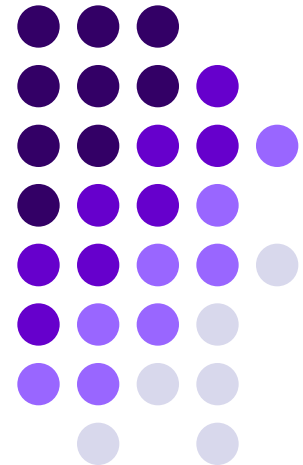
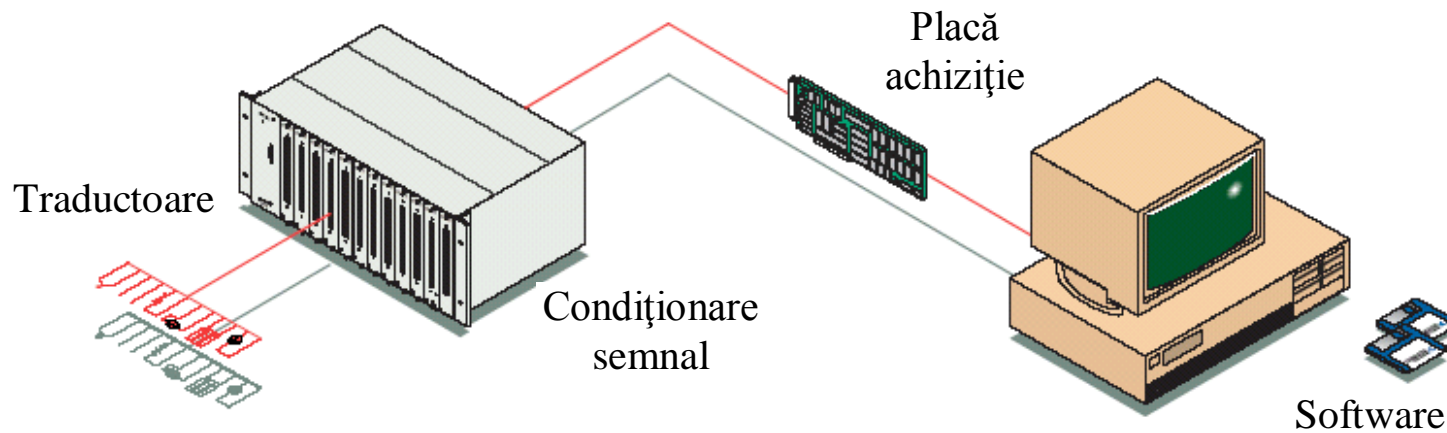
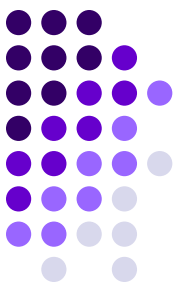


# Senzori inteligenti si achizitii de date



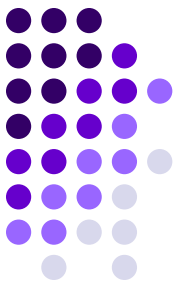


# Cuprins\_7

## Hazard, fiabilitate si proiectare

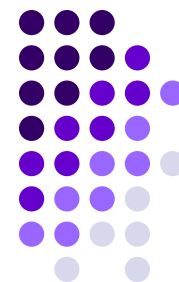
- Complemente de calculul probabilitatilor
- Variabila aleatoare
- Hazard / introducere

# Complemente de calculul probabilitatilor / eveniment



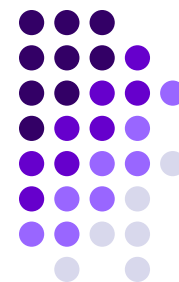
- În natură fenomenele se manifestă în mod determinist sau în mod aleatoriu;
- **Fenomenele deterministe** sunt caracterizate printr-o evoluție după o lege determinată matematic;
- **Fenomenele aleatorii** sunt fenomenele în care stările nu sunt cunoscute în mod determinist dar pot fi interpretate prin intermediul noțiunii de probabilitate;
- Noțiunea fundamentală a teoriei probabilităților este aceea de **eveniment**;
- **Ce este un eveniment ?**
- Rezultatul unui experiment, adică producerea sau absența unui fenomen în experiență, în condițiile unor ipoteze și restricții impuse = **eveniment**;
- Evenimentul:
  - ❖ elementar;
  - ❖ compus (notat  $A_i$ );
  - ❖ evenimentul sigur ( $E$ ) dintr-un experiment este cel care se produce sigur pe parcursul acestuia;

