



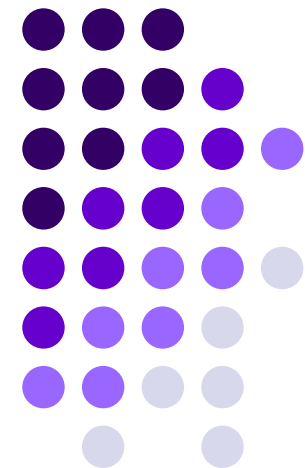
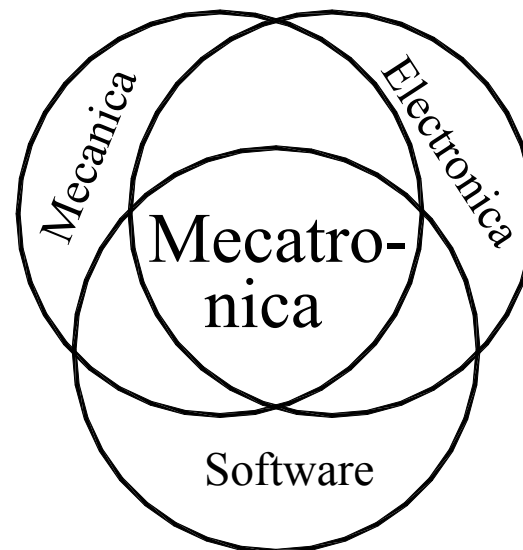
Departamentul
de
MECATRONICĂ

Facultatea
de
MECANICĂ

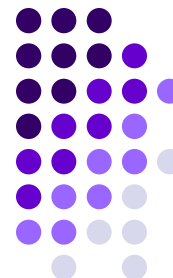


UNIVERSITATEA POLITEHNICA
TIMIȘOARA

PROIECTAREA SISTEMELOR MECATRONICE



Prof. dr. ing. Valer DOLGA,



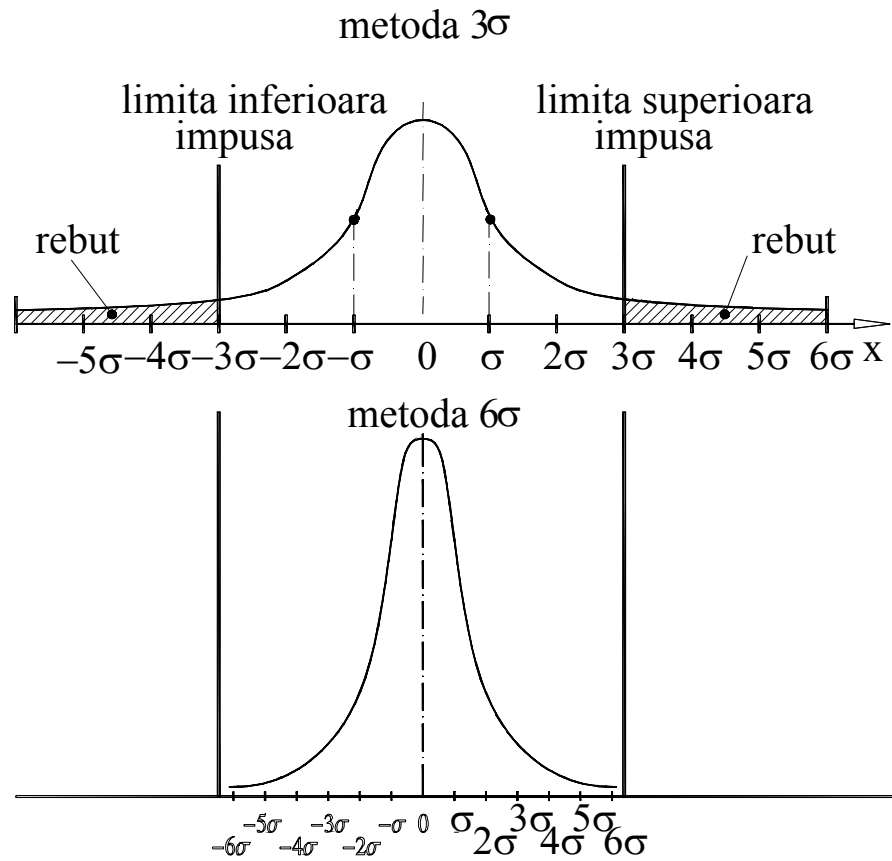
Cuprins

Fiabilitate si proiectare

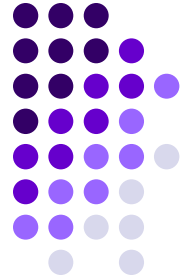
- Design for six sigma
- CAD / proiectarea axiomatica

