

یکی از مهمترین عواملی که روی فرایند طراحی یک محصول یا یک سیستم تأثیرگذار است، قابلیت اطمینان به عملکرد اجزای آن است. برای مثال در یک قطعه از تجهیزات نظیر کامپیوترهای شخصی، غالباً از تعداد زیادی مدارهای یکپارچه در یک سیستم واحد استفاده می‌شود. به وضوح مشخص است که درصد اندکی از مدارهای یکپارچه که در مراحل اولیه کارکرد خود دچار نقص می‌شوند، تأثیر قابل توجهی روی اطمینان بخش بودن یک سیستم دارند. معمولاً مشاهده می‌شود که میزان نقص در تجهیزات نیمه‌رسانا (اجزای مدارهای یکپارچه) در ابتدا بالا است و سپس با گذشت زمان به یک سطح پایدار می‌رسد. مثال‌های زیادی وجود دارد که نشان می‌دهند اطمینان بخش بودن یک سیستم به شدت به اطمینان بخش بودن اجزای تشکیل‌دهنده آن سیستم بستگی دارد. سیستم‌های انتقال فیبر نوری در زیردریایی‌ها، ماهواره‌های هواشناسی، شبکه‌های مخابراتی، کنترل ترافیک هوایی و ابررایانه‌ها، جزو سیستم‌هایی هستند که برای رسیدن به اهداف اطمینان بخش در کل سیستم، نیازمند این هستند که همه اجزای سازنده از قابلیت اطمینان بالایی برخوردار باشند. طراحان چنین سیستم‌هایی معمولاً تلاش دارند تا اطمینان بخشی سیستم را برای مدت طولانی ارتقاء بخشند و به ارقام غیرمعمول بالایی چون 0/99999 و حتی بالاتر برسانند (توجه داشته باشید که اعتبار و اطمینان بخشی یک سیستم در گذر زمان کاهش می‌یابد و قابلیت استفاده از سیستم در واقع یک شاخص درازمدت برای سنجش اطمینان بخشی سیستم‌های تعمیرپذیر هستند). چنین مقادیری ممکن است غیرواقعی باشند ولی اگر زیرسیستم‌ها به شکلی مناسب طراحی شده باشند و از اجزایی با اعتبار بالا در ساخت آن استفاده شده باشد، رسیدن به چنین مقادیری امکان‌پذیر است. ما برای برآورد میزان اطمینان بخشی تک تک اجزا یا کل یک سیستم، از یک یا چند رویکردی که در زیر ارائه شده‌اند پیروی می‌نماییم.

اطلاعات ناقص در مورد اجزا را می‌توان در بانک‌های اطلاعاتی همچون GIDEP (برنامه ملی تبادل داده‌های صنعتی)، MIL-HDBK-217D (که شامل اطلاعات ناقص در مورد اجزا و روش‌های پیش‌بینی اطمینان بخشی است)، راهنمای AT&T (کلینگر و همکاران، 1990) و در راهنمای Bell Communications Research (Bell Communications Research, 1986, 1995) پیدا کرد. در این بانک‌های اطلاعاتی و راهنماها، اطلاعات ناقص از سوی تولیدکنندگان مختلف جمع‌آوری شده‌اند و با مجموعه‌ای از عوامل مختلف ارائه شده‌اند که بیانگر ارتباط بین میزان شکست با سطوح کیفیت تولیدکننده و شرایط محیطی هستند. برای مثال روش کلی برای تعیین میزان خرابی (RSS) در یک قطعه الکترونیکی یا الکتریکی (اکثر اوقات، اما نه همیشه، قطعات الکترونیکی دارای نرخ خرابی ثابتی هستند) که شامل تجهیزات مختلفی هستند ...

