- باید در اطراف آنتن VHF سامانه تا فاصله ۴ متر هیچ آنتن فرستنده دیگر نصب نگردد.

- باید آنتن در فضای عرشه آزاد شناور نصب شود.
- باید برای آنتن HF صفحه توری فلزی به ابعاد ۱ متر در ۱ متر در نظر گرفته شود.
- باید در اطراف آنتن HF سامانه تا فاصله ۶ متر هیچ آنتن فرستنده دیگر نصب نشود.
- باید آنتن گیرنده ماهواره ای در بالاترین نقطه دکل نصب شود.
- نباید در بالای آنتن گیرنده ماهواره ای تجهیز دیگری نصب شود.

4-3-2. الزامات فونداسیون ها و نقاط اتصال مکانیکی

- باید کلیه فونداسیون ها دارای جنس فلزی باشند.
- باید فونداسیون ها با جوش کامل به بدنه شناور متصل شده باشند.
- باید تجهیزات با استفاده از ضربه گیر فنری مناسب به فونداسیون متصل شوند.
- باید برای آنتن های HF و VHF میله فلزی پایه ای مناسب جهت اتصال آنتن به آن نصب گردد.

4-4. الزامات فنی ارزیابی و ست سامانه

ارزیابی و تست به مجموعه ای از فعالیت های تست گفته می شود که به کمک آنها می توان کنترل و نهایتاً تایید کرد که محصول انتظارات ذینفعان و الزامات فنی تعریف شده را در سراسر چرخه عمر محصول برآورده می کند.

4-4-1. الزامات تست های پذیرش سامانه

- باید تست های پذیرش محصول در سه دسته زیر طرح ریزی، تدوین و انجام شوند:
 - ۱- تست پذیرش کارخانه ای (FAT)^۱
 - ۲- تست پذیرش اسکله ای (HAT)^۲
 - ۳- تست پذیرش دریا (SAT)^۳
- باید رویه هر یک از تست های فوق تدوین و مستند شوند.
- باید کلیه تجهیزات مورد نیاز تست تعیین شوند.
- باید کلیه مسائل ایمنی قبل و حین برگزاری تست در مستندات بیان شوند.
- حداقل رویه های ارزیابی و تست سامانه مطابق جدول (۱۲) باشد.

^۱Sea Acceptance Test (SAT)

^۱Factory Acceptance Test (FAT)

^۲Harbor Acceptance Test (HAT)

خلاصه نتایج طرح ریزی فعالیت های تست سامانه GMDSS مورد مطالعه در این مقاله در [۲۲] ارائه شده است. در این مقاله فعالیت های تست سامانه به کمک الگویی جامع که تضمین می کند به ازای هر الزام فنی یک رویه تصدیق و به ازای هر انتظار هر مشتری و ذینفعان اصلی یک رویه صحنه گذاری تعریف شود، استخراج و ارائه شده است که علاقه مندان جهت مطالعه بیشتر می توانند به آن مراجعه کنند.

جدول ۱۲. لیست رویه های تست و ارزیابی سامانه

ردیف	الزام
۱	ارسال و دریافت صوت به ایستگاه های ساحلی و شناورهای سطحی در باندهای فرکانسی VHF
۲	ارسال و دریافت صوت و اطلاعات از طریق اضطراری و ایمنی دریایی
۳	آزمون بررسی الزامات تغذیه و توان مصرفی
۴	آزمون بررسی الزامات نگهداری
۵	آزمون بررسی الزامات وزنی و ابعادی
۶	آزمون بررسی الزامات شرایط محیطی
۷	آزمون بررسی الزامات سخت افزاری

۴-۴-۲. الزامات کنترل کیفیت سامانه

- باید کلیه اسناد تضمین کیفیت (QA) تجهیزات تدوین و اجرا شوند.

۵. بحث و نتیجه گیری

در فرآیند طراحی و تحقق سامانه ها، وجود یک الگوی جامع برای تعریف الزامات فنی ابرسامانه ها و سامانه ها و اجزای تشکیل دهنده آنها از جهات زیادی اهمیت فراوان دارد. وجود این الگو می تواند به سرطراح کمک زیادی کند تا علاوه بر تعریف استاندارد الزامات فنی ابرسامانه اصلی، به کمک طراحان فرآیند شکست الزامات و تعریف الزامات فنی سامانه ها و سایر اجزای تشکیل دهنده ابرسامانه اصلی را به نحو استاندارد انجام دهد.

هرچند در بعضی از استانداردهای مهندسی سیستم عناوین و سرفصل کلی الزامات فنی اشاره شده است، اما ارائه یک الگوی جامع و جزئی برای دسته بندی الزامات فنی که از نظر تئوری منطبق بر دسته بندی های کلی ارائه شده در استانداردهای

مهندسی سیستم بوده و از نظر عملی نیز برپایه تجربه عملی زیادی بوده و طیف گسترده ای از سامانه ها را پوشش دهد می تواند کاربرد زیادی در دفاتر طراحی داشته باشد.

