مدلسازی قابلیت اطمینان

فرهاد یزدی

www.farhadyazdi.com

مروری بر اصول و قوانین احتمالات

همانطور که اشاره شد قابلیت اطمینان ماهیتی احتمالاتی دارد

قابلیت اطمینان عبارت است از :

احتمال عملکرد رضایت بخش یک سیستم تحت شرایط مشخص و در یک زمان معین

ریشه آن به بازی و شانس باز می گردد.

قرن شانزدهم

ورود دانشمندانی چون برنولی

توسعه

پاسکال، فرمت و فون میسس

عمر لامپ

احتمال خطای عملکرد کلید قدرت

احتمال باز شدن موفقیت آمیز سکسیونر

Experiment :

Is Observing Something Happen or Conducting something Under Certain Conditions Which Result in Some Outcomes

Deterministic
Random

Sample Space:
The Set of All Possible Outcomes of a Random Experiment

Experiment	Sample Space
Toss one coin	H, T*
Roll a die	1, 2, 3, 4, 5, 6
Toss two coins	HH, HT, TH, TT

*H = heads; T = tails.

Event :

Any Subset of Sample Space

Impossible Event

Ø

Sure Event

S or Ω

Operation Among Events

1-Union - Occurrence of at least One

2-Intesection- Simultaneous Occurrence

3-Difference-Happening One Event Excluding The Other

4-Complementation- Non Occurrence of an Event

حوادث دو به دو ناسازگار

Addition Rule I: When two events are mutually exclusive,

$$P(A \text{ or } B) = P(A) + P(B)$$

EXAMPLE: When a die is rolled, find the probability of getting a 2 or a 3.

SOLUTION:

As shown in Chapter 1, the problem can be solved by looking at the sample space, which is 1, 2, 3, 4, 5, 6. Since there are 2 favorable outcomes from 6 outcomes, $P(2 \text{ or } 3) = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$. Since the events are mutually exclusive, addition rule 1 also can be used:

$$P(2 \text{ or } 3) = P(2) + P(3) = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$$

قانون جمع
Addition Rule

Addition Rule II: If A and B are two events that are not mutually exclusive, then $P(A \text{ or } B) = P(A) + P(B) - P(A \text{ and } B)$, where A and B means the number of outcomes that event A and event B have in common.

EXAMPLE: A die is rolled. Find the probability of getting an even number or a number less than 4.

SOLUTION:

Let $A =$ an even number; then $P(A) = \frac{3}{6}$ since there are 3 even numbers—2, 4, and 6. Let $B =$ a number less than 4; then $P(B) = \frac{3}{6}$ since there are 3 numbers less than 4—1, 2, and 3. Let $(A \text{ and } B) =$ even numbers less than 4 and $P(A \text{ and } B) = \frac{1}{6}$ since there is one even number less than 4—namely 2. Hence,

$$P(A \text{ or } B) = P(A) + P(B) - P(A \text{ and } B) = \frac{3}{6} + \frac{3}{6} - \frac{1}{6} = \frac{5}{6}$$

The results of both these examples can be verified by using sample spaces and classical probability.

حوادث مستقل

Multiplication Rule I: For two independent events A and B, $P(A \text{ and } B) = P(A) \cdot P(B)$.

EXAMPLE: A coin is tossed and a die is rolled. Find the probability of getting a tail on the coin and a 5 on the die.

SOLUTION:

Since $P(\text{tail}) = \frac{1}{2}$ and $P(5) = \frac{1}{6}$; $P(\text{tail and } 5) = P(\text{tail}) \cdot P(5) = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{6} = \frac{1}{12}$.
Note that the events are independent.

حوادث

Exhaustive Complementary

دو به دو ناسازگار که اجتماع آنها برابر کل فضای نمونه خواهد شد

حوادث شرطی

$$P(A|B) = \frac{P(A \text{ and } B)}{P(B)}.$$

EXAMPLE: A die is rolled; find the probability of getting a 4, if it is known that an even number occurred when the die was rolled.

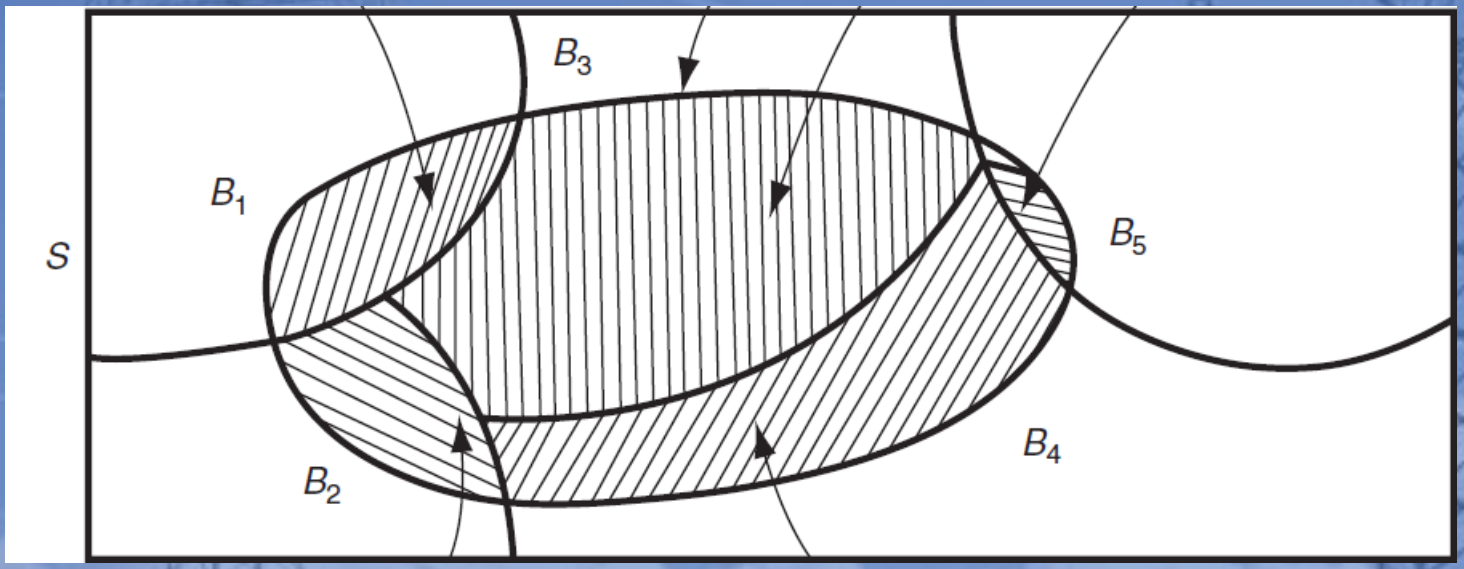
$P(A \text{ and } B)$ is the probability of getting a 4 and an even number at the same time. Notice that there is only one way to get a 4 and an even number—the outcome 4. Hence $P(A \text{ and } B) = \frac{1}{6}$. Also $P(B)$ is the probability of getting an even number which is $\frac{3}{6} = \frac{1}{2}$. Now

$$P(A|B) = \frac{P(A \text{ and } B)}{P(B)}$$

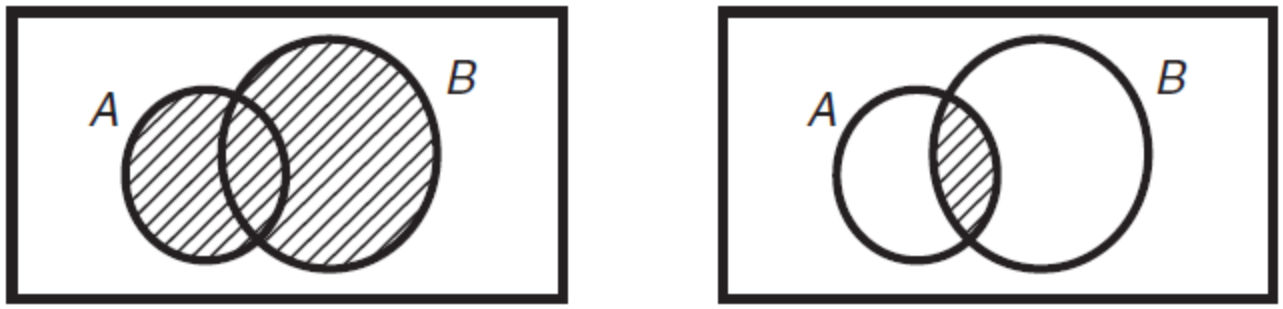
$$= \frac{\frac{1}{6}}{\frac{1}{2}}$$

Total Probability

$$P(A) = P(A|B_1)P(B_1) + P(A|B_2)P(B_2) + \cdots + P(A|B_n)P(B_n)$$
$$= \sum_{j=1}^{n} P(A|B_j)P(B_j).$$



Venn Diagrams



(a) $A \cup B$ (b) $A \cap B$

تئوری Bayes

Axiomatic Probability
Kolmogorov-1933

- Axiom 1: $P(A) \geq 0$ (nonnegative).
- Axiom 2: $P(S) = 1$ (normed).
- Axiom 3: for a countable collection of mutually exclusive events $A_1, A_2, \ldots$ in S,

$$P(A_1 \cup A_2 \cup \ldots) = P\left(\sum_j A_j\right) = \sum_j P(A_j) \quad \text{(additive)}.$$

$$\boxed{P(B|A) = \frac{P(A|B)P(B)}{P(A)}.}$$

$$P(B_i|A) = P(A|B_i)P(B_i) \Big/ \sum_{j=1}^{n} \left[P(A|B_j)P(B_j)\right]$$

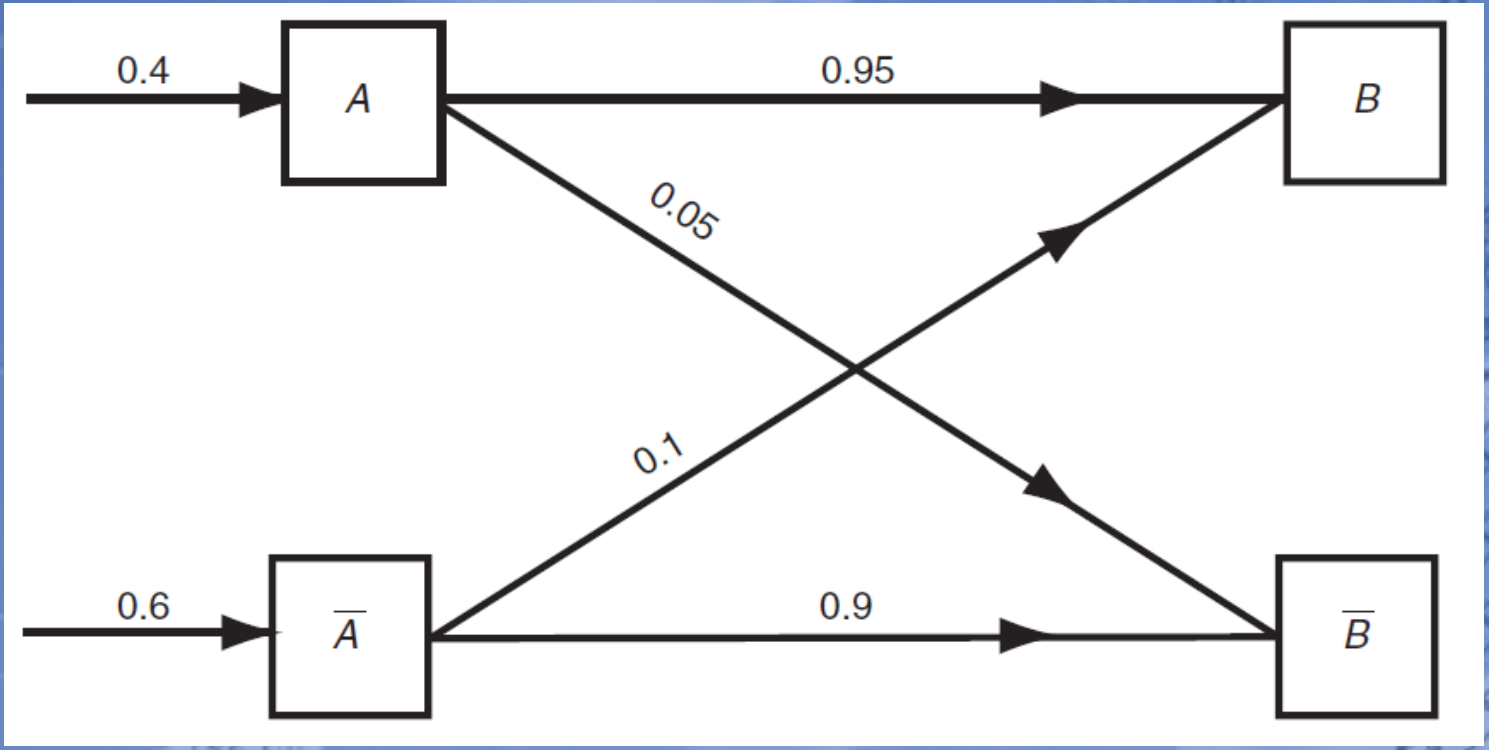
Example 2.12. Problem: a simple binary communication channel carries messages by using only two signals, say 0 and 1. We assume that, for a given binary channel, 40% of the time a 1 is transmitted; the probability that a transmitted 0 is correctly received is 0.90, and the probability that a transmitted 1 is correctly received is 0.95. Determine (a) the probability of a 1 being received, and (b) given a 1 is received, the probability that 1 was transmitted.

