ISIRI-IEC
60300-3-10
1st. Edition

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
Institute of Standards and Industrial Research of Iran

استاندارد ایران – آی ای سی
۶۰۳۰۰-۳-۱۰
چاپ اول

مدیریت قابلیت اعتماد-قسمت ۳-۱۰:
راهنمای کاربرد-قابلیت نگهداری

Dependability Management-Part 3-10: Application guide-Maintainability

ICS:03.100.40;03.120.01

به‌نام خدا

آشنایی با مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه* صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیر دولتی حاصل می‌شود .پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی(رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه مند و ذیصلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود .بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که مؤسسه استاندارد تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفتهای علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشو ر و / یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. مؤسسه می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سا زمانها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش ، مؤسسهٔ استاندارد این گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آنها نظارت می‌کند .ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این مؤسسه است.

---

* موسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

1- International organization for Standardization
2 - International Electro technical Commission
3- International Organization for Legal Metrology (Organization International de Metrology Legal)
4 - Contact point
5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« مدیریت قابلیت اعتماد-قسمت ۳-۱۰: راهنمای کاربرد-قابلیت نگهداری »

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
سقایی، عباس (دکترای مهندسی صنایع)	هیئت علمی دانشگاه آزاد- نایب رئیس انجمن مدیریت کیفیت ایران
دبیر:	
ذرّه، مهدی (کارشناسی ارشد مهندسی برق)	کارشناس استاندارد
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
اصلانی منش، محمود (دکترای مکانیک)	عضو هیئت عملی پژوهشکده هوایی
بستان دوست، احسان (کارشناسی مهندسی صنایع)	مدیرعامل شرکت مهندسی سیستم‌های مدیریت قابلیت اعتماد توازن
ذرّه، هومن (کارشناسی ارشد ریاضی)	شرکت واصل الکتریک الوند
راعی، جلال (کارشناسی ارشد مدیریت)	معاونت آماد و پشتیبانی دانشگاه هوایی- کارشناس استاندارد
طوماریان، سهیلا (کارشناسی مهندسی الکترونیک)	کارشناس مسئول دفتر امور تدوین موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
عزیززاده فیروزی، عین اله (کارشناسی ارشد مهندسی معدن)	کارشناس شرکت مهندسی سیستم‌های مدیریت قابلیت اعتماد توازن
مجد زاده، سید ابوالحسن (کارشناسی علوم برق و مکانیک)	کارشناس استاندارد

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

آشنایی با مؤسسهٔ استاندارد ج
کمیسیون فنی تدوین استاندارد د
پیش گفتار و
مقدمه ح
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات و تعاریف ۲
۳-۱ تعاریف ۳
۳-۲ اختصارات ۵
۴ نظری کلی بر قابلیت نگهداری ۵
۴-۱ کلیات ۵
۴-۲ چرخه عمر محصول ۶
۴-۲-۱فاز مفهوم و تعاریف ۶
۴-۲-۲ فاز طراحی و تکوین ۶
۴-۲-۳ فاز ساخت ۷
۴-۲-۴ فاز نصب ۷
۴-۲-۵ فاز بهره برداری و نگهداری ۷
۴-۲-۶ فاز وارهایی ۸
۵ برنامه قابلیت نگهداری ۸
۵-۱ کلیات ۸
۵-۲ معیارهای تکوین برنامه‌های قابلیت نگهداری ۱۰
۵-۲-۱ کاربرد کاربر ۱۰
۶ عناصر و تکالیف برنامه ۱۲
۶-۱ طرح ریزی و قید و بندها ۱۲
۶-۱-۱خط مشی نگهداری ۱۲
۶-۱-۲ نسخه نگهداری ۱۳
۶-۱-۳ مشخصات الزامات قابلیت نگهداری ۱۴
۶-۲ مطالعات قابلیت نگهداری ۱۵
۶-۲-۱ تخصیص قابلیت نگهداری ۱۵
۶-۲-۲ تحلیل قابلیت نگهداری ۱۵
۶-۲-۳تفسیر الزامات ۱۶
۶-۳ مدیریت پروژه ۱۷
۶-۳-۱مدیریت قابلیت نگهداری ۱۷

ادامه فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
۶-۳-۲ طرح‌های برنامه قابلیت نگهداری	۱۷
۶-۳-۳ مدیریت تقسیم پروژه	۱۸
۶-۳-۴ مدیریت پیکره‌بندی	۱۸
۶-۴ طراحی برای قابلیت نگهداری	۱۸
۶-۴-۱ طراحی برای قابلیت نگهداری	۱۸
۶-۴-۲ سبک و سنگین کردن قابلیت اطمینان و قابلیت نگهداری	۱۹
۶-۴-۳ طراحی برای پشتیبانی نگهداری	۲۰
۶-۴-۴ قابلیت آزمون	۲۰
۶-۴-۵عوامل انسانی	۲۰
۶-۵ محصولات فراهم شده خارجی	۲۲
۶-۵-۱ محصولات قرارداد فرعی شده	۲۲
۶-۵-۲ محصولات فراهم شده مشتری	۲۲
۶-۶ روشهای تحلیل و پیش بینی	۲۳
۶-۶-۱ جنبه‌های قابلیت نگهداری FMEA و FMECA	۲۳
۶-۶-۲ تحلیل درخت خرابی	۲۳
۶-۶-۳ نگهداری متمرکز بر قابلیت اطمینان (RCM)	۲۴
۶-۴-۴ پیش بینی‌های قابلیت اطمینان	۲۴
۶-۵-۵ تحلیل سبک و سنگین کردن	۲۵
۶-۶-۶ تحلیل ریسک	۲۵
۶-۶-۷بازنگری طراحی	۲۶
۶-۷ تصدیق، صحه گذاری و آزمون	۲۶
۶-۷-۱ تصدیق قابلیت نگهداری	۲۶
۶-۷-۲صحه‌گذاری و طرح ریزی آزمون	۲۷
۶-۸ هزینه چرخه عمر	۲۸
۶-۹ طرح ریزی پشتیبانی نگهداری	۲۹
۶-۹-۱ طرح ریزی پشتیبانی نگهداری	۲۹
۶-۹-۲ نصب	۳۰
۶-۹-۳ خدمات پشتیبانی	۳۰
۶-۱۰ بهبودها و تعدیل ها	۳۱
۶-۱۰-۱ برنامه‌های بهبود	۳۱
۶-۱۰-۲ کنترل تعدیل	۳۲
۶-۱۱ جمع آوری و تحلیل داده‌های نگهداری	۳۲
۶-۱۱-۱ جمع آوری داده ها	۳۳
۶-۱۱-۲ تحلیل داده‌ها	۳۴

پیش گفتار

استاندارد "مدیریت قابلیت اعتماد-قسمت ۳-۱۰: راهنمای کاربرد-قابلیت نگهداری" که پیش نویس آن درکمیسیون‌های مربوط توسط شرکت مهندسی سیستم‌های مدیریت قابلیت اعتماد توازن تهیه و تدوین شده و در یکصد و سومین اجلاس کمیتهٔ ملی استاندارد کیفیت مورخ ۱۳۸۹/۰۷/۱۰ مورد تصویب قرار گرفته است ، اینک به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود .

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت . بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و ماخذی که برای تهیهٔ این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

IEC 60300-3-10: 2001, Dependability Management-Part 3-10: Application guide-Maintainability

مقدمه

۰-۱ مقصود[1]

سری استانداردها و راهنماهای کاربرد IEC ۶۰۳۰۰، روش‌های اجرایی به کارگیری برنامه قابلیت اعتماد را در جریان طراحی و تکوین محصول برای رسیدن به سطوح معینی از قابلیت اعتماد توضیح می‌دهند.

استاندارد ملی ISIRI-IEC۶۰۳۰۰-۱، استاندارد رده بالایی است که راهنمایی‌هایی را در مورد مدیریت برنامه قابلیت اعتماد فراهم می کند.

استاندارد ملی ISIRI-IEC۶۰۳۰۰-۲، استاندارد سطح پایین‌تر بعدی است که تکالیف مورد نیاز را جهت انجام معین کرده و راهنمایی‌هایی را در مورد چگونگی بایستی تعهد آنها را به دست می دهد.

استانداردهای IEC ۶۰۳۰۰-۳، شامل یک سری از راهنماهای کاربرد است که تکالیف موجود در استاندارد ملی ISIRI-IEC۶۰۳۰۰-۲ را در زمینه های خاصی تکوین می بخشند. این استانداردها در ادامه به مدارک دیگری که "ابزار"های مورد استفاده در حین اعمال یک راهنما را توصیف می کنند، منتهی می‌شوند.

استانداردهای ملی ISIRI-IEC۶۰۳۰۰-۱ و ISIRI-IEC۶۰۳۰۰-۲ ، برای ارائه راهنما در مورد قابلیت اعتماد تدوین شده و عمدتاً بر جنبه‌های قابلیت اعتماد متمرکز شده‌اند. برای ارتباط دادن استاندارد ملی۲-ISIRI-IEC ۶۰۳۰۰، به استانداردهایی قابلیت نگهداری موجود به یک راهنما نیاز بوده است. این استانداردهای قابلیت نگهداری شامل سری راهنماهای IEC 60706 در مورد قابلیت نگهداری تجهیزات و سایر استانداردهایی است که روشهای اجرایی خاص مورد استفاده در برنامه قابلیت نگهداری را پوشش می‌دهند. سری استانداردهای اصلی IEC 60706 برای اطمینان از اینکه هیچ تکرار غیر ضروری از مطالب این راهنما در آن وجود نداشته باشد، به روز شده‌اند. در استاندارد IEC 60706 ابزارهایی را برای روش‌های اجرایی مشخص شده در این استاندارد فراهم شده است. در این استاندارد، برای راهنمایی بیشتر به بخشهایی از استاندارد IEC 60706 ارجاع داده شده است.

۰-۲ مفهوم قابلیت نگهداری

قابلیت نگهداری به سهولت انجام کار نگهداری اشاره دارد و در برگیرنده فرآیندی است که اطمینان می‌دهد محصولات را می‌توان به صورت آسان و ایمن نگهداری کرد و الزامات پشتیبانی آن را به حداقل رساند.

در صورتی که محصول دارای عمر بالای معقولی باشد، هزینه عملیات و پشتیبانی در طول عمر آن ممکن است به میزان زیادی از هزینه سرمایه گذاری اولیه آن بیشتر شود. ارزش بهینه سازی قابلیت نگهداری بایستی برای مشتری روشن باشد. کار و هزینه به کار گرفته شده برای به دست آوردن محصولی که نگهداری آن آسان و ارزان انجام می شود، صرفه جویی بالایی را در هزینه های چرخه عمر آن موجب می‌شود.

هزینه‌های نگهداری محصول به تعدادی از محصول که مورد استفاده قرار می‌گیرد نیز بستگی دارد. برای ناوگان بزرگی از تجهیزات مثلاً ناوگان بزرگی از کامیون ها، حتی یک بهبود کوچک در قابلیت نگهداری، در طولانی مدت سبب صرفه جویی قابل توجهی در هزینه‌ها می‌شود.

---

1 -Purpose

در صورتی که محصول در بازار آزاد فروخته شود، مفهوم نگهداری آسان با هزینه پایین از ملاحظات مهمی است که مشتری در انتخاب تجهیزاتی با هزینه های نگهداری پایین در نظر می گیرد.

مدیریت قابلیت اعتماد-قسمت ۳-۱۰: راهنمای کاربرد-قابلیت نگهداری

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد،که بخشی از سری های استانداردهای ISIRI-IEC 60300-3 را تشکیل می دهد، ارائه راهنمای کاربرد برای قابلیت نگهداری است. از این استاندارد می توان برای اجرای برنامه قابلیت نگهداری که فازهای آغاز[۱]، تکوین[۲] و ضمن خدمت[۳] محصول را پوشش می‌دهد، استفاده کرد. این فازها بخشی از تکالیف توصیف شده در استاندارد ISIRI-IEC 60300-2 را تشکیل می دهند.

این استاندارد در این مورد که چگونه جنبه‌های نگهداری تکالیف بایستی به منظور حصول قابلیت نگهداری بهینه در نظر گرفته شود، راهنمایی‌هایی را ارائه می کند. بایستی خاطر نشان کرد که برنامه کامل توصیف شده در این استاندارد را فقط می توان به محصول پیچیده اصلی با پتانسیل کاربری طولانی مدت، اعمال کرد.

برای محصولات قابل نگهداری با پیچیدگی کمتر، بایستی برنامه ساده‌تری را با سازگار نمودن برنامه به درجه پیچیدگی و الزامات مـشتری تطبیق داد. این استاندارد از سایر استانداردها و راهنماهای IEC، به ویژه از IEC 60706 به عنوان مدارک یا ابزارهای مرجع برای فراهم کردن جزئیات بیشتر چگونگی تعهد کردن تکلیف استفاده می کند.

قراردادهای بین مشتری و تامین کننده طبق شرایط و اوضاع در صنایع مختلف به میزان زیادی تغییر می‌کنند. این استاندارد بر مبنای این فرض تدوین شده است که در صورت در نظر گرفتن محصول به عنوان قلم تکوینی (DI)[۴]، محصول باید توسط پیمانکار از مفهوم مبنایی برای الزامات ویژه کاربر تکوین یابد. البته در بسیاری از موارد، محصول از قبل وجود دارد و به هیچ تلاش تکوینی نیازی نداشته یا به تلاش تکوینی اندکی نیاز دارد. در این صورت، محصول، قلم تکوینی (DI) نبوده و به برنامه قابلیت نگهداری کامل توصیف شده در این استاندارد، نیازی نخواهد داشت. به هر حال مفاهیم این استاندارد را می توان در صورت نیاز، با سازگار سازی برنامه قابلیت نگهداری جهت تطابق با نیازهای پروژه اعمال کرد.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آنها ارجاع شده است. به این ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می شوند. در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آنها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه های بعدی آن مورد نظر می باشد.

---

1 -Initiation
2 -Development
3 -In service
4 -Development item

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است.

