

GHEORGHE M.PANAITESCU

**MODELAREA SI SIMULAREA
SISTEMELOR DE PRODUCTIE**

Aplicatii si teste

**Universitatea "Petrol-Gaze" Ploiesti
2006**

INTRODUCERE

Paginile următoare contin câteva aplicații la disciplina **Modelarea și simularea sistemelor de producție** prevăzută în programul de pregătire al studenților de la specializarea IEDM.

Fiecare capitol al cursului este prezent aici de regulă prin câteva probleme rezolvate și prin alte câteva probleme propuse spre rezolvare studenților. Cele mai simple dintre ele se pot soluționa prin utilizarea unor mijloace de calcul modeste: un calculator de buzunar sau ceva similar. Altele au nevoie de echipamente de calcul mai rafinate și pentru aceasta autorul pune la dispoziția studenților câteva programe adaptate sau realizate de el însuși: **SP01**, **SP04**, **SP07**. Aceste programe sunt prezentate, mai ales în ceea ce privește modul de operare, în **Anexele** acestei lucrări.

Capitolele cursului sunt reprezentate aici și printr-un număr de exerciții de autoevaluare, care constau în întrebări cu mai multe răspunsuri dintre care studentul trebuie să-l aleagă pe cel potrivit. Răspunsurile adecvate sunt prezentate în altă parte, către sfârșitul lucrării.

Lucrările care necesită calculator personal și programele pregătite de autor vor fi tratate în măsura timpului în orele de aplicații prevăzute în orar. Unele pot fi rezolvate acasă. Pentru aceasta, studenții au libertatea să copieze și să ducă în afara Universității programele menționate.

La unele probleme cuprinse în această concisă culegere sau la unele similare din alte surse se vor cere soluții în cadrul unor lucrări de casă pentru care studenții primesc note. Pentru aceste lucrări elaborate acasă se cer:

- Redactare concisă, inteligibilă, însoțită de comentarii proprii asupra soluțiilor obținute.
- Soluții individuale: rezultatele identice, diferite doar prin semnătură sunt apreciate negativ.
- Punctualitate în predarea lucrărilor: enunțurile se comunică uzual în săptămâna a patra sau a cincea, iar termenul de predare a soluțiilor se stabilește de comun acord, în una din săptămânile a 8-a, a 9-a sau a 10-a.

C U P R I N S U L

MODELE LINIARE DE TIP DETERMINIST 1

Probleme rezolvate
Probleme propuse
Exercitii de autoevaluare

ELEMENTE DE TEORIA PROBABILITĂȚILOR SI DE STATISTICĂ MATEMATICĂ 6

Probleme propuse
Exercitii de autoevaluare

PROCESE MARCOV 8

Probleme propuse
Exercitii de autoevaluare

GRAFURI SI APLICATII ALE GRAFURILOR 11

Probleme propuse
Exercitii de autoevaluare

ELEMENTE DE TEORIA DECIZIILOR 13

Probleme propuse
Exercitii de autoevaluare

SISTEME CU ASTEPTARE 14

Probleme propuse
Exercitii de autoevaluare

SIMULARE 16

Exercitii de autoevaluare

PROGNOZE 17

Probleme propuse

Exercitii de autoevaluare

**RETELELE PETRI – MODELE PENTRU SISTEMELE DE
PRODUCTIE FLEXIBILE 19**

Probleme propuse

Exercitii de autoevaluare

**METODE NECONVENTIONALE ÎN MODELAREA SI SIMULAREA
SISTEMELOR DE PRODUCTIE 21**

Exercitii de autoverificare

O PROBLEMĂ DE SINTEZĂ 22

REZULATELE EXERCITIILOR DE AUTOEVALUARE 26

ANEXE 29

Anexa 1. Programul SP01

Anexa 2. Programul SP04

Anexa 3. Programul SP07

MODELE LINIARE DE TIP DETERMINIST

Probleme rezolvate

Problema 1. Societatea comercială X fabrică între altele produsele 1, 2, 3. Trei noi capacități de producție, notate mai jos ca **Filialele I, II, III**, vor fi date în funcțiune în perioada următoare. În aceste capacități se pot fabrica produsele 1, 2, 3 în cantitățile maxime indicate în coloana a doua din **tabelul 1**. Capacitățile de stocare disponibile la cele trei filiale este limitată, conform datelor din coloana a treia a aceluiași tabel. **Tabelul 2** conține estimările cererii lunare pentru cele trei produse, profitul unitar realizabil precum și spațiul specific necesar pentru depozitare. Livrările se fac lunar. Se urmărește o politică de producere a celor trei produse în cele trei capacități de producție astfel încât să se obțină un profit maxim.