Answer: let

$$
\begin{aligned}
A &= \text{event that 1 is transmitted,} \\
\overline{A} &= \text{event that 0 is transmitted,} \\
B &= \text{event that 1 is received,} \\
\overline{B} &= \text{event that 0 is received.}
\end{aligned}
$$

The information given in the problem statement gives us

$$P(A) = 0.4, \qquad P(\overline{A}) = 0.6;$$
$$P(B|A) = 0.95, \qquad P(\overline{B}|A) = 0.05;$$
$$P(\overline{B}|\overline{A}) = 0.90, \qquad P(B|\overline{A}) = 0.10.$$


0.4
A
0.95
B
0.05
0.1
0.6
$\overline{A}$
0.9
$\overline{B}$

$$P(B) = P(B|A)P(A) + P(B|\overline{A})P(\overline{A}) = 0.95(0.4) + 0.1(0.6) = 0.44.$$

The probability of interest in part (b) is $P(A|B)$, and this can be found using Bayes' theorem [Equation (2.28)]. It is given by:

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)} = \frac{0.95(0.4)}{0.44} = 0.863.$$

Permutation

$$ {}_nP_r = \frac{n!}{(n-r)!} $$

$$\frac{n!}{r_1!r_2!\ldots r_p!}$$

EXAMPLE: How many different permutations can be made from the letters of the word **Mississippi**?

SOLUTION:

There are 4 s, 4 i, 2 p, and 1 m; hence, $n = 11$, $r_1 = 4$, $r_2 = 4$, $r_3 = 2$, and $r_4 = 1$

$$\frac{11!}{4! \cdot 4! \cdot 2! \cdot 1!} = \frac{11 \cdot 10 \cdot 9 \cdot 8 \cdot 7 \cdot 6 \cdot 5 \cdot \cancel{4!}}{\cancel{4!} \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 1} = \frac{1{,}663{,}200}{48} = 34{,}650$$

$$_nC_r = \frac{n!}{(n-r)!r!}$$

EXAMPLE: A salesperson has to visit 10 stores in a large city. She decides to visit 6 stores on the first day. In how many different ways can she select the 6 stores? The order is not important.

SOLUTION:

Let $n = 10$ and $r = 6$; then

$$_{10}C_6 = \frac{10!}{(10-6)!6!} = \frac{10!}{4!6!} = \frac{10 \cdot 9 \cdot 8 \cdot 7 \cdot \cancel{6!}}{4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 \cdot \cancel{6!}} = 210$$

She can select the 6 stores in 210 ways.

Random Variables

مدلسازی سیستم

ارزیابی قابلیت اطمینان
از روی مدلهای پیش بینی قابلیت اطمینان

سیستم :

مجموعه ای از اجزا که جهت دستیابی به هدفی واحد عمل می کنند.

در یک شبکه توزیع، هدف واحد برقراری تغذیه الکتریکی مطمئن و با کیفیت است.

مطالعه قابلیت اطمینان به روش جریان حالت :
State Flow

تعریف حالت نرمال عملکرد سیستم :

همه کلیدها در وضعیت معمول خود هستند، هیچ تجهیز حفاظتی عمل نکرده است، همه المانها بصورت مناسبی عمل می کنند و بارگذاری همه عناصر در محدوده بارگذاری مجاز است

مطالعه قابلیت اطمینان به روش جریان حالت :
State Flow

تعریف Contingency:

هر تغییر احتمالی (غیر برنامه ریزی شده) در سیستم که باعث خارج آن از حالت کارکرد نرمالش بشود

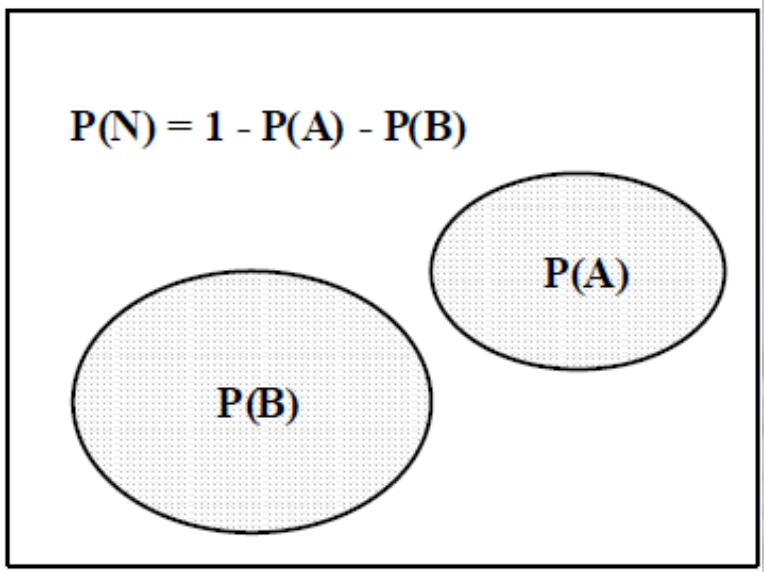
تعریف حادثه برنامه ریزی شده (Scheduled event):

هر فعالیت برنامه ریزی شده نظیر تعمیرات در سیستم که باعث خارج آن از حالت کارکرد نرمالش بشود

فضای حالت (State Space):

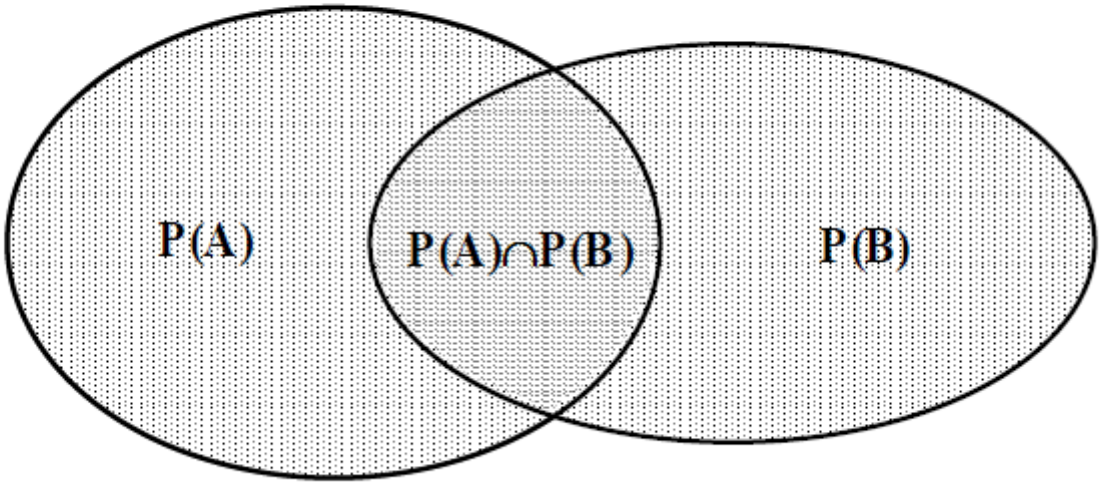
فضایی شامل همه حالات ممکن است. مثلا اگر برای سیستم سه حالت نرمال، تعمیرات و خارج بودن از مدار متصور شود که از هم مستقل باشند، داریم :

$$P(A) + P(B)+P(C)=1$$



حالات انحصاری (Mutually Exclusive): حالاتی هستند که رویداد همزمان آنها با هم غیر ممکن است.
خیلی از سیستمها با Redundancy طراحی می شوند.
در این حالت ممکن است هم Outage داشته باشیم و هم سیستم در حالت نرمال خود باشد. یعنی حالات سیستم مستقل نباشند

$$P(N) = 1 - P(A) - P(B) + P(A) \cap P(B)$$



حوادث مستقل (Independent Events):

حوادثی هستند که وقوع یکی بر دیگری تاثیر ندارد (مثل پرتاب دو تاس).

دو حادثه وابسته : شرایط آب و هوایی و بروز خطا

$$P(A \cap B) = P(A) \cdot P(B) \text{ ; true if A and B are independent}$$

حوادث شرطی یا وابسته : احتمال وقوع یکی از روی احتمال وقوع یا عدم وقوع دیکری تعیین می شود

$$P(F_{operational} \mid B_{operating})$$

بعنوان یک مثال دیگر از حوادث مشروط :
اختمال بروز Stuck در یک کلید قدرت، مشروط بر سوئیچینگ آن است. اگر سوئیچینگ نشود، احتمال بروز Stuck صفر خواهد بود.