# Eveniment elementar si compus



- **Ce este un eveniment elementar și ce este un eveniment compus ?**
- Exemplu: aparitia unui număr la aruncarea unui zar- diverse evenimente posibile:
  - A – apariția unui număr par;
  - B – apariția unui număr impar;
  - C – apariția numărului “2”;
  - D – apariția unui număr  $\geq 4$ ;
- Apariția numărului “3”  $\rightarrow$  realizarea evenimentului B și nerealizarea evenimentelor A, C, D;
- Evenimentele A, B și D le sunt favorabile o mulțime finită de cazuri. De exemplu evenimentului A îi corespunde submulțimea {2, 4, 6} a mulțimii s.a.m.d. Evenimentele care au un singur caz favorabil = *elementare*;
- Două evenimente sunt *incompatibile* dacă producerea unuia exclude posibilitatea producerii celuilalt;
- Dacă două evenimente incompatibile reunite conduc la evenimentul sigur acestea se numesc complementare (A,  $\bar{A}$ ).
- *Evenimentul A implică evenimentul B* dacă realizarea lui A atrage după sine realizarea lui B:  $A \subset B$ .

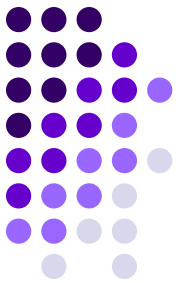
# Evenimente / exemplu



## Exemplul 1

- *Un robot industrial mobil trebuie să execute o operație într-un mediu dat pe una din traiectoriile disponibile (1, 2,3), printr-o coordonare asigurată de senzori optici, acustici, termici cu utilizarea efectorului final (varianta I și II).*
- *Evenimente posibile:*
  - ❖ *Atingerea punctului țintă – evenimentul “A”; Evenimentului “A” îi corespund cazurile favorabile definite de traiectoria 1, 2 sau 3;*
  - ❖ *Detectarea obstacolelor din spațiul de lucru – evenimentul “B”; Evenimentului “B” îi corespund cazurile favorabile definite de locația obstacolelor pe bază de senzorii vizuali, acustici și cei termici;*
  - ❖ *Preluarea obiectului vizat în aplicație – evenimentul “C”; Evenimentului “C” îi corespund cazurile oferite de prehensarea obiectului cu ajutorului efectorului I sau II.*
- *Sa se consemneze evenimente elementare si compuse;*
- *?*

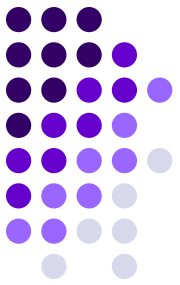
# Multime - eveniment



Există astfel o *dualitate de limbaj: eveniment - multime*

Limbajul evenimentelor	Limbajul mulțimilor
Eveniment;	Submulțimea lui A;
Eveniment sigur;	Mulțimea totală A;
Eveniment imposibil;	Mulțimea vidă $\emptyset$
A implică B	$A \subset B$
A sau B	$A \cup B$
A și B	$A \cap B$
Non A	$C A$
A și B incompatibile	$A \cap B = \emptyset$
Eveniment elementar	$A_i, \{A_i\}, A_i \in A$

# Eveniment - probabilitate



- Fiecărui experiment  $A \rightarrow$  un număr pozitiv  $P(A) = \textit{probabilitatea lui de realizare}$ ;
- Dacă într-o serie de “n” probe evenimentul A s-a realizat de  $m \leq n$   
 $\rightarrow$  probabilitatea evenimentului A:

$$P(A) = \frac{m}{n}$$

$$0 < P(A) < 1$$

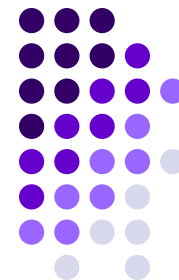
$$P(E) = 1$$

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$$

$$P(A - B) = P(A) - P(B)$$

$$P(A \cap B) = P(A) \cdot P(B)$$

## Calculul probabilistic



- Probabilitatea evenimentului B condiționată de evenimentul A

$$P(B|A) = P_A(B) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)}$$

- Dacă evenimentele A și B își modifică probabilitatea în funcție de realizarea sau nerealizarea celuilalt - *evenimentele sunt dependente*;
- Formula **probabilității totale** - probabilitatea de realizare a unui eveniment o dată cu realizarea unuia din evenimentele incompatibile  $A_1, A_2, \dots, A_n$ :