یک راه برای تست عمر عملیاتی (OLT) این است که نمونه‌هایی از یک محصول – چه محصولی که یک قطعه دارد، مانند دسته تلفن و چه محصولی که اجزای مختلفی دارد، مانند ماشین‌ها و کامپیوترها – در شرایط عملکردی معمول، در معرض فشارها و شرایط محیطی قرار بگیرد. مدت زمان تست به تعداد محصولاتی که قرار است تست شوند (اندازه نمونه) و تعداد خرابی‌های مورد انتظار بستگی

دارد. در تمامی موارد، وقتی مدت زمان تست به طول عمر مورد انتظار برای محصول رسید، تست را باید متوقف نمود. به روشنی مشخص است که طول مدت تست در برخی موارد بسیار طولانی خواهد بود، به خصوص برای محصولات همچون تجهیزات الکترونیکی که طول عمر طولانی دارند. نمونه‌ای از تست عمر عملیاتی، تست تیرهای برق است که با قرار دادن یک نمونه از آنها تحت شرایط محیطی و آب و هوایی مشابه، مشاهده و تعیین میزان خرابی و نقص آنها بین 1 سال تا چندین سال طول می‌کشد. تست مشابهی نیز روی سیستم‌های کلیدهای الکتریکی و دستگاه‌های تست مکانیکی انجام می‌شود. معمولاً، تجهیزات OLT طوری طراحی می‌شوند که هم قطعات و هم فرایند تست آنها را بتوانند از طریق اسکن کردن انجام دهند. همانطور که قبلاً نیز اشاره شد، در فراهم کردن شرایط تست نباید شتاب کرد بلکه این شرایط بایستی طوری طراحی شوند که بتوانند شرایط بروز خرابی و نقص را شبیه‌سازی کنند (مانند نوسانات دمایی یا قطع و وصلی جریان برق). تجزیه و تحلیل نتایج تست برای نظارت و تخمین اطمینان‌بخشی و میزان خرابی محصولات مورد استفاده قرار می‌گیرد تا مشخصات مورد نظر برای محصول به دست آیند. اگرچه نتایج حاصل از تست‌های OLT مفیدتر از نتایج دیگر تست‌ها هستند ولی مدت زمان انجام تست نسبتاً طولانی است و هزینه‌های زیادی که این تست‌ها در پی دارند ممکن است مانع از اجرای آنها گردد. در واقع، این تست‌ها جزو دسته تست‌های سریع (ALT) که در آنها گذر زمان یا فشارهای محیطی مطابق واقعیت نیستند طبقه‌بندی نمی‌شوند.

4-5

اغلب دیده می‌شود که در تجهیزاتی که قطعات زیادی دارند، برخی از قطعات دچار نقص هستند و این نقص تأثیر قابل توجهی روی طول عمر قطعه دارد. برای کنار گذاشتن این قطعات، در لحظه ساخت و در شرایط تنشی مورد تست قرار می‌گیرند و این یعنی اینکه زمان و شرایط تست مطابق واقعیت نیست. نکته مهم اینجا است که شرایط تست باید طوری باشند که حجم زیادی از خرابی‌ها باید بدون اینکه تأثیر مخربی روی بقیه قطعات بگذارند شناسایی شوند. علاوه بر این باید زمان کافی برای ساخت محصول سپری شود تا هزینه کلی برای تولیدکننده و مصرف‌کننده به حداقل برسد. دو مولفه هزینه‌ای وجود دارد که برای برآورد مدت زمان بهینه برای تولید باید مد نظر قرار بگیرند. این دو مولفه عبارتند از: (1) هزینه ناشی از مدت زمان تست (تست‌های طولانی مدت هزینه زیادی برای تولیدکننده به همراه دارند) و (2) هزینه خرابی‌های پیش از موعد (با انجام تست‌های کوتاه مدت ممکن نیست که به طور کامل بتوان قطعات معیوب که به نوبه هزینه‌ها را هم برای تولیدکننده و هم برای مصرف‌کننده بالا می‌برند را کنار گذاشت). در کارهای تحقیقاتی جنسون و پترسون (1982)، برگمان (1985)، کو و همکاران (2001)، وو و سو (2002)، مدل‌های ریاضی برای برآورد مدت زمان بهینه برای تولید، ارائه گردیده‌اند.