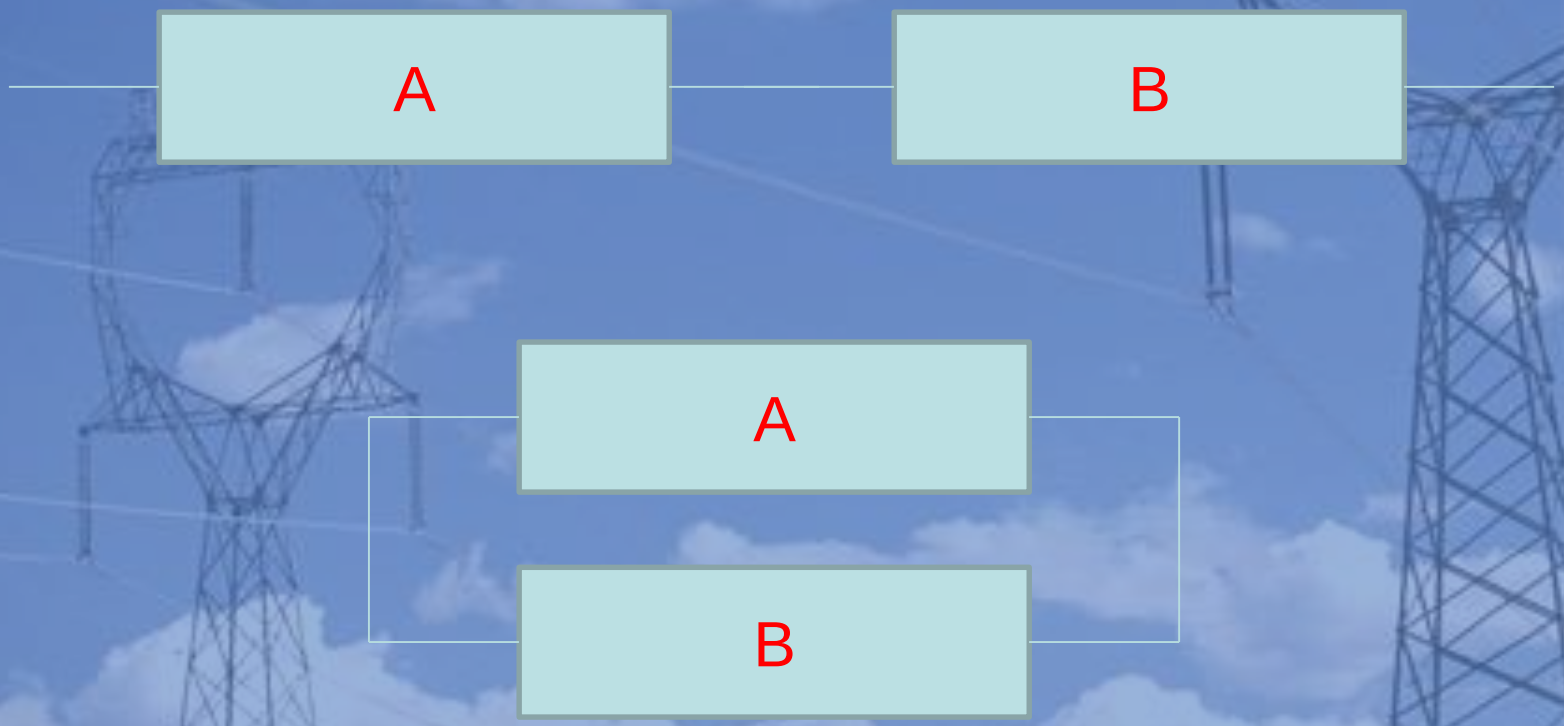
مطالعه قابلیت اطمینان بر اساس مدل اجزا

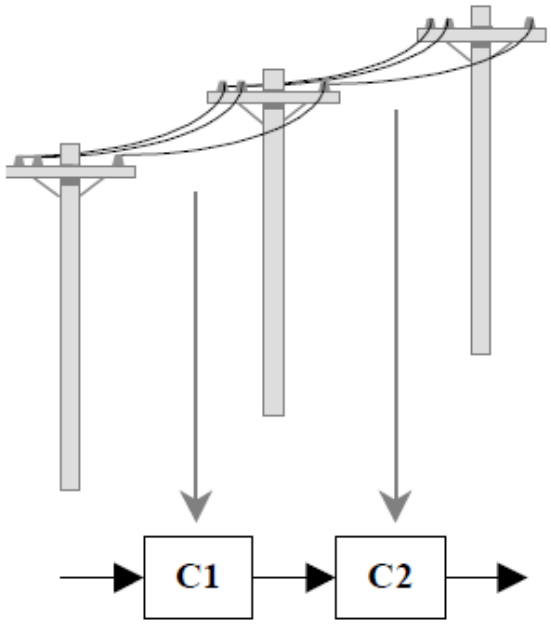
A

$$P = \frac{8760 - \lambda \cdot MTTR}{8760} \quad ; \text{component availability}$$

Q=1-P

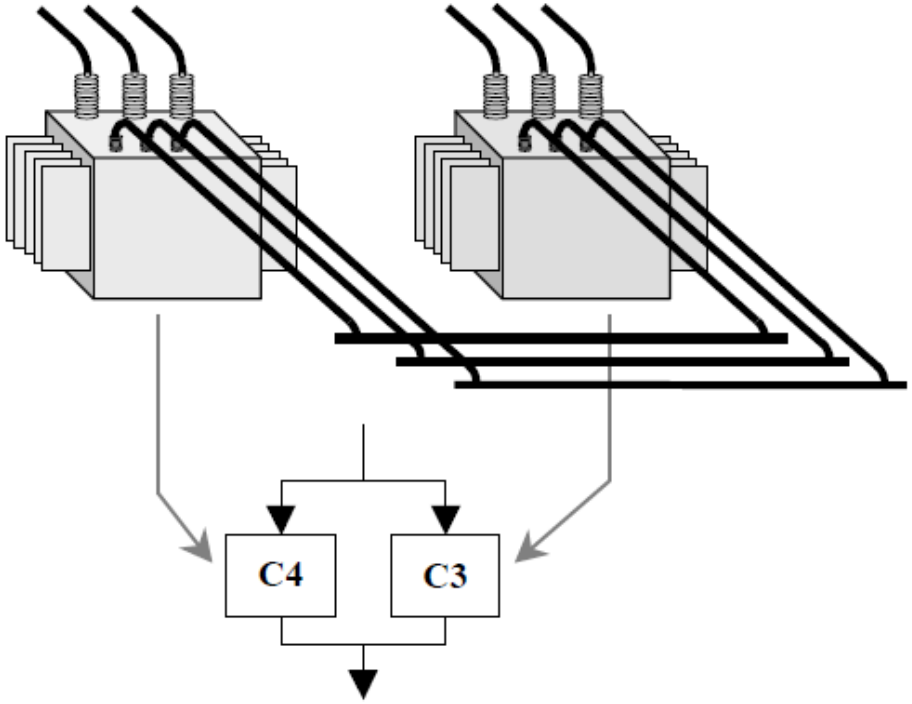
Components Connection





$P_{series} = P(C1)P(C2)$

Series Connection

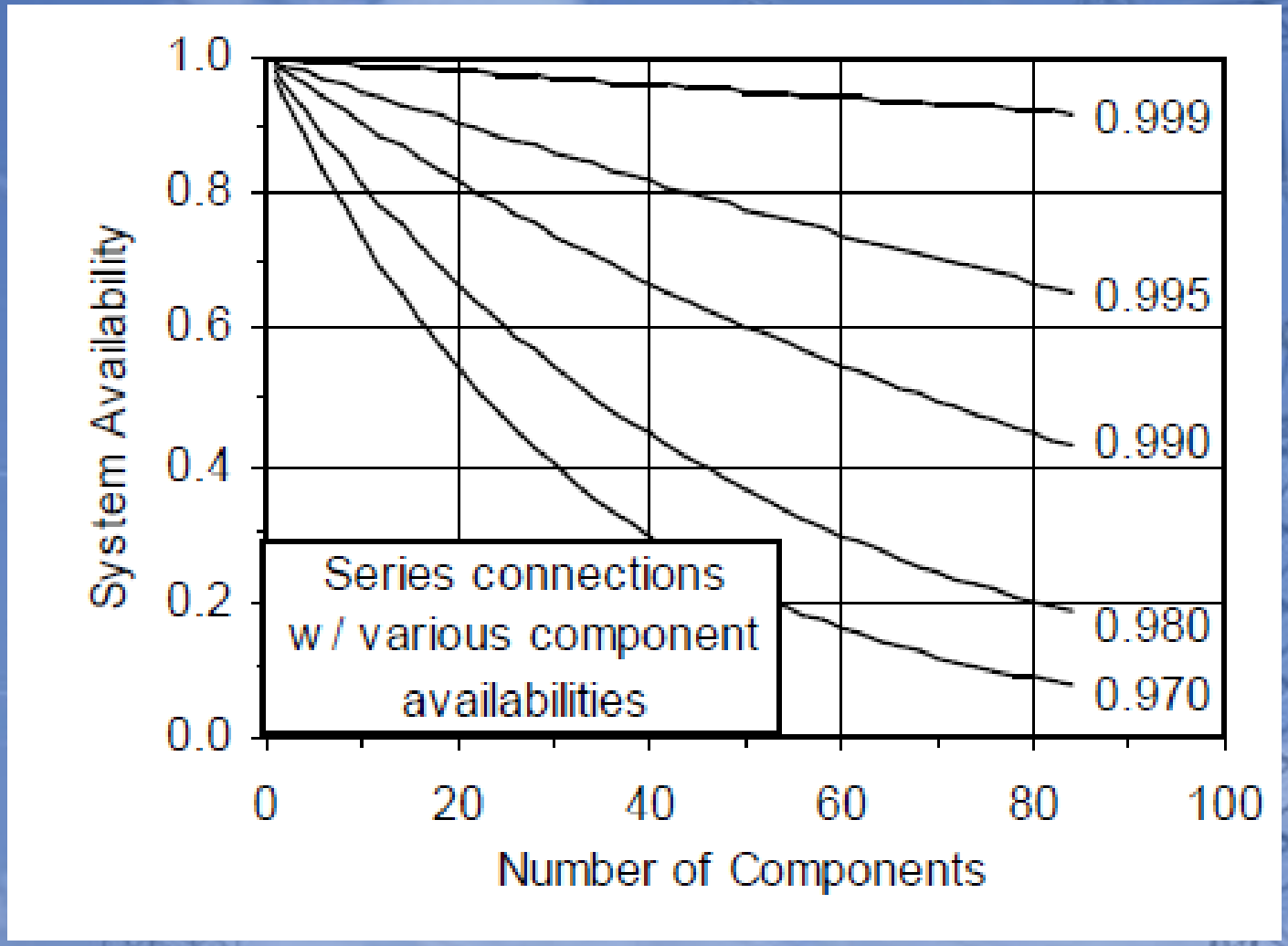


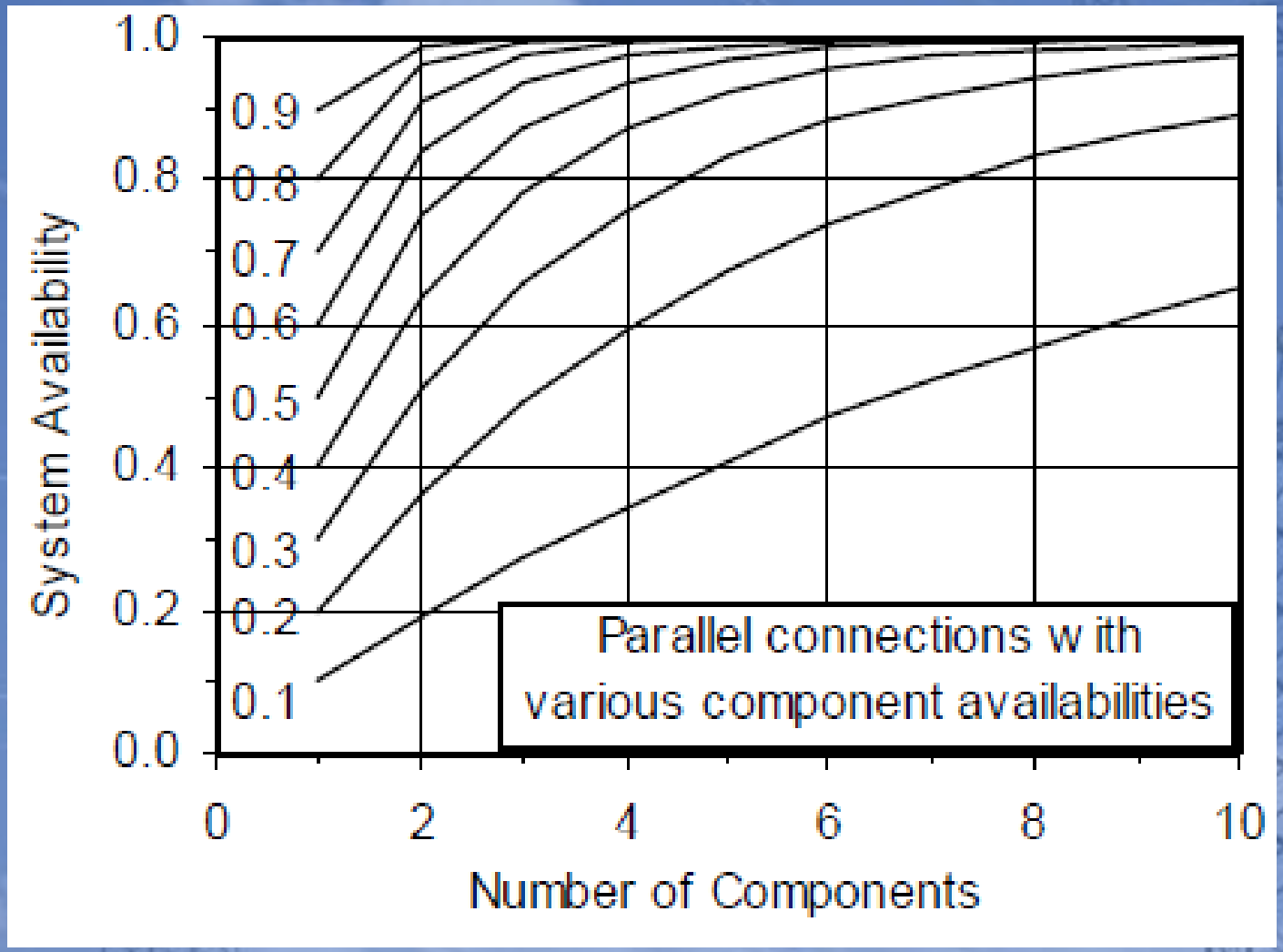
$Q_{parallel} = Q(C3)Q(C4)$

Parallel Connection

$$P_{series} = \prod P_{component}$$

$$Q_{parallel} = \prod Q_{component}$$


1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
System Availability
0
20
40
60
80
100
Number of Components
0.999
0.995
0.990
0.980
0.970
Series connections
w / various component
availabilities


