

CURS nr. 8 – TEHNICI DE SIMULARE

Modele de simulare

Lect. dr. Bianca Mogoș

1. Principiile modelării și simulării
 - 1.1 Noțiuni de bază – Definiție model
 - 1.2 Introducerea noțiunii de simulare
 - 1.3 Avantajele și dezavantajele utilizării simulării
 - 1.4 Aplicații ale simulării
 - 1.5 Schema de modelare și simulare
 - 1.6 Construcția unui model de simulare.
 - 1.7 Exemplu: Modelul de simulare asociat unui sistem de așteptare
2. Generalități despre limbajul GPSS
 - 2.1 Descriere generală a limbajului GPSS
 - 2.2 Structura instrucțiunii GPSS
 - 2.3 Blocuri de creare și distrugere de tranzații
 - 2.4 Blocuri de acțiune
 - 2.5 Blocuri pentru obținerea de statistici
 - 2.6 Blocuri de control logic al tranzațiilor
 - 2.7 Blocuri de modificare a caracteristicilor tranzațiilor și a valorilor unor entități de referință

1.1 Noțiuni de bază – Definiție model (1)

- ▶ Oamenii de știință și inginerii încearcă să *înțeleagă, să dezvolte și să optimizeze sisteme*.
- ▶ O *problemă* care apare în analiza unui sistem este *complexitatea* acestuia.
- ▶ Folosirea unor *descrieri simplificate* ale sistemelor – *modelele* – reprezintă o *soluție* care permite abordarea unor sisteme complexe.
- ▶ **Definiție:** Pentru un observator B , un obiect A^* este un *model* al obiectului A dacă B poate folosi A^* pentru a răspunde întrebărilor care îl interesează referitoare la A .
- ▶ *Modelul cel mai bun* este *modelul cel mai simplu* care își îndeplinește obiectivul de a ne ajuta să înțelegem un sistem complex și de a rezolva anumite probleme.

1.3 Avantajele și dezavantajele utilizării simulării (1)

Avantajele obținute datorită realizării unui studiu de simulare

- ▶ Simularea furnizează o modalitate *necostisitoare și neriscantă* de realizare a unor teste referitoare la funcționalitatea unui sistem.
- ▶ Simularea permite *prezicerea* comportamentului unui sistem pentru diferite ipoteze/variaibile de intrare ale sistemului și *reducerea riscului* de a lua o decizie greșită.
- ▶ Un model de simulare permite *analiza variabilității proceselor* dintr-un sistem, ne poate ajuta să înțelegem cum interacționează între ele mai multe componente ale sistemului și cum poate afecta interacțiunea dintre ele performanța sistemului.
- ▶ Simularea dă *posibilitatea de explorare* a mai multor căi alternative.
- ▶ Dezvoltarea unei aplicații de simulare poate determina o *mai bună înțelegere* a sistemului studiat.

1.2 Introducerea noțiunii de simulare

- ▶ Cuvântul *simulare* este de origine latină și înseamnă *capacitatea de a reproduce ceva*.
- ▶ Termenul de simulare a fost introdus de *John von Neumann* la începutul anilor '40.
- ▶ *Modelul de simulare* este o extindere a unui model matematic prin descrierea relațiilor dintre componentele modelului.
- ▶ *Simularea* reprezintă aplicarea unui model (numit model de simulare) pentru a descrie comportamentul și evoluția unui sistem real în timp.

1.3 Avantajele și dezavantajele utilizării simulării (2)

Dezavantajele unui studiu de simulare

- ▶ Simularea folosește un model – reprezentând o descriere simplificată a sistemului real – care nu poate surprinde întreaga complexitate a unui sistem real.

1.4 Aplicații ale simulării

- ▶ Simularea unui aeroport având ca scop minimizarea întârzierilor provocate de aglomerări
- ▶ Simularea spațiului aerian având ca scop utilizarea optimă a acestuia
- ▶ Simularea în domeniul medical a numărului de cadre medicale necesar la momente diferite de timp
- ▶ Planificarea strategică a operațiilor realizate într-o bancă și reanalizarea unei topologii optime a sucursalelor băncii
- ▶ Simularea unei linii de producție pentru a estima cantitatea de materie primă necesară și pentru a prezice profitul obținut