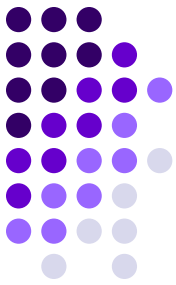
$$P_{(B)} = \sum P_{(A_i)} \cdot P_{A_i(B)}$$

- **teorema lui Bayes**: probabilitatea ca o dată cu ev. B să se realizeze și ev. incompatibil  $A_i$

$$P_{B(A_i)} = \frac{P_{(A_i)} \cdot P_{A_i(B)}}{P_{(B)}}$$



# Calcul probabilistic



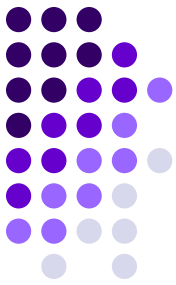
- **Starea de funcționare** sau de **defecțiune** a unui sistem în condiții precizate de exploatare = **eveniment** în câmpul de evenimente asociat experimentului considerat

## *schema binomială generalizată*

- $A_1, A_2, \dots, A_n$  “n” evenimente independente;
- Probabilitatea să se realizeze k din cele “n” evenimente – și să nu se realizeze “n-k” – este egală cu coeficientul lui  $x^k$  din dezvoltarea polinomului:

$$(p_1 \cdot x + q_1) \cdot (p_2 \cdot x + q_2) \cdot (p_3 \cdot x + q_3) \cdot \dots \cdot (p_n \cdot x + q_n)$$

$$p_i = P_{(A_i)} \quad \text{si} \quad q_i = 1 - p_i$$



## Schema binomiala

- evenimentele  $A_1, A_2, \dots, A_n$  au aceeași probabilitate

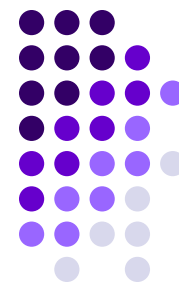
$$p_i = p \text{ si } q_i = 1 - p$$

- probabilitatea realizării a “k” din cele evenimente, este egală cu

coeficientul lui  $x^k$  din polinomul:  $(p \cdot x + q)^k$

$$C_n^k \cdot p^k \cdot q^{n-k}$$

## Calcul probabilistic – Exemplu de calcul



### • Exemplul 2

*Pentru iluminarea frontală a unei scene se utilizează două surse de lumină de producție și timp de utilizare diferiți. Se cere să se determine probabilitatea defectării simultane a celor două surse;*

#### • evenimente:

❖ *A - defectarea sursei 1*

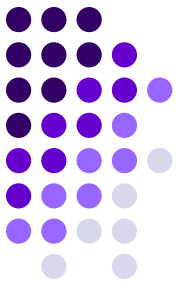
❖ *B - defectarea sursei 2*

$$P_{(A)} = \frac{1}{9} \quad P_{(B)} = \frac{1}{11}$$

#### • evenimentele A și B - independente

$$P_{(A \cap B)} = P_{(A)} \cdot P_{(B)} = \frac{1}{9} \cdot \frac{1}{11} = \frac{1}{99}$$