2-1 IEC 60050 (191), International Electronical Vocabulary (IEV) – Chapter 191: Dependability and quality of service
2-2 IES 60300-1, Dependability management – Part 1: Dependability management systems
2-3 IEC 60300-2:1995, Dependability management-Part2: Dependability Programme elements and tasks
2-4 IEC 60300-3 (all sections), Dependability management-Part 2: Application guide
2-5 IEC 60300-3-2, Dependability management-Part 3:Application guide-Section 2: Collection of dependability data from the field
2-6 IEC 60300-3-3, Dependability management-Part 3:Application guide-Section 3:Life cycle costing
2-7 IEC 60300-3-9, Dependability management-Part 3:Application guide-Section 9:Risk analysis of technological systems
2-8 IEC 60300-3-11, Dependability management-Part 3-11:Application guide-Reliability centered maintenance
2-9 IEC 60706 (all parts), Guide on maintainability of equipment
2-10 IEC 60706-2, Guide on maintainability of equipment. Part 2-Section Five: Maintainability studies during the design phase
2-11 IEC 60706-3, Guide on maintainability of equipment. Part 3- Section Six and Seven. Verification and Collection, analysis and presentation of data
2-12 IEC 60706-4, Guide on maintainability of equipment. Part 4-Section 8: Maintenance and maintenance support planning
2-13 IEC 60706-5, Guide on maintainability of equipment. Part 5-Section 4: Diagnostic testing
2-14 IEC 60812, Analysis techniques for system reliability-Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)
2-15 IEC 60863, Presentation of reliability, maintainability and availability predictions
2-16 IEC 61025, Fault tree analysis (FTA)
2-17 IEC 61160:1992, Formal design review Amendment 1 (1994)

۳ اصطلاحات، تعاریف و اختصارات

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۴۲۵-۱۹۱ همراه با اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود.

۳-۱ اصطلاحات و تعاریف

۳-۱-۱

قابلیت نگهداری (عملکرد)[1]

قابلیت قلم[2] در شرایط معلوم مصرف برای حفظ یا بازگردانده شدن به حالتی که در آن قلم بتواند وظیفه الزام شده را اجرا کند در صورتی که نگهداری در شرایط معلوم و با استفاده از روش‌های اجرایی و منابع اظهار شده، انجام شود.

1 -Maintainability (performance)
2 -Item

یادآوری- اصطلاح قابلیت نگهداری همچـــنین به عنوان یک مقیاس عملکرد قابلیت نگهداری، به‌کار برده می‌شود. (به استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۴۲۵-۱۹۱ بند ۰۱-۱۳-۱۹۱ مراجعه کنید).

[استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۴۲۵-۱۹۱ بند ۰۷-۰۲-۱۹۱]

۳-۱-۲

قابلیت نگهداری[1]

احتمال اینکه در شرایط معلوم کاربرد، اقدام نگهداری فعال و معلوم برای قلم بتواند طی بازه‌ای اظهار شده اجرا شود، در صورتی که نگهداری در شرایط اظهار شده و با استفاده از روش‌های اجرایی و منابع اظهار شده انجام شود.

یادآوری- اصطلاح « قابلیت نگهداری» همچنین برای نشان دادن عملکرد قابلیت نگهداری که با این احتمال کمی می‌شود، به‌کار برده می‌شود (به استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۴۲۵-۱۹۱ بند ۰۷-۰۲-۱۹۱ مراجعه کنید).

[استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۴۲۵-۱۹۱ بند ۰۱-۱۳-۱۹۱]

۳-۱-۳

نگهداری[2]

ترکیبی از همه اقدامات فنی و اداری شامل اقدامات پایش به منظور حفظ یا بازگرداندن قلم به حالتی که در آن، قلم بتواند وظیفه الزام شده را اجرا کند.

[استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۴۲۵-۱۹۱ بند ۰۱-۰۷-۱۹۱]

۳-۱-٤

پایه نگهداری (خط نگهداری)[3]

جایگاهی در سازمان که در آن جا سطوح نگهداری مشخص شده باید بر روی قلم اجرا شود.

یادآوری ۱- مثال‌هایی از پایه های نگهداری عبارتند از : میدان[4]، تعمیرگاه، سازنده

یادآوری ۲- پایه نگهداری با مهارت کارکنان، امکانات موجود، محل و غیره مشخص می شود.

[استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۴۲۵-۱۹۱ بند ۰۴-۰۷-۱۹۱]

۳-۱-٥

سطح نگهداری[5]

مجموعه‌ی اقدامات نگهداری که باید در سطح قراردادی مشخص اجرا شود.

یادآوری- مثال‌هایی از اقدام نگهداری، تعویض یک جزء، یک برد مدار چاپی، زیر سیستم و غیره است.

[استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۴۲۵-۱۹۱ بند ۰۶-۰۷-۱۹۱]

---

1 -Maintainability
2 -Maintenance
3 -Echelon (line of maintenance) maintenance
4 -Field
5 -Level of maintenance

۳-۱-۶

نسخه نگهداری[1]

کاربرد خط مشی نگهداری کلی به یک قلم خاص

۳-۱-۷

خط مشی نگهداری[2]

رابطه کلی بین سطوح نگهداری، خطوط نگهداری و شرایط نگهداری که برای نگهداری یک قلم اعمال می شود.

۳-۱-۸

تدارک[3]

فرآیند تعیین و به دست آوردن دامنه و کمیت (عمق) قطعات یدکی و تعمیری، تجهیزات پشتیبانی و آزمون الزام شده برای بهره برداری و نگهداری محصول برای دوره اولیه خدمت

۳-۱-۹

قابلیت پشتیبانی[4]

درجه ای که سیستم مشخصه‌ها و منابع لجستیکی طرح ریزی شده نیروی انسانی را برای برآورده کردن الزامات استفاده بهره برداری طراحی می کند.

۳-۲ اختصارات

دستگاه آزمون خودکار[5]	ATE
آزمون نصب داخلی[6]	BIT
تجهیزات آزمون نصب داخلی[7]	BITE
قلم تکوینی	DI
تحلیل مدها و آثار وقوع خرابی[8]	FMEA
تحلیل مدها، آثار و خطیر بودن وقوع خرابی[9]	FMECA
تحلیل درخت خرابی[10]	FTA
هزینه چرخه عمر[1]	LCC

1 -Maintenance concept
2 -Maintenance policy
3 -Provisioning
4 -Supportability
5 -Automatic test equipment
6 -Built-in test
7 -Built-in test equipment
8 -Failure modes and effects analysis
9 -Failure modes, effects and criticality
10 -Fault tree analysis

واحد قابل جایگزینی خط[۲]	LRU
میانگین زمان تعمیر فعال[۳]	MAMT
میانگین زمان تا تعمیر (یا توان یابی یا بازیابی)[۴]	MTTR
قلم غیرتکوینی[۵]	NDI
نگهداری متمرکز بر قابلیت نگهداری[۶]	RCM

٤ نظری کلی بر قابلیت نگهداری

٤-١ کلیات

قابلیت نگهداری یعنی سهولت، صرفه جویی، ایمنی و درستی‌ای که با آن می‌توان نگهداری ضروری برای محصول را تعهد کرد. قابلیت نگهداری را می‌توان هم به صورت احتمال و هم به صورت سطح منابع الزام شده برای نگهداری قلم اندازه گیری کرد. بنابر این، قابلیت نگهداری مستقیماً بر قابلیت محصول در برآورده کردن عملکرد الزام شده آن تأثیر می‌گذارد. نگهداری کاری است که برای حفظ یا توان بخشی آن قابلیت انجام می‌شود.

این تمایز در تعاریف نگهداری و قابلیت نگهداری به دست آمده از بند ۳ استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۴۲۵-۱۹۱ مشاهده می شود.

در طراحی محصول، طراح بایستی بررسی کند که سیستم و قطعات جزء آن چگونه باید نگهداری شوند. بنابراین قابلیت نگهداری و تحقق اهداف عملکرد، مستقیماً از فعالیتها و تصمیمات طراحی تأثیر می پذیرند.

نیاز طراحان در بررسی چگونگی تعامل افراد با سیستم‌ها و تجهیزات مستلزم آن است که در فرآیند طراحی به عواملی از قبیل ایمنی صنعتی، عوامل انسانی و سهولت دسترسی نیز پرداخته شود.

برای تلفیق این عوامل در زمینه های مرتبط پشتیبانی نگهداری، تدارک قطعات یدکی، انتشارات فنی، آموزش و غیره، بایستی برنامه قابلیت نگهداری تکوین یابد. این برنامه از مجموعه سیستماتیک و آگاهانه‌ای از تکالیف که نیاز است با فعالیتهای طراحی تلفیق شود، تشکیل می‌شود. این برنامه بخشی اساسی برنامه‌ی قابلیت اعتماد را تشکیل می دهد که نقش مهمی در مدیریت سراسری پروژه دارد.

٤-٢ چرخه عمر محصول

بند ۴ استاندارد ملی ISIRI-IEC۶۰۳۰۰-۲، چرخه عمر محصول را از مفهوم تا وارهایی توضیح می دهد. هزینه‌های چرخه عمر به میزان زیادی تحت تأثیر الزامات نگهداری قرار می گیرند و این الزامات بایستی به طور کامل در هر فاز از چرخه عمر در نظر گرفته شوند. این ملاحظات در تحقق نهایی اهداف قابلیت نگهداری الزام شده یا حاشیه های سود الزام شده، اهمیتی اساسی دارند. عدم تحقق اهداف قابلیت نگهداری، بر آمادگی

---

1 -Life cycle cost
2 -Line replaceable unit
3 -Mean active maintenance time
4 -Mean time to repair (or restoration or recovery)
5 -Non development item
6 -Reliability centered maintenance

محصول و احتمالاً امکان پذیری اقتصادی یا بهره برداری آن تأثیر منفی دارد. در بندهای بعدی هر یک از فازهای چرخه عمر، مورد بحث قرار گرفته است.

٤-٢-١ فاز مفهوم و تعریف

در نظر گرفتن قابلیت نگهداری از اولین مرحله محصول یعنی فاز مفهوم و تعریف آن، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این امر امکان تعریف واضح خط مشی نگهداری را میسر می سازد. طراحی محصول از الزامات نگهداری تأثیر می پذیرد. پارامترهای مهم زیر از جمله مواردی هستند که بایستی در این مرحله در نظر گرفته شوند:

-الزامات آمادگی؛

-شرایط محیطی که در آن، دستگاه بهره برداری و نگهداری خواهد شد؛

-میزان نگهداری پیشگیرانه؛

-عمر الزام شده از محصول و روش وارهایی؛

-الزامات ایمنی.

٤-٢-٢ فاز طراحی و تکوین

قابلیت نگهداری بایستی به تفصیل و به عنوان بخش جدایی ناپذیری از طراحی محصول در نظر گرفته شود. مطالعات قابلیت نگهداری در ارتباط با مطالعات قابلیت اطمینان، برای ترجمه الزامات بهره برداری به الزامات تفصیلی کیفی و کمی قابلیت نگهداری و معیارهای طراحی تعهد می شوند. این مطالعات بایستی، به ویژه، به موارد بپردازند:

-سطوح مهارت‌های نگهدارنده[1]

-خطوط پیشنهاد شده نگهداری

-نوع و میزان نگهداری‌ای که باید توسط هر "خط نگهداری" (رجوع کنید به ۳-۱-۴) انجام شود.

-قابلیت دسترسی[2]

-ماژولار بودن

-قابلیت تعویض وظیفه ای اقلام

- میانگین زمان تا تعمیر (MTTR)

-هزینه های نگهداری

برای مشارکت اثربخش در کار طراحی تفصیلی توصیه می‌شود که از استاندارد های مرسوم و اثبات شده قابلیت نگهداری استفاده شود. این استانداردها در بسیاری از صنایع وجود دارند و راهنمایی‌هایی را برای حل مسائل مختلف طراحی قابلیت نگهداری خاص هر صنعت ارائه می‌کنند. در استاندارد IEC ۶۰۷۰۶-۲، راهنمایی بیشتری در زمینه مطالعات قابلیت نگهداری و فعالیتهای مرتبط در این فاز، ارائه شده است.

1 -Maintainer
2 -Accessibility

همچنین در این مرحله نیاز است که پشتیبانی نگهداری نیز در نظر گرفته شود تا اطمینان حاصل شود که محصول در هنگام ورود به بهره برداری به طور کامل پشتیبانی می شود. در بند ۶-۹ و نیز در اســـــتاندارد IEC ۶۰۷۰۶-۴ راهنمایی بیشتری ارائه شده است.

٤-۲-۳ فاز ساخت

به صورت ایده آل، تصدیق پارامترهای وظیفه‌ای بایستی در جریان تکوین محصول و آزمایش نمونه اولیه یا آزمایش تجهیزات استاندارد تولید شده اولیه تعهد شود. به هر حال این نتایج ممکن است استاندارد به دست آمده در مدلهای محصول کامل را نشان ندهند. علاوه بر این، روش آزمون آنها نیز ممکن است تحت تکوین باشد. با آنکه از نتایج برخی از صحه گذاری قابلیت نگهداری انجام شده در این دوره، استفاده می‌شود، اما برای تصدیق کامل اینکه آیا اهداف قابلیت نگهداری تحقق یافته است، باید منتظر تولید تجهیزات معرف[1] ماند. در بند ۶-۷ و در استاندارد IEC ۶۰۷۰۶-۳ راهنمایی بیشتری در این زمینه ارائه شده است.

٤-۲-٤ فاز نصب

نصب دستگاه یا تجهیزات ممکن است اولین فرصت برای آزمون ویژگی‌های قابلیت نگهداری سیستم یا محصول پیچیده باشد. قابلیت دسترسی و نیز قابلیت بلند کردن و نصب اجزا و قابلیت مرتب کردن و آزمون آنها، عاملی کلیدی در این زمان به شمار می رود.

٤-۲-٥ فاز بهره برداری و نگهداری

زمانی که محصول به بهره برداری برسد، قابلیت نگهداری آن بایستی از طریق اندازه گیری تصدیق شود. سیستم تحصیل داده های نگهداری بایستی به مقصود برآورد پارامترهای قابلیت نگهداری و شناسایی مسائل نگهداری برپا شود. در بند ۶-۱۱ و در استاندارد IEC ۶۰۷۰۶-۳، راهنمایی بیشتری در مورد جمع آوری داده‌های نگهداری ارائه شده است.

٤-۲-٦ فاز وارهایی[2]

تصمیم به وارهایی محصول تا حدی با قابلیت آن برای ادامه رضایتبخش وظیفه، سطح قابلیت اطمینان و قابلیت نگهداری و هزینه بهره برداری آن، کنترل می شود. این عوامل به تدارک مستمر قطعات یدکی و پشتیبانی و آمادگی تجهیزات جایگزین بستگی دارد.

٥ برنامه قابلیت نگهداری

٥-۱ کلیات

قابلیت اطمینان ذاتی و عمر طراحی محصول، فقط زمانی به دست می‌آید که نگهداری مناسبی انجام شود. اگر محصول به صورت قلم دور ریختنی[3]، طراحی شود، نیازی به نگهداری و بنابر این نیازی به قابلیت نگهداری نخواهد داشت. اما در بیشتر محصولات، برخی وقوع خرابی‌ها غیر قابل اجتناب است و نگهداری اصلاحی الزامی است. علاوه بر این، نگهداری پیشگیرانه می‌تواند در اطمینان از بهره برداری ایمن و اقتصادی

1 -Representative equipment
2 -Disposal phase
3 -Throw away

محصولات تأثیرگذار باشد که این امر به ویژگی‌های وقوع خرابی آنها، هزینه وقوع خرابی و خطیر بودن بستگی دارد. در مواردی که نگهداری پیشگیرانه، اثربخش و اقتصادی باشد، می تواند آمادگی بهره برداری را افزایش داده و فراوانی نگهداری اصلاحی را کاهش دهد.

