



Automatizări și optimizări în industria alimentară

Conf. dr. ing. Alina DUMITREL

alina.dumitrel@upt.ro

Curs – 2.5 h

Laborator – 2.5 h

Cuprins curs:

- 1. Sisteme automate - noțiuni fundamentale**
- 2. Dinamica proceselor**
- 3. Dispozitive de automatizare. Reglarea automată a principalilor parametri ai proceselor chimice**
- 4. Elemente de analiză matematică a sistemelor de reglare automată**
- 5. Modelul matematic**
- 6. Criterii de optimizare, funcția scop, tehnici de optimizare**
- 7. Metode de determinare a politicilor optime**

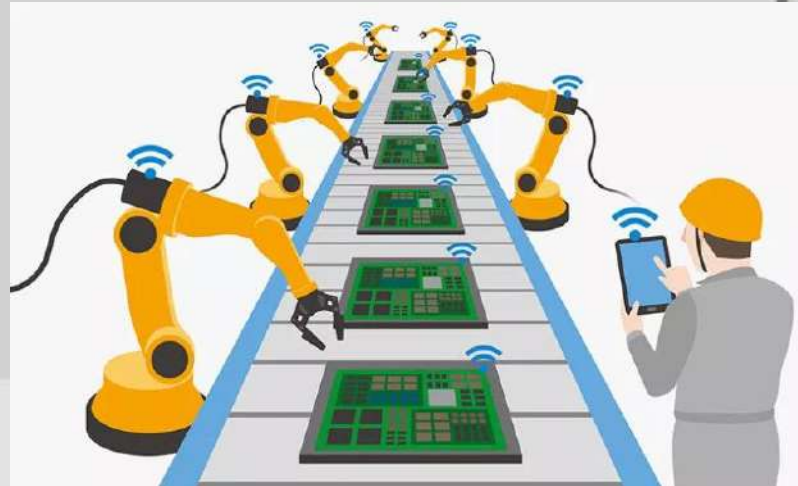
Bibliografie:

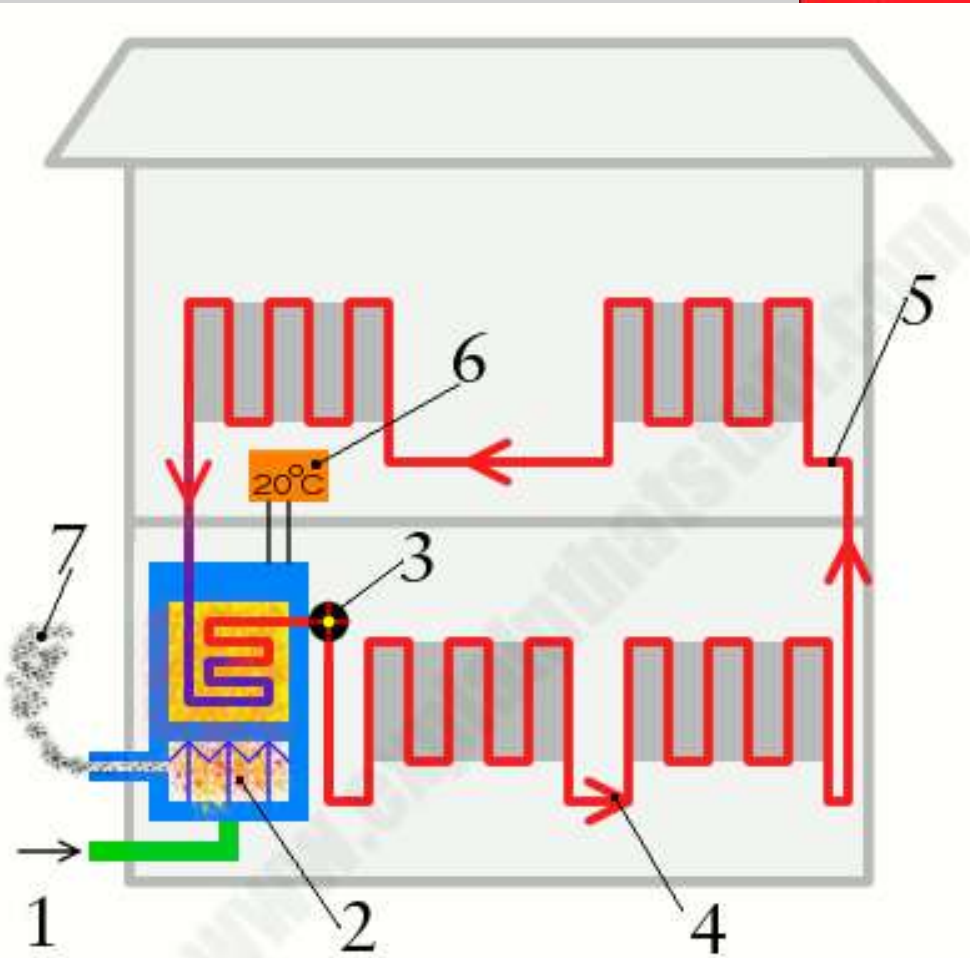
1. 1. Bhuyan, M., Measurement and control in food processing, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2006.
2. 2. Perju D., Suta M., Rusnac C., Brusturean G.-A. (cas. Dumitrel), Automatizarea proceselor chimice. Aplicatii I, Timisoara: Politehnica, 2005.
3. 3. Huang Y., Whittaker A.D., Lacey R.E., Automation for Food Engineering: Food Quality Quantization and Process Control, CRC Press, 2001.
4. 4. Todinca T., Geanta M., Modelarea si simularea proceselor chimice. Aplicatii in MATLAB, Timisoara: Politehnica, 1999.
5. 5. Teixeira A.A., Shoemaker C.F., Computerized Food Processing Operations, Springer US, 1989.
6. 6. Erdogdu F., Optimization in Food Engineering, CRC Press, 2008.