## Calcul probabilistic – Exemplu de calcul



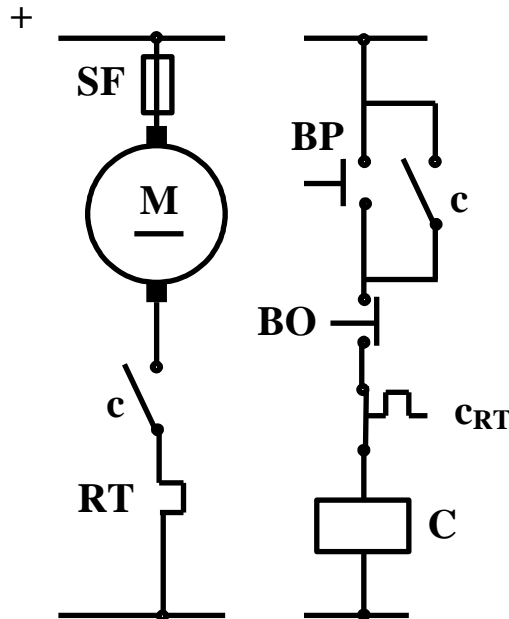
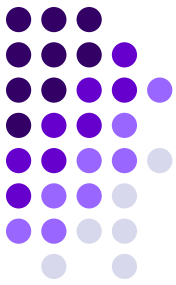
### **Exemplul 3**

• *Un sistem de iluminare tolerant la defectare presupune utilizarea a două surse de lumină. Care este probabilitatea de funcționare a sistemului (cel puțin una din surse să funcționeze). Probabilitatea funcționării corecte a surselor este:*

$$P_{(A)} = P_{(B)} = 0.8$$

$$P_{(A \cup B)} = P_{(A)} + P_{(B)} - P_{(A \cap B)} = 0.8 + 0.8 - 0.64 = 0.96$$

## Calcul probabilistic - Exemplu de calcul

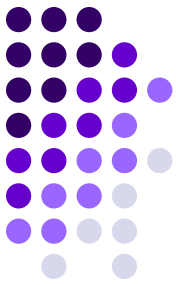


### Exemplul 4

- Evenimentul A – funcționarea siguranței fuzibile SF;
- Evenimentul B – motorul M să fie funcțional (fără defecte);
- Evenimentul C – releul termic RT să fie funcțional;
- Evenimentul D – butonul BO să nu fie apăsat;
- Evenimentul E – să fie apăsat butonul BP;
- Evenimentul G – să fie închis contactul c;

$$P_{(O)} = P_{(A)} \cdot P_{(B)} \cdot P_{(C)} \cdot P_{(D)} \cdot P_{(EUG)}$$

## Calcul probabilistic - Exemplu de calcul



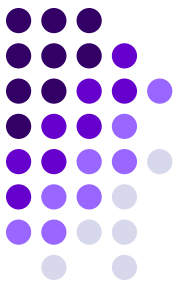
### Exemplul 5

- O operație de deminare se realizează cu ajutorul unui RI mobil dedicat ;
- Se presupune cunoscută probabilitatea de înscriere pe traiectoria din teren  $P(O) = 0.8$ ;
- Probabilitatea de funcționarea a echipamentului de localizare a minei este  $P(L) = 0.9$ ;
- Probabilitatea de reușită a deminării  $P(D1) = 0.55$ ;
- Care este probabilitatea de reușită a operației preconizate dacă cele trei evenimente sunt independente?

$$P_{(A)} = P_{(O)} \cdot P_{(L)} \cdot P_{(D1)} = 0.8 \cdot 0.9 \cdot 0.55 = 0.396$$

- Probabilitatea de reușită – redusă: se admite existența unui al doilea sistem cu probabilitatea  $P(D2) = 0.85$ ;
- **Al doilea sistem se pune în aplicare dacă primul este nesatisfăcător**

## Exemplul 4 (continuare)



- Care este probabilitatea de reușită a celei de-a doua variante?
- Care este probabilitatea de eșec total ?

**Evenimentul D2 trebuie să se realizeze când nu se realizează D1:**

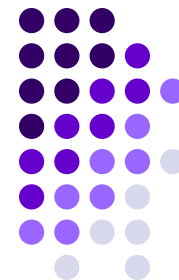
$$P_{(B|CA)} = \frac{P_{(B \cap CA)}}{P_{(CA)}} \quad P_{(CA)} = 1 - 0.396 = 0.604$$

$$P_{(B \cap CA)} = P_{(B)} \cdot P_{(CA)} = P_{(O \cap L \cap D2)} \cdot P_{(CA)} = 0.8 \cdot 0.9 \cdot 0.85 \cdot 0.604 = 0.3696$$