به منظور تحقق قابلیت نگهداری مطلوب محصول به شیوه‌ای طرح‌ریزی شده و سیستماتیک، برنامه قابلیت‌نگهداری در ارتباط با برنامه قابلیت اطمینان، بایستی با فرآیند سراسری طراحی پروژه، تلفیق شود.

این برنامه قابلیت نگهداری بایستی دارای عناصر زیر باشد:

-فعالیت‌های مدیریتی و سازمانی برای اطمینان از اجرای اثربخش و کارای برنامه؛

-مجموعه‌ای از تکالیف تحلیل قابلیت نگهداری که باید طی فرآیند طراحی اجرا شوند؛

-فعالیتهای پشتیبانی متخصص برای فراهم کردن اطلاعات ضروری برای برنامه.

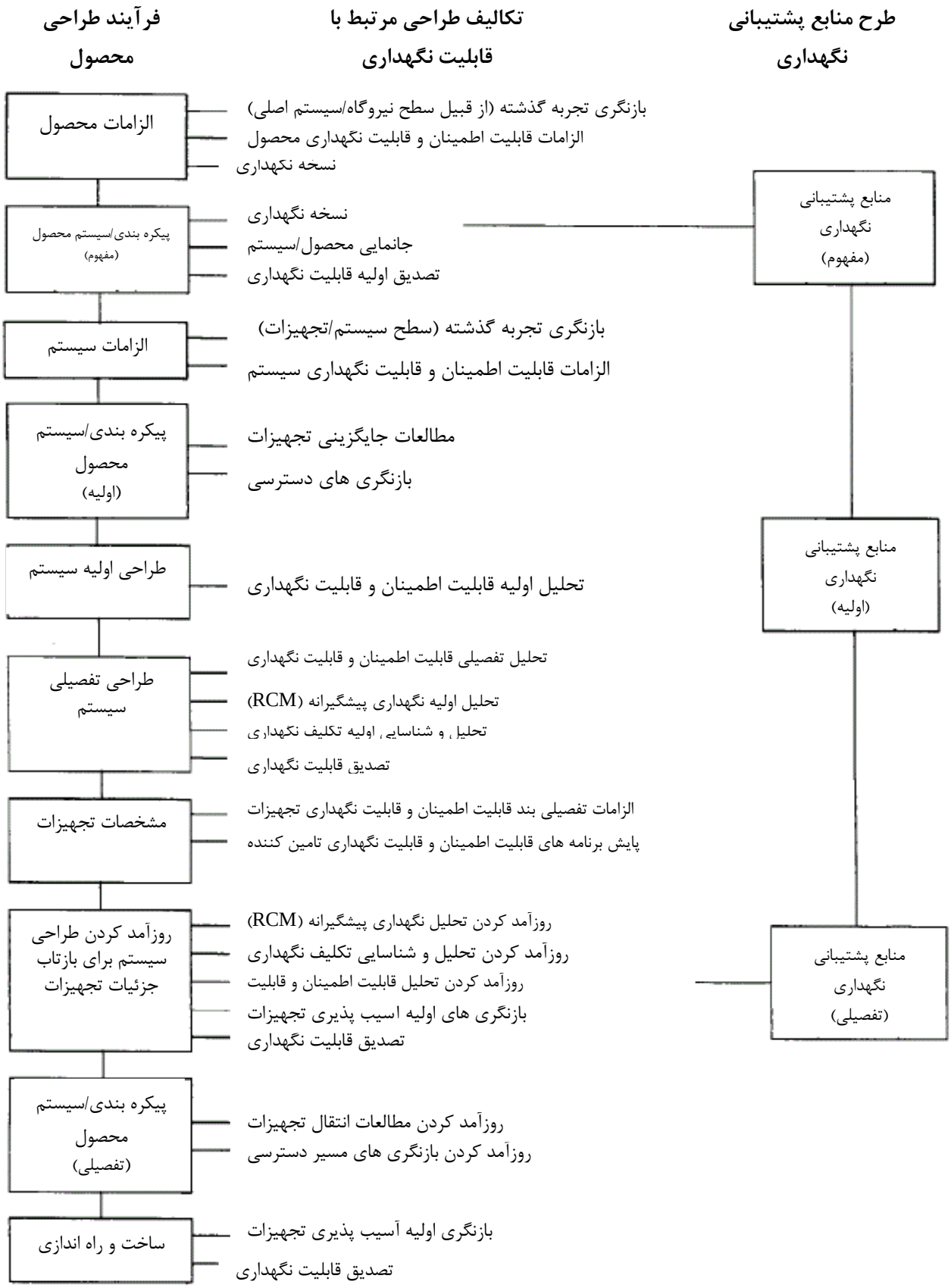
اهداف چنین برنامه‌ای بایستی اثربخشی سیستم را در خصوص قید و بند های زیر بهینه کند:

-متوازن کردن آمادگی محصول در مقابل هزینه های چرخه عمر(LCC) احتمالی؛

-متوازن کردن الزامات نگهداری و پشتیبانی نگهداری در مقابل هزینه های چرخه عمر (LCC)احتمالی؛

-حذف خطرهای ایمنی

شکل ۱، رابطه بین فرآیند طراحی و تکالیف طراحی مرتبط با قابلیت نگهداری را نشان می‌دهد.



شکل ۱- فرآیند طراحی و تکالیف طراحی مرتبط با قابلیت نگهداری

۵-۲ معیارهای تکوین برنامه‌های قابلیت نگهداری

برنامه قابلیت نگهداری نیازمند آن است که با محصول یا پروژه ای خاص سازگارسازی شود و شرایط مناسب، الزامات و پیچیدگی مرتبط را در نظر بگیرد. برنامه کامل قابلیت نگهداری که در بندهای بعدی توصیف شده است، فقط باید به محصول بزرگ و پیچیده‌ای اعمال شود که از مرحله مفهوم تا تولید تکوین می‌شود. برای محصولاتی با پیچیدگی کمتر و تکوین محصولات موجود می‌توان برنامه ساده تری را تطبیق داد. برای این کار فقط از آن بخشهایی از برنامه که قابل کاربرد هستند و با درجه پیچیدگی و الزامات مشتری تناسب دارند، استفاده می شود.

طرح ریزی برنامه قابلیت نگهداری اثربخش در هر یک از فازهای چرخه عمر محصول مستلزم دانستن اصول، روش‌ها و فنون قابلیت نگهداری است. همچنین این کار به درک خود محصول و فن آوری آن، کاربرد مورد نظر آن، عوامل هزینه‌ای مختلف آن، طراحی آن و انتظارات مشتری نیاز دارد.

فعالیت‌های قابلیت نگهداری، برای حاصل کردن نتایج اثربخش، به جای آن‌که به صورت جداگانه مدیریت شوند، بایستی با فعالیتهای دیگر طراحی و تکوین تلفیق شوند.

در تکوین برنامه قابلیت نگهداری، عوامل زیر بایستی به حساب آورده شود.

۵-۲-۱ کاربرد کاربر

نیاز برای تعیین الزامات قابلیت نگهداری و اجرای برنامه قابلیت نگهداری برای محصول و پشتیبانی آن، به شرایط بازار (کاربر نهایی) که در هر مورد حکم فرماست، بستگی دارد.

ملاحظات قابلیت نگهداری به الزاماتی از قبیل عمر محصول، قابلیت اطمینان، ایمنی و آمادگی و به ملاحظات مالی مرتبط با وضعیت‌های مختلف بازار بستگی دارد. برای مثال، سیستم‌های پرواز و نیروگاه‌های برق هسته‌ای به درجه بالایی از ایمنی نیاز دارند که این امر الزاماتی را برای نگهداری ایجاد می کند. برای سایر محصولات، هزینه نگهداری مربوط به هزینه بهره برداری ممکن است عامل مهمی در تعیین درجه قابلیت نگهداری مورد نیاز باشد.

اهمیت قابلیت‌نگهداری به‌عنوان جنبه طراحی یا پشتیبانی به‌خصوص ممکن است برای هر نوع محصول تغییر کند و برنامه قابلیت‌نگهداری نیازمند آن است که برای برآورده‌کردن الزامات آن محصول سازگارسازی شود.

۵-۲-۲ عوامل مرتبط با محصول

عوامل مرتبط با محصول زیر بایستی در نظر گرفته شوند:

-**الزامات قابلیت نگهداری:** سطح عملکرد قابلیت نگهداری و پشتیبانی نگهداری مورد نیاز برای فراهم کردن عملکرد آمادگی مشخص شده؛

-**پیچیدگی:**پیچیدگی محصول، پیچیدگی امکانات پشتیبانی نگهداری را تعیین می‌کند. برای مثال، درجه استفاده از تجهیزات آزمون نصب داخلی (BIT) به سطح توانمندی تشخیصی مورد نیاز بستگی‌دارد.

-**بلوغ:** محصولات بالغ، روش‌های اجرایی نگهداری کاملاً تعیین شده‌ای دارند، ولی برای محصولات با بلوغ کمتر، باید گستره فن آوری اثبات نشده و نیاز به تکوین روش‌های اجرایی مناسب برای طراحی را به حساب آورد.

-**خطیر بودن:** در صورتی که ایمنی به عنوان نگرانی اصلی مطرح باشد، نگهداری به صورت امری خطیر در نظر گرفته می‌شود. نیروگاه‌های هسته‌ای و هواپیماها، مثال‌های روشنی از محصولات با ایمنی خطیر هستند. مسائل اقتصادی و بهره برداری نظیر از کار افتادگی کارخانه ساخت یا فرآوری نیز ممکن است خطیر باشند.

-**قید و بندهای فنی:** در صورتی که طراحی توسط پارامترهای فنی یا فیزیکی خارج از کنترل طراح محدود شود، ممکن است اقدامات نگهداری پیچیده‌تری الزام شود.

-**قید و بندهای برنامه:** برنامه‌های زمانی سختگیرانه یا محدودیت‌های سرمایه گذاری ممکن است آزادی طراح را برای قابلیت اعتماد بهینه محدود کنند. در این صورت ممکن است در نظر گرفتن اقدامات نگهداری تکمیلی برای برآورده کردن الزامات قابلیت اعتماد ضروری باشد.

-**شرایط پشتیبانی نگهداری:** خط مشی نگهداری و سطوح مهارتی کارکنان آماده برای بهره بردار ممکن است بر اثربخشی تکلیف تاثیرگذار باشد.

-**شرایط بهره برداری**: حاد بودن شرایط محیطی، زمان مورد استفاده و چرخه‌های بهره برداری ممکن است فراوانی اقدامات نگهداری را کنترل کند.

-**ذخیره سازی و حمل و نقل:** اقدامات نگهداری ممکن است قبل از و بعد از ذخیره سازی، جابجایی و حمل و نقل، الزام شود.

-**عوامل مرتبط با مشتری:** تجربه نگهداری مشتری و گستره ای که تا آن، کارکنان مشتری اقدامات نگهداری را انجام می دهند. اهمیت محصول برای مشتری.

-**عوامل مرتبط با تامین کننده:** تجربه نگهداری تامین‌کننده و درجه‌ای که تا آن، تامین‌کننده پشتیبانی نگهداری را فراهم می‌کند، محل اقدامات نگهداری و سطح نگهداری‌ای که می‌تواند تعهد شود را کنترل می کند.

-**الزامات قانونی**: نیاز است که مقررات وضع شده توسط دولت یا سایر نهادهای قانونی و نیز تکالیف نگهداری اجباری مرتبط گنجانده شده در برنامه نگهداری در نظر گرفته شود.

-**انتشارهای محیطی**[1]: نگهداری محصول باید اطمینان حاصل کند که محدودیت‌های انتشار تعیین‌شده توسط مشتری یا مقررات خارجی بعد از تباهی[2] تجهیزات، همچنان برآورده می‌شوند.

-**فاز چرخه عمر:** اگر محصول به برنامه تکوین کامل نیازی نداشته باشد، نیاز است فازهای چرخه عمر مرتبط همراه با درجه تحلیل قابلیت نگهداری مورد نیاز برای برآورده کردن الزامات در نظر گرفته شود.

٦ عناصر و تکالیف برنامه قابلیت نگهداری

٦-١ طرح ریزی و قید و بندها

اولین تکلیف در آماده کردن برنامه قابلیت نگهداری، تعیین خط مشی نگهداری و نسخه نگهداری است.

