

The background features a stylized illustration of a tree with a thick trunk and sparse foliage on the right side. A bright sun is positioned in the upper right quadrant, casting a soft glow. The overall color palette is light blue and green, creating a serene atmosphere.

# **Modelarea și optimizarea proceselor energetice industriale**

# CRITERII DE OPTIMIZARE

Alegerea unui criteriu de optimizare depinde de construcția modelului matematic.

Cele mai des întâlnite criterii de optimizare se referă la **minimizarea/maximizarea** unei funcții obiectiv.

**Scopul optimizării** este de a determina valorile variabilelor de optimizare ( $X$ ) pentru care **funcția obiectiv  $F(X)$**  atinge valoarea extremă (minimă sau maximă).

## Criteriul de performanță

Pentru un sistem definit  $(X, Y, t)$ , sub forma sa generală, criteriul de performanță poate fi exprimat matematic de relația:

$$I = \int_0^t L(X, Y, t) dt + M(Y_0, t_0, t)$$

**I** - indicator care se atribuie fiecărei traiectorii admisibile.

**Y** – vectorul variabilelor de stare al sistemului;

**X** – vectorul variabilelor de comandă;

**L (X, Y, t)** – componenta Lagrange (integrală);

**M (Y<sub>0</sub>, t<sub>0</sub>, t)** - componenta Mayer (stare inițială - finală) a indicatorului de performanță.

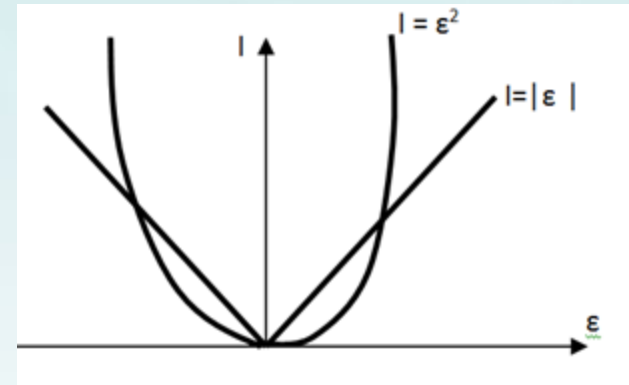
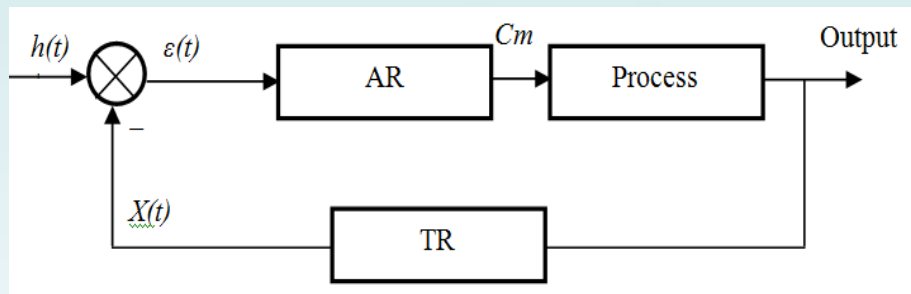
Prin particularizarea relației se obțin diverse criterii și probleme de optimizare:

- Probleme de tip **Lagrange** ( $L \neq 0, M = 0$ );
- Probleme de tip **Mayer** ( $L = 0, M \neq 0$ );
- Probleme de tip **Boltza** ( $L \neq 0, M \neq 0$ ).

## Criteriul abaterii medii pătratice minime

Criteriul se utilizează pentru aprecierea calității funcționării sistemelor de reglare automată, dar și în alte probleme de optimizare.

