

1. Conceptul de Sisteme cu Evenimente Discrete (SED)

- **Definiție (Cassandras C.G.):**

Un Sistem cu Evenimente Discrete (SED) este un sistem cu stări discrete, condus de evenimente. Tranzițiile între stări au loc asincron, ca urmare a evenimentelor, independent de timp.

- **Caracteristici:**

- Evenimentele se produc la momente discrete, iar stările sunt discrete.
- Procesele sunt conduse de evenimente, fiind dinamice și interacționând cu mediul.
- Sistemele operează concurent și comunică prin schimb de mesaje.

- **Aplicații:**

- Sisteme flexibile de fabricație.
 - Rețele de comunicație.
 - Sisteme de transport.
 - Sisteme logistice.
-

2. Comparație: Sisteme cu stări continue și discrete

- **Sisteme continue:**

Reprezentate prin ecuații diferențiale ($\dot{x}(t)=f(x(t),u(t))$), unde stările sunt numere reale.

- **Sisteme discrete:**

Tranzițiile între stări sunt conduse de evenimente care au loc asincron.

3. Exemple de procese SED

- **Sisteme de așteptare:**

Sisteme cu cozi, servere și clienți, întâlniri în bănci, stații de autobuz sau rețele de comunicație.

- **Procesarea joburilor:**

Joburile/task-urile folosesc resurse precum procesoare sau discuri. Tranzițiile apar la sosirea, plecarea sau rutarea joburilor.

- **Sisteme de fabricație:**

Mașini care procesează piese, folosind buffer-uri pentru stocare. Se evidențiază concepte precum blocajul și disponibilitatea resurselor.

4. Rețele Petri

- **Origine:**
Dezvoltate de Carl Adam Petri (1962) pentru analiza fluxului informațional și a sistemelor concurente.
 - **Definiție:**
Un graf bipartit ponderat care include:
 - **Locații (P):** Reprezintă condiții.
 - **Tranziții (T):** Reprezintă evenimente.
 - **Arce (F):** Conectează locații și tranziții.
 - **Ponderi (W):** Atribue greutatea întregi arcelor.
 - **Marcaj (M0):** Reprezintă starea inițială cu jetoane.
 - **Comportament dinamic:**
Tranzițiile sunt declanșate dacă există suficiente jetoane în locațiile de intrare, modificând marcajul (starea).
 - **Aplicații:**
 - Sisteme software distribuite.
 - Sisteme de fabricație.
 - Rețele de comunicație.
 - Controlul proceselor industriale.
-

5. Caracteristici cheie ale Rețelelor Petri

- **Validarea tranzițiilor:**
O tranziție este validată dacă toate locațiile de intrare au cel puțin numărul minim de jetoane cerut.
 - **Executare:**
Jetoanele sunt consumate din locațiile de intrare și adăugate în cele de ieșire.
 - **Tipuri de rețele Petri:**
 - **Ordinară:** Toate arcele au pondere unitară.
 - **Generalizată:** Arcele pot avea ponderi mai mari decât 1.
 - **Cu capacitate finită:** Locațiile au un număr maxim de jetoane.
-

6. Instrumente matematice pentru modelarea SED

- **Analiză dinamică:**

Tranzițiile între stări sunt definite astfel:

$$x'(p_i) = x(p_i) - w(p_i, t_j) + w(t_j, p_i) \quad x'(p_i) = x(p_i) - w(p_i, t_j) + w(t_j, p_i)$$

unde w reprezintă ponderile arcelor.

- **Modele calitative și cantitative:**

- **Modele calitative:** Analizează comportamentul logic, independent de timp.
- **Modele cantitative:** Include dinamica bazată pe timp, fie deterministă, fie stocastică.

1. Rețele Petri cu capacitate finită și infinită

- Rețelele Petri pot avea capacitate finită sau infinită.
- **Reguli de tranziție:**
 - Într-o rețea cu capacitate finită, tranzițiile urmează o regulă strictă.
 - Într-o rețea cu capacitate infinită, se aplică regula simplă a tranziției.
- **Transformări:** Se poate transforma o rețea cu capacitate finită într-una cu capacitate infinită utilizând metoda pozițiilor complementare.
- O tranziție fără nici o poziție de **intrare** se numește tranziție sursă .
- O tranziție fără nici o poziție de **ieșire** se numește tranziție receptor.
- Dacă o poziție p este atât poziție de intrare, cât și poziție de ieșire pentru o tranziție t atunci p și t formează o buclă automată.

2. Grafuri de accesibilitate

- Un **graf de accesibilitate** descrie toate marcasele accesibile și succesiunile de tranziții valide ale unei rețele Petri.
- Rețelele Petri transformate mențin comportamentul echivalent al celor originale.

3. Structuri tipice utilizate în modelarea cu Rețele Petri

- **Conflict:** Două evenimente nu pot avea loc simultan.
- **Alegere liberă:** O tranziție este aleasă fără condiții suplimentare.
- **Paralelism:** Evenimentele pot avea loc simultan, fără a genera conflicte.

- **Sincronizare:** O tranziție necesită jetoane din mai multe poziții.
 - **Post-condiție comună:** Tranzițiile independente duc la aceeași condiție finală.
-

4. Modelarea unui protocol de comunicații cu Rețele Petri

- Rețele Petri pot modela sincronizarea activităților în sisteme de comunicare, inclusiv mecanisme de transmitere și confirmare a mesajelor.
 - Exemplu: Protocol de comunicare simplu cu emițător, buffer și receptor.
-

5. Automate

- **Automatul** este un model alternativ pentru procesele conduse de evenimente.
 - Este definit printr-un grafic orientat, cu stări și tranziții etichetate.
 - Automatul și Rețelele Petri sunt modele echivalente din punct de vedere teoretic.
-

6. Proprietăți comportamentale ale Rețelelor Petri

- **Accesibilitate:** Un marcaj este accesibil dacă poate fi atins printr-o secvență de tranziții.
 - **Mărginire:** O rețea este mărginită dacă numărul de jetoane din fiecare poziție nu depășește o limită.
 - **Viabilitate:** O rețea este viabilă dacă toate tranzițiile pot fi executate, eventual după un număr finit de alte tranziții.
 - **Reversibilitate:** O rețea este reversibilă dacă poate reveni la marcajul inițial din orice marcaj accesibil.
-

7. Arborele de acoperire

- Arborele de acoperire reprezintă toate marcasele posibile și tranzițiile asociate.
- Este utilizat pentru studierea proprietăților comportamentale, precum mărginirea, viabilitatea și accesibilitatea.