1 - Environmental emissions
2 -Deteriorates

۶-۱-۱ خط مشی نگهداری

خط مشی نگهداری، رابطه متقابل کلی بین سطوح نگهداری، خطوط نگهداری و شرایط نگهداری است که باید برای نگهداری قلم اعمال شود. این خط مشی با ارائه اطلاعاتی در مورد چگونگی ساختاربندی سازمان پشتیبانی، خط مشی نگهداری کلی مشتری را نشان می‌دهد. این خط مشی بایستی نتایج زیر را حاصل کند:

-مجموعه ای از کارهای طراحی و اهداف مربوط به قابلیت نگهداری برای پروژه و برای رده‌های محصول. این کارها و اهداف ممکن است برای مثال به استاندارد سازی انواع محصولات مشابه توسط سازنده در سراسر کارخانه، استفاده از ماژول‌های تغییر سریع و غیره بپردازند؛

-تعریف رویکرد مبنایی برای نگهداری اقلام ویژه، اصلی و مهم محصول که ممکن است شامل موارد زیر باشند:

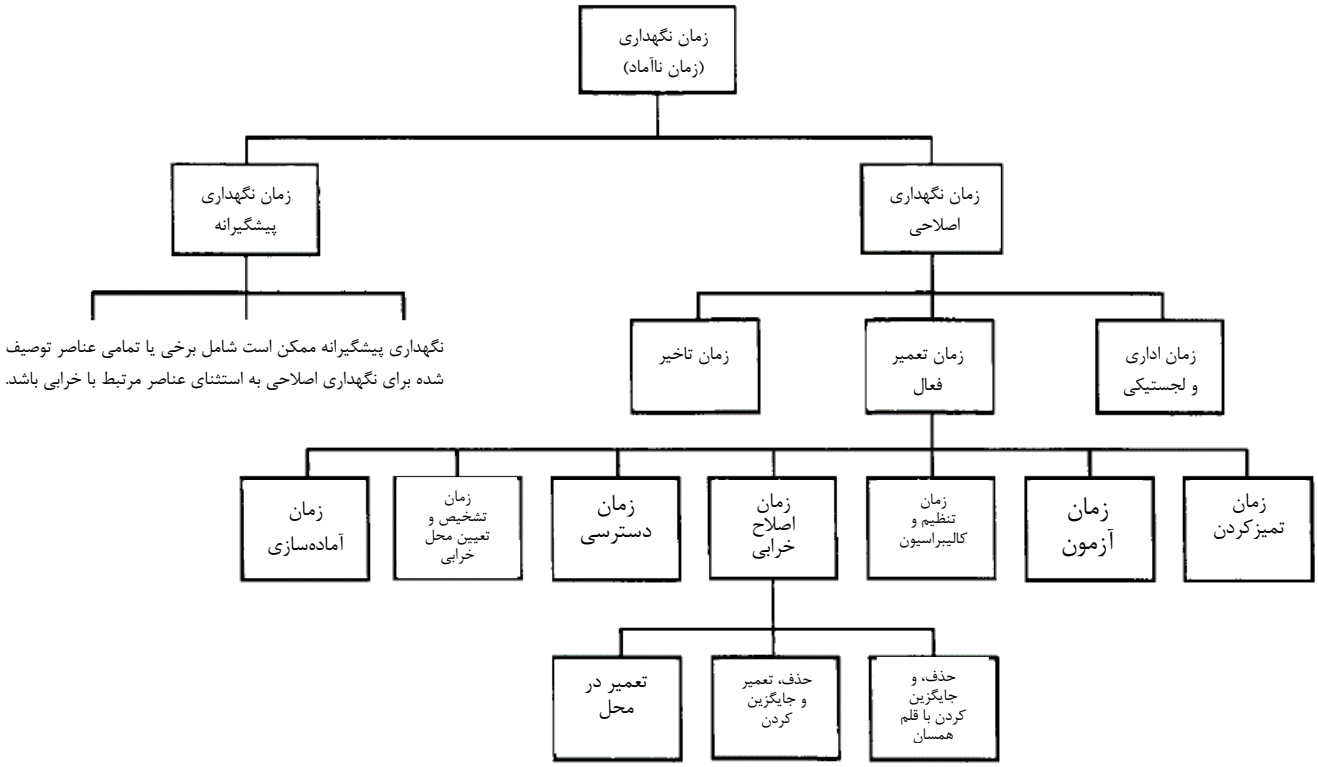
- کدام نگهداری توسط چه کسانی (نگهدارنده‌های شیفتی، نگهدارنده های روزانه و غیره) درکجا (به صورت درجا، در فروشگاه و غیره) و طی کدام حالت بهره برداری (خاموش و غیره) اجرا می شود؟
- خصیصه‌های پیشنهادی برای کاهش زمان ناآماد محصول (که عناصر تشکیل دهنده آن که در شکل ۲ نشان داده شده است)، نظیر استفاده از پایش وضعیت، تجهیزات آزمون نصب داخل، همراستا سازی[1] ساده و روشهای اجرایی بازدید[2] و غیره؛

-خط مشی و الزامات پشتیبانی (لجستیک) نگهداری مبنایی مربوط به امکانات نگهداری، تجهیزات آزمون و پشتیبانی، تدارک قطعات یدکی، مهارت‌ها و آموزش کارکنان ، راهنماهای فنی و نرم افزار پشتیبانی

این عوامل بر مبنای رویکرد سیستماتیک بهبود خصیصه‌های قابلیت اطمینان و قابلیت نگهداری محصول و اقلام مرتبط تجهیزات قرار دارند.

خط‌مشی نگهداری بایستی در صورت ضرورت و با پیشرفت طراحی، به صورت دوره‌ای بازنگری و روزآمد شود.

1 -Alignment
2 -Checkout



شکل ۲- زمان ناآماد فعال و غیر فعال صرف شده توسط نگهدارنده ها

۶-۱-۲ نسخه نگهداری

نسخه نگهداری، کاربرد خط‌مشی نگهداری کلی برای قلمی مشخص شده است. تهیه‌ی نسخه نگهداری مستلزم همکاری تامین کننده یا طراح محصول با مشتری و مشاور نگهداری او می باشد.

مشتری بایستی الزامات گسترده ای را برای محصول اظهار کند، نظیر

-سیستم کیفیت الزام شده محصول که نگهداری تحت آن انجام می‌گیرد (نظیر استانداردهای هواپیما)؛

-عمر طرح‌ریزی شده؛

-الزامات راهنماهای نگهداری فنی؛

-قابلیت روزآمد کردن یا تعدیل محصول؛

-روش وارهایی در پایان عمر آن؛

-اثری که احتمالاً وقوع خرابی یا ناآمادگی محصول بر بهره‌برداری‌های مشتری یا کاربر می گذارد، شامل عواقب اقتصادی آن؛

-محدودیت‌های هزینه ای.

مشتری بایستی الزامات قابلیت نگهداری را با ارائه اطلاعات زیر، بیشتر توصیف کند:

-تعریف سطوح متفاوت نگهداری؛

-عمق نگهداری اصلاحی تجویز شده در هر سطح؛

-شرایط محیطی در هر سطح؛

-منابع آماده یا طرح ریزی شده در هر سطح؛

-محدودیت‌های نگهداری پیشگیرانه؛

بیشینه مطلوب زمان‌های رفت و برگشتی[1]؛

-آموزش کارکنان و بهره‌برداران نگهداری در جایی که باید در تکالیف نگهداری دخیل شوند؛

-الزامات حقوقی یا قانونی شامل ایمنی، سلامت و پیامد محیطی.

تامین‌کننده بایستی به مشتری در مورد امکان پذیری و هزینه تحقق این الزامات مشاوره داده و تعدیل‌هایی که ممکن است طرح نهایی را در صورت مناسب بودن، تسهیل نماید، بیان کند. نسخه نگهداری ممکن است با تکامل یافتن طراحی تجدید نظر شود تا به‌صرفه ترین ساختار پشتیبانی نگهداری ایجاد شود.

پس از آن، مستندات خط مشی نگهداری و نسخه نگهداری به مبنایی برای تهیه مشخصات قابلیت نگهداری تبدیل می‌شوند.

۶-۱-۳ مشخصات الزامات قابلیت نگهداری

مشخصات قابلیت نگهداری بایستی به‌وسیله تامین‌کننده یا کاربر، به صورت مقتضی، برای محصول و قطعات آن و برای الزامات پشتیبانی محصول تهیه شود.

این مشخصات، مبنایی را برای درک بین مشتری و تامین کننده و میان گروه‌های مختلف کارکنان (مشتری و تامین‌کننده) دخیل در طراحی و کاربرد محصول، فراهم می کند.

تکوین مشخصات بایستی با تعریف انواع خرابی که از کاربرد اثربخش محصول می‌کاهند، شروع شود و سپس بایستی موارد زیر را با تحلیل تعیین کند.

-**مقیاس‌های کمی عملکرد قابلیت نگهداری:** مشخصات قابلیت نگهداری سیستم همراه با الزامات اثبات عملی و تضمین، بخشی از این تکلیف می باشد. قابلیت نگهداری سیستم یا زیرسیستم معمولا بر حسب میانگین زمان قابلیت نگهداری فعال (MAMT) و با بیشینه زمان آن که داده شده است، کمی می‌شود. همچنین این مقیاس ممکن است شامل الزامات دقیقتری نظیر دسترسی، استفاده از ابزارها و تجهیزات آزمون ویژه و رابطه با هرگونه پشتیبانی نگهداری موجود باشد.

-**الزامات کیفی قابلیت نگهداری:** این الزامات شامل تعریف وظایف محصول، معیارهای خرابی، شرایط محیطی و بهره برداری و عمر مفید قلم است که طی آن باید الزامات تحقق یافته باشد.

-**الزامات قابلیت آزمون:** این الزامات شامل وظایف و روش‌های آزمون، درستی آزمون هر سطح از محصول، الزامات BIT و غیره است.

مشخصات هر الزام بایستی فازهای چرخه عمری را که در آن انطباق، تصدیق خواهد شد و ابزارها و روش‌هایی (روشهای تحلیلی، شبیه سازی ها، آزمون‌ها و غیره) که با آن، این الزام انجام خواهد شد را تشریح کند. وابستگی متقابل بین الزامات بایستی به روشنی توصیف شود.

الزامات مشخص شده بایستی دارای ویژگی‌های غیر مبهم، کامل، قابل تصدیق، سازگار و قابل ردیابی[2] باشند.

---

1 -Turn-around times

2 -Traceable

۶-۲ مطالعات قابلیت نگهداری

مطالعات قابلیت نگهداری به عنوان بخشی از برنامه قابلیت نگهداری و برای کمی کردن الزامات قابلیت نگهداری به صورتی است که بتوان آن‌ها در فرآیند های طراحی و تکوین گنجاند. مطالعات قابلیت نگهداری شامل موارد زیر است:

-تخصیص قابلیت نگهداری؛

- تحلیل قابلیت نگهداری؛

- تفسیر الزامات.

در استاندارد IEC 60706-2 راهنمایی بیشتری در این زمینه ارائه شده است.

۶-۲-۱ تخصیص قابلیت نگهداری

الزامات قابلیت نگهداری در سطح سیستمی نیازمند آن است که به الزامات قابلیت نگهداری در سطح زیرسیستمی تخصیص داده شود. فرآیند تخصیص قابلیت نگهداری شامل تعیین سهم[1] الزامات قابلیت نگهداری برای هر زیر سیستم است. این فرآیند به گونه‌ای انجام می‌شود که در صورت برآورده شدن این الزامات، الزامات سیستم برآورده شود. پارامترهایی که در این فعالیت در نظر گرفته می‌شوند، شامل زمان و هزینه مورد نیاز برای بازیابی سیستم (یا زیر سیستم) خراب شده به حالت آماده از نظر بهره‌برداری می‌باشند. مقصود از تخصیص قابلیت نگهداری، شناسایی هرچه زودتر این الزامات است تا بتوان آنها را در مشخصات الزامات فنی برای زیر سیستم‌ها قرار داد. این امر به ویژه هنگامی اهمیت دارد که طراحی یک زیرسیستم به‌خصوص باید قرارداد فرعی شود.

فرآیند تخصیص قابلیت نگهداری بایستی تشخیص دهد که اقلام با کمترین قابلیت اطمینان، بایستی بیش از همه قابل نگهداری باشند.

الزامات قابلیت نگهداری بایستی با در نظر گرفتن موارد زیر به بخش‌هایی از محصول (یا به بخشهایی از فرآیند پشتیبانی) تخصیص داده شوند:

- ساختار و سیستم‌ها یا زیر سیستم های محصول؛
- نیاز برای تصدیق و صحه گذاری الزامات؛
- فرآیند طراحی.

برای تمامی بخش‌های قرارداد فرعی شده محصول نهایی بایستی تخصیص‌ها بایستی درمشخصات گنجانده شوند. این تخصیص‌ها به عنوان مبنایی برای مشخصات و طراحی تصدیق، صحه گذاری و روش آزمون استفاده می‌شوند. ممکن است لازم باشد که این قبیل تخصیص‌ها با پیشرفت طراحی، به عنوان نتیجه‌ای از مطالعات سبک و سنگین کردن در نظر گرفته شوند.

۶-۲-۲ تحلیل قابلیت نگهداری

اکنون، طراح می‌تواند الزامات مشتری را با انجام تحلیل قابلیت نگهداری به الزامات طراحی ترجمه کند.

---

1 -Apportionment

در آغاز طراح بایستی با آگاهی از الزامات قرار داده شده بر محصول برای کاربرد بهره برداری، آمادگی، قابلیت اطمینان و قابلیت نگهداری شروع کند. بنابر این، تحلیل بایستی اقدامات زیر را انجام دهد:

- توصیف وظیفه‌ای محصول را تهیه کند.
- اطلاعاتی در مورد فضای مورد نیاز و ترتیبات دسترسی برای نگهداری، تهیه کند.
- در صورت ضرورت، نمودارهای جریانی فعالیت نگهداری را از نمودارهای مونتاژ[1] سیستم، تکوین دهد. این نمودارها بایستی توالی بهره‌برداری‌های (دمونتاژ[2]، حذف، آزمون، کالیبره کردن، تعمیر، مونتاژ و غیره) دخیل در فعالیت‌ها که توسط نسخه نگهداری کاربر (سطوح، عمق ها، نگهداری اصلاحی، نگهداری پیشگیرانه) تجویز شده است را نشان دهند.
- تأثیر بر نگهداری ساخت، انبارش، بسته بندی، حمل و نقل، جابجایی و نصب مخصوص یک نوع از تجهیزات را شناسایی کند.
- بهره برداری‌هایی که کاربر را ملزم به تکوین مهارت‌های جدید یا استفاده از مهارت‌های ویژه برای تجهیزات نوعی می‌کند، شناسایی کند.
- فهرستی از واحدهای قابل جایگزینی خط (LRU ها) را نیاز است بر مبنای زمان یا کاربرد، جایگزین شوند را تهیه کند.

آنگاه طراح می‌تواند زمینه‌های مسئله را با مسئول نگهداری کاربر، بحث و بررسی کند تا راه‌حلهایی را یا از طریق تعدیل مفهوم طراحی یا تغییر نسخه نگهداری جستجو کند.

تکوین موازی محصول و امکانات آزمون آن ممکن است مشکلاتی را ایجاد کند، چون توانمندی‌های امکانات آن ممکن است مثل الزامات خود آزمون، تا فاز تکوین همچنان ضعیف تعریف شده باقی بماند.

۶-۲-۳ تفسیر الزامات

تفسیر الزامات بایستی شامل تحلیل آن‌دسته از شرایط و قید و بندهایی باشد که برای کاربرد مورد نظر محصول، معمول بوده و ممکن است بر قابلیت‌نگهداری آن تأثیرگذار باشند. این شرایط و قید و بندها عبارتند از:

- شرایط بهره برداری و نگهداری از قبیل انواع و مدت ماموریت و شناسایی چرخه‌های بار و کار[3] اعمال شده بر محصول در طی کاربرد مورد نظر آن؛
- قید و بندهای ایجاد شده توسط خط مشی نگهداری، سطح مهارت کارکنان و غیره که بایستی شناسایی شده و در صورت مقتضی، بایستی تغییراتی توصیه شود.
- هر تفسیر توافق شده از مقررات مشخصات الزامات بایستی به‌صورت رسمی مستند شده و به مشخصات الحاق شود.

1 -Assembly
2 -Disassemble
3 -Duty

۶-۳ مدیریت پروژه

بایستی ساختاری اثربخش برای مدیریت فرآیند طراحی و تکوین، تنظیم شود. این ساختار، الزامات نگهداری و پشتیبانی نگهداری را در نظر گرفته و منجر به تهیه برنامه قابلیت نگهداری به عنوان بخشی‌جدایی ناپذیری از فعالیتهای قابلیت اعتماد می‌شود.