Fizic, trebuie realizat minimul dispersiei sau al abaterii pătratice medii între **semnalul dorit**,  $h(t)$  and **semnalul de ieșire**,  $X(t)$ .



$$I = \overline{\varepsilon^2} = \overline{(h(t) - X(t))^2} = \min$$

$$h(t) = \frac{U_n}{U_n} 100; X(t) = \frac{U(t)}{U_n} 100$$

$$I = \overline{\Delta U^2} = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{100^2}{U_n^2} (U_n - U(t))^2 dt = \overline{(U_n - U(t))^2} \frac{100^2}{U_n^2} \quad [\%]$$



**Gradul de iregularitate al tensiunii într-un nod al unei rețele electrice**

## CRITERIUL INTEGRAL

Criteriul se utilizează în special la **determinarea parametrilor sistemelor de reglare automată în regim tranzitoriu.**

$$I = \int_0^t \left( \varepsilon^2 + \rho x^2 + T^2 \left( \frac{d\varepsilon}{dt} \right) \right) dt$$

**Primul termen** - ia în considerare eroarea;

**Al doilea termen** - ia în considerare energia consumată pentru efectuarea reglării;

**Al treilea termen** – se referă la conducerea pentru evitarea suprareglajelor.

## CRITERIUL UTILITĂȚII MAXIME

În cazul acestui criteriu de optimizare se presupune cunoașterea prealabilă a valorilor rezultate precum și probabilitatea de apariție a acestora.

Se cunoaște matricei câștigurilor, în care elementul  $(i, j)$  este diferența dintre venitul adus de rezultatul  $R_j$  și cheltuielile implicate de strategia  $S_i$ .

$$\max_{S_i} \{ \overline{F(S_i)} \} = \max_{S_i} \left\{ \sum_{j=1}^n P(S_i | R_j) * F(S_i, R_j) \right\}$$

$R_j$  – rezultatul;

$S_i$  – strategia aplicată;

$P(S_i | R_j)$  – probabilitatea de apariție a rezultatului  $R_j$ , la aplicarea strategiei  $S_i$ ;

$F(S_i, R_j)$  – câștigul în cazul aplicării strategiei  $S_i$  și a obținerii rezultatului  $R_j$ .

# CRITERIUL MINIMAX

Se întrebuintează pentru determinarea strategiilor optime în prezența situațiilor conflictuale (atunci când interesele părților sînt contradictorii). Se pleacă de la faptul că probabilitățile de apariție a rezultatelor nu sînt disponibile sau o eventuală evaluare a acestora ar putea fi foarte costisitoare.

$$\max_{S_i} \min_{R_j} \{F(S_i, R_j)\}$$

**Prima formă**

$$\max_{S_i} \left\{ \alpha \max_{R_j} \{F(S_i, R_j)\} + (1 - \alpha) \min_{R_j} \{F(S_i, R_j)\} \right\}$$

**A doua formă**

$\alpha$  – coeficient de optimism.  $0 \leq \alpha \leq 1$

If  $\alpha = 1$  se obține **criteriul maximax**;

If  $\alpha = 0$  se obține **criteriul maximin**.

## CRITERIUL CHELTUIELILOR TOTALE ACTUALIZATE (CTA)

Reprezintă un **criteriu de tip cost**, utilizat exclusiv drept **criteriu de analiză comparativă** a mai multor variante. CTA permite ierarhizarea acestora sub aspect economic.

$$CTA = \sum_{t=1}^{T_s} \frac{C_t}{(1+ra)^t}$$

$C_t$  - cheltuielile totale în anul  $t$  (investiții, cheltuieli de exploatare, daune);

$ra$  – rata de actualizare;

$t$  – anul curent;

$T_s$  – durata de studiu.

**Vom alege varianta care prezintă cheltuieli totale actualizate minime.**



## **RATA DE ACTUALIZARE**

**Este o rată de eficiență, reprezentând un raport între beneficiu și investiție (rata minimă a profitului), (de exemplu,  $a = 10\%/an$  înseamnă că la un leu investit trebuie să se obțină 10 bani beneficiu anual).**

**De regulă, a se poate defini:**

- la nivelul economiei naționale sau**
- pentru ramuri care au rate foarte diferite de profit.**

**Stabilirea ratei de actualizare se face, de regulă, în funcție de nivelul dobânzilor bancare deoarece:**

- pentru investiții sunt necesare și fonduri de la bănci;**
- orice fond poate fi cel puțin de la bancă.**

**La nivelul rezultat al dobânzii se adaugă 1-2 %, pentru a acoperi riscul unui proiect anume.**

## Valori ale ratei de actualizare:

- pentru țări dezvoltate, 4 - 8%/an,
- pentru țări în curs de dezvoltare, 8 - 15%/an.