Performantele procesului

Graficul unei variații și performanțele procesului 6σ

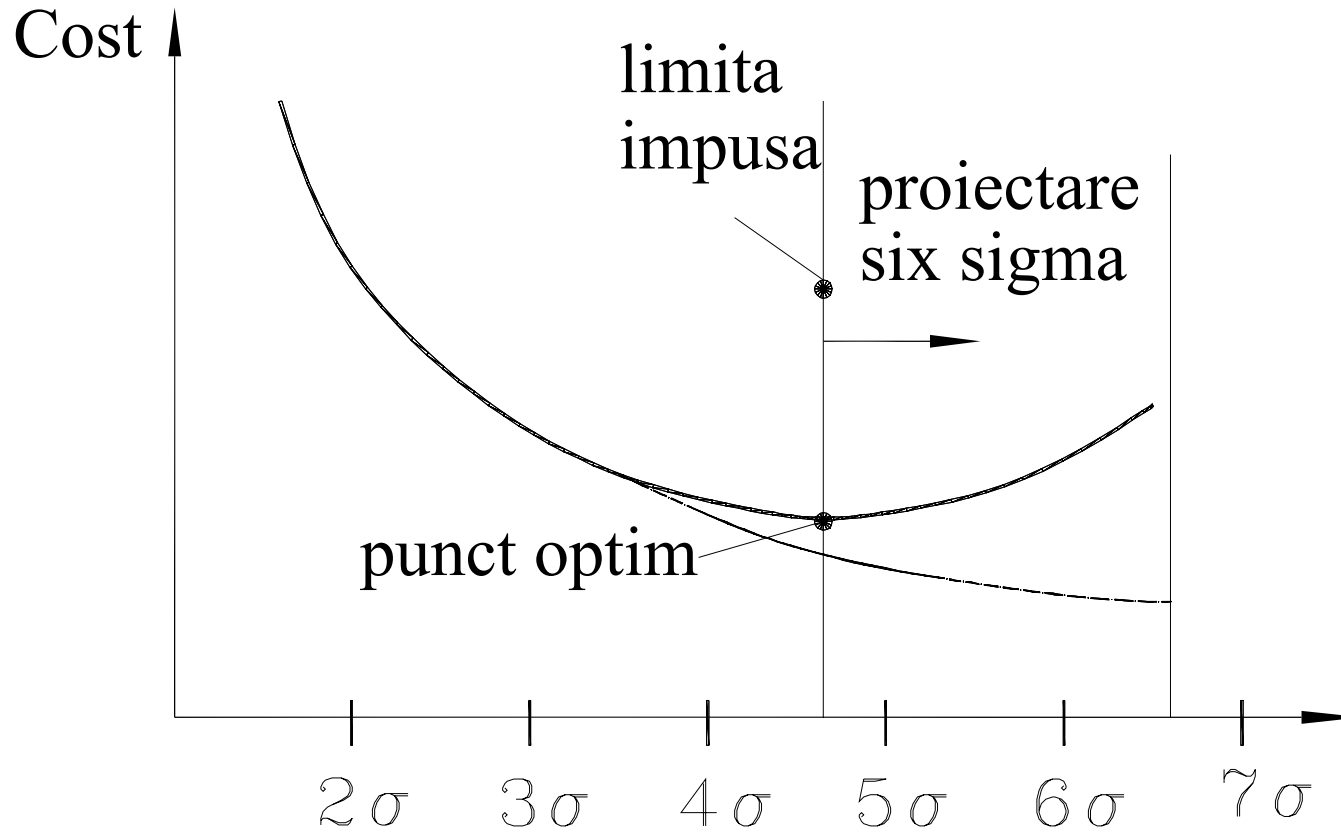
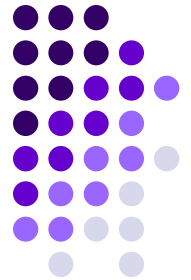


Fazele metodei six sigma

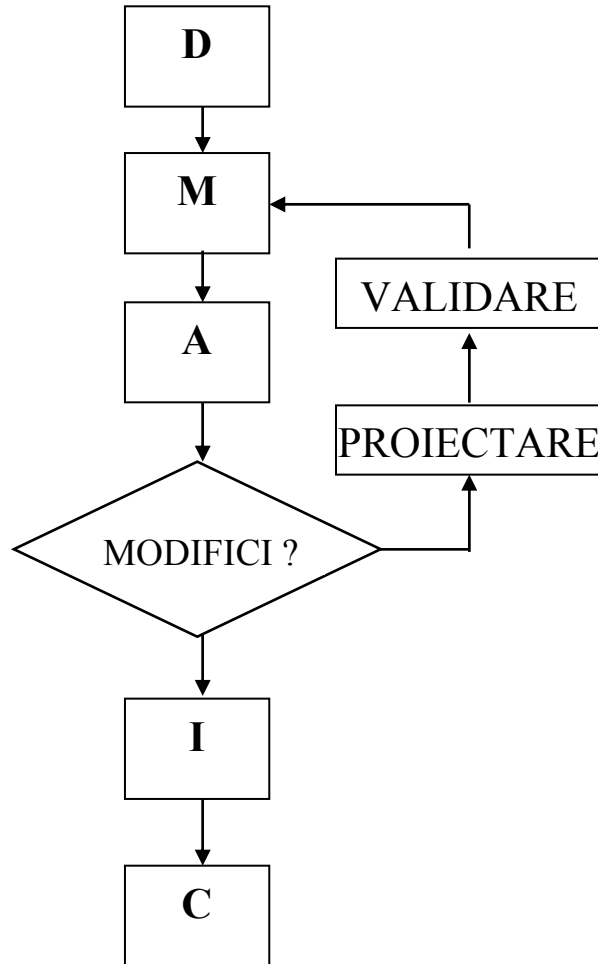
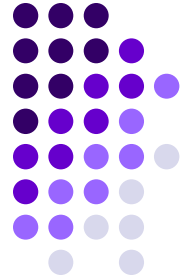


D	Definirea problemelor, defectelor
M	Se măsoară nivelul de performanță curent
A	Se analizează totalitatea cauzelor care stau la baza problemelor / defectelor
I	Îmbunătățirea situației prin identificarea și implementarea soluțiilor care elimină sursa de defecte
C	Controlul prin monitorizare a performanțelor pentru procesul analizat și îmbunătățit