Examen: 4 credite

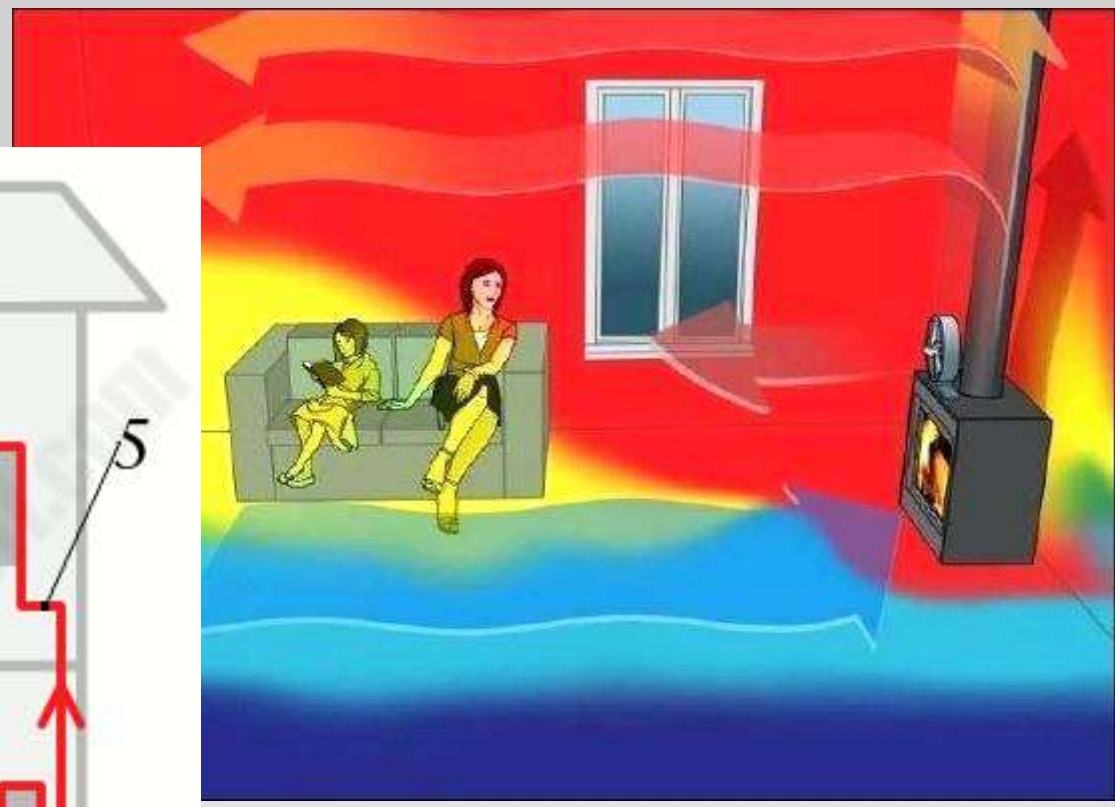
Formula de calcul nota finala:

$N = \text{parte întregă}(0,66 * \text{Notă examen} + 0,34 * \text{Notă activitate} + 0,5)$





www.explainthatstuff.com



1. Sisteme automate – noțiuni fundamentale

1. 1. Obiectivele automatizării

Automatica – Ramură a științei care se ocupă cu studiul metodelor și mijloacelor pentru efectuarea proceselor tehnice fără participarea directă a omului (*definiție conform DEX*).

⇒ dispozitive capabile să asigure conducerea proceselor tehnice fără intervenția directă a operatorului uman.

Implementarea acestor dispozitive – **automatizare**.

Automatizarea unui proces tehnologic – constă în dotarea instalației tehnologice cu anumite echipamente tehnice, în vederea efectuării automate a operației de conducere a procesului în condiții prestabilite.

Obiectivele unei automatizări:

- a) de natură economică
- b) de natură tehnică
- c) De natură socială

1. 1. Obiectivele automatizării

Obiectivele unei automatizări:

a) De natură economică:

- reducerea consumului de materie primă și de resurse energetice;
- creșterea productivității;
- reducerea numărului de echipamente necesare în procesul de producție;
- reducerea timpului de realizare a produsului finit;
- reducerea cheltuielilor de producție;
- reducerea prețului de cost al produselor.

b) De natură tehnică:

- îmbunătățirea calității produselor;
- creșterea fiabilității instalațiilor și a produselor;
- creșterea duratei de utilizare a instalațiilor și a echipamentelor;
- reducerea uzurii echipamentelor;
- sporirea preciziei de realizare a operațiilor proceselor.

1. 1. Obiectivele automatizării

c) De natură socială:



- îmbunătățirea condițiilor de lucru;
- diminuarea activităților care solicită un efort fizic considerabil pentru operatorul uman;
- creșterea securității muncii și a instalațiilor tehnologice;
- ridicarea nivelului de trai a umanității;
- Realizarea unor operații în locuri inaccesibile omului (subteran, medii agresive, la temperaturi joase sau înalte, medii în care lipsește oxigenul, etc.);

La realizarea automatizării unui proces tehnologic trebuie avute în vedere următoarele aspecte:

- natura procesului automatizat;
- gradul de cunoaștere al acestuia;
- echipamentele tehnice de care se dispune pentru automatizare;
- gradul de pregătire profesională a personalului de proiectare și exploatare.