5-5

تست عمر سریع (ALT) برای کسب سریع اطلاعات از گستره عمر، نرخ خرابی و اطمینان‌بخشی مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش ALT به گونه‌ای است که واحدها و قطعات یک سیستم در شرایط تست قرار داده می‌شوند تا خرابی و نقص آنها زودتر نمایان گردد. بنابراین، در بازه زمانی کوتاهی ممکن است بتوان اطمینان‌بخشی بلندمدت یک سیستم را پیش‌بینی نمود. نتایج حاصل از تست ALT

برای برون‌یابی مشخصات واحد در زمان t و در شرایط عملیاتی، مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای انجام یک تست عمر تسریع شده، از دو روش استفاده می‌شود. در روش اول، این امکان وجود دارد که با استفاده بیش از حد معمول از یک محصول، زمان تست آن را تسریع نمود. برای مثال، برای ارزیابی طول عمر لامپی که بطور متوسط روزانه 1 ساعت مورد استفاده قرار می‌گیرد، عملکرد این لامپ در طول 40 سال از عمر مفیدش را با خاموش و روشن کردن‌ها متوالی در طول زمان تست، در 18 ماه خلاصه کرد. در یک مثال دیگر، میزان استقامت میل لنگ یک خودرو با طول عمر 15 سال (3 ساعت رانندگی در طی روز) را می‌توان با انجام تست به 2 سال فشرده کرد. با این حال، این فشرده‌سازی زمانی (تسریع زمان) ممکن است برای محصولی مانند یک کامپیوتر مرکزی که استفاده مداومی از آن می‌شود امکان‌پذیر نباشد. علاوه‌براین، در چنین مواردی، در پیش‌بینی اطمینان‌بخشی محصول بایستی به تأثیر افزایش سن روی طول عمر قطعه نیز توجه شود.

وقتی نتوان زمان را فشرده کرد، تست معمولاً در شرایط پرتنش‌تری نسبت به حالت عادی انجام می‌شود. برای مثال، فرض بر این است که دمای عادی برای عملکرد بهینه یک کامپیوتر 25 درجه سانتیگراد باشد، ما با رساندن دما به 100 درجه و حتی بالاتر از آن می‌توانیم قطعات اصلی این کامپیوتر را تست نماییم. این کار باعث می‌شود تا خرابی قطعات در زمان کوتاه‌تری رخ دهد. بدیهی است که تنش بیشتر موجب می‌شود تا زمان بروز خرابی کمتر شود. این نوع فشرده‌سازی تست باید با دقت بیشتری طراحی شود تا خرابی‌هایی متفاوت با آنچه که در شرایط عادی رخ می‌دهد به وجود نیایند. انواع تنش‌ها، سطوح فشار، مدت زمان تست و موارد دیگر به شکلی دقیق‌تر در فصل 6 مورد بحث قرار گرفته‌اند.

1-6-5

فرض کنید ما n واحد در یک بازه زمانی T تست نماییم. ما زمان بروز خرابی در واحدهای خراب را به صورت $t_1, t_2, \dots, t_r \leq T$ ثبت نماییم. تست در زمان T با $n-r$ واحد باقیمانده (سالم) به پایان می‌رسد. تعداد خرابی‌ها، r ، یک متغیر تصادفی است که به مدت زمان تست و به میزان و نوع فشارهای وارده بستگی دارد. اگر هیچ نوع خرابی در طول زمان T رخ ندهد، در مورد اطمینان‌بخش بودن سیستم و میزان خرابی واحدها نمی‌توان نتیجه‌گیری نمود. بنابراین، زمان T باید به گونه‌ای تعیین شود که حداقل برخی از واحدها در طول مدت آن دچار خرابی بشوند. زمان T که در این زمان تست خاتمه می‌یابد، به عنوان زمان سانسور تست شناخته می‌شود و این نوع سانسور به عنوان سانسور نوع 1 شناخته می‌شود.

2-6-5

فرض کنید ما n واحد را مورد تست قرار بدهیم و زمان خرابی واحدها را دقیق ثبت نماییم. تست ادامه می‌یابد تا زمانی که دقیقاً تعداد r خرابی رخ دهد. تست در زمان t_r به پایان می‌رسد. از آنجا که ما تعداد خرابی‌های پیش رو را r خرابی تشخیص داده‌ایم می‌دانیم که دقیقاً چه اطلاعاتی از این تست به دست خواهیم آورد. نکته واضح اینجاست که این نوع تست تضمین می‌کند که خرابی در زمان مشخص رخ بدهد و نتیجه‌گیری نسبت به اطمینان‌بخش بودن سیستم، نتیجه‌گیری مطمئنی باشد. البته دقت این

نتیجه‌گیری‌ها به تعداد خرابی‌های ثبت شده نیز بستگی دارد. طول مدت تست، T ، یک متغیر تصادفی است که به مقدار r و فشار اعمال شده بستگی دارد. در این نوع تست، پارامتر سانسور عبارت است از تعداد خرابی‌ها، r ، در طول تست. این پارامتر را معمولاً با عنوان سانسور نوع 1 مشخص می‌نمایند.

