

## بخش اول: مقدمه



- ▶ اهمیت بحث قابلیت اطمینان در سیستم های مهندسی
- ▶ انواع سیستم ها از نظر نحوه عملکرد
- ▶ معیارها و شاخص های قابلیت اطمینان
- ▶ روش های ارزیابی قابلیت اطمینان
- ▶ بهبود قابلیت اطمینان
- ▶ بررسی اقتصادی قابلیت اطمینان

▶ 1

### اهمیت بحث قابلیت اطمینان در سیستم های مهندسی

- ▶ مسئولیت مهندسين در جوامع: برنامه ریزی، طراحی، ساخت و بهره برداری از تجهیزات و سیستم ها است.
  - ▶ از کار افتادن و خرابی (Failure) عناصر و سیستم ها موجب اختلال در عملکرد سیستم ها و یا تحمیل هزینه می شود و حتی می تواند تهدیدات شدید برای جامعه و یا محیط زیست ایجاد کند.
  - ▶ انتظار مصرف کنندگان: عملکرد اطمینان بخش و ایمن سیستم ها (Secure / Reliable)
- ❖ در نتیجه، پرسش اساسی آن است که قابلیت اطمینان سیستم در طول عمر کاری آینده اش چه میزان است و ایمنی آن چقدر است؟



ارزیابی کمی قابلیت اطمینان (Reliability Evaluation)

▶ 2

## اهمیت بحث قابلیت اطمینان در سیستم های مهندسی



تاریخچه پیدایش بحث قابلیت اطمینان در سیستم های مهندسی:

- شکل گیری اولیه شیوه های ارزیابی در صنایع هوافضا و صنایع نظامی.
- مورد توجه قرار گرفتن و کاربرد یافتن توسط:
  - صنایع هسته ای (به دلیل وجود فشارهای سنگین برای حصول اطمینان از عملکرد راکتورهای هسته ای در تامین انرژی الکتریکی)
  - صنایع فولاد و صنایع شیمیایی که دارای فرآیندهای پیوسته هستند (به دلیل خسارتهای مالی شدید ناشی از هر ساعت توقف آنها)

▶ 3

## اهمیت بحث قابلیت اطمینان در سیستم های مهندسی



- وقوع حوادثی همچون حادثه فضاپیمای چلنجر در سال ۱۹۸۶ و چند حادثه برای هواپیماهای مسافربری، حادثه نیروگاه چرنوبیل در سال ۱۹۸۶، خاموشی نیویورک در سال ۱۹۷۷ و بسیاری از حوادث دیگر، فشارهای فزاینده ای را بر لزوم توجه به ارزیابی قابلیت اطمینان، ایمنی و احتمال خطر ایجاد کرده است.

▶ 4

## اهمیت بحث قابلیت اطمینان در سیستم های مهندسی

### Space Shuttle Challenger disaster (1986)

- caused by an external fuel tank explosion



▶ 5

## اهمیت بحث قابلیت اطمینان در سیستم های مهندسی

### Chernobyl disaster (1986)

- A catastrophic nuclear accident in the No. 4 light water graphite moderated reactor

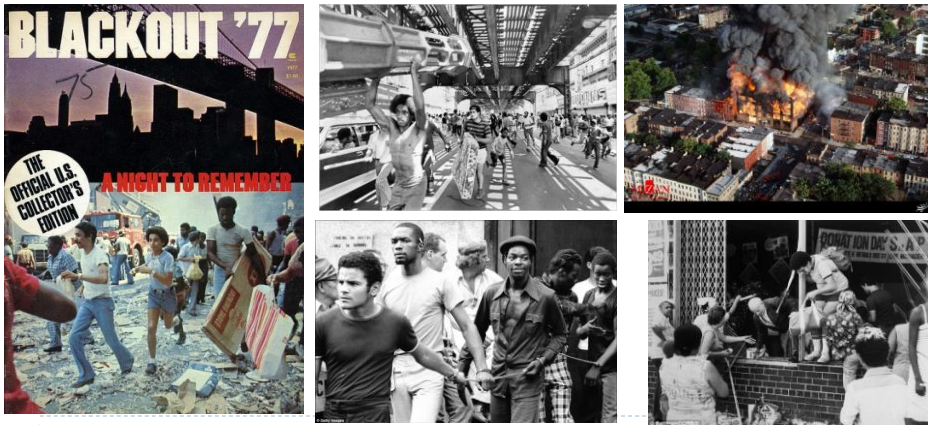


▶ 6

## اهمیت بحث قابلیت اطمینان در سیستم های مهندسی

### New York City blackout of 1977

- Tripping two circuit breaker in a substation caused lightning strike



▶ 7

## اهمیت بحث قابلیت اطمینان در سیستم های مهندسی

- ▶ دو بحث مطرح در ارزیابی قابلیت اطمینان:

▶ خطر (Hazard): تقسیم بندی حوادث بر اساس شدت (نتیجه) حادثه

▶ احتمال خطر (Risk): شدت خطر + احتمال وقوع خطر

❖ از دیدگاه مهندسی، سعی می شود که ریسک کاهش یابد.