1.2. Scurt istoric:

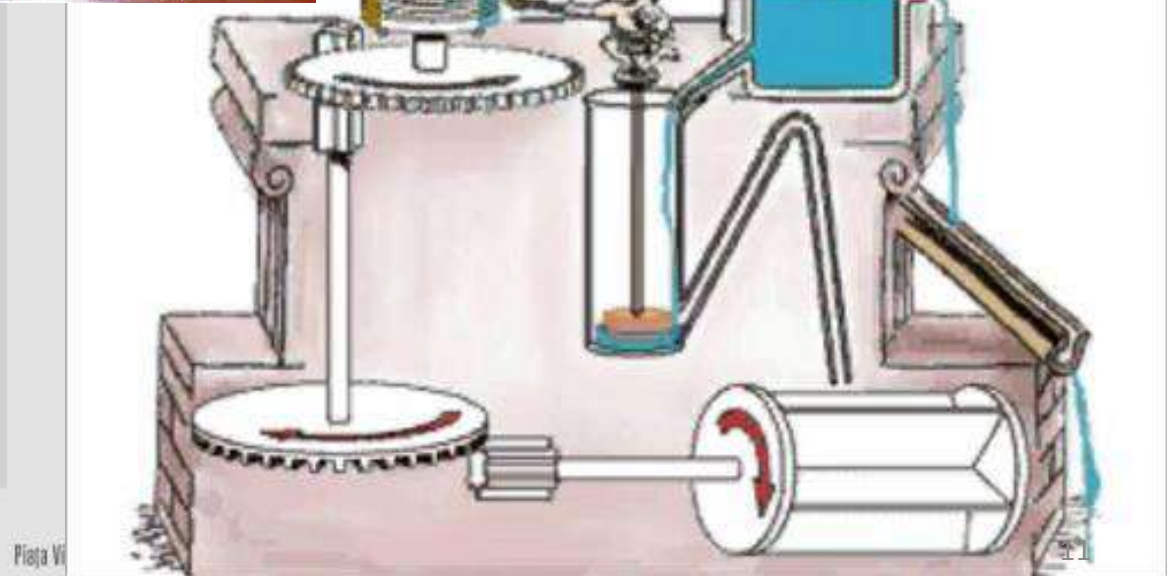
Istoria controlului automat poate fi împărțită în 4 perioade:

- 
 → 1900: **perioada timpurie** a controlului automat;
- 
 1900 – 1940: **perioada pre-clasică** a controlului automat;
- 
 1935 – 1960: **perioada clasică** a controlului automat;
- 
 1955 →: **perioada modernă** a controlului automat.


Scurt istoric:

 270 î.e.n. – Ctesibius, Alexandria, Egipt – ceasul cu apă (clepsidra)

- Primul dispozitiv de reglare în circuit închis (feedback control)




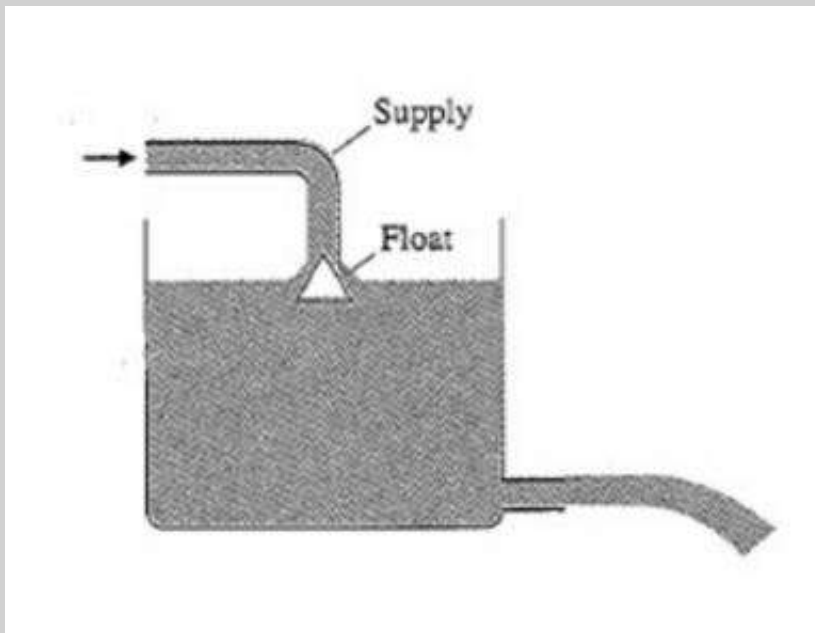
Scurt istoric:


-  **400 î.e.n.** – Archytas, filozof, matematician, strateg grec – “porumbelul zburător” (flying pigeon), mașină sub formă de pasăre care putea zbura
- **Sistem de reglare în circuit deschis (open loop control system)**
 - **Prima mașină automată volatilă a antichității (primul robot) → fondatorul ingineriei mecanice (matematică mecanică)**

Scurt istoric:

 Alte sisteme de reglare: lămpile cu ulei, dozatoarele de vin, rezervoarele de apă

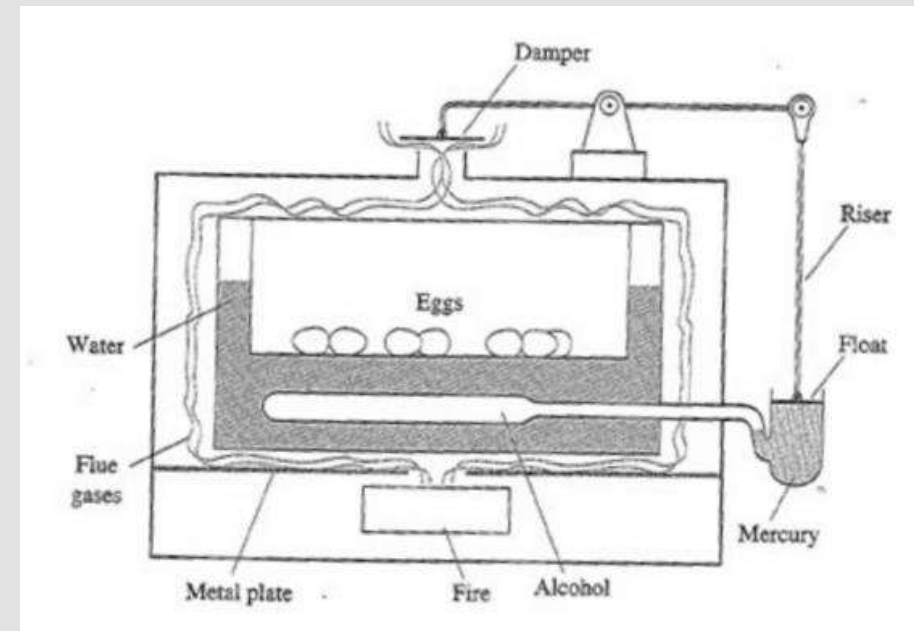
 1000 î.e.n. - Heron – menținerea constantă a nivelului în vase cu ajutorul plutitorului



 1620 – Cornelis Drebbel – sistem de menținere constantă a temperaturii într-un incubator

- Primul termostat (cu mercur)