## Justificare:

- țările dezvoltate au realizat deja investițiile cu eficiență mare, nivelul actual de dezvoltare le permite investirea în soluții caracterizate de rate de eficiență mai scăzute;
- țările mai puțin dezvoltate nu dispun de fonduri, există foarte multe proiecte ce se pot realiza și atunci se aleg cele mai eficiente dintre acestea, deci cu rate mai mari; ele vor asigura refacerea rapidă a capitalului și deci, crearea de noi fonduri pentru dezvoltare;
- valori practicate în lume: Olanda, Belgia: 4%, Anglia: 5%, Franța 8 - 6%, **România**: 8%, 10%, 12%.

## **CRITERIUL CHELTUIELILOR TOTALE ACTUALIZATE (CTA) – (continuare)**

Criteriul este **preferabil altor criterii** în următoarele situații:

- se compară variante, care diferă în ceea ce privește soluțiile tehnologice, amplasamentul, sursele de energie (practic, atunci când soluțiile nu diferă prin veniturile obținute);
- se realizează investiții neproductive (alimentarea unor consumatori casnici, a unor obiective social culturale etc.).

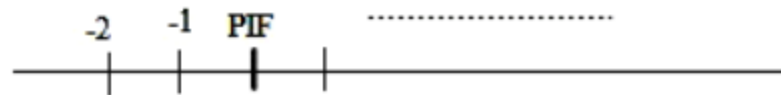
## Exemplu:

Fie o stație electrică pentru care există două soluții tehnice de realizare, A și B

Soluția	Investiția [milioane lei]		Totalul cheltuielilor calendaristice [milioane lei]
	Anul 2	Anul 1	
A	4	6	10
B	-	10,2	10,2

$a = 10\%/an$

**Deci, soluția A se realizează în doi ani, soluția B se realizează într-un an, momentul PIF fiind același.**



$$CTA_A = 4(1+0,1)^2 + 6(1+0,1)^1 = 11,44 \text{ milioane lei}$$

$$CTA_B = 10,2(1+0,1)^1 = 11,22 \text{ milioane lei}$$

**$CTA_B < CTA_A$ . Se preferă soluția B conform criteriului *min CTA*, deși conform criteriului CT ar trebui preferat proiectul A.**

**Concluzie:** Utilizarea metodelor economice, bazate pe calculul în sistem actualizat, poate conduce la ierarhii diferite de metodele calendaristice.

## CRITERIUL CHELTUIELILOR ANUALE DE CALCUL (CA)

Este cunoscut și drept criteriul **Costului mediu anual** sau criteriul **Costurilor uniformizate anuale**.

$$CA = C_E + I \cdot E_I$$

unde

$$E_I = \frac{1}{T_n}$$

$C_E$  – cheltuielile anuale de exploatare;

$I$  – valoarea investiției;

$E_I$  – coeficientul de rambursare a creditului;

$T_n$  reprezintă durata normată, în ani, de recuperare a investițiilor.

**Costul CA exprimă în mod echivalent valoarea costului mediu determinat pentru perioada de funcționare.**

## CRITERIUL VENITULUI NET ACTUALIZAT (VNA)

Reprezintă un **criteriu de tip cost-beneficiu**, care permite determinarea eficienței economice absolute a unei investiții, respectiv, efectuarea unor analize comparative.

$$VNA = \sum_{t=1}^{T_s} \frac{V_t - C_t}{(1 + ra)^t} = \sum_{t=1}^{T_s} \frac{F_t}{(1 + ra)^t} \geq 0$$

$V_t$  - veniturile totale obținute în anul  $t$  (valoarea mărfii vândute, a celei folosite pentru producție proprie, stocurile de marfă, veniturile obținute, ca urmare a activității de service etc);

$C_t$  - cheltuielile totale în anul  $t$  (inclusiv investițiile evidențiate la momentul producerii lor);

$F_t$  - fluxul de venituri și cheltuieli, în anul  $t$ ;

$ra$  - rata de actualizare;

$t$  – anul curent;

$T_s$  – durata de studiu.