3-6-5

وقتی n واحد (دستگاه) به دو یا چند تجهیزات مستقل از هم تقسیم شوند، می‌توان از روش سانسور تصادفی استفاده کرد. فرض کنید پس از اتمام زمان t_f ، یک خرابی در یکی از تجهیزات مورد تست مشاهده نماییم. واحدهای قرار داده شده در این ابزار تست، از تست خارج می‌شوند و در عین حال واحدهایی که روی دیگر ابزارهای تست باقی مانده‌اند، تا اتمام و کامل شدن تست در همین وضعیت خواهند بود. زمانی که ما یک نقص و خرابی در ابزار تست مشاهده نماییم را با نام زمان سانسور واحدها می‌شناسند. از آنجا که زمان بروز خرابی در ابزار تست یک متغیر تصادفی است، ما این نوع از سانسور را با عنوان سانسور تصادفی می‌نامیم. انواع دیگری از سانسور نیز وجود دارند که برای اهداف خاصی مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای مثال فرض می‌کنیم که n واحد در زمان از پیش تعیین شده t_1 مورد تست قرار می‌گیرند، r_1 بیانگر تعداد واحدهای سالمی است که بصورت تصادفی از تست کنار گذاشته شده‌اند و $(n-r_1)$ نیز تعداد واحدهایی است که هنوز در حال تست هستند. در زمان از پیش تعیین شده دوم، t_2 ، r_2 بیانگر تعداد واحدهای سالمی است که بصورت تصادفی از تست کنار گذاشته شده‌اند و $(n-r_1-r_2)$ نیز تعداد واحدهایی است که هنوز در حال تست هستند. این فرآیند تا زمانی ادامه می‌یابد که به زمان از پیش تعیین شده t_s (زمان اتمام تست) برسیم یا همه واحدها دچار خرابی شوند. وقتی $r_1=r_2=\dots=r_{s-1}=0$ باشد سانسور، سانسور نوع 1 خواهد بود. اگر اگر پس از بروز $(s-1)$ آمین خرابی، تعداد $r_1 \dots r_{s-1}$ واحد سالم از تست کنار گذاشته شوند این نوع تست بعنوان سانسور نوع 2 شناخته خواهد شد. در بخش‌های بعدی ما داده‌های حاصل از تست اطمینان‌بخشی سیستم را تجزیه و تحلیل خواهیم نمود. ما این کار را در صورت اطلاع از زمان بروز خرابی واحدهای تحت تست و وجود فرآیند سانسور و همچنین با استفاده از فیت کردن پارامتری داده‌ها انجام خواهیم داد.

4-6-5

همانطور که در فصل 1 اشاره شد، میزان خطر برای یک فاصله زمانی عبارت است از نسبت بین تعداد واحدهای خراب شده در فاصله زمانی و تعداد واحدهای سالم در آغاز تقسیم بر طول این فاصله زمانی. واحدهای سانسور شده در طول یک بازه زمانی را نباید بعنوان بخشی از واحدهای خراب شده در طول این بازه زمانی محاسبه نمود. در غیر اینصورت، میزان خطر افزایش خواهد یافت. مثال زیر نشان دهنده محاسبات ضروری برای تعیین میزان خطر و خطر انباشته تحت فرآیند سانسور است.

8-5

توزیع رایلی بیانگر یک افزایش خطی خطر در طول زمان است. این بدان معناست که وقتی زمان بروز خرابی از توزیع رایلی تبعیت نماید، با کهنه‌تر شدن تجهیزات، خرابی‌ها دیگر طبق یک فرآیند تصادفی بدون تغییر رخ نخواهند داد. مهمتر از همه اینکه، در ابتدای عمر محصول که میزان خطر

پایین است، احتمال عملکرد بدون خرابی محصول (یا سیستم) بسیار بالا است. بنابراین، با افزایش زمان احتمال بروز خرابی بیشتر خواهد شد. توزیع رایلی در مدل‌سازی کانال‌های ارتباطی که به سرعت محو می‌شوند مفید است و می‌توان دامنه سیگنال را بر اساس همین نمودار توزیع، توصیف کرد.