۶-۳-۱ مدیریت قابلیت نگهداری

طرح مدیریت قابلیت نگهداری بایستی به وسیله طراح / تامین کننده، تهیه شود تا اطمینان حاصل شود که قابلیت نگهداری در هر مرحله مرتبط طراحی در نظر گرفته می‌شود. این طرح بایستی شامل کلیه موارد مربوط به پروژه، شامل مدیریت آن باشد. این طرح بایستی با مقداری جزئیات، توصیف کند که چگونه کار قابلیت نگهداری باید مدیریت شود و چگونه بر تامین کنندگان سطح دوم نظارت خواهد شد.

طرح بایستی الزامات خط مشی قابلیت نگهداری و اینکه چگونه این الزامات ممکن است اجرا شوند را در نظر بگیرد. لذا بایستی در صورت ضرورت با مشتری مشورت کرد.

طرح بایستی موارد زیر را شناسایی کند:

- افراد مسئول اطمینان از این امر که محصول به صورت رضایتبخش در خصوص قابلیت نگهداری، کار می‌کند؛
- مسئولیت‌های آنها در برنامه قابلیت نگهداری؛
- روش‌های اجرایی برقرار کردن کنترل برنامه.

طرح بایستی منجر به تهیه برنامه قابلیت نگهداری برای طراحی پروژه شود.

۶-۳-۲ طرح‌های برنامه قابلیت نگهداری

برنامه بایستی تکالیف برنامه قابلیت نگهداری را که باید انجام شوند را تشریح کند. این برنامه بایستی شامل اطلاعات زیر برای هر تکلیف باشد:

- توصیف مشروح تکلیف شامل اهداف خاصی که باید در هر مرحله از برنامه برآورده شود و نفر ساعتهای دخیل شده؛
- مراحل تکلیف مرتبط به طرح کلی. تعداد مراحل بایستی کافی باشد تا از کنترل رضایتبخش تکلیف، اطمینان حاصل شود. هر مرحله بایستی بر حسب اطلاعاتی که باید برای مقاصد بازنگری موجود باشد، توصیف شود؛
- مقصود تکلیف و نتایج مورد انتظار، شامل روش‌هایی برای پایش، ارزیابی، گزارش دهی و انجام اقدامات مناسب برای اصلاح مشکلات؛
- خطوط ارتباطی بین تامین کنندگان یا پیمانکارهای فرعی مختلف؛
- شناسایی مشکلاتی که ممکن است از دانش قبلی تکلیف انتظار رود و اقدامات پیشنهاد شده برای حل آن‌ها.
- بایستی شاخص متقابلی[1] فراهم شود که روابط بین تکالیف برنامه و موارد زیر را نشان می‌دهد:

1 -Cross-index

- استانداردهای کلی کاربردی، برای مثال استانداردهای ملی ISIRI-IEC ۶۰۳۰۰-۱ و ISIRI-IEC۶۰۳۰۰-۲
- سایر مستندات مرجع؛
- استانداردها و خط مشی‌های تامین کننده
- نفر ساعت‌های برآورد شده

۶-۳-۳ مدیریت تصمیم پروژه

مراحل برجسته و نقاط وارسی[1] بایستی برای هر مرحله از برنامه ایجاد شود.

بایستی روش‌های اجرایی و معیارهایی ایجاد شوند که اطمینان دهند پیشرفت رضایت‌بخشی در برآورده کردن الزامات قابلیت نگهداری در هر مرحله برجسته یا نقطه کنترلی صورت گرفته است.

۶-۳-۴ مدیریت پیکره بندی

وارد کردن تغییرات به محصول و پشتیبانی نگهداری آن در هر فاز چرخه عمر ضرورت دارد و به همین دلیل بایستی سیستم مدیریت پیکره بندی استقرار یابد.

این سیستم بایستی فرآیند سیستماتیکی را برای کنترل، پایش و مستندسازی تغییرات محصول و پشتیبانی نگهداری آن، تشکیل دهد.

در بند ۶-۱۰-۲، بحث بیشتری در مورد کنترل پیکره بندی، ارائه شده است.

۶-۴ طراحی برای قابلیت نگهداری

۶-۴-۱ طراحی قابلیت نگهداری

نتیجه عملکرد قابلیت نگهداری بالا، محصولی است که نگهداری و تعمیر آن آسان است و به کمترین میزان ممکن نگهداری نیازمند دارد. قابلیت نگهداری بالا از طریق رویکردهای طراحی نظیر کاربرد فنون نگهداری خودکار، تجهیزات آزمون نصب داخل (BITE) و شروع مجدد[2]های خودکار در وقوع‌خرابی‌های القا شده نرم‌افزاری، طراحی ماژولار[3]، بست[4]های قطع سریع و غیره به دست می‌آید.

اقتباس و بازنگری دوره‌ای معیارهای طراحی قابلیت نگهداری تفصیلی، بایستی از الزاماتی فراهم شود که برای محصول تعیین شده است. آنها بایستی، برای مثال، روش‌ها و فنونی را برای به حداقل رساندن موارد زیر، توصیف کنند:

- خرابی‌هایی که با تکمیل محصول، اصلاح آنها ممکن است مشکل یا پرهزینه شود؛
- نگهداری پیچیده؛
- فراوانی فعالیتهای نگهداری برنامه ریزی شده که توسط طراحی محصول دیکته می‌شود.
- سهم خاص محصول در زمان ناآماد؛
- هزینه‌های پشتیبانی نگهداری دیکته شده توسط طراحی محصول؛

1 -Checkpoint
2 -Restart
3 -Modular
4 -Fastener

- الزامات مهارت کارکنان نگهداری؛
- پتانسیل برای اشتباهات نگهداری؛
- دشواری‌های دسترسی برای نگهداری و جایگزینی؛
- استفاده از ابزارها و تجهیزات خاص
- تهدیدات کاربرد مواد سمی یا پرتوزا برای سلامت.

فعالیت‌های طراحی بایستی با استفاده از خصیصه‌هایی راهنمایی شود تا عملکرد قابلیت نگهداری مورد نظر را تحت خط مشی نگهداری معین به دست آورد. یعنی رابطه متقابل بین:

- سیستم ها، زیرسیستم‌ها و تجهیزات
- سطوح نگهداری
- پایه‌های نگهداری

در صورت کاربرد، تحلیل نگهداری متمرکز بر قابلیت اطمینان (به ۶-۶-۳ مراجعه کنید) بایستی انجام شود. این امر امکان می‌دهد که پایش وضعیت مناسبی در طراحی گنجانده شود به گونه‌ای که تکالیف پایشی به اثربخش ترین شیوه انجام پذیرد.

اقلام خطیر قابلیت‌نگهداری را بایستی مطابق با تعریف و معیار خطیر بودن مشخص شده، تعیین کرد. برای کنترل و جابجایی ویژه اقلام خطیر بایستی برنامه‌ای را از فاز طراحی و تکوین تا فاز ساخت و نصب، ایجاد کرد.

هنگامی که کار طراحی مبتنی بر محصول موجود باشد، بایستی عملکرد قابلیت نگهداری محصول به صورت روشنی مستند شود و تمامی مشکلات شناخته شده، طی فاز تکوین در نظر گرفته شود.

٦-٤-٢ سبک و سنگین کردن قابلیت اطمینان و قابلیت نگهداری

به دست آوردن ترکیبی از قابلیت اطمینان بالا، قابلیت نگهداری بالا و نگهداری پایین، ممکن است همیشه امکانپذیر نباشد. در این موارد، بایستی راه حل مصالحه آمیزی را تکوین کرد که سبک و سنگین کردن بین قابلیت اطمینان و قابلیت نگهداری را شامل می‌شود.

عملکرد قابلیت‌اطمینان بالا را می‌توان با فنون خوب طراحی به‌دست آورد که این فنون یا از وقوع خرابی، آشکار یا پنهان، جلوگیری می‌کند (اجتناب خرابی) یا اثر آنها را از بین می‌برد (تحمل خرابی). این امر ممکن است به‌دلایل ایمنی یا بهره‌برداری برای برخی از محصولات ضرورت داشته‌باشد ولی در بیشتر موارد، خطیرترین پارامتر، آمادگی قلم است که تابعی از قابلیت اطمینان، قابلیت‌نگهداری و پشتیبانی‌نگهداری می‌باشد.

بنابر این، برای در نظر گرفتن اثرات سطح پاین تر قابلیت اطمینان یا قابلیت نگهداری بر آمادگی، بر حسب LCC و هر گونه جریمه بهره برداری، به تحلیل سبک و سنگین کردن نیاز خواهد بود، زیرا هزینه‌های اولیه تحقق طراحی‌ای که به هر دو پارامتر مقدار بالایی بدهد، ممکن است عملی نباشد. سطوح افزایش یافته پشتیبانی نگهداری نیز از جمله ملاحظاتی است که نیاز است در این تحلیل در نظر گرفته شود.

٦-٤-٣ طراحی برای پشتیبانی نگهداری

پشتیبانی نگهداری به شکل منابع یا فعالیتهای مدیریتی در طی نصب یا راه‌اندازی محصول و نیز طی عمر بهره برداری آن، الزام خواهد شد.

منابع پشتیبانی الزام شده، با عمر محصول، خط مشی نگهداری تعریف شده و روش‌های اجرایی، ابزارها، تجهیزات آزمون، مستندسازی، برنامه‌های آموزشی و تسهیلات مورد نیاز برای پشتیبانی آن خط مشی تعیین می‌شود.

علاوه بر این، بایستی ملاحظاتی در شناسایی و تهیه موارد زیر صورت گیرد:

-روش‌های اجرایی و منابع مورد نیاز برای جمع آوری، تحلیل و ارزیابی خرابی و گزارش‌های نگهداری و داده‌های مربوط به قابلیت اطمینان، قابلیت نگهداری و پشتیبانی نگهداری؛

-روشهای اجرایی و شناسایی منابع مورد نیاز برای بررسی درخواست‌های تعدیل و تغییرات محصول؛

-شناسایی بازه زمانی‌ای که طی آن محصول به ترتیب به وسیله تامین کننده و مشتری، پشتیبانی خواهد شد.

در صورتی که کار طراحی مبتنی بر محصول موجود باشد، شرایط پشتیبانی نگهداری محصول بایستی بازنگری شده و مشکلات شناخته شده در نظر گرفته شود.

در استاندارد IEC 60706-4 راهنمایی مشروح تری در این زمینه ارائه شده است.

٦-٤-٤ قابلیت آزمون

عملکرد قابلیت اطمینان و نیز عملکرد قابلیت پشتیبانی نگهداری محصول از امکانات داخلی یا خارجی برای پایش، کشف و محل‌یابی خرابی‌ها و تنزل ویژگی‌های محصول تأثیر می‌پذیرد.

بخشی از مشخصات که به الزامات قابلیت آزمون (وظیفه‌ها و روش‌های آزمون، درستی آزمون هر سطح محصول و غیره) می‌پردازد بایستی این فعالیتهای طراحی را راهنمایی کند.

در صورتی که کار طراحی مبتنی بر محصول موجود باشد، مشخصه‌های قابلیت آزمون محصول بایستی به روشنی مستندسازی شده و مشکلات شناخته شده، در مرحله تکوین در نظر گرفته شود.

در استاندارد IEC 5 ۶۰۷۰۶-۵ راهنمایی مشروح‌تری در این زمینه ارائه شده است.

٦-٤-٥ عوامل انسانی

٦-٤-٥-١ کلیات

یکی از عناصر مهم قابلیت نگهداری، اینترفیس[1] انسان- ماشین یا عوامل انسانی است و طراح بایستی با عوامل انسانی که به خاطر دارد، طراحی کند تا بتوان نگهداری را تا حد امکان به شیوه‌ای کارا و کاربر پسند انجام داد.

عوامل انسانی که بایستی وارد شوند، عبارتند از:

1 -Interface

-**الزامات**: اظهاریه الزامات قابلیت نگهداری بایستی شامل طرحی برای عوامل انسانی به عنوان بخشی جدایی‌ناپذیر از پروژه تجهیزاتی از مفهوم تا پذیرش برای خدمت باشد. طرح ممکن است شامل مطالعه طراحی قابلیت نگهداری باشد که با بازنگری‌ها پشتیبانی می‌شود.

-خط مشی: خط مشی نگهداری بایستی نکات زیر را در نظر بگیرد:

- درجه‌ای که تا آن نگهداری پیشگیرانه باید به کار گرفته شود؛
- چه کسی تکالیف نگهداری را در چه سطح و فراوانی، انجام می‌دهد؛
- چگونه قلم باید تعمیر شود یا به خدمت برگردانده شود و آیا قطعات ناقص بایستی دور انداخته‌شود یا برای تعمیر بازگردانده شود؛
- سطح آموزش مورد نیاز برای کارکنان نگهداری؛
- محدودیت‌های عملکرد فیزیکی (نظیر بیشینه وزنی که می‌توان بالا برد)؛
- ایمنی اپراتورها و کارکنان نگهداری.

٦-٤-٥-٢ سهولت نگهداری

نگهداری معمولاً باید توسط کارکنان نگهداری و در زمانهای از پیش انتخاب شده یا هنگام الزام برای پرداختن به خرابی‌ها یا در پاسخ به اقداماتی انجام شود که توسط تجهیزات نصب داخل نظیر حسگرها الزام می‌شود.

کارهای نگهداری را می‌توان با ملاحظه عوامل زیر به صورت آسان‌تر و در نتیجه سریعتر و کم هزینه‌تری انجام داد:

-**شرایط محیطی**: تجهیزات بایستی امکان نگهداری در محل کار را تحت شرایط بهره برداری و محیطی کرانه‌ای مشخص شده، میسر سازد.

-**دسترسی**: واحدهای تجهیزات برای کار در اطراف تجهیزات بایستی با فاصله، قرار گیرند. روشنایی کافی بایستی فراهم شود و دسترسی معقولی به زیر مجموعه‌ها و اجزا به ویژه برای اقلام عمر کوتاه که نیازمند جایگزینی فراوان است، شناسایی شود. هر جا ممکن باشد بایستی از نیاز برای ورود ناگهانی به سایر سیستم ها، اجتناب شود.

-**بست‌های دسترسی**: استاندارد سازی در استفاده از بست‌ها بایستی برای کل دستگاه و با استفاده از انواع مشترک و اندازه‌های استاندارد در نظر گرفته شود. برای فضاهایی که به دسترسی زیادی برای نگهداری نیاز دارند، بستهای دسترسی سریعتری مورد استفاده قرار گیرند. این استفاده یا به صورت دستی بوده فقط به ابزارهای دستی ساده‌ای نیاز دارد.

-**ابزارها**: بایستی تا حد امکان از ابزارهای استاندارد استفاده شده و نیاز به ابزارها و تجهیزات ویژه بایستی به حداقل برسد.