Costul produsului

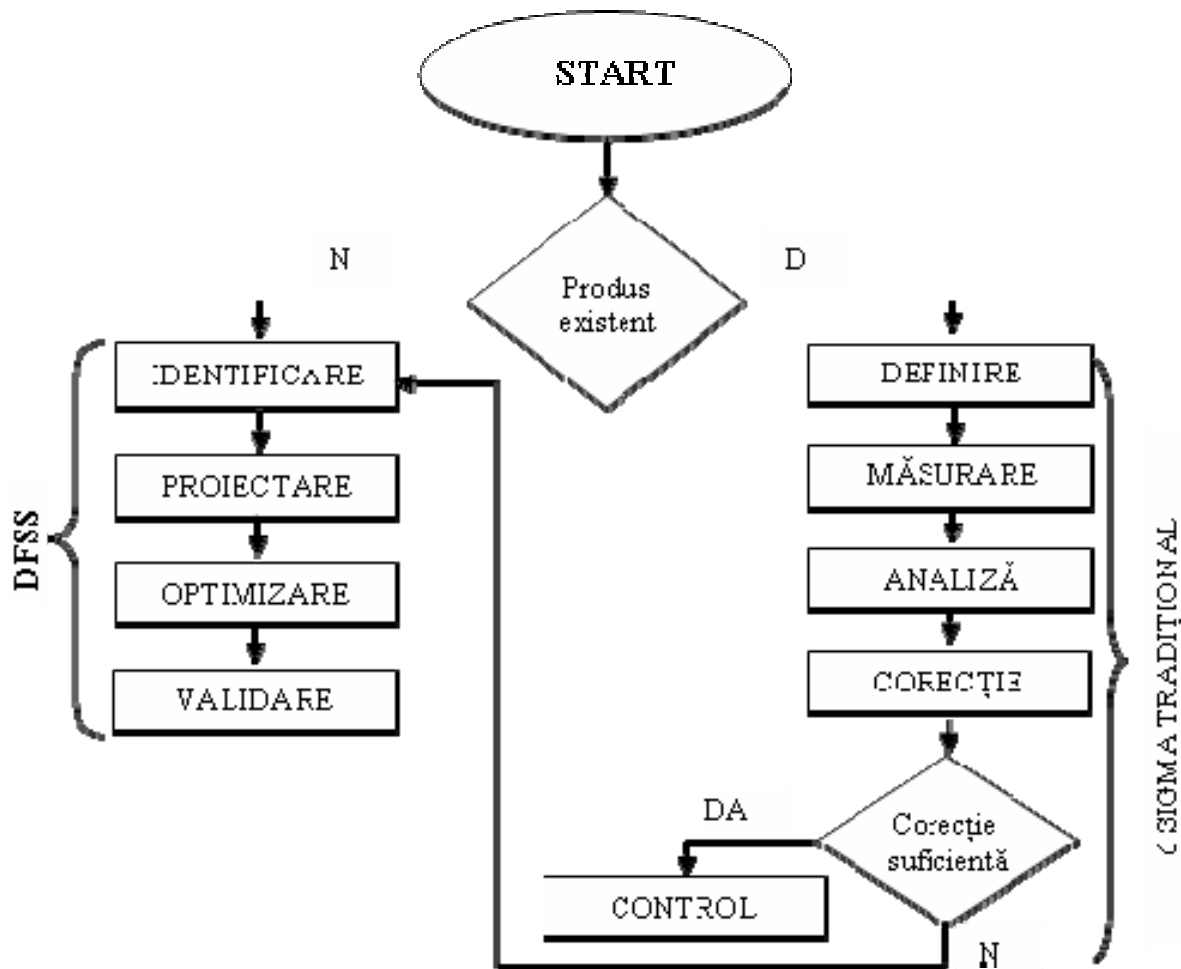
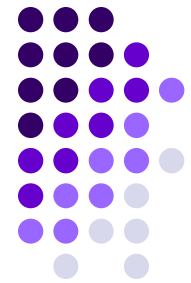


Procedeele de proiectare 6 sigma

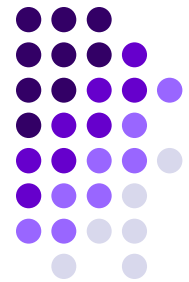


- metodologie pentru:
 - ❖ crearea de noi produse
 - ❖ reproiectarea produselor existente în vederea îmbunătățirii performanțelor.

Schema logică de proiectare

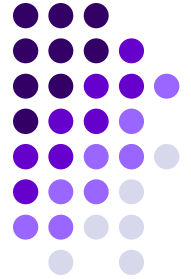


Factorii critici (CTx – *Critical to x*)



Faza	CTx	Aspecte măsurabile
Definire	Date inițiale pentru proiect Scopul proiectului	Bursa de acțiuni, venit Resurse, buget
Măsurare	Factorii critici de îndeplinire	Necesitățile beneficiarului au prioritate
	Factorii critici de calitate (CTQ)	Caracteristicile de calitate, valori de referință, toleranțe, funcții de transfer
Analiză	Lipsuri în cele prezentate anterior	Tehnologia prioritară, cost, fiabilitate
Proiectare	Factorii critici ai produsului	Variabilele de ieșire a procesului din transferul de la variabilele de intrare.
	Criteriul de selecție a proiectării	Criteriile de apreciere, studio de fezabilitate, alegerea furnizorilor
Validare	Toleranțele	Intrări optimizate, toleranțe, fiabilitate
	Factorii critici ai producției	Teste, controlul planului, proceduri standard

Interval de încredere



- **proiectarea 6 sigma** intervalul de încredere $I.I. = [\lambda_1 \lambda_2]$

pentru o repartiție normală standard,

$$I.I. = \bar{x} \pm Z_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

unde: \bar{x} este valoarea medie;

σ este deviația standard;

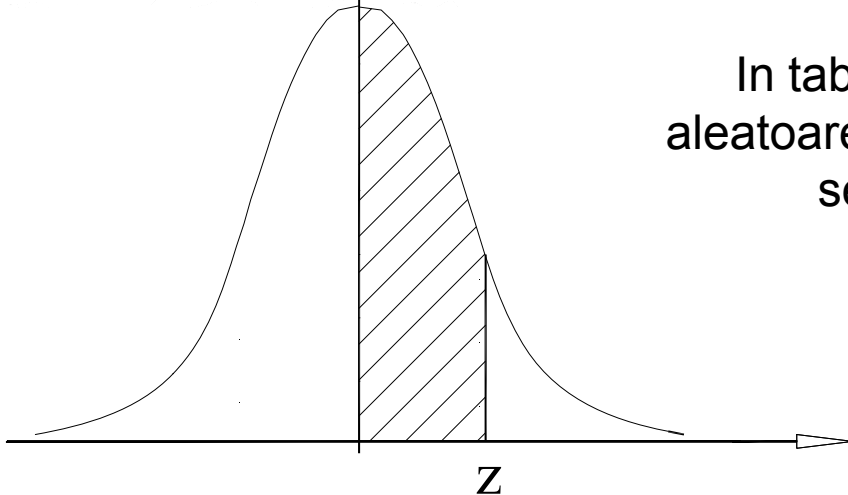
$Z_{\frac{\alpha}{2}}$ este valoarea variabilei Z pentru un nivel de încredere α .

Exemplul_1

Să se determine intervalul de încredere I.I. la un nivel de încredere de 95 % dacă valoarea medie a unui eșantion $n = 50$ este $\bar{x} = 24.6$ iar deviația standard este $\sigma = 3$.