Tabelul 1

| Filiala | Capacitatea maximă de producție (unități fizice/lună) | Capacitatea maximă de stocare (unități de volum) |
|---------|---|--|
| I | 500 | 810 |
| II | 600 | 720 |
| III | 300 | 315 |

Tabelul 2

| Produsul | Cererea estimată (unități fizice/lună) | Profit unitar (unități monetare/unitate fizică) | Volum unitar (unități de volum/unitate fizică) |
|----------|--|---|--|
| 1 | 600 | 12 | 4 |
| 2 | 800 | 10 | 2,3 |
| 3 | 500 | 9 | 1,5 |

Soluție. Se identifică cu ușurință variabilele de decizie: numărul de produse de fiecare tip realizate la fiecare dintre filiale. Sunt 9 variabile de decizie.

| Filiala I | | | Filiala II | | | Filiala III | | |
|-----------|-------|-------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| Pr.1 | Pr.2 | Pr.3 | Pr.1 | Pr.2 | Pr.3 | Pr.1 | Pr.2 | Pr.3 |
| x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | x_5 | x_6 | x_7 | x_8 | x_9 |

Restricțiile sunt dictate

a) de capacitățile de producție

$$x_1 + x_2 + x_3 \leq 500$$

$$x_4 + x_5 + x_6 \leq 600$$

$$x_7 + x_8 + x_9 \leq 300$$

b) de dimensiunile spațiilor de depozitare și

$$4x_1 + 2,3x_2 + 1,5x_3 \leq 810$$

$$4x_4 + 2,3x_5 + 1,5x_6 \leq 720$$

$$4x_7 + 2,3x_8 + 1,5x_9 \leq 315$$

c) de cererea de produse.

$$x_1 + x_4 + x_7 \leq 600$$

$$x_2 + x_5 + x_8 \leq 800$$

$$x_3 + x_6 + x_9 \leq 500$$

La acestea se adaugă restricția de nenegativitate: $x_i \geq 0$ pentru $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$.

Coeficienții din funcția obiectiv sunt profitul unitar specific fiecărui tip de piese.

$$f = 12(x_1 + x_4 + x_7) + 10(x_2 + x_5 + x_8) + 9(x_3 + x_6 + x_9)$$

Acest profit trebuie maximizat.

Soluția numerică a problemei se obține uzând de programul **SP01/Linear Programming**

Problema 2. Societatea comercială **X** are în program construirea unei clădiri. Pentru realizarea acelei construcții sunt necesare între altele, profile metalice de o anumită dimensiune, să spunem cornier de 60 mm. Profilele metalice respective pot fi procurate la lungimea fixă de 9 m fiecare. La realizarea lucrării sunt necesare cel puțin 80 de profile tăiate la lungimea de 2 m, cel puțin 60 de profile tăiate la lungimea de 2,5 m și cel puțin 30 de profile tăiate la lungimea de 3,5 m. Societatea **X** cere specialistilor săi să calculeze numărul de profile de lungimea specificată în cataloagele furnizorului, 9 m, care trebuie aprovizionate și tăiate pentru construcția menționată, astfel încât deseurile să fie reduse la minimum posibil.

Soluție. Trebuie stabilite variabilele de decizie și trebuie scris modelul matematic al problemei.

La acest punct este sugerată tratarea care urmează.

Este necesară mai întâi o analiză a problemei sub aspect tehnologic.

Un profil de lungime L poate fi tăiat în bucăți cu lungimile $l_1 < l_2 < l_3$ în mai multe moduri. Dacă se notează cu n_1, n_2, n_3 numărul de bucăți cu lungimile l_1, l_2 , respectiv l_3 realizate dintr-un asemenea profil, atunci:

$$n_1 l_1 + n_2 l_2 + n_3 l_3 \leq L$$

dar și

$$L - (n_1 l_1 + n_2 l_2 + n_3 l_3) < l_1$$

adică deseul trebuie să fie mai scurt decât cea mai scurtă bucată utilizabilă.