در این مقاله ابتدا چنین الگویی جامع و جزئی جهت تعریف استاندارد الزامات فنی طراحی سامانه های مهندسی مورد طراحی در دفاتر طراحی پیشنهاد گردید. همچنین نتایج پیاده سازی این الگو برای تعریف الزامات فنی سامانه مخابراتی نوعی شناور ارائه گردید. از آنجایی که ارائه این الگو برپایه تجربه عملی تعریف الزامات فنی طراحی تنوع و تعداد زیادی از سامانه ها و ابرسامانه های پیچیده بوده است، می تواند در دفاتر طراحی برای تعریف استاندارد الزامات فنی طیف وسیعی از سیستم های مهندسی مانند سامانه های الکتریکی، الکترونیکی، کامپیوتری، مخابراتی، مکانیکی، و الکترو مکانیکی مورد استفاده قرار گیرد.

1. INCOSE, 2023, "Systems engineering handbook- A Guide for System Life Cycle Processes and Activities", Fifth edition, International Council On Systems engineering, Wiley.
2. Eisner, H., 2022, "Tomorrow's Systems Engineering: Commentaries on the Profession". United States: CRC Press.
3. Eisner, H., 2022, "Systems Engineering: Building Successful Systems", Poland: Springer International Publishing.
4. Kossiakoff, , Biemer, S. M., Seymour, S. J., Flanigan, D. A., (2020), "Systems Engineering Principles and Practice", United States: Wiley.
5. Hosseini Mones, Seyed Ahmad, Kia, Ali, 2016, "Engineering
6. ISO/IEC/IEEE 15288:2023, 2023, Systems and software engineering, System life cycle processes.
7. ISO/IEC/IEEE Draft International Standard - Systems and software engineering -Life cycle management - Part 2: Guidelines for the application of ISO/IEC/IEEE 15288, 2023.
8. ISO/IEC/IEEE 24748-7000:2022, 2022, Systems and software engineering, - System life cycle processes, Standard model process for addressing ethical concerns during system design.
9. Systems and software engineering, System life cycle processes, project management".

27. E. A., 2012, "Reliability Engineering", Addison Wesley Longman.
28. A., 2012, "Reliability Engineering- Theory and Practice", Springer, Fourth Edition.
29. Fazel, Sadegh, 2014, "Reliability Engineering - Predictive Methods - Theory and Practice", Tehran, Daneshnegar Publications.
30. C. A., 2015, "Hazard analysis techniques for system safety", Second edition, John Wiley & Sons.
31. MIL-STD-882E, 2012, "Department of defense standard practice for system safety", US Department of Defense (DOD).
32. Fazel, Sadegh, 2019, "Safe control of the trajectory of surface vessels based on the risk/threat index", Ferdowsi University of Mashhad.
10. NASA systems engineering handbook", Rev2.
11. NASA, 2017, "Guide to NASA systems engineering handbook", 2017.
12. NASA/SP-2007-6105, 2007, "NASA systems engineering handbook", Rev1
13. MIL-STD 498, 1994, "Software systems engineering draft", Department of Defense (DOD).
14. MIL-STD 499B, 1993, "Systems engineering draft", Department of Defense (DOD).
15. DOD Instruction 5000.2., 2008, "Operation of the defense acquisition systems", Department of Defense (DOD).
16. ANSI/EIA-632A, 2021, "Processes for engineering a system".
17. INSO-13288, 1400, "Systems and Software Engineering - Life Cycle Processes - Project Management", National Defense Standards Organization of Iran, Tehran.
18. Systems Engineering Guidelines", Iranian Defense Standards Center, Tehran, 2012, IDS1315
19. Systems Engineering and Systems Engineering Processes
20. IDS1107, 2011, "Idea Realization Process Architecture (Idea to Prototype) - General Requirements", Iranian Defense Standards Center, Tehran.
21. Engel. A., 2010, "Verification, Validation and testing of engineered systems", Jhon whiley & Sons.
22. Fazel, Sadegh, Bustanpour, Jafar, December 1402, "Presenting a comprehensive model for designing verification, validation, and testing procedures for complex systems in design offices", Second Conference on Quality and Reliability Management and Engineering, Malek Ashtar University of Technology.
23. Fazel, Sadegh, 2009, "Error and Hazard Analysis and Control from the Perspective of Reliability and Safety - Theory and Practice", Tehran, Sarvnegar Publications.
24. ISO-31000, 2018, "Risk management—Principles and guidelines", International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
25. AIAG & VDA, 2022, " FMEA Handbook, Potential Failure Mode and Effect Analysis", AIAG & VDA Groups, First Edition.
26. AIAG Group, 2008, "Potential Failure Mode and Effect Analysis", Chrysler Corporation and Ford Company and General Motors Corporation, Fourth Edition.

Providing a comprehensive model to define the technical requirements of complex systems in design offices

Abstract

In this paper, firstly, a comprehensive and detailed model is presented to define the technical design requirements of engineering systems to be designed in design offices. From a theoretical point of view, it has been tried that the proposed model includes the general categories of technical requirements presented in international and national standards, as well as important references in the field of system engineering. From a practical point of view, the presentation of this model is based on the practical experience of defining the technical requirements for the design of a variety and a large number of complex electrical, electronic, computer, telecommunication, mechanical, and electromechanical systems. Also, as an example in this paper, the results of the definition of technical requirements for a type of Global Maritime Distress and Safety System, GMDSS, as one of the essential telecommunication subsystems of a type of surface vessel according to the proposed model, are briefly presented. Therefore, the proposed model can be used to define the technical requirements of a wide range of engineering systems in design offices.

Keywords

Technical Requirements, Stakeholder expectation, System engineering, Design office, Telecommunication system.