Exemplul_1 (continuare)

In tabel – probabilitatea ca o variabila aleatoare cu distributie normala standard sa se gaseasca in intervalul [0 z]

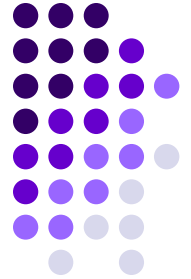


Pentru: $Z_{\frac{\alpha}{2}} = 1.96$

A doua zecimală a lui Z										
z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
.
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767
.

$$I.I. = 24.6 \pm 1.96 \cdot \frac{3}{\sqrt{50}} = 24.6 \pm 0.83 = \begin{cases} 23.83 \\ 25.43 \end{cases}$$

Metrica defectelor în 6 sigma



- O unitate produs se consideră deteriorat dacă are cel puțin un defect.

- Proporția **p** de deteriorare – $q = \frac{NUD}{NUP}$

unde: numărul de unități deteriorate **NUD** și numărul total de unități produs **NUP**

- Probabilitatea de lipsă a defectelor va fi: $p = 1 - q$

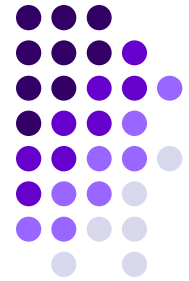
- Numărul de defecte pe unitate **dpu** se definește: $dpu = \frac{ND}{NUP}$
unde ND - numărul de defecte.

- Numărul de defecte pe oportunitate **dpo**: $dpo = \frac{ND}{NUP \times OPU}$
unde **OPU** numărul oportunităților pe unitate

- Defectele la un milion de oportunități **dpmo**:

$$dpmo = dpo \times 1.000.000$$

Coeficient de capabilitate

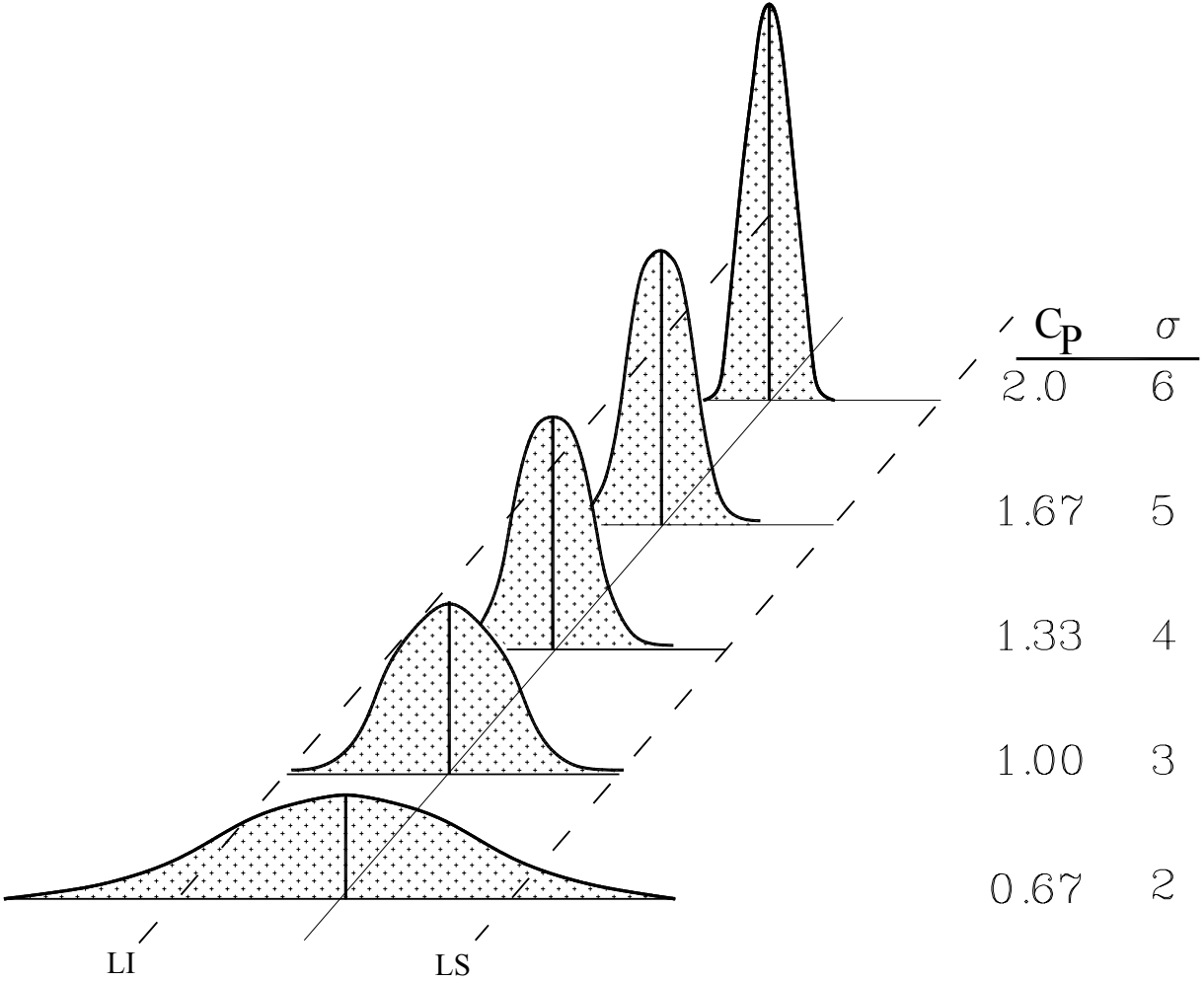
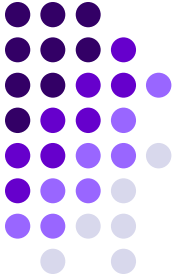


- proiectarea robustă - un coeficient de capabilitate **CP** ca fiind raportul dintre valoare maximă a intervalului permis pentru o caracteristică și variație normală $\pm 3\sigma$:

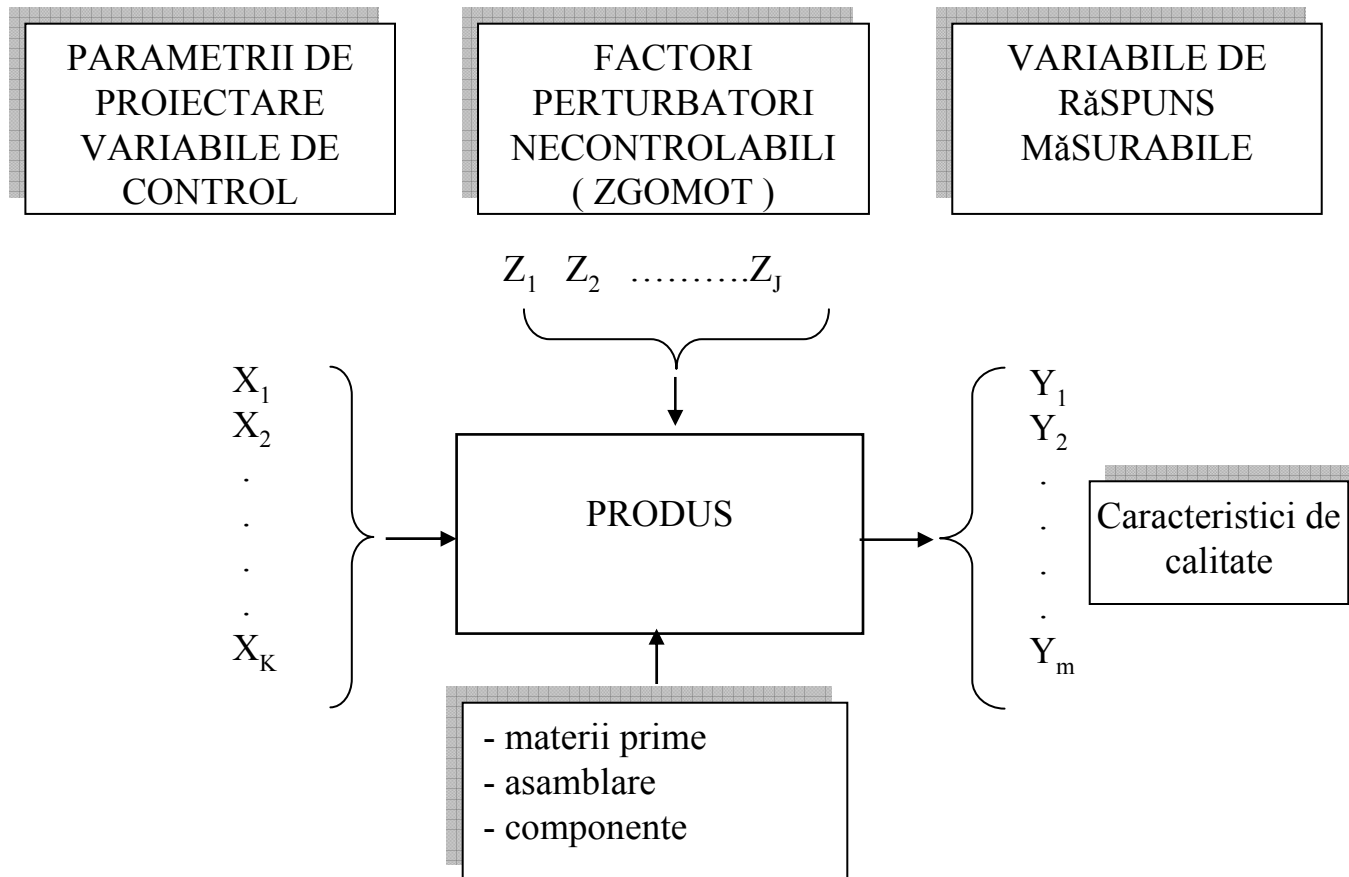
$$C_P = \frac{L.S. - L.I.}{3\sigma}$$

Grad de valorificare	dpmo	σ	CP	Costul pentru calitate inferioară
0,840	160.000	2,50	0,83	40 %
0,870	130.000	2,63	0,88	
0,900	100.000	2,78	0,93	
0,945	55.000	3,10	1,03	30 %
0,980	20.000	3,55	1,18	20 %
0,995	5.000	4,07	1,36	
0,999	1.000	4,60	1,53	10 %
0,99975	250	4,98	1,66	5 %
0,9999	100	5,22	1,74	
0,99998	20	5,61	1,87	
0,9999966	3.4	6.00	2,00	

Cp si sigma



Prezentarea sistemică a unui produs



Variabilele de răspuns (ieșirea sistemului) : $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_k) + \varepsilon$

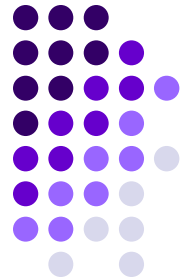
unde funcția f poate fi cunoscută (formă liniară, neliniară) sau necunoscută (calculabilă, observabilă prin experiment).