Cele două inegalități pot fi scrise și ca o dublă inegalitate

$$L - l_1 < n_1 l_1 + n_2 l_2 + n_3 l_3 \leq L$$

Sistemul de inegalități trebuie rezolvat în raport cu n_1, n_2, n_3 în numere întregi. Vor rezulta mai multe variante de tăiere, în orice caz în număr finit. O cale posibilă de rezolvare a acestei probleme a tăierii profilelor este aceea a enumerării cazurilor, care sunt, de asemenea, în număr finit. Într-adevăr

$$0 \leq n_i \leq \frac{L}{l_i} \quad (i = 1, 2, 3)$$

de unde rezultă finitudinea numărului de posibilități de tăiere a unui profil. Pe calea enumerării, se stabilesc soluțiile sistemului de inegalități de mai sus. Fie aceste soluții în număr de N , $\{s_1, s_2, \dots, s_N\}$. Se notează cu d_1, d_2, \dots, d_N lungimea deseurilor la tăiere corespunzătoare și cu x_1, x_2, \dots, x_N numărul profilelor tăiate conform rețetelor de tăiere respective. Aceste din urmă variabile sunt tocmai variabilele de decizie. Scrierea modelului este acum de-a dreptul facilă: se caută

$$\min_{x_j} \{d_1 x_1 + d_2 x_2 + \dots + d_N x_N\}$$

sub condițiile restrictive

$$n_{11}x_1 + n_{12}x_2 + \dots + n_{1N}x_N \geq N_1$$

$$n_{21}x_1 + n_{22}x_2 + \dots + n_{2N}x_N \geq N_2$$

$$n_{31}x_1 + n_{32}x_2 + \dots + n_{3N}x_N \geq N_3$$

cu x_j ($j = 1, 2, \dots, N$) întregi pozitivi sau nuli.

În restricțiile problemei de programare liniară s-a notat cu N_1, N_2, N_3 necesarul de profile tăiate la lungimile l_1, l_2, l_3 . Coeficienții n_{1j}, n_{2j}, n_{3j} din restricții sunt soluția n_1, n_2, n_3 pentru rețeta de tăiere s_j ($j = 1, 2, \dots, N$) rezultată din sistemul de inegalități rezolvat în faza examinării tehnologice a problemei.

Soluția numerică a problemei se determină cu ajutorul programului **SP01/All Integer Programming** (programare liniară în numere întregi).

Se sugerează cititorului încercarea de a soluționa probleme similare rezultate prin modificarea lungimilor necesare la realizarea construcției. Se recomandă, de asemenea, rezolvarea problemei atunci când profilele în stare brută au o lungime diferită de cea dată în enunțul problemei propuse, o lungime care nu este multiplu de 0,5 m.

Probleme propuse

Problema 1. Un avion cargo are trei compartimente de marfă: cel din față, cel din centru și cel din spate. Aceste compartimente au capacități de încărcare în masă și în volum conform tabelului alăturat.

În plus, greutatea mărfurilor în cele trei compartimente trebuie să fie proporționale cu capacitățile pentru a menține încărcarea echilibrată a avionului.

| Compartiment | Capacitatea în greutate (tone) | Capacitatea în volum (mc) |
|--------------|--------------------------------|---------------------------|
| Fată | 10 | 6800 |
| Centru | 16 | 8700 |
| Spate | 8 | 5300 |

Pentru transportul următor așteaptă a fi îmbarcate patru tipuri de mărfuri. Caracteristicile lor masice, volumice și economice sunt date în tabelul alăturat.

| Mărfuri/Cargo | Greutate (tone) | Volum specific (mc/tonă) | Profit (U.M./tonă) |
|---------------|-----------------|--------------------------|--------------------|
| C1 | 18 | 480 | 310 |
| C2 | 15 | 650 | 380 |
| C3 | 23 | 580 | 350 |
| C4 | 12 | 390 | 285 |

Este acceptată orice cantitate din fiecare din aceste mărfuri (întreagă sau fractionară), desigur în limitele disponibile. Obiectivul este a stabili ce cantități din fiecare tip de marfă ar trebui acceptate la bord și cum ar trebui distribuite între compartimente pentru ca profitul zborului să fie maxim.

Formulați problema de programare liniară pentru atingerea obiectivului propus. Ce ipoteze sunt acceptate, tacit sau explicit, în formularea acestei probleme ca una de programare liniară?

Faceți o comparație între rezolvarea acestei probleme prin utilizarea programării liniare și rezolvarea ei pe cale intuitivă.

Problema 2. O companie producătoare de conserve operează două instalații productive cu ambalare în cutii. Cultivatorii pot furniza fructe proaspete în următoarele cantități:

- S1: 200 tone la 11 u.m./tonă
- S2: 310 tone la 10 u.m./tonă
- S3: 420 tone la 9 u.m./tonă

Costurile transportului în u.m.(unități monetare)/tonă sunt următoarele:

| De la: | La instalația A | La instalația B |
|--------|-----------------|-----------------|
| S1 | 3 | 3,5 |
| S2 | 2 | 2,5 |
| S3 | 6 | 4 |

Cele două capacități de producție au caracteristici de operare diferite atât sub aspectul capacității de prelucrare cât și sub aspectul costurilor de operare. Tabelul următor conține aceste caracteristici:

| | | |
|---------------|--------------|--------------|
| | Instalatia A | Instalatia B |
| Capacitate | 460 tone | 560 tone |
| Cost manoperă | 26 u.m./tonă | 21 u.m./tonă |

Fructele conservate se vând către comert cu 50 u.m./tonă. Compania poate vinde tot ce produce.