-**مقیاس‌های ایمنی**: طراحی تجهیزات بایستی به گونه‌ای باشد که حفاظت ایمنی مناسبی مطابق با مقررات قانونی ایمنی و سلامت، هنگام باز کردن آن برای نگهداری، در بهره برداری وارد شود.

– **خدمت‌دهی[1]/ روان‌سازی[2]:** طراح بایستی در نظر بگیرد که واحد در زمانی که بخشی از سیستم کامل است، چگونه باید روانسازی شود، باز تجهیز[3] شود یا جایگزین شود.

–**خدمت‌دهی در هنگامی که سیستم فعال است /کار می‌کند:** چگونگی ایمن کردن کار قلم در صورتی که نگهداری آن الزام شود و در حالی که سیستم، فعال است بایستی در نظر گرفته شود و نیز این امر که چه اقدامی برای مجزاسازی آن الزام خواهد شد، بایستی مورد ملاحظه قرار گیرد.

٦-٤-٥-٣ شرایط محیطی

در محیط‌های سخت، قابلیت انسان در اجرای حتی ساده ترین تکالیف به میزان زیادی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. بنابر این در نظر گرفتن شرایط محیطی نگهداری ضرورت دارد. شرایط نوعی که ممکن است نیاز باشد در نظر گرفته شوند، عبارتند از:

-هر گونه محیط خارجی سخت (برای مثال کار در ارتفاع بالا از زمین یا در شرایط دمایی بسیار بالا یا بسیار پایین)

-محیط داخلی سخت (برای مثال، دمای بالا، ولتاژ بالا، بخار، خطر تابش)

-نیاز به پوشش خاص و تاثیر کار کردن بر انسان در آن پوشش (برای مثال پوشش حفاظتی یا پوشش هوای سرد)

-محدودیت‌های فیزیکی برای نگهدارنده، نظیر اندازه، وزن و غیره (برای مثال، دسترسی محدود به برخی قسمتها)

-تجهیزات ویژه‌ای که ممکن است برای نگهداری و بهره برداری تجهیزات در شرایط کرانه‌ای نیاز شود (برای مثال، گرم کننده ها، تجهیزات تهویه)

٦-٥ محصولات فراهم شده خارجی

٦-٥-١ محصولات قرارداد فرعی شده

هنگامی که بخشهایی از محصول توسط تامین کنندگان دست دوم (پیمانکاران فرعی) تامین شود، تامین‌کننده دست اول بایستی مطمئن شود که الزامات برنامه قابلیت نگهداری مناسبی برای این بخش‌ها درخواست می‌شود و این الزامات به حد کافی با الزامات محصول قابل تحویل کل، مطابقت دارد.

٦-٥-٢ محصولات فراهم شده مشتری

در موردی که مشتری بخشهایی از محصول را برای گنجاندن در محصول قابل تحویل فراهم می‌کند، این امر مطلوب است که تامین کننده بایستی از مشتری بخواهد تا موارد زیر را فراهم کند

-شاهدی مبنی بر اینکه آن بخش مطابق با برنامه قابلیت نگهداری توافق شده، طراحی و ساخته شده است یا مطابق با آن طراحی و ساخته می‌شود.

-داده‌ها و اطلاعات مرتبط در مورد بخش مورد نیاز فراهم شده توسط مشتری، برای گنجاندن در تحلیل قابلیت نگهداری محصول نهایی؛

---

1 -Servicing
2 -Lubrication
3 -Replenish

-شناسایی هر گونه مسئله‌ای که ممکن است در بخشهای فراهم شده توسط مشتری با آن برخورد شود.

۶-۶ روش‌های تحلیل و پیش بینی

۶-۶-۱ جنبه‌های قابلیت نگهداری FMEA و FMECA

در حالت ایده آل، تحلیل مدها، آثار و خطیر بودن وقوع خرابی، به صورت بخشی از فرآیند طراحی قابلیت اطمینان انجام می‌شود. از **نتایج** آن برای تحلیل فلسفه آزمون و نگهداری پیشنهادی که طرح‌های آزمون، نگهداری پیشگیرانه و نگهداری اصلاحی بر مبنای آن قرار دارند، استفاده می‌شود.

روش اجرایی تحلیل قابلیت نگهداری، برای مثال، تأیید می‌کنند که

-اقدامات نگهداری پیشنهادی با الزامات قابلیت نگهداری، مطابقت دارد.

-هر عدم انجام وظیفه، برای اپراتور، مشخص خواهد شد و در غیر اینصورت، تحلیل نشان خواهد داد که آیا سیستم هشداردهی وقوع خرابی یا امتحان دوره‌ای برای شناسایی وقوع خرابی‌های پنهان مورد نیاز است؟

-نگهدارنده قادر به تعیین وقوع خرابی خواهد بود و تعیین می‌کند که آیا این خرابی به خاطر عدم انجام وظیفه سخت افزار، سفت افزار[1] یا نرم افزار است. این امر به نوبه خود تعیین می‌کند که آیا به تجهیزات آزمون نصب داخل نیاز است یا به تجهیزات آزمون خارجی.

-تعمیر با استفاده از ابزارهای نگهداری معمولی امکانپذیر خواهد بود یا آیا ابزارهای ویژه‌ای ضرورت دارند.

این عوامل برای وظیفه طراحی قابلیت نگهداری و معیارهای طراحی قابلیت نگهداری، اساسی هستند. در استاندارد IEC 60812، راهنمایی بیشتری در مورد کاربرد روش‌های FMEA و FMECA ارائه شده است. در استاندارد IEC 60706-5 راهنمایی بیشتری در مورد استفاده از آزمون شناسایی و BITE ارائه شده است.

۶-۶-۲ تحلیل درختی خرابی

تحلیل درخت خرابی (FTA)، رویکردی ساختاریافته از بالا به پایین است که علت‌های محتملی که منجر به خرابی قلم می‌شوند را شناسایی می‌کند. این تحلیل روش دیگری است که می‌تواند برای هر مد خرابی، روشی را شناسایی کند که با آن بتوان خرابی را آشکارسازی و محل‌یابی کرد. این روش، ابزار تحلیلی مفیدی است که می‌تواند برای تعیین رابطه بین نرخ‌های وقوع خرابی، زمان‌های تعمیر و کاربری قطعات یدکی به کار رود و نقطه شروعی برخی از برنامه‌های تحلیلی رایانه‌ای است که برای این مقصود به کار می‌روند. همچنین می‌توان از آن برای تعیین دوره‌های نگهداری برنامه ریزی شده و برای اتخاذ تصمیم‌های جایگزینی یا تعمیر استفاده کرد.

درخت خرابی به ویژه برای تحلیل سیستم‌های پیچیده‌ای مفید است که از چندین زیر سیستم با اهداف عملکردی متفاوت که از نظر وظیفه‌ای به هم مرتبط یا وابسته هستند تشکیل می‌شود. روش اجرایی آن معمولاً بیشتر برای تاسیسات بزرگ، نظیر هواپیما، سیستم‌های مخابراتی یا فرآیندها و کارخانه‌های شیمیایی و صنعتی دیگر به کار می‌رود.

در استاندارد IEC 61025، جزئیات بیشتری از کاربرد تحلیل درخت خرابی ارائه شده است.

---

1 -Firmware

۶-۶-۳ نگهداری متمرکز بر قابلیت اطمینان (RCM)

نگهداری متمرکز بر قابلیت اطمینان، روشی برای ایجاد برنامه نگهداری پیشگیرانه اولیه است. قصد این برنامه اطمینان از این امر است که قابلیت اطمینان ذاتی و سطوح ایمنی برای تجهیزات و سازه‌ها، تحقق و حفظ شده است.

RCM مطابق با ملاحظات ایمنی و بهره برداری هر سازوکار وقوع خرابی و تنزل مسئول این وقوع خرابی‌ها، از درخت منطقی تصمیم جهت شناسایی الزامات نگهداری تجهیزات و سازه‌ها، استفاده می‌کند. نتیجه نهایی کار از طریق منطق تصمیم، کارشناسی در مورد ضرورت اجرای تکلیف نگهداری و زمانی است که تکلیف بایستی اجرا شود.

کلیه تکالیف بر مبنای نگرانی‌های ایمنی، محیطی، بهره برداری و اقتصادی قرار دارند. به هر حال، بایستی خاطر نشان کرد که تکالیف توصیف شده، به صورت خودکار در هر برنامه الزام نمی‌شوند بلکه باید بر مبنای موردی، تعیین شوند. کاربرد موفق RCM، مستلزم شناخت تجهیزات و سازه، سیستم‌های آنها، زیر سیستم‌ها، اقلام تجهیزات و وقوع خرابی آنها و عواقب این وقوع خرابی‌ها است.

اجرای صحیح RCM به میزان زیادی در برآورده کردن هدف برنامه قابلیت نگهداری یعنی بیشینه کردن آمادگی محصول با کمترین هزینه چرخه عمر، کمک می‌کند.

استاندارد IEC ۶۰۳۰۰-۳-۱۱ راهنمایی‌هایی را در مورد به کارگیری برنامه RCM ارائه می‌کند.

۶-۶-۴ پیش بینی‌های قابلیت نگهداری

۶-۶-۴-۱ کلیات

برای اطمینان از اینکه قابلیت نگهداری محصول، الزامات را برآورده می‌کند، نیاز است که این قابلیت در مرحله طراحی پیش بینی شود. اگر در زمینه‌ای مشاهده شود که قابلیت نگهداری ناکافی است، بایستی در مرحله اولیه، طراحی مجددی صورت گیرد یا روش نگهداری بهبود یافته‌ای برای حل مشکل تکوین یابد. این گام‌ها بایستی در اولین فرصت اتخاذ شود، زیرا هزینه تغییر دادن طراحی با زمان افزایش می‌یابد.

۶-۶-۴-۲ روش ها

ابزار اساسی پیش بینی عملکرد قابلیت نگهداری، تحلیل روشی است که محصولات مشابه در گذشته با آن اجرا شده اند. این محصول را می‌توان با طراحی محصولی مقایسه کرد که برای در نظرگرفتن گستره‌ای که تا آن قابلیت اطمینان و قابلیت نگهداری بهبود یافته اند، در حال تکوین هستند.

در صورتی که محصولات مشابهی در گذشته تولید نشده باشند، می‌توان موادی را که باید در محصول جدید گنجانده شوند و روشی که این مواد احتمالاً با هم تعامل می‌کنند را تحلیل کرد. در این روش، می‌توان ویژگی‌های احتمالی قابلیت نگهداری را فرضیه‌پردازی کرد.

چندین روش اجرایی برای پیش بینی قابلیت نگهداری وجود دارد که می‌توان آنها را در کتابهای مربوط به قابلیت نگهداری یافت.

استاندارد IEC ۶۰۷۰۶-۲ جزئیات بیشتری را در مورد پیش بینی قابلیت نگهداری ارائه می‌کند. استاندارد IEC ۶۰۸۶۳ نیز به این موضوع ارتباط دارد.

۶-۶-۴-۳ شرایط محیطی نگهداری

با تعیین سناریوی بهره برداری و برآورد زمان تعمیر مورد نیاز، ضروری است این برآورد با به حساب آوردن شرایط محیطی نگهداری دقیق تر شود. درک شرایط محیطی برای تعیین زمان تعمیر واقع بینانه، امری اساسی است و نیاز است عوامل بیان شده در ۶-۴-۵-۳ در نظر گرفته شود.

۶-۶-۵ تحلیل سبک و سنگین کردن

احتمالات سبک و سنگین کردن طی طراحی و تکوین محصول، در بند ۶-۴-۲ مورد بحث قرار گرفته است. این قبیل سبک و سنگین کردن‌ها ممکن است به اشکال مختلف باشد و مشتمل بر روشی است که محصول با آن اجرا شده و وظیفه طراحی خود را برآورده می‌کند. تحلیل‌های سبک و سنگین کردن را می‌توان در چند زمینه به قابلیت نگهداری اعمال کرد تا راه حلی بهینه را در قیمتی قابل پرداخت به دست آورد. برخی از این زمینه‌ها عبارتند از:

-تعمیر در مقابل دور ریزی[1]؛

-درجه خودکارسازی؛

-تجهیزات آزمون خودکار، نصب داخل یا دستی؛

-سطح تعمیر در داخل و خارج از محل کار؛

-درجه ماژول شدگی[2]؛

-استفاده از ردوندانسی در مقابل قابلیت اطمینان

ویژگی‌های قابلیت نگهداری، قابلیت اطمینان و آمادگی را می‌توان برای به دست آوردن عملکرد بهینه در هزینه سرمایه گذاری قابل قبول، تعدیل شوند. با استفاده از فنون تحلیل هزینه چرخه عمر (به بند ۶-۸ رجوع شود). می‌توان توازن قابل قبولی را به دست آورد.

۶-۶-۶ تحلیل ریسک

ریسک ممکن است به‌صورت ریسک برای سرمایه، بازار، دارایی، محیط یا برای زندگی انسان ظاهر شود. ریسک ممکن است به‌صورت فیزیکی یا مالی باشد که از عدم انجام وظیفه محصول ناشی می‌شود یا به صورت ریسک‌هایی باشد که با ناتوانی در برآورده کردن الزامات برنامه مرتبط است.

این راهنما به ریسک‌هایی محدود است که ممکن است از محصول ناشی شود و به چگونگی کار با آن از طریق نگهداری درست می‌پردازد. در استاندارد ۹-۳-۶۰۳۰۰ راهنمایی کامل‌تری در این باره ارائه شده است.

امکان ریسک نیازمند آن است که برای موارد زیر تحلیل شود:

-شناسایی ریسک‌های بالقوه و رویکردهایی برای حل آنها

-کارشناسی در مورد قابل قبول بودن این قبیل ریسک‌ها

-ارزیابی اثر این قبیل ریسک‌ها در برآورده کردن الزامات قانونی و برنامه ای

1 -Discard
2 -Modularization

برنامه قابلیت نگهداری بایستی پایش شود تا اطمینان حاصل شود که الزامات برنامه، برآورده می‌شوند. در صورتی که این الزامات برآورده نشوند، این ریسک وجود خواهد داشت که محصول وظیفه خود را به درستی تحقق نبخشیده و منجر به بهره برداری خطرناک یا حداقل کم اثرتر یا گرانتر از میزان تعیین شود.
لازم است اطلاعات ریسک‌های برطرف نشده به خریدار و کاربر نهایی منتقل شود.

۷-۶-۶ بازنگری طراحی

قابلیت نگهداری و پشتیبانی نگهداری نیازمند بازنگری در هر مرحله از چرخه عمر محصول است و متخصصان این موضوعات بایستی در زمانی که پروژه تحت بازنگری طراحی رسمی قرار می‌گیرد، در تیم‌های بازنگری دخیل شوند.
بازنگری‌های طراحی طی مرحله "استفاده" بایستی گستره‌ای را در نظر بگیرد که پیش بینی‌های قابلیت نگهداری و نگهداری انجام شده در مرحله طراحی، تا آن گستره حاصل شده‌اند. این امر ممکن است منجر به بهبودهایی در نگهداری محصولات حال و آینده شود.
سبک و سنگین کردن‌های بین قابلیت اطمینان و قابلیت نگهداری نیز بایستی همراه با استاندارد راهنماهای فنی، شرایط قطعات یدکی و امکانات نگهداری مورد نیاز، بازنگری شود.