$$P_{(B|CA)} = \frac{0.3696}{0.604} = 0.612$$

$$P_{(ET)} = P_{(CA)} \cdot P_{(C(B|CA))} = 0.604 \cdot (1 - 0.612) = 0.234$$

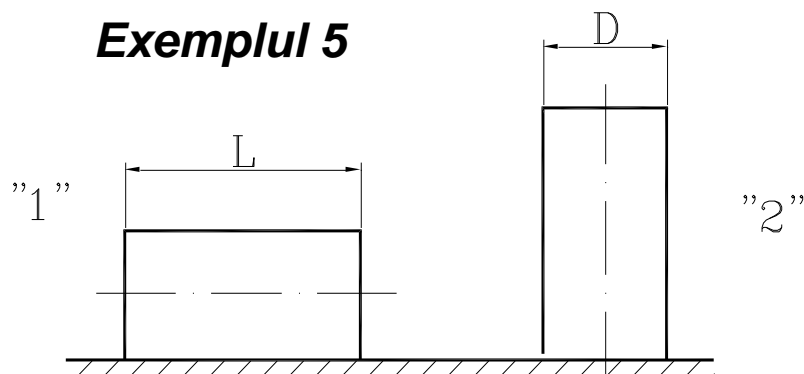
## Variabile aleatoare



- ce este o **variabilă aleatoare**?
- mărimile caracteristice fenomenului aleatoriu se numesc variabile aleatoare;
- se reprezintă ca funcții pe câmpul de evenimente asociat fenomenului cu valori din mulțimea valorilor posibile ale fenomenului considerat, cu o anumită probabilitate;
- variabila aleatoare  $X$  - reprezentare schematică de tip tablou:

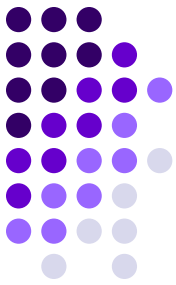
$$X \begin{pmatrix} x_1 & x_2 & \cdot & \cdot & x_n \\ p_1 & p_2 & \cdot & \cdot & p_n \end{pmatrix}$$

### Exemplul 5



$$X \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ \frac{L/D}{\sqrt{1 + (L/D)^2}} & 1 - p_1 \end{pmatrix}$$





## Exemplul 6

O scenă pentru iluminarea frontală utilizează două surse de lumină de producție și timpi de funcționare diferiți. Cele două surse au probabilitățile de funcționare  $P(A) = 8/9$  și  $P(B) = 10/11$ . Care este variabila aleatoare definită ca și starea de funcționare a sistemului ?

$$X \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ p_1 & p_2 & p_3 \end{pmatrix} \quad \bullet \text{ starea } x_1 \text{ corespunde funcționării ambelor surse:}$$

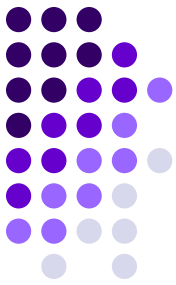
$$p_1 = P(A) \cdot P(B) = \frac{8}{9} \cdot \frac{10}{11} = \frac{80}{99}$$

• starea  $x_2$  corespunde funcționării unei surse

$$p_2 = P(A) + P(B) - P(A) \cdot P(B) = \frac{8}{9} + \frac{10}{11} - \frac{80}{99} = \frac{88 + 90 - 80}{99} = \frac{98}{99}$$

• starea  $x_3$  corespunde nefuncționării nici unei surse

$$p_3 = \frac{1}{9} \cdot \frac{1}{11} = \frac{1}{99}$$



## Exemplul 7

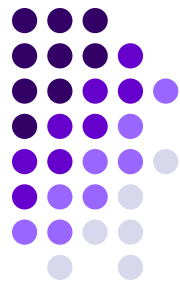
• Un sistem senzorial este format din 3 senzori de proximitate inductivi conectați în serie. Să se scrie distribuția variabilei aleatoare definită ca stare de defectare a sistemului. Probabilitatea de defectare individuală este  $P(a) = 1/10$ .