## CRITERIUL VENITULUI NET ACTUALIZAT (VNA) – (continuare)

**In analiza eficienței absolute** - pentru ca rentabilitatea investiției să fie mai mare decât rata minimă acceptabilă a profitului,  $VNA > 0$ .

**In analizele comparative** - variantele trebuie să aibă aproximativ aceeași durată de viață și același necesar de capital, precum și aceeași capacitate de producție. In astfel de situații, vom alege varianta cu VNA maxim.

Dacă  **$F_t$  este constant** în toți anii, pe toată durata de studiu, VNA rezultă:

$$VNA = F_t \sum_{t=1}^{T_s} \frac{1}{(1+ra)^t} = F_t \cdot T_{ts} ; \quad F_t = V_t - C_t$$

$$T_{ts} = \sum_{t=1}^{T_s} \frac{1}{(1+ra)^t} = \frac{1}{ra} [1 - (1+ra)^{-T_s}]$$

unde  $T_{ts}$  reprezintă durata de studiu ( $T_s$ ) actualizată.



## CRITERIUL VENITULUI NET ACTUALIZAT (VNA) – (continuare)

**In analiza eficienței absolute** - pentru ca rentabilitatea investiției să fie mai mare decât rata minimă acceptabilă a profitului,  $VNA > 0$ .

**In analizele comparative** - variantele trebuie să aibă aproximativ aceeași durată de viață și același necesar de capital, precum și aceeași capacitate de producție. In astfel de situații, vom alege varianta cu VNA maxim.

Dacă  **$F_t$  este constant** în toți anii, pe toată durata de studiu, VNA rezultă:

$$VNA = F_t \sum_{t=1}^{T_s} \frac{1}{(1+ra)^t} = F_t \cdot T_{ts} ; \quad F_t = V_t - C_t$$

$$T_{ts} = \sum_{t=1}^{T_s} \frac{1}{(1+ra)^t} = \frac{1}{ra} [1 - (1+ra)^{-T_s}]$$

unde  $T_{ts}$  reprezintă durata de studiu ( $T_s$ ) actualizată.



## CRITERIUL VENITULUI NET ACTUALIZAT (VNA) – (Exemplu)

An	Proiect 1	Factor de actualizare $a = 10\%/an$	Valori actualizate proiect 1
0	$F_i$	1	-2000
1	$F_1 = 1300$	$\frac{1}{(1 + 0,1)^1} = 0,91$	+1183
2	$F_2 = 1320$	$\frac{1}{(1 + 0,1)^2} = 0,83$	+1096

$$VNA = 1300 \cdot 0,91 + 1320 \cdot 0,83 = 1183 + 1096 = 2279 - 2000 = 279 > 0$$

## CRITERIUL RATEI INTERNE DE RENTABILITATE (RIR)

Criteriul stabilește capacitatea unei investiții de a asigura venitul net (beneficiu) în perioada de timp aleasă pentru studiu.

**Rata internă de rentabilitate a unei investiții (RIR) este acea rată de actualizare, pentru care  $VNA = 0$ .**

$$VNA = \sum_{t=1}^{T_x} \frac{V_t - C_t}{(1 + a_x)^t} = 0 \quad \text{sau} \quad \sum_{t=1}^{T_x} \frac{F_t}{(1 + a_x)^t} = 0$$

**$a_x = \text{RIR}$  reprezintă soluția ecuației.**

Soluția se determină printr-un proces iterativ, utilizînd fie tabele de actualizare, fie un program de calcul.