۷-۶ تصدیق، صحه گذاری و آزمون

۱-۷-۶ تصدیق قابلیت نگهداری

تصدیق فرآیند تعیین این امر است که الزامات اعمال شده در مشخصات، برآورده شده اند. این ارزیابی می‌تواند به محض آماده شدن نتایج تحلیل و آزمون شروع شود و ممکن است در سراسر تکوین پروژه ادامه یافته و تا کاربرد میدانی گسترش یابد.
فرآیندهای تصدیق مورد استفاده بایستی در مشخصات تعریف شوند. گستره روش‌های آن ممکن است از واگذاری داده‌ها یا اطلاعات مناسب توسط تامین‌کننده تا الزام برای انجام فعالیت‌های اثبات عملی خاص، ادامه داشته باشد.
تصدیق قابلیت نگهداری، فرآیند مستمر ایجاد، جمع آوری و سنجش داده‌های مربوط به قابلیت نگهداری در هنگامی است که داده‌ها در مسیر تکوین پروژه و مقایسه نتایج با الزامات مشخص شده، در دسترس باشند.
تصدیق را می‌توان با روشهای زیر انجام داد:

-تحلیل داده‌های تاریخی و مقایسه با نتایج بازنگری‌های طراحی و پیش بینی‌های قابلیت نگهداری
-مطالعات ویژه از قبیل سهولت ارزیابی‌های نگهداری یا مطالعات شبیه سازی که برای تحقیق و بررسی در مورد مشکلات کلی یا مشروح انجام می‌شوند.
-بازنگری تجربه بهره‌برداری و داده‌های میدانی و در صورت مناسب بودن همبسته کردن آن با بازنگری و تحلیل داده‌های تاریخی؛

روش مورد استفاده برای تصدیق الزامات قابلیت نگهداری به نوع محصول و مقیاس بستگی داشته و معمولاً در قرارداد مشخص می‌شود. همچنین تصدیق ممکن است به جنبه‌های متفاوت عملکرد برای فازهای مختلف چرخه عمر بپردازد. آزمون قابلیت نگهداری بایستی شامل فعالیتهای نگهداری خودکار و دستی باشد که برای

قلم شناسایی شده است. آزمون‌ها و بازآزمون‌های رگرسیون بایستی در تغییرات طراحی و تکوین محصول جهت شناسایی پیامد آن بر قابلیت نگهداری محصول اجرا شوند.

۶-۷-۲ صحه گذاری و طرح ریزی آزمون

صحه‌گذاری، فرآیند تعیین این امر است که آیا محصول نهایی و وظایف پشتیبانی با مشخصات قابلیت اعتماد، انطباق دارد یا خیر؟

به عبارت کلی، آزمون‌های قابلیت نگهداری در دو دسته اصلی قرار می‌گیرند که عبارتند از

-**آزمون‌های احراز شرایط قابلیت نگهداری**: این مرحله، اولین مرحله آزمون را تشکیل می‌دهد و شامل کارهایی است که در مطالعات اولیه و در جریان تکوین نمونه اولیه و محصولات استاندارد تولید اولیه انجام می‌شود. مقصود از این آزمون‌ها، راضی کردن پیمانکار به این امر است که محصول، الزامات مشتری را برآورده می‌کند.

-**اثبات عملی قابلیت نگهداری**: این مرحله، مرحله رسمی‌تر آزمون است که بر محصول کاملاً معرف انجام می‌شود و همان‌گونه که از نام آن بر می‌آید به مشتری عملاً اثبات می‌کند که محصول اهداف قابلیت نگهداری را برآورده می‌کند.

۶-۷-۲-۱ آزمون‌های احراز شرایط قابلیت نگهداری

برای سیستم پیچیده، ممکن است به صرفه نباشد سری آزمون‌های احراز شرایط طرح‌ریزی شود که به صورت خاصی برای تایید خصوصیات قابلیت نگهداری هدایت می‌شوند.

پارامترهای وظیفه‌ای محصولات نمونه اولیه و اجزای آنها را می‌توان با استفاده از استانداردهایی برای آنها تهیه شده، آزمون کرد. اما این استانداردها ممکن است همان استانداردهایی نباشند که در مرحله تولید استفاده می‌شوند. همچنین با تکوین محصول، روش‌های آزمون سیستم‌ها و اجزای آنها ممکن است در همان زمان تکوین یابند.

هر مسئله‌ای که از این قبیل تکوین موازی در فازهای اولیه ناشی شود، بایستی طی تحلیل قابلیت نگهداری که در بند ۶-۲-۲ توصیف شده، شناسایی شود و بایستی روش‌شناسی مناسبی برای آن تطبیق یافته باشد. البته پیمانکار بایستی همچنان پیشرفت به سمت اهداف قابلیت نگهداری را پایش کرده و برای این کار از برتری کامل اطلاعات به دست آمده از آزمون انجام شده طی برنامه تکوین استفاده کند. این آزمون‌ها برای مثال، شامل آزمون‌های ساختاری، محیطی، قابلیت اطمینان، سازگاری و بهره برداری می‌باشند.

با پیشرفت به سمت پایان برنامه تکوین و به منظور اطمینان از برآورده شدن الزامات قابلیت نگهداری، می‌توان پیمانکاری را انتخاب کرد تا آزمون‌هایی را برای فراهم کردن شاهد حقیقی در پشتیبانی از گواهی‌نامه طراحی خود انجام دهد. در صورتی که قرارداد الزام کند که اثبات عملی قابلیت نگهداری باید اجرا شود، این آزمون‌ها مفید خواهد بود.

۶-۷-۲-۲ اثبات عملی قابلیت نگهداری

قرارداد به عنوان نتیجه برنامه آزمون احراز شرایط قابلیت نگهداری ممکن است الزام کند که پیمانکار باید مشتری را راضی کند که الزامات قابلیت نگهداری، برآورده شده است. در این اوضاع و احول، اثبات عملی

قابلیت نگهداری قبل از تعهد برای تولید انجام خواهد شد. اثبات عملی ممکن است با استفاده از کارکنان مشتری و سازمان پشتیبانی یا با استفاده از کارکنان پیمانکار انجام شود.
می توان انتظار داشت اثبات عملی نتایجی را تولید کند که با شناسایی کاستی‌های باقیمانده در زمینه‌های زیر در فرآیند تکوین کلی نقش داشته باشد:

-طراحی سیستم و تجهیزات آزمون آن
-گردآوری راهنماهای نگهداری
-طرح‌هایی برای آموزش کارکنان نگهداری
-مطالعات پشتیبانی لجستیکی

اثبات عملی بایستی همراه با مشتری طرح ریزی شود و بایستی

-از محصولاتی استفاده کند که استاندارد تولید بوده یا معرف دقیقی از استاندارد تولید باشند؛
-توسط کارکنان نگهداری احراز شده که الزامات تعیین‌شده برای احراز شرایط و آزمون را برآورده کرده‌اند، اجرا شود؛
-تا حد امکان در شرایطی اتفاق بیفتد که نماینده محیط نگهداری و محدودیت‌های دسترسی ضمن خدمت باشد؛
-بسته به الزامات، شامل تکالیف مرتبط با نگهداری پیشگیرانه یا نگهداری اصلاحی باشند.
-اطلاعات زمینه تولید شده طی برنامه تکوین (از قبیل FMEA، تحلیل قابلیت نگهداری و ارزیابی قابلیت نگهداری) را به حساب آورد.
-هر زمان که ویژگی‌های قابلیت نگهداری نتواند برآورده و بازنشانی شود، اقدامات اصلاحی را شروع کند.

۸-۶ هزینه چرخه عمر

LCC ابزاری برای تصمیم‌گیری است که برای کلیه مراحل چرخه عمر محصول، از تصمیم‌گیری اولیه در مورد تولید یا ساخت محصول تا مرحله بهره برداری و نگهداری کاربرد دارد.
هزینه نگهداری و بهره برداری، ورودی مهمی در هنگام مقایسه گزینه‌ها در مراحل مفهوم یا طراحی است زیرا این هزینه‌ها در سراسر عمر بهره‌برداری محصول گسترش دارند. در صورت استفاده از هزینه گذاری چرخه عمر در این مراحل اولیه، ضروری است هزینه‌های نگهداری و بهره برداری و نگهداری در سراسر عمر محصول با استفاده از مقادیر هزینه‌ای موجود در زمان این مراحل اولیه، محاسبه شود. این امر را می‌توان با استفاده از فنونی نظیر تنزیل[1] انجام داد.
طی عمر نگهداری و بهره‌برداری می‌توان از LCC برای ارزش‌دهی[2] گزینه‌هایی استفاده کرد که ممکن است از تعیین استراتژی برای پشتیبانی‌نگهداری یا اتخاذ تصمیمات تعمیر یا جایگزینی یا اقدامات مشابه ناشی شوند.
جمع‌آوری داده‌های نگهداری طی عمر محصول می‌تواند به میزان زیادی در کار هزینه گذاری چرخه عمر کمک کند. البته این امر ممکن است برای داده‌های ضروری که باید سنتز[1] شوند امکانپذیر باشد. بنابر این بایستی ترتیباتی برای جمع آوری داده ها، ایجاد شود.

---

1 -Discounting
2 -Appraise

در استاندارد IEC ۶۰۳۰۰-۳-۳، اطلاعات بیشتری در مورد LCC ارائه شده است.

۶-۹ طرح‌ریزی پشتیبانی نگهداری

برای محصولی که دارای عمر طولانی معقولی است، هزینه بهره برداری و پشتیبانی ممکن است چندین برابر بیش از هزینه سرمایه‌ای اولیه باشد. به همین دلیل نیاز است که ارزش پشتیبانی مورد نیاز برای بهره‌برداری و نگهداری طی فاز مفهوم و طراحی محصول، به دقت مد نظر قرارگیرد.

استاندارد IEC ۶۰۷۰۶-۴ راهنمایی بیشتری را در مورد کلیه جنبه‌های طرح‌ریزی پشتیبانی نگهداری ارائه می‌دهد.

۶-۹-۱ طرح ریزی پشتیبانی (لجستیک) نگهداری

خط‌مشی‌ها و الزامات مبنایی پشتیبانی (لجستیک) نگهداری، ابتدا طی تعریف نسخه نگهداری، شناسایی می‌شوند و خروجی تحلیل تکلیف نگهداری، مبنایی را برای تکوین طرح اولیه منابع پشتیبانی نگهداری فراهم می‌کند. این طرح، خروجی مهمی را برای تحلیل هزینه‌های چرخه عمر به دست می‌دهد و تحلیل هزینه‌های چرخه عمر به علت بهینه سازی هزینه سرمایه‌ای اولیه و هزینه‌های عملیاتی و نگهداری ایجاد شده طی عمر بهره برداری محصول، بر تکوین طراحی محصول تأثیر می‌گذارد.

همچنین می‌توان از این طرح برای بازنگری گستره‌ای استفاده کرد که تجهیزات آزمون نصب داخل (BITE) در آن گستره، عملکرد را بیشینه خواهند کرد و از هزینه عملیاتی خواهند کاست. این امر امکان خواهد داد تا طراحی کنونی محصول برای تعیین امکانات نگهداری طرح ریزی شده، ابزارها و مهارت‌های بهره برداری مورد نیاز برای نگهداری پیشگیرانه و اصلاحی موفق، ارزیابی شود.

بنابر این، طرح منابع پشتیبانی نگهداری بایستی الزاماتی را برای موارد زیر شناسایی کند. محتوای این طرح در شکل ۳ نشان داده شده است.

- تعداد کارکنان نگهداری، مهارت‌ها و آموزش آن‌ها؛
- نرم افزار و راهنماهای فنی (ترسیمات تفصیلی، شماره قطعات برای اجزای عام، برای مثال یاتاقان‌ها و آب‌بندها)؛
-تجهیزات آزمون و پشتیبانی؛
-تدارک قطعات یدکی؛
- امکانات پشتیبانی و نگهداری.

این طرح بایستی به صورت دوره‌ای و جهت بازتاب تغییرات طراحی تکراری، به هنگام شود.

۶-۹-۲ نصب

هنگامی که محصول نصب می‌شود، بایستی ترتیباتی برای آزمون پذیرش (که اغلب به عنوان راه‌اندازی[۲] معروف است) ایجاد شود. این آزمون بایستی شامل تصدیق این امر باشد که الزامات قابلیت نگهداری برآورده شده است و بایستی تمامی داده‌های جمع‌آوری شده را ثبت کند.

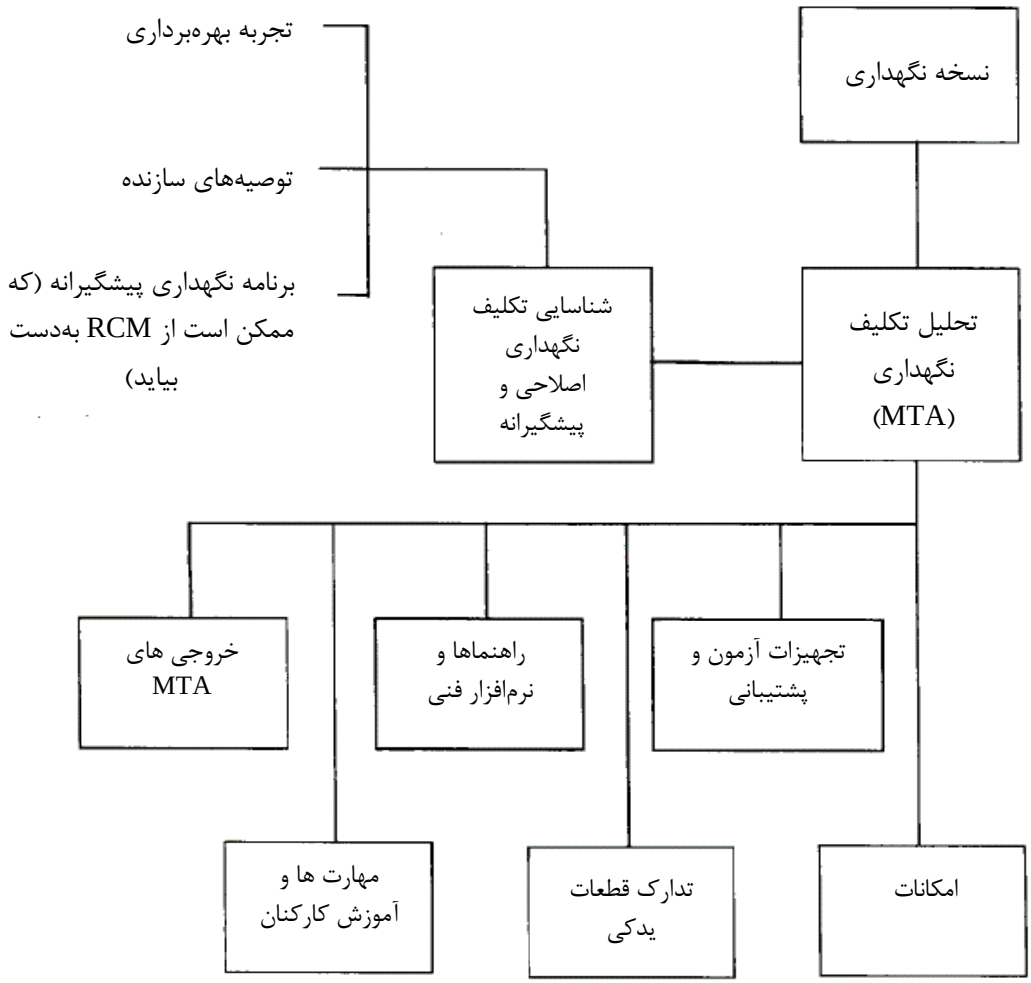
---

1 -Synthesize
2 -Commissioning

روش‌های اجرایی این کار بایستی طی فازهای طراحی و تکوین تهیه شود.
روش‌های اجرایی تصدیق، جمع آوری، تحلیل و نمایش داده‌ها در استاندارد IEC ۶۰۷۰۶-۳ ارائه شده است.