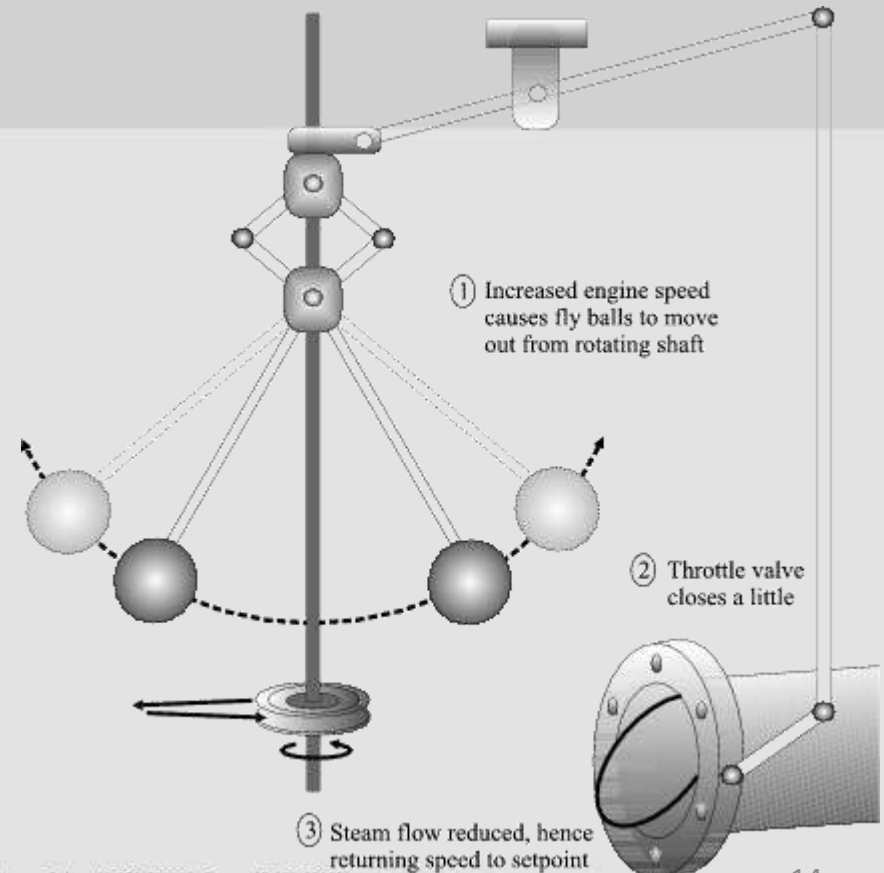
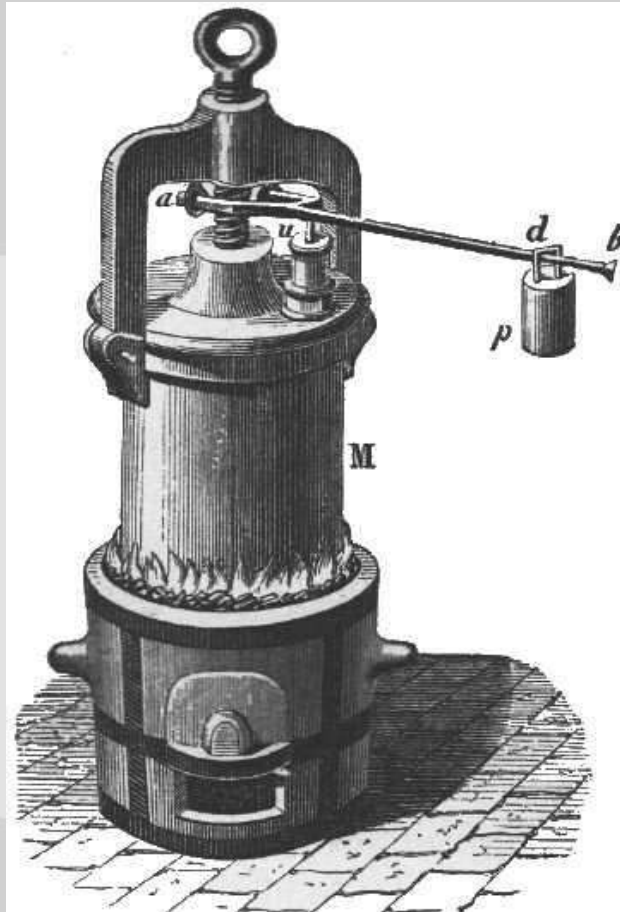
- Sistem de reglare în circuit închis






Scurt istoric:

 **1679** - Papin— oală sub presiune (ventil de siguranță)

 **1788** – James Watts— **primul sistem automat (reglare proporțională)** – reglarea vitezei unui motor cu aburi



Scurt istoric:

-  **1886** - Albert Butz (elvețian emigrat în SUA) – **primul termostat electric** ⇒ compania Honeywell
-  **1873** – Jean Joseph Leon Farcot – concepe **servomotorul** (motor electric special, de curent continuu sau alternativ, cu viteză de rotație reglabilă într-o gamă largă, în ambele sensuri, având ca scop deplasarea într-un timp prescris a unui sistem mecanic – sarcina – de-a lungul unei traiectorii date, realizând totodată și poziționarea acestuia la sfârșitul cursei cu o anumită precizie)
-  **Sfârșitul anilor 1800 – începutul anilor 1900** – invenții pentru reglarea unor parametri de bază: temperatură, presiune, nivel, viteză de rotație