1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
System Availability
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
Parallel connections w ith
various component availabilities
0
2
4
6
8
10
Number of Components

System Simplification to two series or two parallel component

1-Network Analysis
2-Minimum Cut set

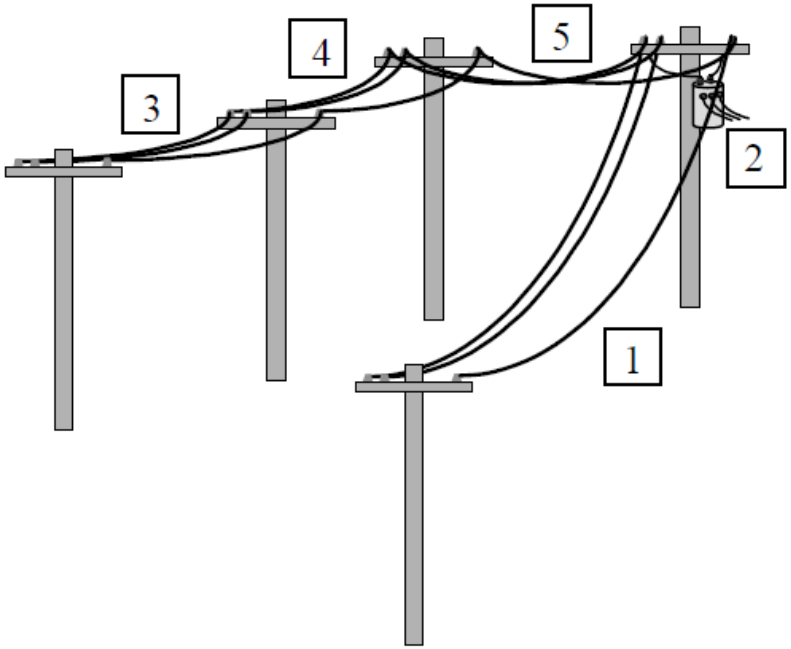
Minimal Cut Set — a set of n components that cause the system to be unavailable when all n components are unavailable but will not cause the system to be unavailable if less than n components are unavailable.

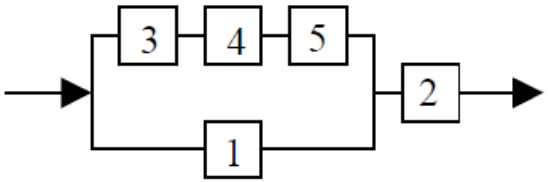
مزایای روش Cut Set :

۱– بر روی کامپیوتر دیجیتال قابل پیاده سازی است

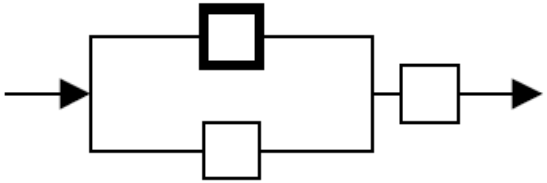
۲– بهتر جواب می دهد

۳– دید مهندسی از عناصر بحرانی سیستم به دست می دهد



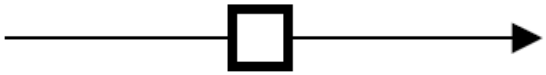


Original Network

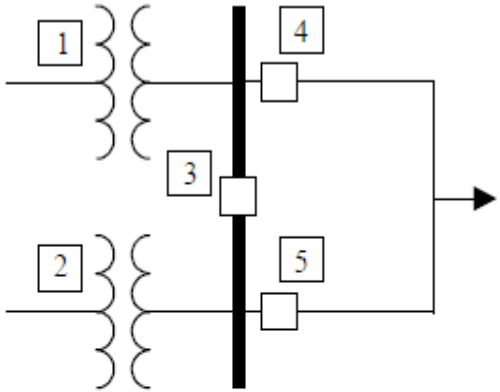


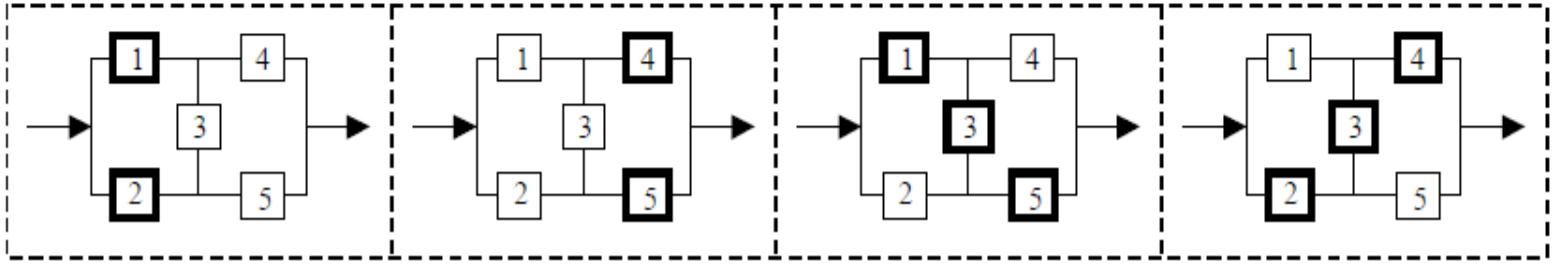
Step 1: Reduce Series Components

Step 2: Reduce Parallel Components



Step 3: Reduce Series Components





$$Q=Q1+Q2+Q3+Q4$$

از آنجا که در نظر گرفتن همه کات ست ها دشوار است،
بر اساس استاندارد IEEE Std 493-1990
تنها کات ستهایی در نظر گرفته می شوند که تعداد عناصر
آنها کمتر از n باشد که :
n : حداقل المان کات ستهای + ۱

برای حل مساله قابلیت اطمینان در فضای حالت، ۳ روش مورد استفاده قرار می گیرد :

۱– مدلسازی مارکوف (MARKOV MODELLING)
۲– شبیه سازی تحلیلی (Analytical Simulation)
۳–شبیه سازی مونت کارلو (Monte Carlo Simulation)

مثال

Partially Redundant Systems (M of N Systems)

Change Over System

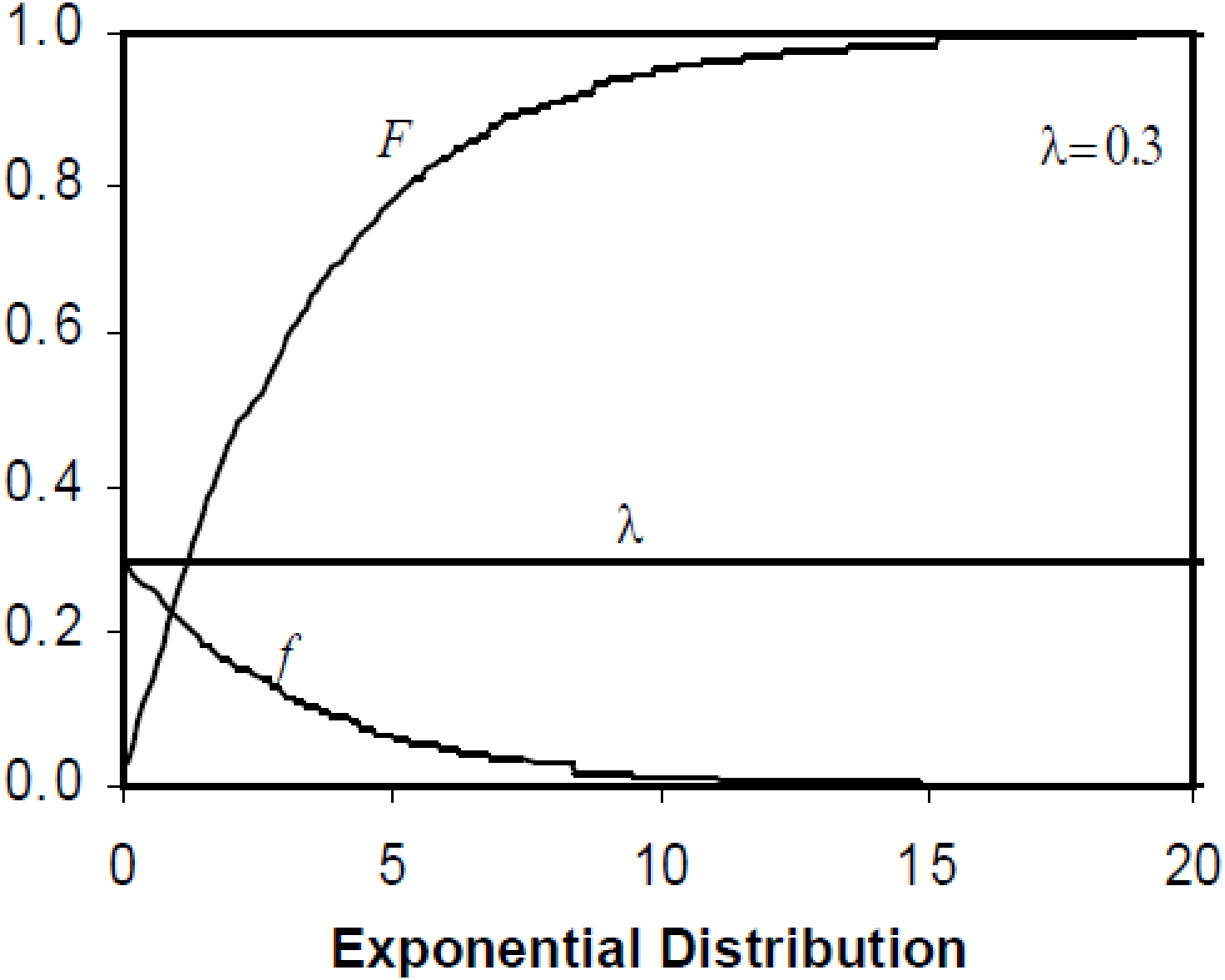
انتخاب تابع توزیع احتمال

$$\lambda(x) = \frac{f(x)}{1 - F(x)} \quad ; \lambda = \text{Hazard Function}$$

$$R(x) = 1 - F(x) \quad ; R = \text{Survivor Function}$$

$$\text{Expected Value} = \bar{x} = \int_{-\infty}^{\infty} x \cdot f(x) dx$$

$$\text{Variance} = \int_{-\infty}^{\infty} [f(x) - \bar{x}]^2 \, dx$$


1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
F
λ=0.3
λ
f
0
5
10
15
20
Exponential Distribution

4.3.1 Normal Distribution

Perhaps the most well known distribution of all is the normal distribution—the proverbial "bell curve" that is mathematically characterized by its expected value and standard deviation. Formulae corresponding to the normal distribution are:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]; -\infty \le x \le \infty$$

Normal Distribution (4.10)