1.6 Construcția unui model de simulare (1) – Ceașul simularii

- ▶ **Ceasul simulării:** asigură *ordonarea* corectă în timp a *evenimentelor* create de model și uneori ajută la implementarea condiției de terminare a simulării.
 - ▶ **Evenimentele** corespund unor modificări în sistem; de exemplu modificarea valorilor unor variabile care se calculează sau se generează prin instrucțiuni ale modelului
 - ▶ Ceașul pornește cu valoarea zero la începutul simulării; simularea se realizează până când ceașul atinge o valoare dată inițial
- T_{max}
- ▶ **O clasificare a ceașului simulării**
 - ▶ *ceas cu creștere constantă:* ceașul crește cu o unitate de timp c constantă, apoi se prelucurează toate evenimentele apărute pe intervalul de timp de lungime c
 - ▶ *ceas cu creștere variabilă:* ceașul crește cu valoarea ce core-spunde apariției primului eveniment următor, apoi programul prelucurează evenimentul și se reia ciclul simulării

1.6 Construcția unui model de simulare (3) – Algoritmul simulării

- *Algoritmul simulării actualizează agenda prin interacțiunea acesteia cu ceasul*
- Într-un *ciclu al simulării* ceasul este actualizat, se selectează din agenda A evenimentele care fac parte din AEC și se prelucurează aceste evenimente până când AEC devine vidă.
- Atunci ceasul este crescut din nou și se reia *cicluul de simulare*.

1.5 Schema de modelare și simulare

Definiții

- ▶ Definirea problemei pe care ne propunem să o rezolvăm sau a întrebării la care trebuie să răspundem
- ▶ Definirea sistemului – o colecție de obiecte/entități ale căror proprietăți vrem să le studiem

Analiza sistemului

- Identificarea părților sistemului relevante pentru problemă

Modelarea

- ▶ Dezvoltarea modelului asociat sistemului

Simularea

- Aplicarea modelului în studiul problemei

- ▶ Dezvoltarea unei strategii pentru rezolvarea problemei

Validarea

- Verificarea dacă strategia elaborată în pasul de simulare rezolvă problema unui sistem real

1.6 Construcția unui model de simulare (2) – Agenda simulării

- ▶ *Agenda* conține elementele/variaabile asociate evenimentelor memorate de modelul de simulare
- ▶ Agenda *A* se compune din două părți:
 - ▶ *AEC – agenda evenimentelor curente* (care au timpul de apariție egal cu valoarea ceasului)
 - ▶ *AEV – agenda evenimentelor viitoare* (care au timpul de apariție ulterior valorii curente a ceasului)
- ▶ Algoritmul de simulare prelucrează numai evenimentele din AEC; prelucrarea unui eveniment înseamnă fie determinarea apariției unui nou eveniment (ce se memorează în AEV) sau modificarea unei stări, fie distrugerea unui eveniment (ștergerea) lui din agendă.

1.7 Exemplu: Modelul de simulare asociat unui sistem de așteptare (1)

- ▶ *Sistemul de așteptare* este o parte a lumii reale în care se produc aglomerări.
- ▶ *Entitățile componente ale sistemului:*
 - ▶ *clienții* care sosesc în sistem
 - ▶ *stațiile de servire* (care servesc după anumite reguli clienții)
- ▶ Dacă sosesc mulți clienți și stațiile de servire nu pot să îi servească se formează *cozi de așteptare* în sistem.
- ▶ Administratorul sistemului trebuie să construiască sistemul a.î. nici clienții să nu *aștepte* mult până primesc serviciul, dar nici stațiile să nu *lenevească*, deoarece ar putea produce pierderi proprietarului.
- ▶ *Aplicații ale sistemelor de așteptare:* în comerț, în managementul sistemelor de comunicații și de transport, dar și în dirijarea și funcționarea în timp real a rețelilor de calculatoare.

1.7 Exemplu: Modelul de simulare asociat unui sistem de așteptare (2)

Un model de așteptare conține de obicei următoarele elemente:

- ▶ *Variabile de intrare (cunoscute, de obicei aleatoare)*:
 - ▶ *TI*: timp de interesare al clienților
 - ▶ *TS*: timp de servire al unui client
- ▶ *Variabile de ieșire (necunoscute)*:
 - ▶ *TA*: timp de așteptare (sau *LC*: lungimea cozii)
 - ▶ *TL*: timp de lenevire (sau *NSL*: numărul stațiilor care lenevesc)

Scopul modelului: cunoscând repartițiile de probabilitate ale variabilelor *TI* și *TS* vrem să obținem informații despre *TA* și *TL* și să se stabilească cum trebuie să se realizeze *TS* a.î. să se optimizeze o anumită funcție criteriu.