Scurt istoric:

- ✍ Inceput secol XX – **epoca de aur a ingineriei de control**
 - **1920** – camerele de comandă devin o obișnuință în centralele electrice și în fabrici
 - **1922** - Nicholas Minorsky (1885-1970) formulează teoria reglării, cunoscută astăzi ca reglare PID.
 - **La finele anilor 1930** – reglarea proceselor se făcea în sistem "on/off". Acest sistem presupunea ca operatorii să monitorizeze graficele înregistrate pe hârtie și să realizeze corecții asupra procesului prin închiderea sau deschiderea de robinete (valve) sau de comutatoare.
 - **1932** – apare conceptul "negative feedback" care conduce la dezvoltarea sistemelor în circuit închis ("closed-loop"). Bode și Nyquist - metode clasice de control
 - **1932** - Harold Stephen Black (1898-1983) realizează amplificatorul
 - **1942**, J.G. Ziegler and N.B. Nichols dezvoltă teoria acordării reglatoarelor
 - **1942** - Edward Sinclair Smith publica prima carte dedicată sistemelor de reglare: Automatic Control

Scurt istoric:

- 1950 – Kalman – metode moderne de control
- → 1950 – sistemele de reglare erau analogice sau de tip "on/off"
- 1950 – apare primul calculator comercial UNIVAC I (Universal Automatic Computer), primul calculator comercializat (46 bucăți a peste 1 milion USD/bucata) ⇒ apare reglare numerică



Arhitectura UNIVAC:

Panoul de comandă

Unitatea principală

Dispozitive de intrare și ieșire

Scurt istoric:

- **1956** – apare noțiunea de sistem de reglare digital și devine funcțional în 1959 la o rafinărie din Texas
- **1956** - inteligența artificială
- **1957** - teoria lui Bellman despre reglarea optimală și adaptivă
- **1968** – Dick Morley (1932 - 2017) produce primul controler logic programabil (PLC) pentru General Motors, numit MODICON: Modular Digital CONTroller.



Scurt istoric:

Dezavantaje ale automatizării:

- **probleme de securitate:** un sistem automatizat poate fi accesat de către hackeri, iar funcționarea instalației pe care este montat sistemul de automatizare poate fi compromisă;
- **probleme economice:** costul de cercetare și dezvoltare al automatizării unui proces poate depăși costul economisit prin implementarea automatizării; automatizarea unei instalații poate conduce la o investiție inițială prea mare în comparație cu costul unitar al produsului;
- **probleme sociale:** cauzează șomaj și sărăcie prin înlocuirea muncii umane.

1. 3. Definirea termenilor specifici

Automatizarea unui proces tehnologic – constă în dotarea instalației tehnologice cu anumite echipamente tehnice, în vederea efectuării automate a operației de conducere a procesului în condiții prestabilite.

Procesul tehnologic (P) – reprezintă ansamblul de fenomene (produse în serie și/sau paralel) prin intermediul cărora se realizează transportul de materiale și energie și/sau o transformare de stare fizico – chimică.

Dispozitiv de automatizare (dispozitiv de conducere) (DA) – ansamblul echipamentelor tehnice care se atașează procesului în vederea realizării operației de automatizare.

Sistem automat (SA) – ansamblul format din procesul supus automatizării și dispozitivul de automatizare

$$SA = P + DA$$

1. 3. Definirea termenilor specifici

Sistemele automate \in categoriei: SISTEME

Un **sistem** – este format dintr-un ansamblu de elemente de sine stătătoare, ce interacționează între ele și cu exteriorul, care formează o structură bine definită și funcționează potrivit scopului urmărit. Interacțiunea dintre elemente se realizează prin intermediul fluxurilor de masă și de energie, purtătoare de informație.