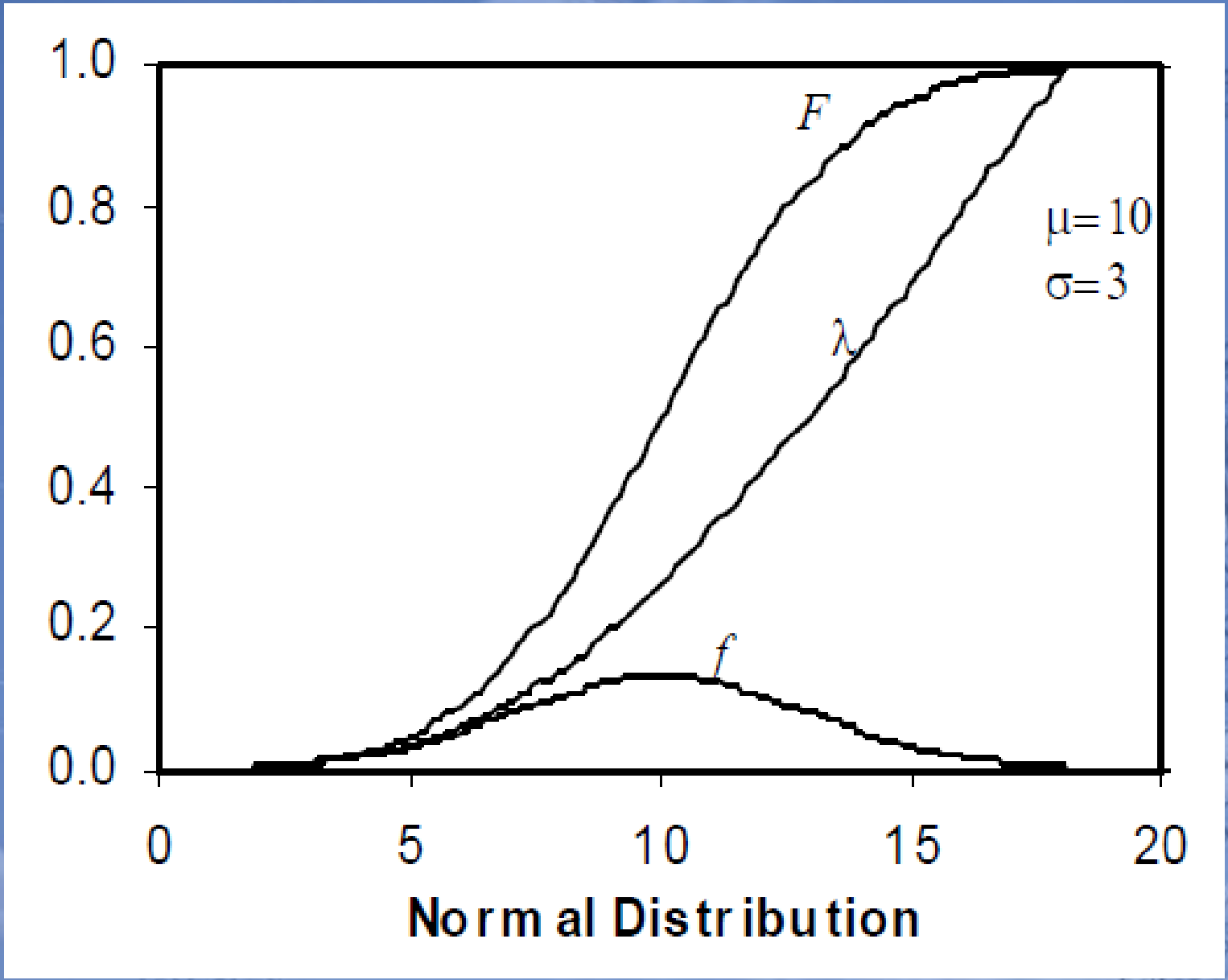
$\mu = \overline{x}$

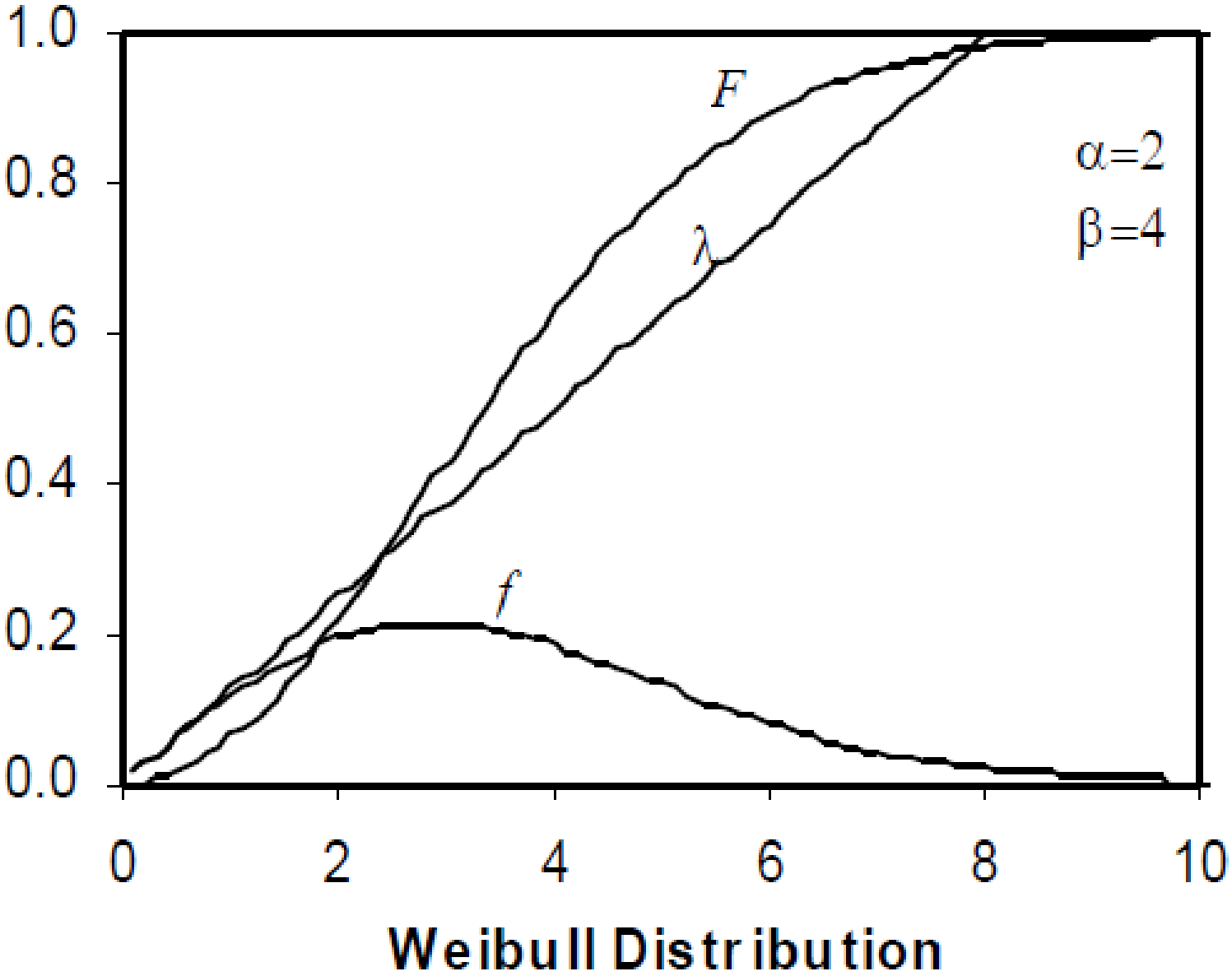
$\sigma = \sqrt{\text{variance}}$

$\text{Expected Value} = \mu$

$\text{Variance} = \sigma^2$

Use of the normal distribution is so common that its parameters, μ and σ, are often times misrepresented to be means and standard distributions for functions other than the normal distribution. This is not always true—μ and σ correspond to mean and standard deviation for the normal distribution, but not necessarily for other distributions.


1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
0
5
10
15
20
F
λ
f
μ= 10
σ= 3
Normal Distribution



Weibull Distribution

$$f(x) = \frac{\beta x^{\beta-1}}{\alpha^{\beta}} \exp\left[-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^{\beta}\right] \; ; \quad x \geq 0$$

$$F(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^{\beta}\right]$$

$$\lambda(x) = \frac{\beta x^{\beta-1}}{\alpha^{\beta}}$$; Weibull Distribution

$$\text{Expected Value} = \alpha\Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right)$$

$$\text{Variance} = \alpha^{2}\left[\Gamma\left(\frac{2}{\beta} + 1\right) - \Gamma^{2}\left(\frac{1}{\beta} + 1\right)\right]$$

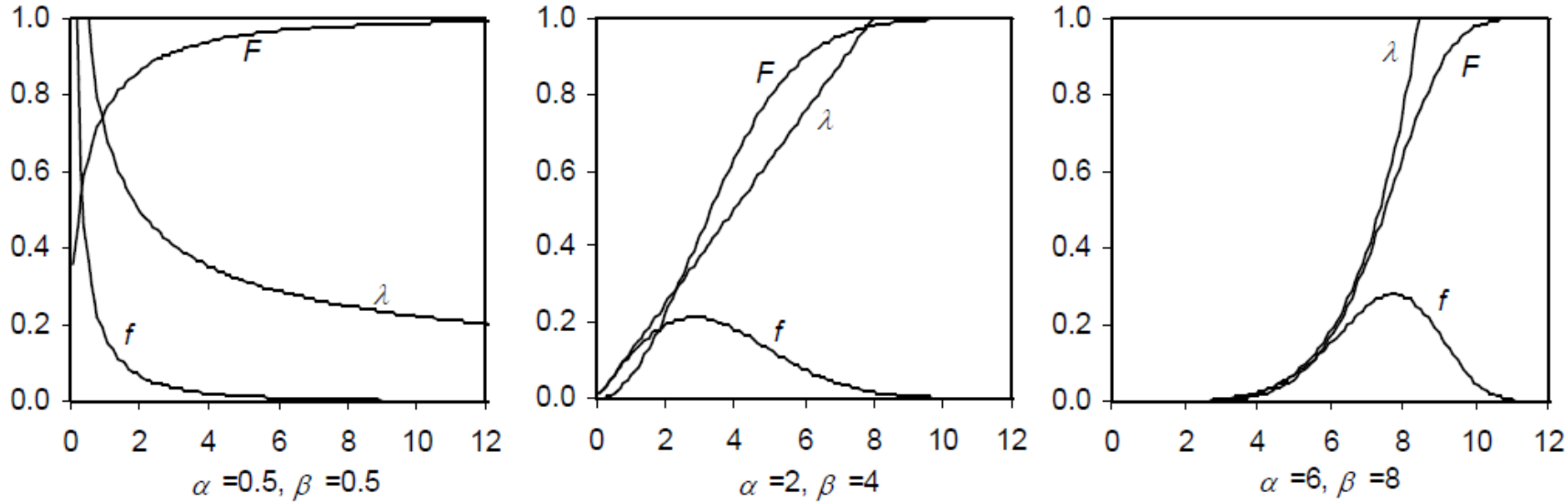


Figure 4.6. Thee different Weibull distributions. By varying the scale parameter, α, and the shape parameter, β, a wide variety of distribution shapes can be modeled. The left graph represents an exponentially decaying density curve, the middle graph shows a density curve that is skewed to the left, and the right graph shows a density curve that is skewed to the right.