۶-۹-۳ خدمات پشتیبانی

طی فاز طراحی و تکوین، متخصصان نگهداری در تیم‌های طراحی بایستی تحلیل‌های مشروحی را برای تکلیف نگهداری تهیه کنند. این متخصصان بایستی تأیید کنند که آیا الزامات منبع پشتیبانی نگهداری که در ابتدا تعریف شده، هنوز معتبر است. این قبیل منابع ممکن است همراه با محصول تامین شود ولی عمدتاً توسط مشتری، توسط طرف ثالث یا ترکیبی از این منابع، تامین خواهند شد.



شکل ۳-طرح ریزی نگهداری و پشتیبانی نگهداری

مشکلات و کاستی‌های پشتیبانی که بعد از ورود محصول به میدان ایجاد می‌شوند بایستی تشخیص داده شده و رفع شوند. این مشکلات ممکن است از خطاهای ایجاد شده توسط کارکنان نگهداری، خدمات پشتیبانی و آموزشی ناکافی، پشتیبانی تامین ناکافی، مستندسازی فنی ضعیف و امکانات نگهداری ناکافی ناشی شوند.

مسئولیتی برای تجدیدنظر در خط مشی نگهداری برای محصول نیز بایستی تعیین شود.

در استاندارد IEC ۶۰۷۰۶-۴، جزئیات بیشتری از پشتیبانی نگهداری ارائه شده است.

۱۰-٦ بهبودها و تعدیل‌ها

۱-۱۰-٦ برنامه‌های بهبود

بهبودها ممکن است برای موارد زیر مورد نیاز باشند:

-بهبود دادن بهره‌برداری وظیفه‌ای

-بهبود دادن قابلیت نگهداری

به خاطر آن‌که طراحی اصلی به طور کامل، عملکرد بهره‌برداری مورد نیاز را برآورده نکرده یا اینکه الزامات وظیفه‌ای طی عمر محصول تغییر کرده‌اند ممکن است به بهبودهای وظیفه نیاز باشد.

به خاطر آن‌که معلوم شده طراحی اصلی به طور کامل عملکرد قابلیت نگهداری مورد نیاز را برآورده نکرده یا اینکه الزامات عملکرد بهره برداری طی عمر محصول تغییر کرده‌اند و به قابلیت نگهداری بهتری نیاز دارند، ممکن است بهبودهای قابلیت نگهداری الزام شود. در این رابطه، بخشهای خطیر نگهداری محصول به توجه ویژه‌ای نیاز دارد. این بخشها بایستی در اوایل طراحی و تکوین و به عنوان بخشی از مطالعات قابلیت نگهداری شناسایی شوند.

بازخورد[1] جمع آوری شده طی عمر محصول در شناسایی اینکه کجا و در چه هنگامی به تغییرات نیاز است، کمک خواهد کرد. این موضوع در بند ۶-۱۱، پوشش داده شده است.

۶-۱۰-۲ کنترل تعدیل

روش اجرایی کنترل پیکره بندی رسمی برای بررسی تغییرات محصول بایستی ایجاد و نگهداری شود. این روش اجرایی بایستی دربردارنده مواردی برای درخواست‌های تغییر، ارزیابی عواقب تغییر، روش اجرایی برای تصویب و تنفیذ[2] و مسئولیت برای اجرا و تصدیق باشد.

آزمون رگرسیون برای ویژگی‌های قابلیت اعتماد در سطح سیستمی مقتضی، بایستی هنگامی که تغییرات طراحی می‌شوند، در نظر گرفته شوند و بایستی در صورت ضرورت اجرا شود.

قابلیت نگهداری محصول ممکن است در اثر کنترل ناکافی تعدیل‌های میدانی محصول و پشتیبانی نگهداری آن، به شدت تنزل یابد. به عنوان قاعده کلی، هر گونه تعدیل محصول یا پشتیبانی آن بایستی تحت همان درجه تضمین محصول و پشتیبانی اصلی آن، قرار گیرد. این امر به معنای آن است که تمامی مقررات این بخش از استاندارد بایستی در نظر گرفته شود و برنامه‌ای برای تعدیل، ایجاد، نگهداری و به صورت منظم بازنگری شود. این امر به ویژه برای محصولاتی که برای عمر بهره برداری طولانی طراحی شده‌اند و برای محصولاتی که دارای نرم افزاری با بازنگری‌ها و روزآمدهای فراوان هستند، اهمیت دارد.

فرآیند تعدیل بایستی با سیستم مدیریت پیکره بندی، پشتیبانی شود.

تحلیل تغییرات تولید محصول و نتایج آزمون پس از تعمیر، مقیاسی از قابلیت تعویض[3] وظیفه‌ای را فراهم می‌کند.

کلیه پیشنهادات برای تغییرات طراحی بایستی قبل از توافق برای قرار دادن آن در طرح، گزینش شوند تا اطمینان حاصل شود که هیچ تأثیر منفی بر قابلیت نگهداری ایجاد نخواهند کرد.

۶-۱۱ جمع آوری و تحلیل داده‌های نگهداری

اثبات عملی قابلیت نگهداری، تضمینی را فراهم می‌کند که سیستم در ابتدا و تحت شرایط کنترل شده، الزامات قابلیت نگهداری را برآورده می‌کند. این اثبات عملی نمی‌تواند شامل کلیه اقدامات تعمیری برای اصلاح وقوع‌خرابی‌های احتمالی شود یا به تمامی نشانه‌های وقوع‌خرابی‌های احتمالی ایجاد شده توسط وقوع‌خرابی‌های منفرد یا چندگانه پاسخ دهد. همچنین نمی‌تواند شامل اقدامات تعمیری شود که در اثر خسارت تجهیزات ناشی از سوءاستفاده، بد کار کردن یا سوانح، ضرورت می‌یابد.

---

1 -Feedback
2 -Authorization
3 -Interchangeability

به این دلیل نیاز است که اقدامات نگهداری طی عمر بهره برداری سیستم، پایش و سنجش شود تا بتوان فرصت‌هایی را برای بهبود قابلیت نگهداری آن جهت کمینه‌کردن هزینه مالکیت، شناسایی کرد. فرآیند پایش و سنجش از جمع آوری و تحلیل داده‌های تعمیر و خرابی‌ها تشکیل می‌شود و می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را برای طراحی سیستم‌های مشابه یا هم سنخ[1] حاصل کند.
برخی از اطلاعات مربوط به دلایل جمع آوری داده‌ها و طبیعت داده‌های مورد نیاز در ادامه ارائه می‌شود ولی جزئیات بیشتر در استانداردهای IEC 60706-3 و IEC 60300-3-2 آمده است.

٦-١١-١ جمع آوری داده ها

توصیه می‌شود که به‌خاطر دلایل زیر، داده‌هایی در مورد اقدامات نگهداری تعهد شده بر محصول جمع‌آوری شود:

-برای شناسایی فراوانی اقدامات نگهداری مختلف تا بتوان بهبودها را برای بیشترین بهبود در قابلیت نگهداری متمرکز کرد.

-برای شناسایی روندها و فراوانی‌های وقوع خرابی‌های بخش تا بتوان اقدامات اصلاحی را اتخاذ کرد.

-برای فراهم کردن اطلاعاتی در مورد زمان‌های تعمیر و هزینه‌های واقعی تا اعتبار تحلیل‌های قابلیت نگهداری و برآوردهای هزینه چرخه عمر آینده را بهبود بخشید.

-برای فراهم کردن داده‌های هزینه‌ای مبتنی بر تجربه برای تحلیل‌های سبک و سنگین کردن در پشتیبانی از تصمیم‌های احتمالی تعدیل تجهیزات.

داده‌های نگهداری بایستی جمع آوری شده و بایستی دارای ثبت جامعی از تجهیزاتی که باید پایش شوند، شامل وضعیت تعدیل تجهیزات، باشد. به صورت ایده آل، بایستی پایگاه داده‌ای ایجاد شود و دستیابی به آن برای ورود داده‌ها بایستی آسان باشد و بایستی توانمند تولید خروجی‌های استاندارد معمول باشد که پارامترهای نگهداری کاربردی در نگهداری و عملکرد تجهیزات را به دست دهد. همچنین این پایگاه داده‌ای بایستی قادر به پاسخ دادن به جستجوهای ساختاریافته در مورد تاریخ نگهداری و عملکرد تجهیزات باشد. این قبیل پایگاههای داده‌ای را می‌توان در برنامه‌های پایگاه داده‌ای یا صفحات گسترده ایجاد کرد یا می‌توان آن را از بسته‌هایی که به این مقصود طراحی شده‌اند، تهیه نمود.

داده‌هایی که باید طی اقدامات نگهداری جمع آوری شوند بایستی شامل اقلام اطلاعاتی زیر باشند:

-شناسایی قلم تعمیر شده (شماره بخش، شماره سریال، وضعیت تعدیل)؛

-داده‌های اجرایی تعمیر (شناسایی امکانات، نام نگهدارنده اجرا کننده تعمیر، تاریخ‌های شروع و پایان تعمیر و درخواست خدمتی دیگر یا اطلاعات صورتحساب نظیر نام مشتری یا شناسایی کاربر)؛

-مکانیزم وقوع خرابی یا شکایت گزارش شده (شاخص وقوع خرابی گزارش شده)؛

-توصیف اقدام رفع اشکال اتخاذ شده و شناسایی علت واقعی وقوع خرابی؛

-توصیف اقدام تعمیر اتخاذ شده؛

-زمان‌های گسترش داده شده برای

1 -Follow-on

- مجزا کردن خرابی به بخش یا مجموعه خراب شده
- تعمیر تجهیزات
- آزمون قلم تعمیر شده برای گواهی‌کردن تعمیر
- ثبت داده‌های تعمیر و کامل کردن تکالیف اجرایی مرتبط با تعمیر
- جداکردن زمان‌های نگهداری واقعی (نفر ساعت) از هر گونه زمان‌های انتظار فرآیند (نظیر زمانهای خشک کردن اون) و ثبت هر دو زمان.

-بخشها و تامین‌های مورد استفاده در تعمیر که نشان دهنده موارد زیر است:

- نام گذاری
- شماره بخش و شماره سریال (یا کد داده‌ای یا کد بهر)
- کمیت یا مقدار مورد استفاده
- هزینه یا قیمت

-تفسیرها و اظهارات نگهدارنده

توصیه می‌شود فرم استانداردی برای ثبت تعمیر تکوین شده و استفاده شود تا کلیه عناصر داده‌ای مورد نیاز به صورت معمول و یکنواختی ثبت شود.

چندین پایگاه داده‌ای تجاری در بازار وجود دارد که برای تعهد این تکلیف، طراحی شده است.

۶-۱۱-۲ تحلیل داده ها

داده‌های جمع آوری شده در فرم ثبت‌های تعمیر بایستی به فایل یا پایگاه داده‌ای مرکزی وارد شود و به وسیله دسته‌های مربوط به نوع سیستم یا سطح نگهداری از قبیل نوع تجهیزات، سطح تعمیر، گروه وقوع خرابی (به وسیله مد خرابی یا نشانه خرابی)، نوع خرابی و غیره مرتب شود.

اگر داده‌ها در پایگاه داده‌ای خودکاری جمع‌آوری شوند، قابلیت مرتب‌سازی مجدد ثبت‌ها به وسیله دسته‌های اضافی ممکن است در آشکارسازی مشکلات قابلیت نگهداری یا قابلیت اطمینان، بسیار مفید واقع شود.

داده‌های مرتب‌شده و ثبت شده را می‌توان برای تعیین عملکرد قابلیت نگهداری واقعی تجربه شده (بر حسب زمان‌های تعمیر میانگین، هزینه، قابلیت اطمینان، آمادگی، زمان ناآماد و غیره) و زمینه‌های نگرانی یا مسائل قابلیت اطمینان یا قابلیت نگهداری نظیر موارد زیر، مورد استفاده قرار داد:

-نرخ‌های وقوع خرابی بالای غیرعادی قطعه (یا کاربرد)؛

-تکالیف نگهداری وقت‌گیر غیر ضروری

-وقوع‌خرابی‌های آبشاری[1] (وقوع خرابی یک بخش که سبب خرابی بخش‌های دیگر می‌شود-اثر دومینو[2])

-حساسیت به جابجایی یا صدمه ضمن خدمت؛

-رتبه‌بندی‌های مد وقوع خرابی از متداول‌ترین تا نادرترین (که برای بهبود اولویت‌های فرآیند مجزاسازی خرابی استفاده می‌شود)؛

-شناسایی وقوع خرابی و مشخص کردن نقاط ضعف در تجهیزات پایش عملکرد (نظیر BITE)؛

1 -Cascade
2 -Domino effect

-بازنگری اقدامات و فراوانی‌های اقدامات قبلی نگهداری.

داده‌ها را می‌توان برای شناسایی استفاده واقعی نیروی انسانی و نرخ‌های کاربری قطعات و تامین‌ها تحلیل کرد و از نتایج آن برای نیازهای استخدام کارکنان و باز تجهیز پروژه برای امکانات نگهداری استفاده کرد. همین اطلاعات را می‌توان در تحلیل‌ها و مطالعات سبک و سنگین کردن برنامه‌های آینده، استفاده کرد.