▶ 8

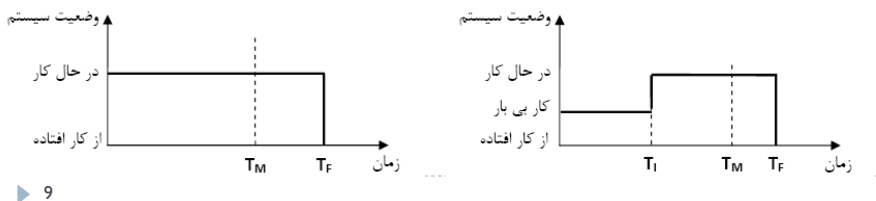
## انواع سیستم‌ها از نظر عملکرد (هدف ساخت)

۱- سیستم‌های مأموریت محور (Mission Oriented Systems) مانند موشک، هواپیما، سیستم‌های حفاظتی

- نیاز به عملکرد بدون نقص در طول مدت مأموریت (از شروع تا اتمام کار)
- از کار افتادگی این سیستم‌ها (توقف عملکرد) معادل با شکست کامل در انجام مأموریت
- مجاز بودن از کار افتادگی اجزای سیستم (تعمیرپذیر یا تعمیرناپذیر) در صورت عدم خلل در تداوم عملکرد سیستم
- قابل پذیرش بودن احتمال از کار افتادن آنها در صورت کمتر بودن از یک سطح معین
- با اولین از کار افتادگی در زمان عملکرد، سیستم دچار شکست کامل در انجام مأموریت می‌شود لذا در ارزیابی قابلیت اطمینان این سیستم‌ها، تعیین زمان احتمالی اولین شکست (Failure) سیستم، مهم است.

الف: سیستم‌هایی که مرحله کاری آنها از لحظه‌ای مشخص شروع می‌شود (هواپیما). از آن لحظه تا اتمام مأموریت نباید خرابی داشته باشند.

ب: سیستم‌هایی که مرحله عملکرد آنها پس از یک مدت بی‌باری آغاز می‌شود. (سیستم‌های حفاظتی). در این سیستم‌ها از کار افتادن در زمان بی‌باری مجاز است اما باید تا قبل از زمان عملکرد، تعمیر شوند و در زمان کار نیز عملکرد صحیح داشته باشند.

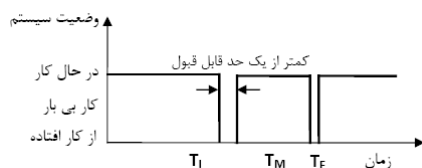


9

## انواع سیستم‌ها از نظر عملکرد (هدف ساخت)

۲- سیستم‌های با کار مداوم (Continuously Operated Systems) مانند نیروگاه‌ها

- اجتناب ناپذیر بودن از کار افتادگی سیستم
- مجاز بودن از کار افتادگی سیستم (حتی به دفعات) به شرط محدود بودن تعداد دفعات از کار افتادگی و یا قابل قبول بودن مدت زمان توقف عملکرد سیستم
- در ارزیابی قابلیت اطمینان این سیستم‌ها، دسترس پذیری (Availability) سیستم مهم است (به جای از کار نیافتادن)
- دسترس پذیری: احتمال یافتن سیستم در شرایط لازم برای عملکرد در آینده



10

## معیارها و شاخص های قابلیت اطمینان

- ❖ تعریف و استفاده از شاخص های قابلیت اطمینان، برای مشخص شدن موارد زیر است:
  - سیستم چگونه از کار می افتد؟ (رابطه اجزای سیستم و عملکرد سیستم)
  - احتمال از کار افتادن سیستم چقدر است؟
  - عواقب از کار افتادن سیستم چیست؟
  - رابطه میان میزان و نتیجه سرمایه گذاری برای بهبود امنیت طرح چگونه است؟
    - ▶ توجه پذیر بودن یک طرح از نظر اقتصادی
    - ▶ انتخاب طرح مناسب از میان چند طرح
- ❖ برای ارزیابی کمی قابلیت اطمینان سیستم (پیش بینی عملکرد آینده سیستم)، باید از اطلاعات آماری گذشته نیز استفاده کرد و در واقع عملکرد گذشته سیستم را نیز ارزیابی نمود.
- ❖ عملکرد یک سیستم هیچگاه به صورت قطعی قابل تعریف نبوده و دارای طبیعت اتفاقی (تصادفی، احتمالی) است، زیرا:
  - ▶ همه عواملی که بر عملکرد سیستم تأثیر گذار هستند قابل شناسایی نیستند
  - ▶ حتی در صورت شناسایی همه عوامل، وقوع آنها قابل پیش بینی نیست.
  - ▶ لذا ارزیابی فرآیندهای اتفاقی صرفاً با روش های احتمالاتی امکان پذیر است.