2.2 Structura instrucțiunii GPSS

Etichetă	Numele blocului (Cuvânt cheie)	Parametri (separați prin virgulă)
Opțională (pt. referiri)	Verb imperativ indică acțiunea blocului	A,B,C,...

2.4 Blocuri de acțiune (1)

- ▶ *SEIZE/RELEASE* – se folosesc împreună și determină ocuparea/eliberarea unei resurse denumită *facilitate*; de asemenea creează o facilitate, numele facilității fiind dat ca parametru. Au forma generală:
SEIZE resursă
.....
RELEASE resursă
 - ▶ resursă – este numele facilității
- ▶ *ADVANCE* – determină oprirea/blocarea tranzacției care accesează acest bloc un interval de timp dat de parametri. Are forma generală:
ADVANCE A,B
 - ▶ A – timp mediu de blocare/întârziere a tranzacției
 - ▶ B – abaterea

2.1 Descriere generală a limbajului GPSS

- ▶ *Limbajele de simulare* sunt limbaje de programare care implementează elementele de bază ale simulării: *ceasul simulării* și *gestionarea memoriei*.
- ▶ *Utilizatorul* se ocupă de *descrierea evenimentelor* și prelucrarea lor.
- ▶ Exemplu de limbaj de simulare: *GPSS (General Purpose System Simulator)*
- ▶ *Entități ale modelului*:
 - ▶ *Blocuri*: entități care descriu activități
 - ▶ *Tranzacții*: sunt elemente create printr-un bloc GENERATE care parcurg blocurile modelului/sistemului secvențial și în funcție de acțiunea blocurilor accesate.
 - ▶ *Stații de servire* sau *facilități*: resurse care oferă un singur serviciu (adică unei singure tranzacții)
 - ▶ *Multistații de serviciu* sau *depozite*: resurse care oferă servicii mai multor tranzacții simultan
 - ▶ *Entități de calcul*: variabile, funcții
 - ▶ *Entități statistice*: cozi, histograme

2.3 Blocuri de creare și distrugere de tranzacții

- ▶ *GENERATE* – creează tranzacții. Are forma generală:
GENERATE A,B,C,D,E
 - ▶ A – intervalul mediu între sosiri
 - ▶ B – abaterea; lungimea intervalului de timp între generarea a două tranzacții consecutive este o valoare întreagă a unei variabile aleatoare uniform distribuite pe interval $[A - B, A + B]$
 - ▶ C – momentul creării primei tranzacții
 - ▶ D – numărul maxim de tranzacții generate
 - ▶ E – prioritatea (valoare implicită = 0)
- ▶ *TERMINATE* – determină distrugerea unei tranzacții. Are forma generală:
TERMINATE A
 - ▶ A – decrementează parametrul dat la START (în fereastra care apare în urma rulării programului). De exemplu dacă avem "START nr" atunci, în momentul în care o tranzacție accesează blocul "TERMINATE A", "nr" devine " $nr = nr - A$ ". Programul rulează cât timp " $nr > 0$ ".

2.4 Blocuri de acțiune (2.1)

- ▶ *ENTER/LEAVE* – se folosesc împreună și determină ocuparea/eliberarea unei/mai multor componente dintr-o resursă denumită *punct de servire cu mai multe stații* sau *entitate de depozitare*.
- ▶ *Capacitatea* (numărul de componente care pot fi ocupate) *resursei* și *entitatea asociată* sunt definite prin blocul *STORAGE*.
- ▶ *Forma generală a blocurilor* este descrisă în slide-ul următor.

2.4 Blocuri de acțiune (2.2)

- Sintaxa blocurilor STORAGE/ENTER/LEAVE:

resursă STORAGE capacitate

.....

GENERATE A1,B1

.....

ENTER resursă,spații_ocupate

.....

LEAVE resursă,spații_eliberate

.....

TERMINATE A2

- resursă – este numele punctului de servire cu mai multe stații sau a entității de depozitare
- spații_ocupate – numărul de componente ocupate din entitatea "resursă" când o tranzație accesează blocul ENTER
- spații_eliberate – numărul de componente eliberate din entitatea "resursă" când o tranzație accesează blocul LEAVE
- spații_ocupate, spații_eliberate – trebuie să ia valori mai mici sau egale decât valoarea parametrului "capacitate"

◀ ▶ ↺ 🔍

2.5 Blocuri pentru obținerea de statistici (1)

- *QUEUE/DEPART* – se folosesc împreună și permit obținerea de statistici/informații referitoare la coada de așteptare. Au forma generală:

QUEUE coada

.....