• Elementele fiind identice, probabilitățile de defectare se scriu ca și coeficienții binomiali ai lui  $x^k$ ,  $k = 1 - 3$ . Binomul are expresia ( $p = 0.1$ ,  $q = 0.9$ ):

$$(px + q)^3$$

$$X \begin{pmatrix} \frac{3!}{1!2!} \cdot 0.1^1 \cdot 0.9^2 & \frac{3!}{1!2!} \cdot 0.1^2 \cdot 0.9^1 & 0.1^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 0.243 & 0.027 & 0.001 \end{pmatrix}$$

## Variabila aleatoare



$a$  este o constantă;

distribuția  $aX$

$$aX \begin{pmatrix} ax_1 & ax_2 & \cdot & \cdot & ax_n \\ p_1 & p_2 & & & p_n \end{pmatrix}$$

$P_{ij}$  ( $i=1,2,\dots,m$  și  $j=1,2,\dots,n$ )  
 - probabilitatea realizării  
 simultane a egalităților  $X$   
 $= x_i$  și  $Y = y_j$ .

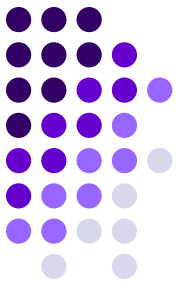
$$X + Y \begin{pmatrix} x_1 + y_1 & x_1 + y_2 & \cdot & \cdot & x_m + y_n \\ p_{11} & p_{12} & & & p_{mn} \end{pmatrix}$$

$$p_{ij} = p_i \cdot q_j$$

$$X \cdot Y \begin{pmatrix} x_1 \cdot y_1 & x_1 \cdot y_2 & \cdot & \cdot & x_m \cdot y_n \\ p_{11} & p_{12} & & & p_{mn} \end{pmatrix}$$

• variabila aleatoare  $X$  - vom numi valoarea medie a acestei variabile numărul:

$$M(X) = p_1 \cdot x_1 + p_2 \cdot x_2 + \dots p_n \cdot x_n$$



### Exemplul 8

- Un sistem senzorial este compus din 5 module numerotate de la 1 la 5 care se pot defecta independent cu probabilitatea individuală

$$p_k = 0.2 + 0.2 \cdot (k - 1)$$

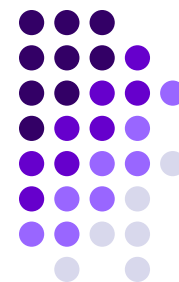
- $X$  variabila aleatoare asociată defectării modulului senzorial  $k$  cu starea de defect "1" și starea de funcționare "0"

$$X \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0.2 + 0.2 \cdot (k - 1) & 0.8 - 0.2 \cdot (k - 1) \end{pmatrix}; k = 1 \dots 5$$

- Numarul mediu de defectiuni

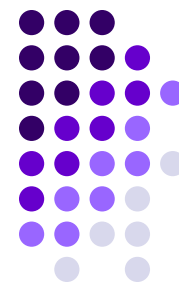
$$M(X) = \sum_1^5 1 \cdot [0.2 + 0.2 \cdot (k - 1)] = 3$$

# Hazard / introducere



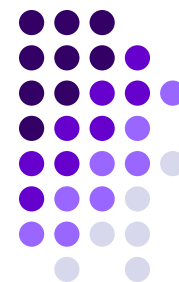
- În categoria hazardurilor tipice se pot include:
  - ❖ Puncte la limită;
  - ❖ Strivire, sfărâmare;
  - ❖ Coliziune cu obiecte mobile;
  - ❖ Cădere la înălțime;
  - ❖ Suprafețe alunecoase;
  - ❖ Explozie;
  - ❖ Șoc electric / scurtcircuit;
  - ❖ Temperatura / focul;
  - ❖ Toxicitatea;
  - ❖ Solicitare fizică;
- **Societatea Națională a Inginerilor Profesioniști** (NSPE – USA) – 1934:
  - ❖ “...serviciile practicate de ingineri impun onestitate, imparțialitate, cinste și echitate, și trebuie să fie dedicate pentru protecția publicului, siguranța și prosperitatea acestuia”;
  - ❖ “inginerii în atribuțiile lor profesionale, vor ...susține la maximum siguranța, sănătatea și bunăstarea publicului” primul criteriu fundamental (din cele șase) ale codului;