▶ 11

## معیارها و شاخص های قابلیت اطمینان

- ▶ تعریف: قابلیت اطمینان یک سیستم عبارت است از احتمال عملکرد رضایت بخش آن سیستم تحت شرایط کار مشخص در مدت زمان معین
- ▶ احتمال: یک عدد که همان شاخص قابلیت اطمینان است.
- ▶ معیار از کار افتادگی سیستم؟ (تعیین توسط مهندسین)
  - ▶ خروج مشخصات مورد نظر از حدود معین؟ (کاهش خروجی سیستم)
  - ▶ از کار افتادگی عمده؟
  - ▶ از کار افتادگی شدید یا فاجعه آمیز؟
  - مثال در سیستم قدرت: خروج یک نیروگاه
  - افت فرکانس
  - قطع بار فرکانسی (Under frequency load shedding)
  - خاموشی سراسری (Black out)
- ▶ شرایط کار ممکن است یکنواخت و یا متغیر باشد.

▶ 12

## معیارها و شاخص های قابلیت اطمینان

### ▶ شاخص های قابلیت اطمینان:

- ▶ احتمال وقوع یا عدم وقوع از کار افتادگی سیستم (شاخص کلاسیک برای ارزیابی قابلیت اطمینان)
- ▶ تعداد مورد انتظار خرابی ها در یک محدوده زمانی معین (Expected Number of Failures)
- ▶ میانگین زمان بین از کار افتادگی ها (Mean Time Between Failures)
- ▶ میانگین زمان تا وقوع از کار افتادگی (Mean Time To Failure)
- ▶ مقدار مورد انتظار در کاهش خروجی سیستم
- ▶ هزینه (خسارت) مورد انتظار ناشی از از کار افتادگی و ...

▶ 13

## روش های ارزیابی قابلیت اطمینان

### ▶ Reliability Evaluation Techniques

- ▶ Analytical
- ▶ simulation

#### ○ روش های تحلیلی

- ▶ یافتن یک مدل ریاضی برای سیستم مورد مطالعه و تحلیل مدل
- ▶ ساده سازی مدل سیستم برای قابل حل بودن و در نتیجه، احتمال عدم پوشش همه جنبه های سیستم

#### ○ روش های مبتنی بر شبیه سازی

- ▶ شبیه سازی فرآیند واقعی و تحلیل رفتار سیستم بر اساس مطالعه رفتار متغیرهای تصادفی
- ▶ امکان در نظر گرفتن همه عواملی که تأثیرگذاری آنها بر عملکرد سیستم مشخص شده باشد
- ▶ حجم زیاد محاسبات و زمان اجرای طولانی

مثال: محاسبه احتمال مشاهده اعداد در پرتاب تاس

▶ 14

## بهبود قابلیت اطمینان

### ► Reliability Improvement

- Quality
- Redundancy

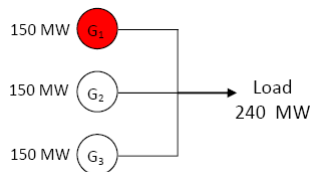
- افزایش کیفیت اجزا و ساخت
  - مواد اولیه، روش ساخت، آزمایش و کالیبراسیون، حمل و نقل و ...
- افزایش اجزای مازاد
  - پوشش یافتن از کارافتادگی یک جزء توسط اجزای دیگر (مستقل از تعمیرپذیر و یا تعمیرناپذیر بودن جزء معیوب)
  - انواع اجزای مازاد
    - فعال یا موازی (Active): چند جزء به طور مشترک کار می کنند.
    - آماده ی کار (Stand-by): در صورت خرابی یک جزء، عضو دیگر وارد می شود.

► 15

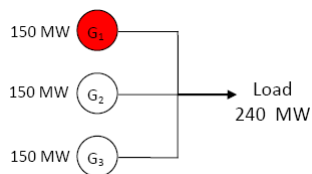
## بهبود قابلیت اطمینان

### ► مثال در سیستم قدرت : خروج یک نیروگاه

- وجود ذخیره چرخان (Spinning Reserve) و جبران توسط نیروگاه های دیگر



- ورود نیروگاه جدید (Non-Spinning Reserve)



► 16



## بررسی اقتصادی قابلیت اطمینان

❖ هزینه ای که مصرف کننده بابت سطح خاصی از قابلیت اطمینان پرداخت می کند بایستی متناسب با منافع حاصل از افزایش قابلیت اطمینان باشد.

- ▶ هزینه سرمایه گذاری و بهره برداری
- ▶ هزینه تحمیلی به مصرف کننده (خسارت قطع بار)