DEPART coada

- coada – este numele cozii de așteptare

- *ATENȚIE*: blocurile *QUEUE/DEPART* NU determină crearea unei cozi de așteptare, permit doar obținerea de informații referitoare la coada de așteptare, care este creată implicit de către limbajul GPSS în momentul în care o tranzație accesează unul dintre blocurile de acțiune *SEIZE*, *ENTER* sau *PREEMPT*

◀ ▶ ↺ 🔍

2.5 Blocuri pentru obținerea de statistici (2.2)

Construcția histogramei este iterativă:

- în momentul în care o tranzație accesează blocul "TABULATE etHist", se calculează expresia definită prin parametrul "A" al histogramei cu numele "etHist";
- valoarea expresiei reprezintă o valoare de selecție, notată, x_i pentru tranzația i , asupra unei variabile aleatoare;
- la fiecare accesare a blocului "TABULATE" de către o tranzație se actualizează mulțimea valorilor de selecție, $S_n = S_{n-1} \cup \{x_n\}$, unde $S_{n-1} = \{x_1, x_2, \dots, x_{n-1}\}$ este mulțimea de valori de selecție obținută pentru primele $n - 1$ tranzații, iar x_n este valoarea expresiei date prin parametrul A calculată pentru tranzația a n – a care accesează blocul "TABULATE";
- histograma este actualizată, fiind construită pentru mulțimea valorilor de selecție S_n .

◀ ▶ ↺ 🔍

2.4 Blocuri de acțiune (3)

- *PREEMPT/RETURN* – se folosesc împreună și determină ocuparea/eliberarea unei facilități; ocuparea facilității are loc în funcție de prioritatea asociată tranzației. Au forma generală: *PREEMPT* resursă,prioritate,blocTransfer

.....

RETURN resursă

- resursă – este numele facilității
- prioritate – poate fi PR sau poate să lipsească.
 - Dacă este PR atunci o tranzație care accesează un bloc *PREEMPT* poate îndepărta tranzația care ocupă deja facilitatea (pe care a ocupat-o printr-un bloc *SEIZE* sau *PREEMPT*) în funcție de prioritate (tranzația având prioritatea mai mare va ocupa în continuare facilitatea).
 - Dacă PR lipsește atunci *PREEMPT* poate îndepărta doar o tranzație care a ocupat facilitatea prin blocul *SEIZE*. În caz contrar tranzația va fi introdusă în coada de așteptare.
- blocTransfer – este opțional și reprezintă blocul la care este dirijată tranzația care ocupa inițial facilitatea. Dacă lipsește atunci tranzația va fi introdusă în coada de așteptare și după eliberarea facilității va primi în continuare serviciul

◀ ▶ ↺ 🔍

2.5 Blocuri pentru obținerea de statistici (2.1)

- *TABLE/TABULATE* – reprezintă grafic histograma asociată unei mulțimi de selecție. Au forma generală:

etHist TABLE A,B,C,D

.....

GENERATE A1,B1

.....

TABULATE etHist

.....

TERMINATE A2

- etHist – numele histogramei, parametru obligatoriu
- A – expresie care furnizează valori de selecție (generate cf. unei repartiții de probabilitate) asupra unei v.a. X
- $B - a_1$: marginea superioară a primului interval de frecvențe: $I_1 = [a_0, a_1]$ (în notațiile din Curs 7)
- $C - l = a_i - a_{i-1}$: lungimea unui interval de frecvențe
- $D - k$: numărul intervalelor de frecvențe

◀ ▶ ↺ 🔍

2.5 Blocuri pentru obținerea de statistici (3)

- *QTABLE/QUEUE/DEPART* – reprezintă grafic histograma asociată timpilor de așteptare la un serviciu. Au forma generală: etHist QTABLE numeCoadă,B,C,D

.....

GENERATE A1,B1

.....

QUEUE numeCoadă

.....

DEPART numeCoadă

.....

TERMINATE A2

- etHist – numele histogramei, element obligatoriu
- numeCoadă – numele cozii de așteptare în care sunt introduse tranzațiile pentru care se calculează timpul de așteptare pentru a primi un serviciu
- B, C, D – parametri care definesc histograma; au aceeași semnificații ca pentru "TABLE"

◀ ▶ ↺ 🔍