Interactiunea dintre parametri

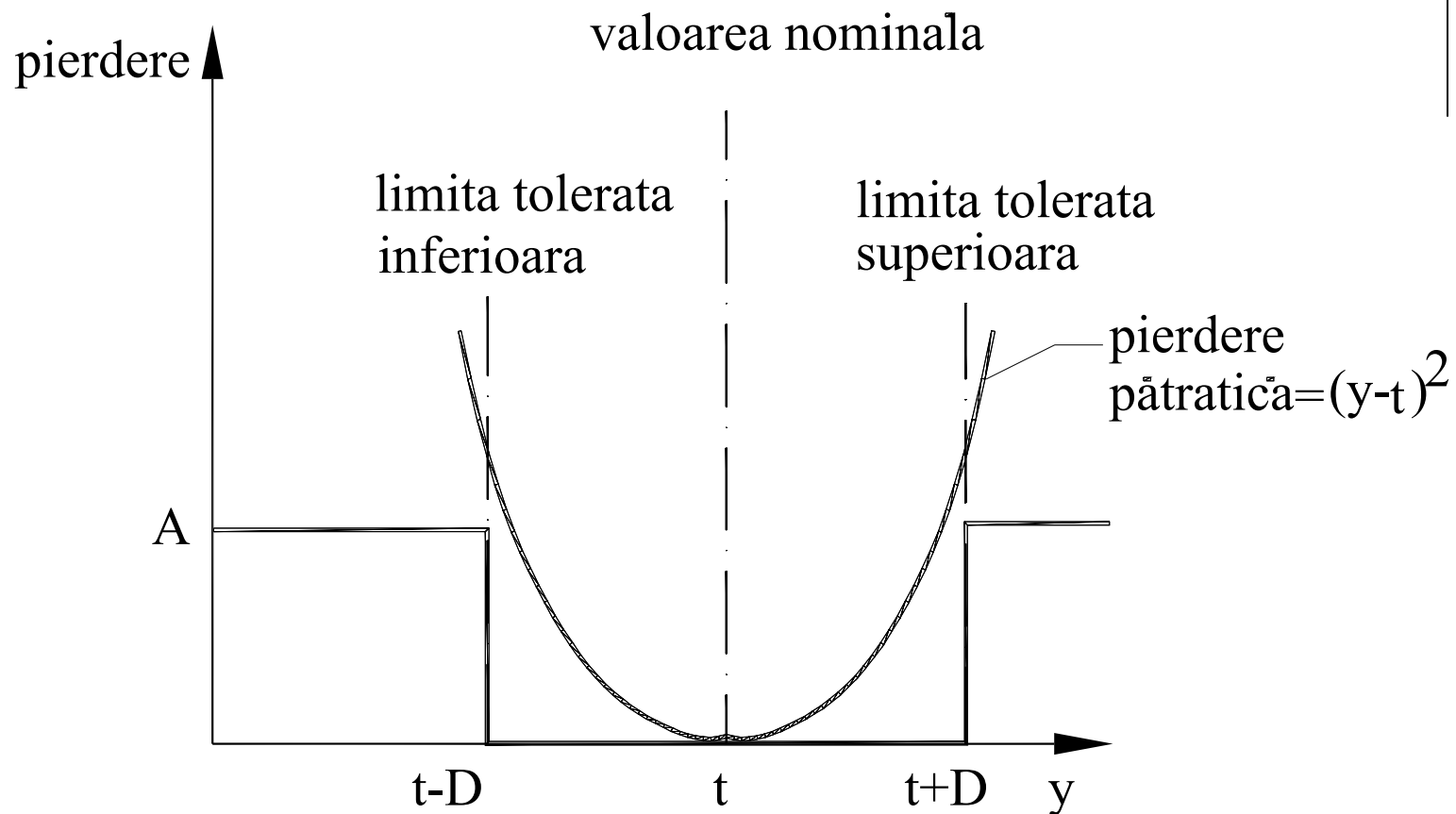
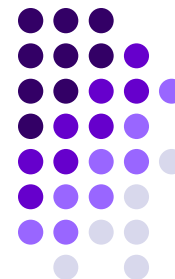
Variabila	Caracterizare
Funcția	Măsurabilă prin ieșirea Y
Control	Parametrii de proiectare X
Zgomot	Variabile necontrolabile Z
Semnal	Variabile principale de intrare
Ajustare	Permit modificarea valorii medii pentru Y fără a afecta varianța pentru Y

Proiectarea Taguchi

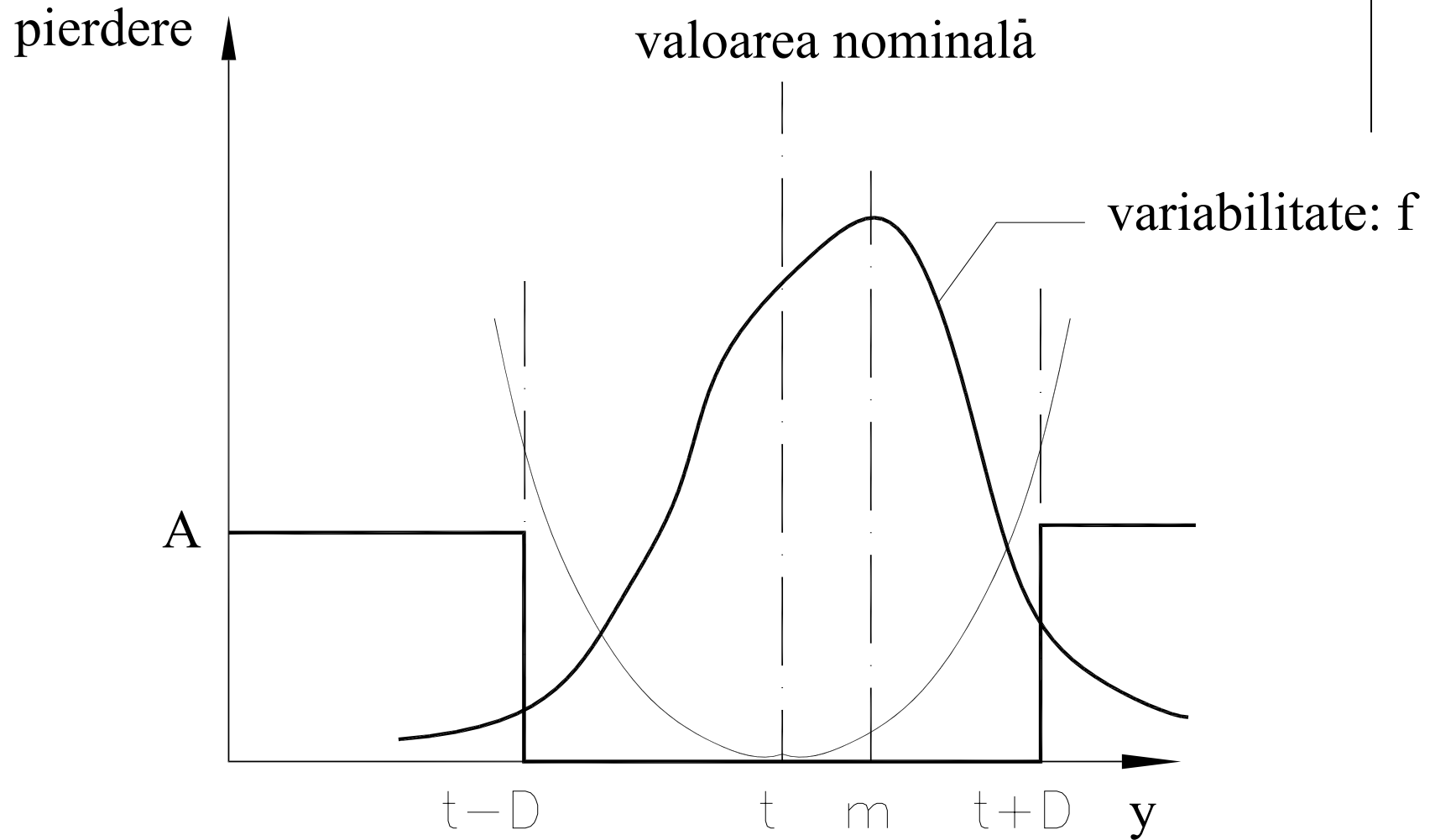
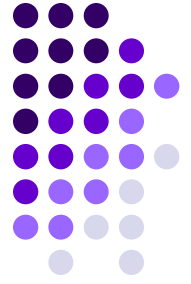
- Funcția de pierdere pătratică;
 - Pierderile medii.