$$\beta = \text{Slope of Linear Fit}$$

$$\alpha = \exp\left(-\frac{\text{y - intercept}}{\beta}\right)$$

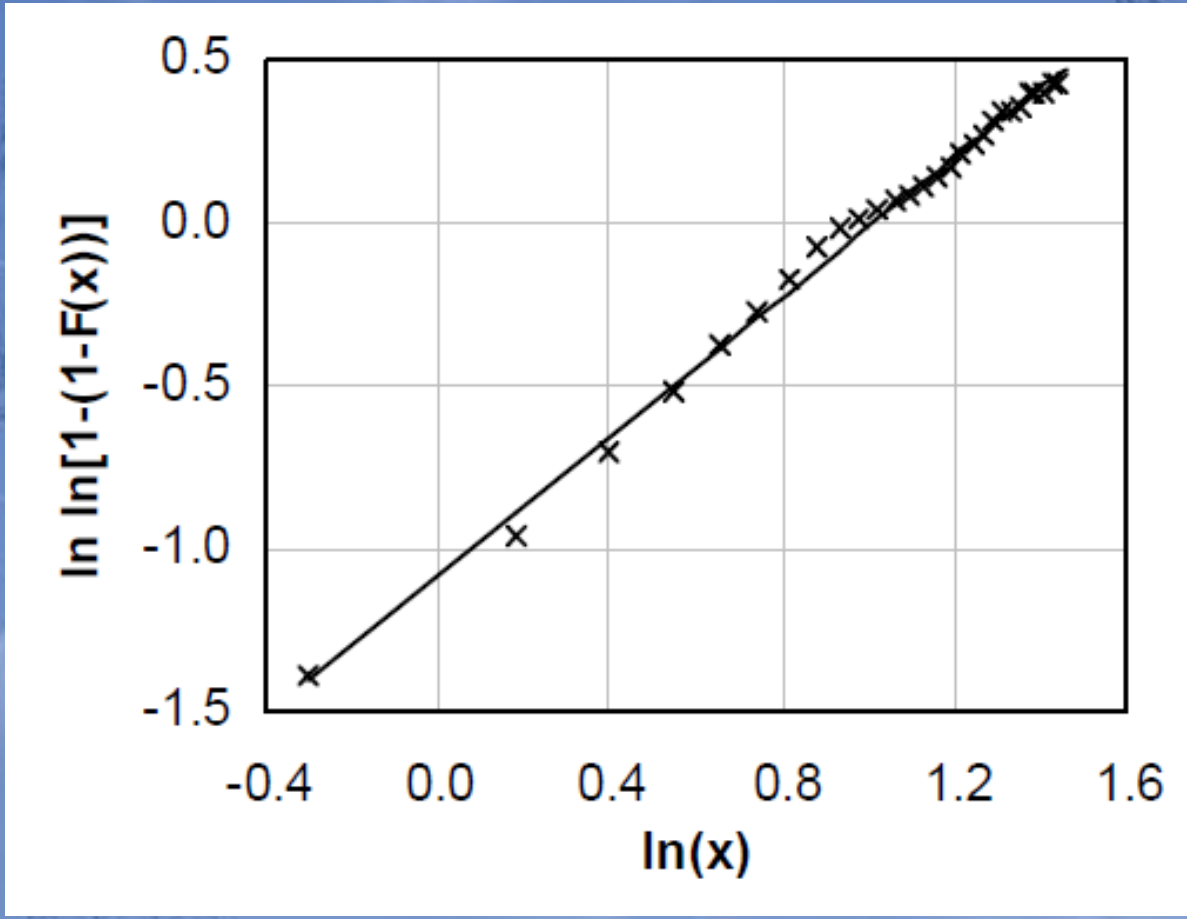
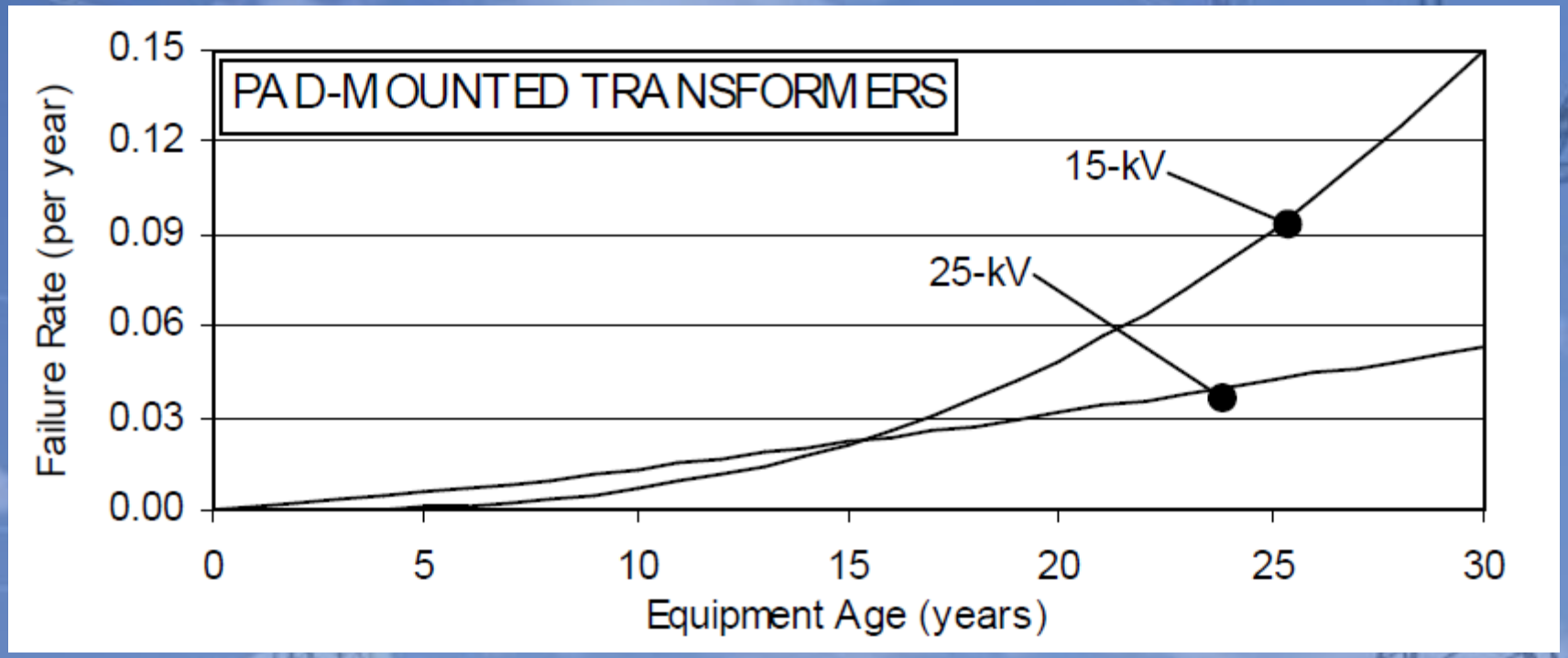


Table 4.2 Reliability of underground distribution components.[17-22]

Description	λ_P (per year)			MTTR (hours)		
	Low	**Typical**	**High**	**Low**	**Typical**	**High**
Underground Cable						
Primary Cable	0.003*	0. 070*	0. 587*	1.5	10.0	30
Secondary Cable	0. 005*	0. 100*	0. 150*	1.5	10.0	30
Elbows Connectors	6.0e-5	0.0006	0.001	1.0	4.5	8.0
Cable Splices and Joints	6.0e-5	0.030	0.159	0.5	2.5	8.0
Padmount Transformers	0.001	0.010	0.050	4.0	6.5	7.8
Padmount Switches	0.001	0.003	0.005	0.8	2.5	5.0

*Failure rates for underground cable are per circuit mile.


PAD-MOUNTED TRANSFORMERS
15-kV
25-kV
Failure Rate (per year)
0.15
0.12
0.09
0.06
0.03
0.00
0
5
10
15
20
25
30
Equipment Age (years)

مثال

زنجیرهٔ مارکوف

سه شرط :

۱- سکون رفتار

۲- فقدان حافظه

۳- هویت پذیری حالات

Stochastic Transient Probability Matrix (STPM)

رفتار گذرا
رفتار ماندگار (Limiting Values)

$$P = \begin{matrix} P_{11} & P_{12} \\ P_{21} & P_{22} \end{matrix}$$

$$\alpha \boldsymbol{P} = \alpha$$

شاخصهای قابلیت اطمینان

A-Customer Based Indices

- متوسط دفعات خاموشی سیستم (SAIFI)
- متوسط زمان خاموشی سیستم (SAIDI)
- متوسط زمان هر خاموشی برای هر مشترک (CAIDI)
- متوسط دسترس پذیری (ASAI)
- متوسط دسترس ناپذیری (ASUI)

هر چند این شاخصها معایبی نیز دارند، ولی یک ویژگی مهم آنها آن است که تفاوتی بین یک مشترک روستایی و شهری (که مصارف مختلفی دارند) نمی گذارد و منطبق بر حقوق مدنی است.

به عبارت دیگر، در این شاخصها میزان مصرف مطرح نیست.

❑متوسط دفعات خاموشی سیستم (SAIFI)

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^{n} \lambda_i N_i}{\sum_{i=1}^{n} N_i}$$

System Average Interruption Frequency Index:

$$\text{SAIFI} = \frac{\text{Total Number of Customer Interruptions}}{\text{Total Number of Customers Served}} \quad /\text{yr}$$

❑متوسط زمان خاموشی سیستم (SAIDI)

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^{n} U_i N_i}{\sum_{i=1}^{n} N_i}$$

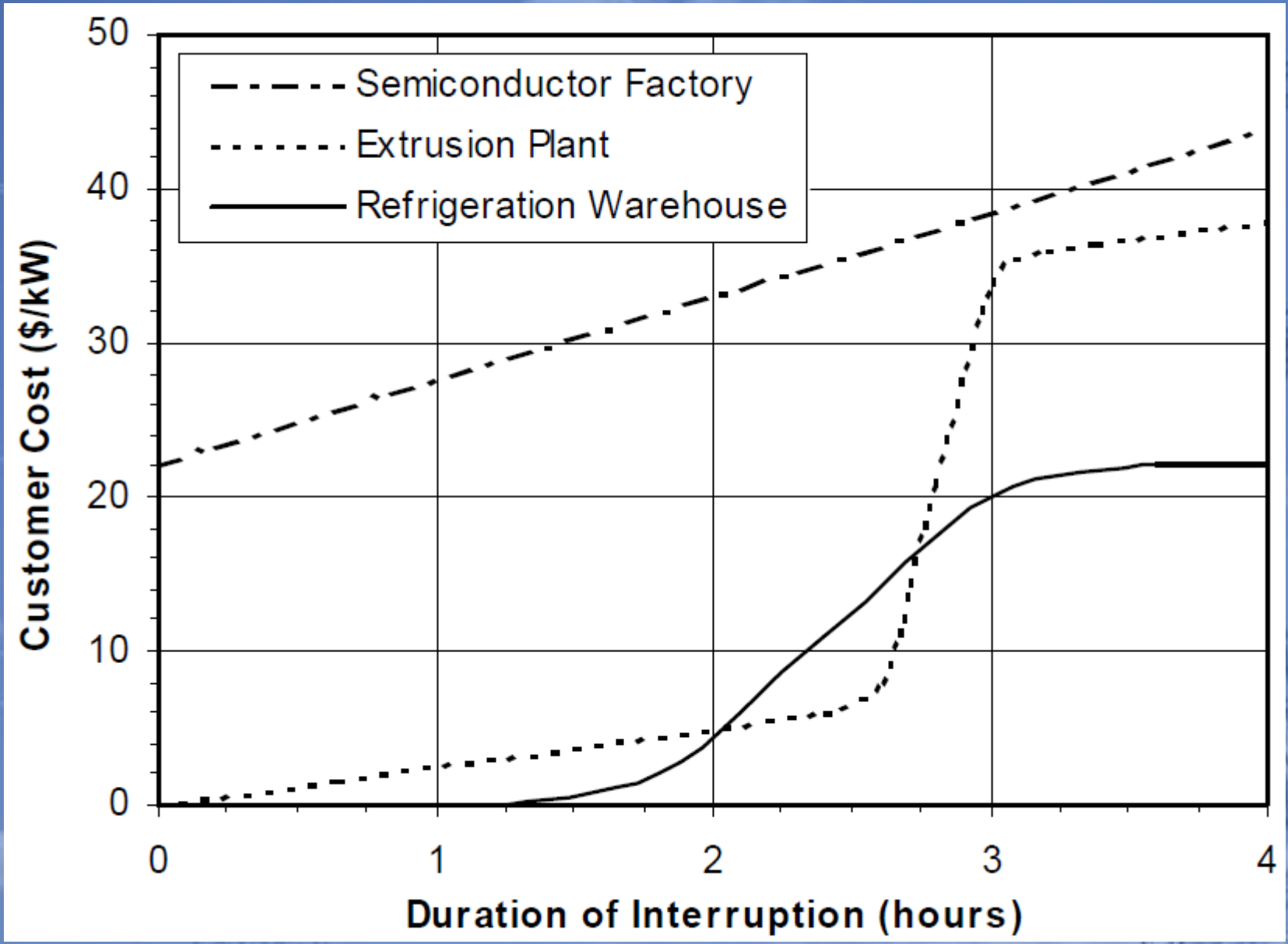
System Average Interruption Duration Index:

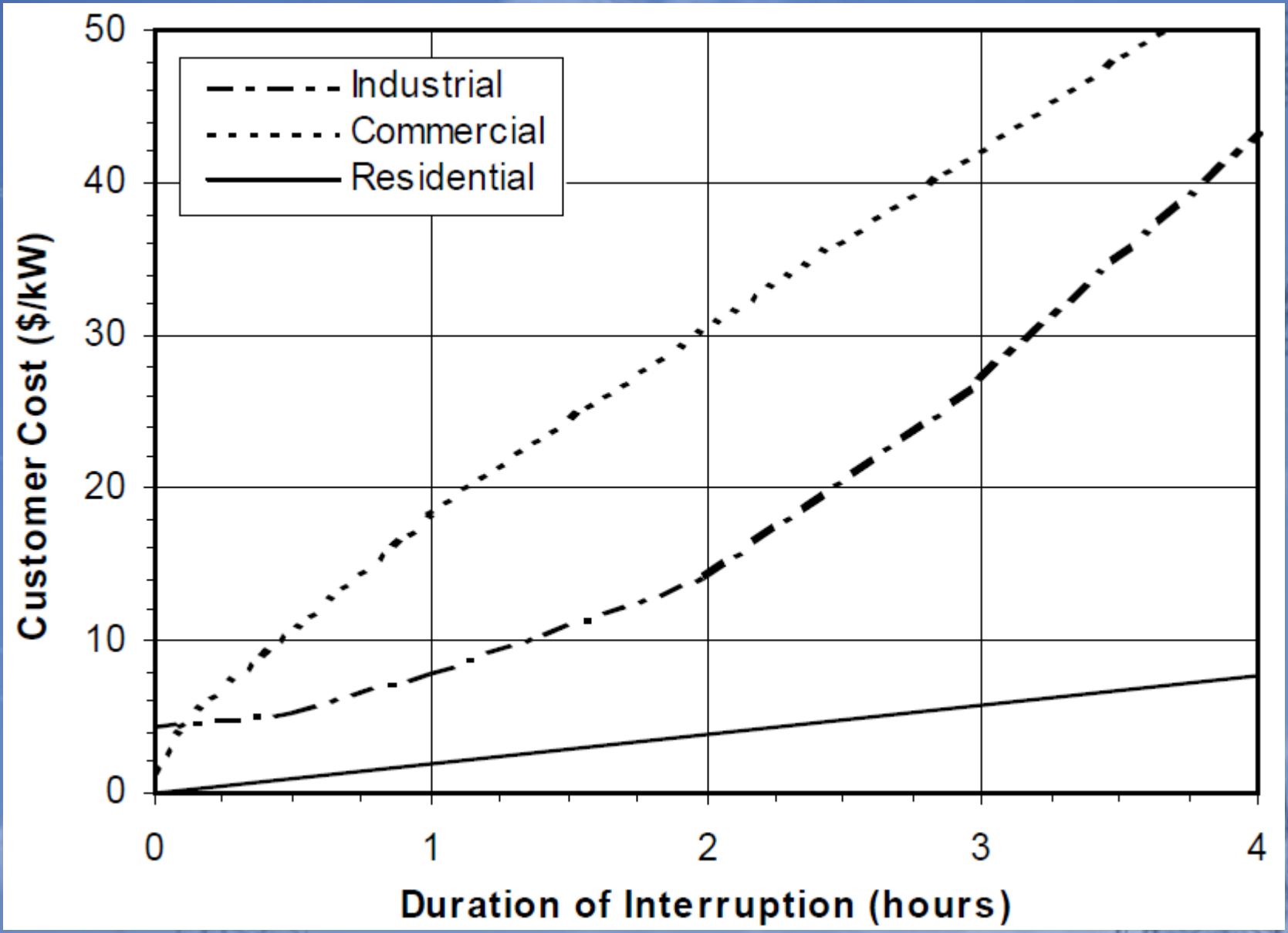
$$\text{SAIDI} = \frac{\sum \text{Customer Interruption Durations}}{\text{Total Number of Customers Served}} \qquad \text{hr/yr}$$

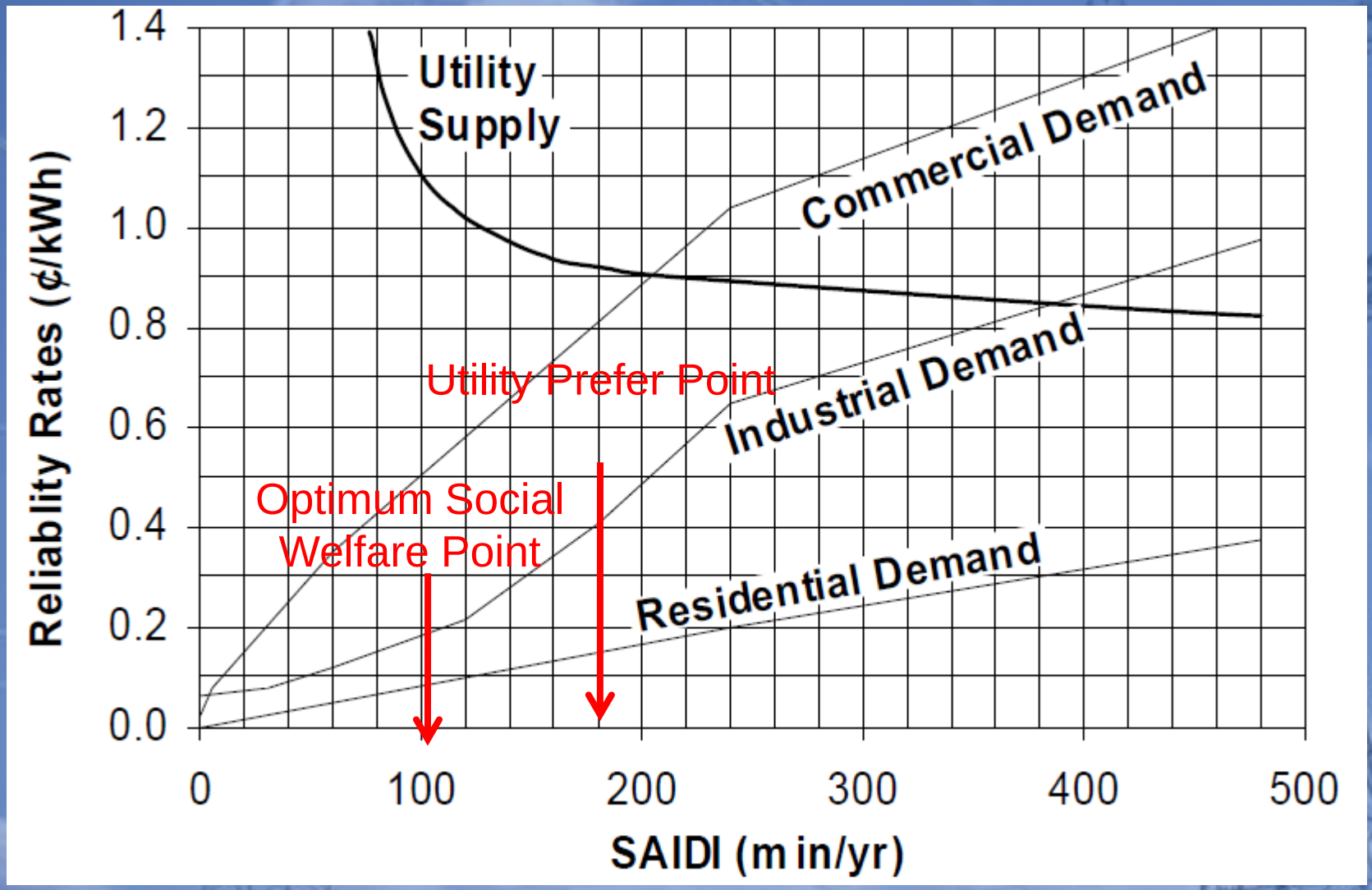
مفهوم وابستگی خسارت به تداوم آن و اهمیت شاخص SAIDI :

برخی صنایع مثل صنعت نیمه هادی با بروز قطعی بلافاصله حداکثر خسارات را متحمل می شوند و میزان خسارت با افزایش زمان قطع با شیب ملایمی افزایش می یابد.

برخی صنایع نیز مثل صنایع سردخانه ای و صنایع شیشه و پلاستیک به قطعیهای کوتاه مدت خیلی حساس نیستند ولی تداوم قطعی به شدن خسارات را افزایش می دهد.


Semiconductor Factory
Extrusion Plant
Refrigeration Warehouse
Customer Cost ($/kW)
0
10
20
30
40
50
0
1
2
3
4
Duration of Interruption (hours)


Industrial
Commercial
Residential
Customer Cost ($/kW)
0
10
20
30
40
50
0
1
2
3
4
Duration of Interruption (hours)


Reliablity Rates (¢/kWh)
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
0
100
200
300
400
500
SAIDI (min/yr)
Utility Supply
Commercial Demand
Industrial Demand
Residential Demand
Utility Prefer Point
Optimum Social Welfare Point

❑متوسط زمان هر خاموشی برای هر مشترک (CAIDI)

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \qquad CAIDI = \frac{\sum_{i=1}^{n} U_i N_i}{\sum_{i=1}^{n} \lambda_i N_i}$$

Customer Average Interruption Duration Index:

$$\text{CAIDI} = \frac{\sum \text{Customer Interruption Durations}}{\text{Total Number of Customer Interruptions}} \quad \text{hr}$$

❑متوسط دسترس پذیری (ASAI)

$$ASAI = \frac{\sum_{i=1}^{n} 8760N_i - \sum_{i=1}^{n} U_i N_i}{\sum_{i=1}^{n} 8760N_i}$$

Average Service Availability Index:

$$\text{ASAI} = \frac{\text{Customer Hours Service Availability}}{\text{Customer Hours Service Demand}} \quad \text{pu}$$

- متوسط دسترس ناپذیری (ASUI)

$$ASUI = \frac{\sum_{i=1}^{n} U_i N_i}{\sum_{i=1}^{n} 8760 N_i}$$

شاخصهای قابلیت اطمینان
B-Utility Based Indices

- انرژی تامین نشده (ENS)
- متوسط انرژی تامین نشده (AENS)

برای شرکتهای برق ایــده آل هســتند چــون شاخصــی بــرای ســنجش درآمدهای تحقق نیافته اند

- انرژی تامین نشده (ENS)

$$ENS = \sum_{i=1}^{n} L_i U_i$$

- متوسط انرژی تامین نشده (AENS)

$$\frac{\sum_{i=1}^{n} L_i U_i}{\sum_{i=1}^{n} N_i}$$

شاخصهای قابلیت اطمینان
C-Load Based Indices

- متوسط دفعات خاموشی سیستم (ASIFI)
- متوسط زمان خاموشی سیستم (ASIDI)

مشخصه : محاسبه آنها مشکل است و تنها ۸٪ شرکتهای برق در آمریکا آنها را محاسبه می کنند.

شاخصهایی قدیمی هستند که قبلا شرکتهای برق برای سنجش درآمدهای تحقق نیافته استفاده می کردند. در گذشته تعداد مشترکین تغذیه شـــده از هر ترانس مشخص نبود، ولی امروزه در سیستمهای GIS مشخص است که هر مشترک از کدام ترانس تغذیه شده است.

- متوسط دفعات خاموشی سیستم (ASIFI)

$$ASIFI = \frac{\sum_{j=1}^{m} \lambda_j S_j}{\sum_{i=1}^{n} S_i}$$

- متوسط زمان خاموشی سیستم (ASIDI)

$$ASIDI = \frac{\sum_{j=1}^{m} S_j U_j}{\sum_{i=1}^{n} S_i}$$

شاخصهای قابلیت اطمینان

بر پایه مشترکین متاثر شده از قطعی

D-Interrupted Customers Based Indices

- متوسط دفعات خاموشی مشترکین (CAIFI)
- متوسط زمان خاموشی کل مشترک (CTAIDI)

به جای کل مشترکین در مخرج کسرها، مشترکینی که حداقل یکبار دچار قطعی بوده اند را در مخرج قرار می دهد.