Dacă RIR este mai mare decît rata minimă de rentabilitate acceptată  **$\text{RIR} > r_a$**  rezultă faptul că **investiția este considerată acceptabilă.**

# CRITERIUL RATEI INTERNE DE RENTABILITATE (RIR)

## - continuare

In **analiza comparativă a mai multor variante**, care diferă prin capacitate de producție, amplasament, surse de asigurare a materiilor prime și a utilităților etc, se alege **varianta cu RIR maxim**.

An	Proiect 1	Factor de actualizare a = 10%/an	Valori actualizate proiect 1
0	$F_0$	1	-2000
1	$F_1 = 1300$	$\frac{1}{(1+0,1)^1} = 0,91$	+1183
2	$F_2 = 1320$	$\frac{1}{(1+0,1)^2} = 0,83$	+1096

$$-2000 + \frac{1300}{(1+RIR)} + \frac{1320}{(1+RIR)^2} = 0$$

$$-2000(1+RIR)^2 + 1300(1+RIR) + 1320 = 0$$

$$-2000RIR^2 - 2700RIR + 620 = 0$$

$$200RIR^2 + 270RIR - 62 = 0$$

$$RIR_{1,2} = \frac{-270 \pm \sqrt{122500}}{400} = \frac{-270 \pm 350}{400} = \begin{cases} RIR_1 = 0,2 \\ RIR_2 = -1,55 \end{cases} \Rightarrow$$

# CRITERIUL DURATEI DE RECUPERARE ACTUALIZATE (DRA)

**DRA este perioada de timp necesară pentru recuperarea valorii inițiale a investiției (finanțată din fonduri proprii) din beneficiile anuale aferente proiectului.**

**DRA reprezintă durata de timp pentru care  $VNA = 0$**

$$VNA = \sum_{t=1}^{DRA} \frac{V_t - C_t}{(1+ra)^t} = 0 \quad \text{sau} \quad \sum_{t=1}^{DRA} \frac{F_t}{(1+ra)^t} = 0$$

**$C_t$  - cheltuielile anuale din anul  $t$ , inclusiv amortismentele.**

**Soluția se determină printr-un proces iterativ.**

# CRITERIUL DURATEI DE RECUPERARE ACTUALIZATE (DRA)

## - continuare

DRA poate fi exprimată și prin relația:

$$I = \sum_{t=1}^{DRA} \frac{V_t - C_{ta}}{(1+ra)^t} = \sum_{t=1}^{DRA} \frac{F_t}{(1+ra)^t}$$

I - investiția inițială (considerată realizată într-un an);

$C_{ta}$  – cheltuielile totale (exclusiv amortismentele);

$F_t$  – venitul net (beneficiul), obținut în fiecare an de funcționare.

**Vom alege varianta cu DRA minim sau  $DRA \leq DRA_{normată}$   
(la limită, durata de viață).**

## CRITERIUL DURATEI DE RECUPERARE SIMPLE (DR)

Durata de recuperare neactualizată poate fi determinată cu relația:

$$\sum_{t=1}^{DRA} (V_t - C_t) = 0$$

cheltuielile  $C_t$  includ amortismentele.

Dacă investiția  $I$  este realizată într-un singur an, atunci se poate scrie:

$$I = \sum_{t=1}^{DRA} (V_t - C_{ta})$$

în care  $C_{ta}$  se calculează fără amortismente.

Dacă diferența  $(V_t - C_{ta})$  este constantă în toți ani.

$$DR = \frac{I}{V - C} \leq DR_{normata} \quad (\text{de regulă: } DR_{normata} = 1/ra)$$

# **CRITERIUL DURATEI DE RECUPERARE SIMPLE (DR)**

## **- continuare**

### **Dezavantaje:**

- neluarea în considerare a distribuției în timp a fluxului de venituri și cheltuieli;
- neluarea în considerare a beneficiilor și costurilor, care se obțin după perioada de recuperare.

### **Utilizarea criteriului în următoarele situații:**

- soluții supuse unor înnoiri rapide a tehnologiilor (realizabile într-un an);
- proiecte de importanță și complexitate mai redusă;
- calcule preliminare grosiere.