# Hazard / introducere



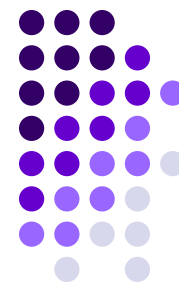
- **Proiectarea conceptuală** (metoda proiectării sistemelor Taguchi, 1989) - generează soluții potențiale multiple;
- După o analiză a fiecărei soluții posibile se selectează (pe baza principiilor inovative) setul de cerințe cu cele mai ridicate șanse de reușită;
- **Proiectarea detaliată** (proiectarea parametrilor și toleranțelor, Taguchi, 1989) - analiză detaliată a soluțiilor selectate pentru determinarea funcționalității, geometriei, dimensiunilor, ajustajului, interfaței umane, **siguranței** etc.
- **Proiectarea pentru siguranță (Design For Safety)** - metodologie de proiectare pentru sănătatea, siguranța și bunăstarea consumatorului, publicului și a muncitorilor care realizează sau care distribuie produsul;
- identificarea în faza de proiectare a aspectelor de hazard inerente în faza de fabricație, distribuție, utilizare și eliminarea acestor efecte;
- chiar dacă aceste efecte nu pot fi eliminate, se impune să se realizeze minimizarea posibilă și atenționarea utilizatorului despre pericolele rămase.

# Hazard / introducere



- ***Potențiale deficiențe pentru componentele mecanice:***

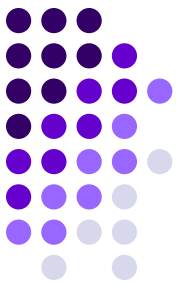
- ❖ Deformațiile elastice;
- ❖ Rupere fragilă (casantă);
- ❖ Deformații plastice, fluaj;
- ❖ Defecțiuni de flambaj, rupere ductilă;
- ❖ Defecțiuni de oboseală: coroziune indusă, frecare, impact, suprafață, efecte termice induse, vibrații;
- ❖ Defecțiuni datorate impactului / șocului indus: deformații, oboseală, rupere, frecare, uzare;
- ❖ Uzare: adezivă, abrazivă, cavitație, coroziune, eroziune, pitting etc.;
- ❖ Defecțiuni datorate efectelor termice induse: schimbarea proprietăților materialelor, deformații, șoc termic;
- ❖ Defecte de îmbinare, exfolieri;
- ❖ Corodare corozivă / chimică: galvanică, fisurare, agresivitate a hidrogenului, oxidare, pitting;
- ❖ Defecte combinate; rupere datorată oboselii sau flambajului, deformațiilor induse termic etc.;
- ❖ Defecte ale interfeței mecanice: decuplare, interferență, blocare, alunecare;



- **potentiale deficiente pentru componentele și sistemele electrice:**
  - ❖ Supratensiuni;
  - ❖ Tensiuni minime;
  - ❖ Defecțiuni de circuit deschis (în gol): ce conduce la pierdere a semnalului de ieșire ?
  - ❖ Defecțiuni de circuit în scurtcircuit: ce se întâmplă cu sistemul?
  - ❖ Aspecte termice: modificări a proprietăților de material, temperature de operare, dilatare, instabilitate termică;
  - ❖ Probleme mecanice: inserția / eliminarea componentelor, vibrații;
  - ❖ Străpungerea unei componente: în ce fel va afecta defecțiunea componentei modul de funcționare a sistemului;
  - ❖ Probleme ale sursei de alimentare: frecvența de lucru nominală, zgomotul în frecvență înaltă, tensiunea de alimentare, forma semnalului;
  - ❖ Anomalii ale semnalului (în domeniul timp): zgomot, forma semnalului, semnal perturbator;
  - ❖ Anomalii ale semnalului (în domeniul frecvență): distorsiuni, aliasing, spectru.



# Hazard / introducere



- Standardul militar MIL-STD-1629A impune un set minim de defecțiuni ale unui sistem care trebuie să fie luate în considerare:
  - ❖ operații premature;
  - ❖ operații intermitente;
  - ❖ defect de operare la prescrierea timpului;
  - ❖ defect de încetare a operației la prescrierea timpului;
  - ❖ lipsa / atenuarea semnalului de ieșire sau defect în timpul operației;
  - ❖ degradarea semnalului de ieșire sau a capacității operaționale.
- O **informație “istorică” a performanțelor și problemelor** referitoare la produsele și procesele existente sunt strict necesare inginerului proiectant;
- Se impune **colectarea informațiilor și arhivarea** acestora atât cu privire la defectele existente cât și la modalitățile folosite pentru rezolvarea acestora.