Principalele **proprietăți ale sistemelor** sunt:

- pot fi descrise printr-o conexiune de subsisteme (elemente) (caracter structural-unitar);
- evoluează în timp sub acțiunea factorilor interni și externi (caracter cauzal-dinamic). Acțiunea mediului exterior asupra unui sistem se face prin **mărimi de intrare (cauze)**, în timp ce răspunsul sistemului spre mediu se face prin **mărimi de ieșire (efecte)**. Conform principiului cauzalității: a) orice efect este rezultatul unei cauze, b) efectul este întârziat față de cauză, c) două cauze identice generează în aceleași condiții efecte identice;
- primesc, prelucrează, memorează și transmit informație (caracter informațional).

1. 3. Definirea termenilor specifici

Orice element component din cadrul unui sistem automat, în interiorul căruia se transmite o anumită informație, se numește **element de reglare (ER)**.

Mărimile de intrare asociate unui ER – se notează cu **i** și se numesc **mărimi independente**

Mărimile de ieșire asociate unui ER – se notează cu **e** și se numesc **mărimi dependente**

Prin mărimi de ieșire (e) înțelegem mărimile interesante din punctul nostru de vedere (temperatură, nivel, concentrație, debit, etc.), iar prin mărimi de intrare (i), toți acei parametrii care influențează mărimile de ieșire.

Dacă mărimile de intrare și de ieșire sunt invariante în raport cu timpul, se spune că elementul de reglare se află în **regim static (regim staționar)**.

Dacă în proces au loc fenomene de acumulare de energie sau de masă, mărimile de intrare și de ieșire variază în timp, elementul de reglare aflându-se în **regim dinamic**.

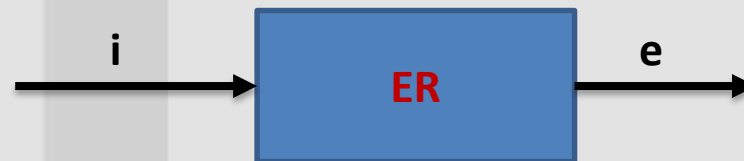
Între mărimile de ieșire și cele de intrare se stabilește întotdeauna o anumită dependență în regim static, respectiv în regim dinamic.

1. 3. Definirea termenilor specifici

Proprietățile ER:

- sunt unități funcționale bine delimitate care au cel puțin o intrare (i) și o ieșire (e);
- transferul de semnale este unidirecțional, de la intrare spre ieșire;
- semnalul de ieșire (e) depinde de semnalul de intrare (i) și de structura elementului.

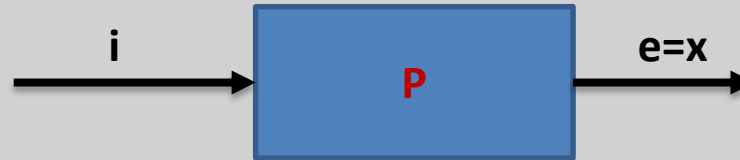
Schema bloc – este o reprezentare simplificată prin intermediul simbolurilor a unui sistem automat, în care elementele de reglare se reprezintă prin dreptunghiuri, iar fluxul de informații prin săgeți al căror sens indică sensul de propagare al informației.



Schema bloc a unui element de reglare

1. 3. Definirea termenilor specifici

Schema bloc a unui proces (P)



Mărimea de ieșire din proces (e) – se mai numește și **mărime reglată** (parametru reglat) și se notează cu x

Un proces cu o singură mărime de intrare și o singură mărime de ieșire - **proces univariabil**

Un proces cu mai multe mărimi de intrare și de ieșire - **proces multivariabil**

Mărimile de intrare într-un proces pot fi de 2 categorii:

- Mărimi ce pot fi modificate în scopul asigurării unei evoluții convenabile a procesului = **mărimi de execuție (m)**;
- Mărimi care au o variație întâmplătoare, deranjând funcționarea normală a procesului = **mărimi de perturbație (z)**.