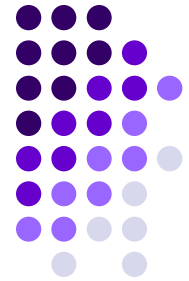


Pierdere patratica



Funcția pierderii medii





Pierderile medii :

$$PM = \sigma^2 + (\mu - y_0)^2$$

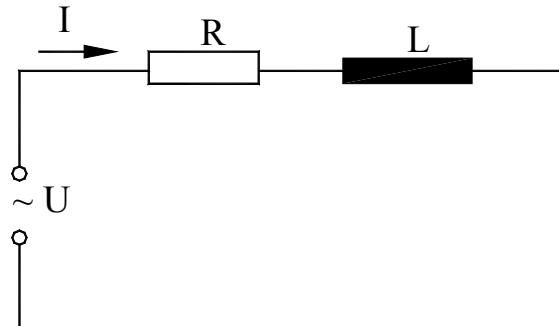
- Minimizarea pierderilor concomitent cu determinarea variabilei de control corespunzătoare - prin metoda Taguchi sau metoda clasică;
- Metoda Taguchi apelează la raportul semnal – zgomot:

$$SB_N = 10 \cdot \lg\left(\frac{\mu^2}{\sigma^2}\right) = -20 \cdot \lg(CV)$$

$$CV = \frac{\sigma}{\mu}$$

Exemplul_2

Se consideră circuitul RL reprezentat în figura. Se cere abordarea problemei de proiectare optimală pe criteriul 6 sigma.



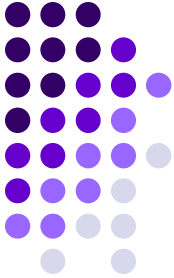
Valoarea urmarita:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (2 \cdot \pi \cdot f \cdot L)^2}} = 3 \text{ A}$$

Variabilele și rolul acestora în funcționarea circuitului (cu valorile nominale și limitele de variație):

- funcție răspuns: Y - curentul I ;
- factor de control: - rezistența R cu toleranțele $\pm 10 \%$;
- factor de adaptare: - inductivitatea L cu toleranțele $\pm 10 \%$;
- factor de zgomot: $U = 24 \text{ V}$, $\pm 10 \%$, , R , L .

Exemplul_2



$$Y = f(U, R, f, L) = I$$

	R	L
Proiectul 1	7 Ω	0,0126 H
Proiectul 2	1,85 Ω	0,0256 H
Proiectul 3	6.5 Ω	0,015 H

Numărul cazurilor posibile și deci dimensiunea matricii externe este definit de numărul de valori ai variabilelor :

$$3 \text{ var. } U \times 3 \text{ var. } R \times 3 \text{ var. } L \times 3 \text{ var. } f = 3^4 = 81$$

Exemplul_2

1

nr.crt.	U	f	R	L	Y=I
1	21,6	48	6,30	0,01134	3,013197442
2	21,6	48	6,30	0,01260	2,935839559
3	21,6	48	6,30	0,01386	2,856904687
4	21,6	48	7,00	0,01134	2,772493501
..
79	26,4	50	7,70	0,01134	3,111660195
80	26,4	50	7,70	0,01260	3,049241831
81	26,4	50	7,70	0,01386	2,984440857

2

nr.crt.	U	f	R	L	Y=I
1	21,6	48	1,6650	0,02304	3,022919533
2	21,6	48	1,6650	0,02560	2,734770631
3	21,6	48	1,6650	0,02816	2,495798204
4	21,6	48	1,8500	0,02304	3,003851106
..
79	26,4	50	2,0350	0,02304	3,511164979
80	26,4	50	2,0350	0,02560	3,182271516
81	26,4	50	2,0350	0,02816	2,908199264

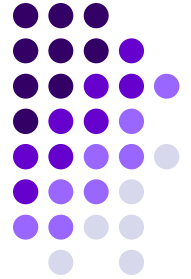
Exemplul_2

	min	max	\bar{Y}	σ	CV	PM	SB
Pr.1	2,44181	3,68279	2,9988	0,1009	0,1059	8,5043	19,498
Pr.2	2,37940	3,68460	2,9644	0,1171	0,1154	8,3223	18,751
Pr.3	2,44580	3,70400	3,0099	0,0964	0,1031	8,5642	19,729

PM
minim

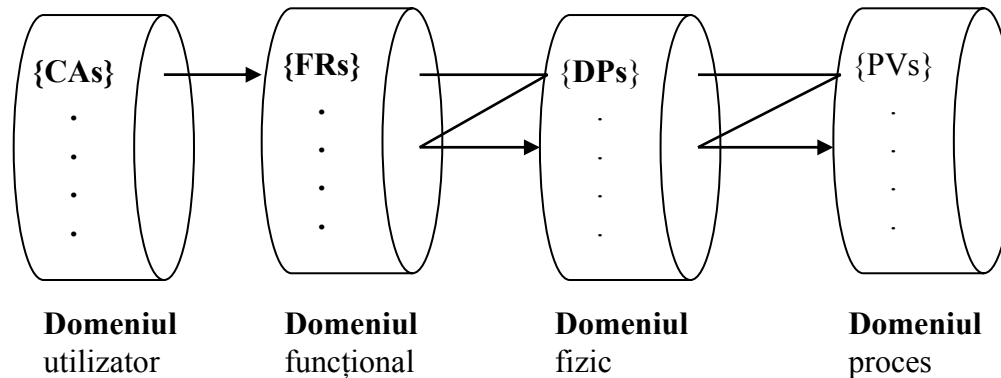
Proiectul cel
mai bun- SB
maxim

CAD /proiectarea axiomatica



- Tehnologia de proiectare axiomatică:
 - ❖ reduce riscurile de dezvoltare a produsului;
 - ❖ reduce costurile și crește viteza de analiză a pieții.
- Pașii de realizat în proiectarea axiomatică (indiferent că este vorba de produs, serviciu, software sau proces):
 - ❖ înțelegerea necesităților enunțate de utilizator / consumator;
 - ❖ definirea problemei care poate rezolva aceste necesități;
 - ❖ crearea și selectarea soluției;
 - ❖ analiza și optimizarea soluției;
 - ❖ verificarea rezultatelor proiectării în contrast cu cerințele utilizatorului.
- Proiectarea axiomatică are la bază 2 caxiome si 3 concepte:
 - ❖ conceptul domeniului;
 - ❖ cel ierarhic;
 - ❖ zig-zag.