❑متوسط دفعات خاموشی مشترکین (CAIFI)

Customer Average Interruption Frequency Index:

$$\text{CAIFI} = \frac{\text{Total Number of Customer Interruptions}}{\text{Customers Experiencing 1 or more Interruptions}} \quad /\text{yr}$$

❑متوسط زمان خاموشی کل مشترک (CTAIDI)

Customer Total Average Interruption Duration Index:

$$\text{CTAIDI} = \frac{\sum \text{Customer Interruption Durations}}{\text{Customers Experiencing 1 or more Interruptions}} \quad \text{hr/yr}$$

شاخصهای قابلیت اطمینان

بر پایه قطعیهای لحظه ای

E- Momentary Interruptions Based Indices

- متوسط دفعات خاموشی لحظه ای (MAIFI)

❑متوسط دفعات خاموشی لحظه ای (MAIFI)

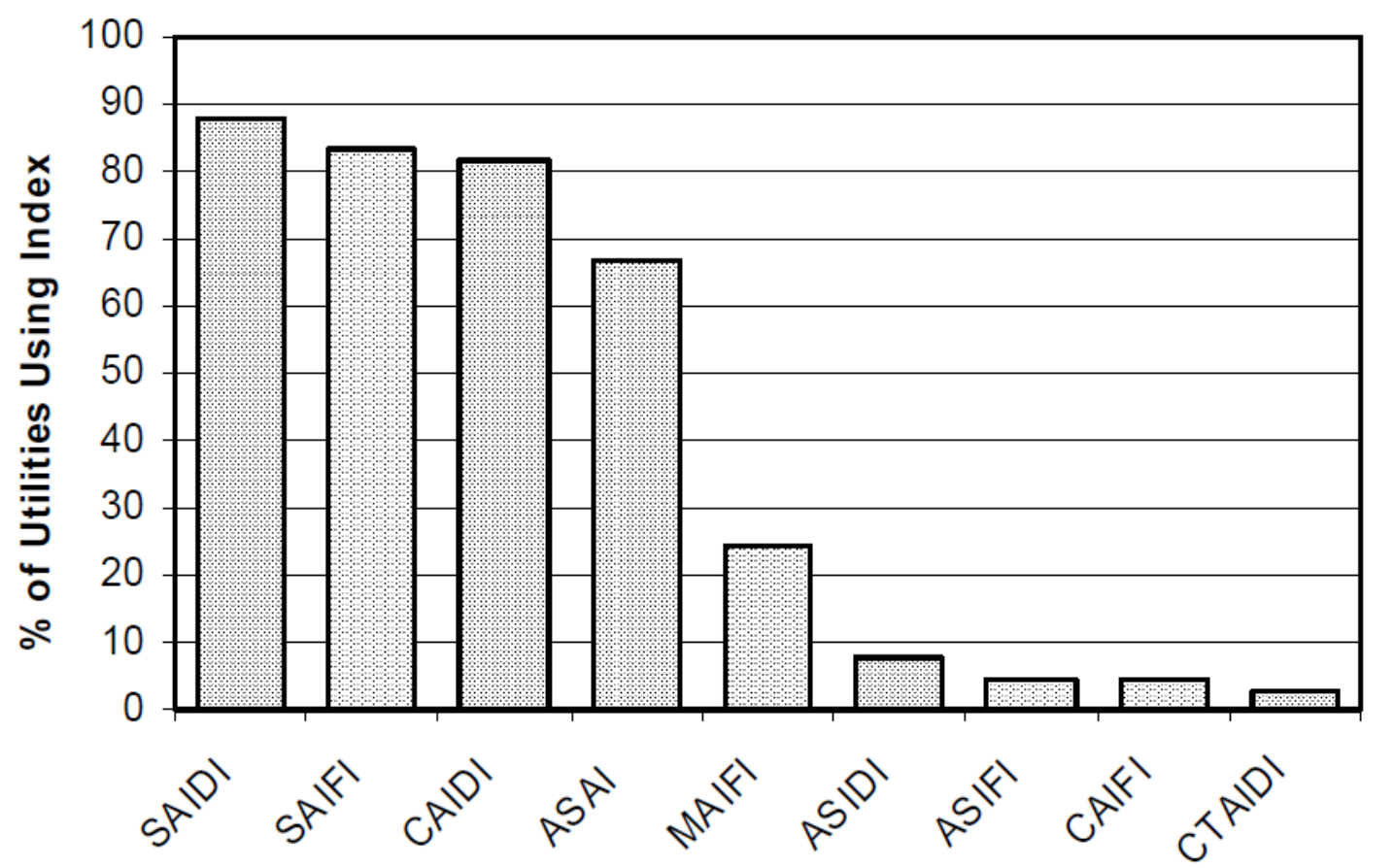
Momentary Average Interruption Frequency Index:

$$\text{MAIFI} = \frac{\text{Total Number of Customer Momentary Interruptions}}{\text{Total Number of Customers Served}} \quad /\text{yr}$$

عوامل حذف شده در محاسبه شاخصهای قابلیت اطمینان

- وقوع بلایای طبیعی
- قطعیهای برنامه ریزی شده
- قطع شبکه انتقال و فوق توزیع
- Black out

محبوبیت شاخصها



چرا اشاره شد که این شاخصها عیوبی نیز دارند ؟

مطالعه موردی

SAIFI

SAIDI

CAIDI

با هدف بهبود شاخصهای قابلیت اطمینان
SAIFI و SAIDI
پروژه ها و هزینه کردها به سمت مناطق با چگالی جمعیت بالا سوق می یابد تا تعداد مشترکین بیشتری منتفع شوند. این امر منجر می شود که قسمتهای پرجمعیت از رشد بالاتری برخوردار شوند و سرمایه گذاریها به جای سوق یافتن به مناطق حاشیه ای به چگالتر شدن جمعیت نواحی پر جمعیت بیانجامد

با هدف بهبود شاخصهای قابلیت اطمینان CAIDI

از دیدگاه نام، CAIDI به مفهوم متوسط زمان قطعی به ازای هر مشترک تلقی می شود ولی در واقع یک تقسیم ساده ریاضی به صورت زیر است :

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI}$$

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI}$$

لذا اگر در یک پروژه خاص SAIFI بیشتر از SAIDI کاهش یابد، به نظر می رسد که پروژه از دیدگاه CAIDI زیانبار بوده است. لذا بطور کل بیشتر شرکتها به استفاده از SAIFI و SAIDI راغب بوده و CAIDI بسیار کمتر مورد استفاده قرار می گیرد

مثال از محاسبات شاخصهای قابلیت اطمینان

Table 1 shows an excerpt from one utility's customer information system (CIS) database for feeder 7075, which serves 2000 customers for a total load of 4 MW. In this example, Circuit 7075 constitutes the "system" for which the indices are calculated. More typically the "system" combines all circuits together in a region or for a whole company.

Table 1—Outage data for 1994

Date	Time	Time on	Circuit	Event code	No. of customers	Load (kVA)	Interrupt type
3/17	12:12:20	12:20:30	7075	107	200	800	Sustained
4/15	18:23:56	18:24:26	7075	256	400	1600	Momentary
5/5	00:23:10	01:34:29	7075	435	600	1800	Sustained
6/12	23:17:00	23:47:14	7075	567	25	75	Sustained
7/6	09:30:10	09:31:10	7075	567	2000	4000	Momentary
8/20	15:45:39	20:12:50	7075	832	90	500	Sustained
8/31	08:20:00	10:20:00	7075	1003	700	2100	Sustained
9/3	17:10:00	17:20:00	7075	1100	1500	3000	Sustained
10/27	10:15:00	10:55:00	7075	1356	100	200	Sustained

Table 2—Extracted customers who were interrupted

Name	Circuit no.	Date	Event code	Duration (min)
Willis, J.	7075	3/17/94	107	8.17
Williams, J.	7075	4/15/94	256	0.5
Willis, J.	7075	4/15/94	256	0.5
Wilson, D.	7075	5/5/94	435	71.3
Willis, J.	7075	6/12/94	567	30.3
Willis, J.	7075	8/20/94	832	267.2
Wilson, D.	7075	8/20/94	832	267.2
Yattaw, S.	7075	8/20/94	832	267.2
Willis, J.	7075	8/31/94	1003	120
Willis, J.	7075	9/3/94	10	10
Willis, J.	7075	10/27/94	1356	40

SAIFI
SAIDI
CAIDI
CTAIDI
CAIFI
ASAI
ASIFI
ASIDI

Table 3—Interrupting device operations

Device	Date	Time	No. of operations	No. of operations to lockout
Brk 7075	4/15	18:23:56	2	3
Recl 7075	7/6	09:30:10	3	4
Brk 7075	8/2	2:29:02	1	3
Brk 7075	8/2	2:30:50	2	3
Recl 7075A	8/2	3:25:40	2	4
Recl 7075	8/25	08:00:00	2	4
Brk 7075	9/2	04:06:53	2	3
Recl 7075	9/5	11:53:22	3	4
Brk 7075	9/8	5:25:10	1	3
Recl 7075	10/2	7:15:19	1	4
Recl 7075	11/12	00:00:05	1	4

To better illustrate the concepts of momentary interruption, and sustained interruption, and the associated indices, consider the following figure.

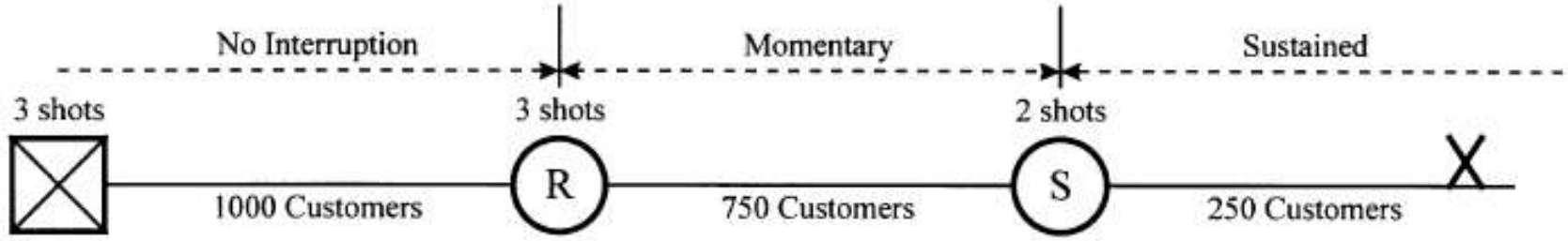


Figure 1—Sample system 2

For this scenario, 750 customers would experience a momentary interruption and 250 customers would experience a sustained interruption. Calculations for SAIFI, MAIFI, and $MAIFI_E$ are shown below.

SAIFI
MAIFI

مقایسه شاخصهای قابلیت اطمینان در سال ۱۹۸۷

Table 2.6. Distribution reliability indices reported from utilities around the world (1987 data). The reliability of rural systems tends to get better as population density increases. The notable exception is Italy, which has poor reliability in both its urban and rural areas.

	SAIFI (/yr)	SAIDI (min/yr)	CAIDI (min)	ASAI (pu)	Density (people/mi^2)
Urban Systems					
Finland	0.8	33	41	0.99994	
Sweden	0.5	30	60	0.99994	
Denmark	0.3	7	20	0.99999	
Italy	2.5	120	48	0.99977	
Netherlands	0.3	15	58	0.99997	
Rural Systems					
Finland	5.0	390	78	0.99926	38.3
Sweden	1.5	180	120	0.99966	51.2
Denmark	1.2	54	45	0.99990	313.7
Italy	5.0	300	60	0.99943	496.9
Netherlands	0.4	34	79	0.99994	975.3
Overall					
Norway	2.0	300	150	0.99943	34.6
United States	1.3	120	90	0.99940	73.2
United Kingdom	0.7	67	92	0.99987	653.4
Netherlands	0.4	27	73	0.99995	975.3