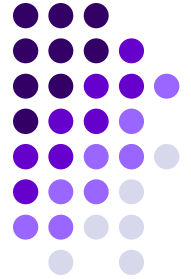
Conceptul domeniului



Utilizator	Cumulează beneficiile urmărite din partea utilizatorului.
Funcțional	Cumulează cerințele funcționale pentru soluțiile procesului de proiectare, notație $\{FRs\}$ (Functional Requirements)
Fizic	Cumulează totalitatea parametrilor de proiectare pentru soluția din proiect, notație $\{DPs\}$ (Design Parameters)
Proces	Cumulează totalitatea variabilelor procesului, notație $\{PVs\}$

Deciziile dintr-un domeniu: “CE ?” pentru domeniu din stânga este reprezentat în domeniul adiacent prin “CUM”

Matricea de proiectare

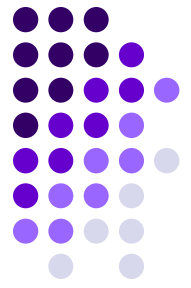


	DP1	DP2	DP3
FR1	X	X	0
FR2	X	0	0
FR3	X	X	X

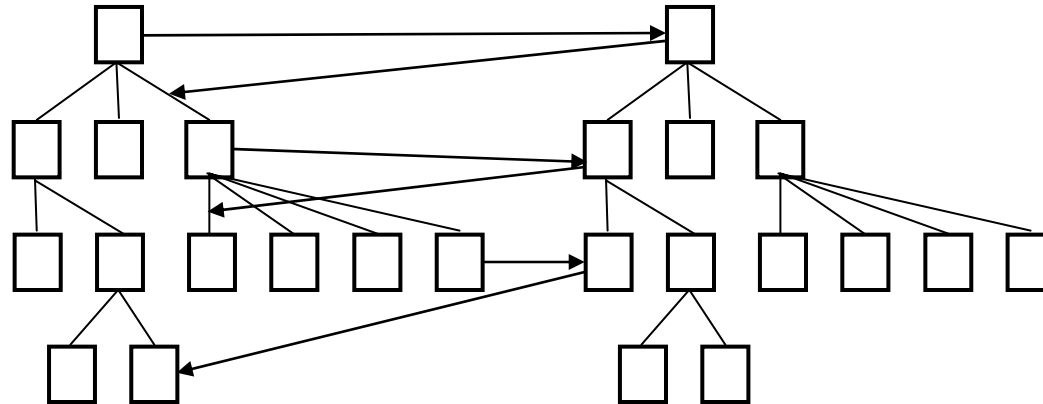
	DP1	DP2	DP3
FR1	X	0	0
FR2	0	X	0
FR3	0	0	X

$$\begin{cases} FR_1 = f_1(DP_1, DP_2, \dots, DP_n) \\ FR_2 = f_2(DP_1, DP_2, \dots, DP_n) \\ \dots \\ FR_n = f_n(DP_1, DP_2, \dots, DP_n) \end{cases}
 \quad
 \begin{cases} \Delta FR_1 \\ \Delta FR_2 \\ \dots \\ \Delta FR_n \end{cases}
 =
 \begin{bmatrix} \frac{\partial FR_1}{\partial DP_1} & \frac{\partial FR_1}{\partial DP_2} & \frac{\partial FR_1}{\partial DP_n} \\ \frac{\partial FR_2}{\partial DP_1} & \frac{\partial FR_2}{\partial DP_2} & \frac{\partial FR_2}{\partial DP_n} \\ \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial FR_n}{\partial DP_1} & \frac{\partial FR_n}{\partial DP_2} & \frac{\partial FR_n}{\partial DP_n} \end{bmatrix}
 \cdot
 \begin{cases} \Delta DP_1 \\ \Delta DP_2 \\ \dots \\ \Delta DP_n \end{cases}$$

Conceptul ierarhizarii si zig - zag



Ierarhizarea există în oricare din domeniile specificate: funcțional, fizic, proces.



Procesul de proiectare: nivelul cel mai ridicat de abstractizare
 → nivele cu detalii multiple:

- de la sistem la subsisteme;
- de la ansamblu la caracteristicile componentelor .

Deciziile luate la nivelele superioare, afectează formularea problemei la nivelul inferior;

Proiectantul va executa un proces în **zig-zag** între domenii

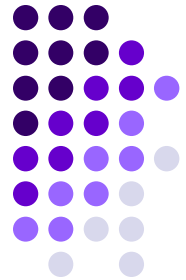
Axiomele proiectarii

- **Axioma independenței** – suține independența cerințelor funcționale. Secțiunile de proiectare trebuie să separabile astfel că schimbările efectuate într-o secțiune să nu afecteze (pe cât posibil) restul proiectului.
- **Axioma informației** – se referă la informația conținută într-un proiect de produs, la complexitatea proiectului. Se recomandă ca informația să fie minimă.

Informația conținută este definită prin probabilitatea de succes de a satisface cerința funcțională:

$$I = \log_2 \frac{1}{P_s}$$

$$\text{probabilitatea de succes} = P_s = \frac{\text{domeniu_comun}}{\text{domeniul_sistemului}}$$



Axioma informației

Pentru componentele mecanice informația I conținută și atribuită componentei se poate exprima sub forma :

$$I = \sum_{i=1}^n \left[\log \left(\frac{l_i}{T_i} \right) \right]$$

unde: n este numărul de cote cu toleranțe, l_i este dimensiunea de gabarit pentru caracteristica « i » iar T_i este toleranța pentru dimensiunea « i ».