Obiectivul este stabilirea celei mai bune combinatii de cantități furnizate de cei trei producători către cele două facilități productive pentru a maximiza profitul.

- Formulati problema ca o problemă rezolvabilă prin programarea liniară si explicati-o
- Explicati ipotezele care s-au făcut la exprimarea problemei ca o problemă de programare liniară.

Problema 3. Managerul unei instalatii chimice este în fata organizării în schimburi a fortei de muncă din instalatie. Se lucrează în trei schimburi, unul de noapte (0.00 – 8.00), unul de zi (8.00 – 16.00) si unul de seară (16.00 – 24.00). Instalatia necesită permanent oameni si numărul minim de personal necesar în schimburi peste săptămână este după cum urmează:

| Schimburi | L | M | M | J | V | S | D |
|-----------|---|----|----|---|----|---|---|
| Noapte | 5 | 3 | 2 | 4 | 3 | 2 | 2 |
| Zi | 7 | 8 | 9 | 5 | 7 | 2 | 5 |
| Seară | 9 | 10 | 10 | 7 | 11 | 2 | 2 |

Întelegerea cu sindicatele prevede ca acceptabil lucrul în schimburi dacă:

- Fiecare muncitor lucrează fie în schimbul de noapte, fie în schimbul de zi, fie în cel de seară si odată desemnat pentru a lucra într-un schimb trebuie să rămână în acelasi schimb în toate zilele în care lucrează
- Fiecare muncitor lucrează patru zile consecutive în orice perioadă de sapte zile.

În total sunt 60 de muncitori.

- Formulati problema managerului ca o problemă de programare liniară
- Comentati avantajele si dezavantajele pe care le întrevădeti relativ la formularea si rezolvarea acestei probleme în termenii programării liniare.

Exercitii de autoevaluare

1. La problema 1 de mai sus, de câte variabile de decizie dispuneti?
a) de 11, b) de 4 sau c) de 12?
2. La problema 1 de mai sus, înafară de restrictiile de nenegativitate pentru valorile variabilelor de decizie câte alte restrictii se impun?
a) 2, b) 11 sau c) 12?
3. La problema 2 de mai sus, de câte variabile de decizie dispuneti?
a) de 7, b) de 6 sau c) de 3?

4. La problema 2 de mai sus, înafară de restricțiile de nenegativitate pentru valorile variabilelor de decizie câte alte restricții se impun?
a) 5, b) 2 sau c) 7?
5. La problema 3 de mai sus, de câte variabile de decizie dispuneti?
a) de 21, b) de 7 sau c) de 3?
6. La problema 3 de mai sus, înafară de restricțiile de nenegativitate pentru valorile variabilelor de decizie câte alte restricții se impun?
a) 21, b) 22 sau c) 7?
7. Revedeti enunțurile problemelor 1, 2 și 3 de mai sus. Care dintre aceste probleme sunt probleme de maxim?
a) problemele 1 și 2, b) numai problema 2, c) toate trei problemele
8. Revedeti enunțurile problemelor 1, 2 și 3 de mai sus. Care dintre aceste probleme trebuie rezolvate obligatoriu în numere întregi?
a) problema 2, b) problema 3, c) problema 1

ELEMENTE DE TEORIA PROBABILITĂȚILOR ȘI DE STATISTICĂ MATEMATICĂ

Probleme propuse

Problema 1. Se aruncă două zaruri, unul corect, altul incorect. Cel incorect are probabilitățile fetelor cu 1, 2, 3, 4, 5, 6 puncte nu egale ci $P(1) = P(2) = P(3) = 2P(4) = 2P(5) = 2P(6)$. Fie X variabila aleatoare care ia valorile de pe zarul corect și Y variabila aleatoare care ia valori conform zarului incorect.

- a) Calculați probabilitățile asociate valorilor variabilei aleatoare Y .
- b) Calculați valorile medii și dispersiile celor două variabile aleatoare X și Y .
- c) Fie Z variabila aleatoare $Z = X - Y$. Valorile posibile ale Z sunt 0, ± 1 , ± 2 , ± 3 , ± 4 , ± 5 . Evaluați probabilitățile $P(Z = 0)$, $P(Z = \pm 1)$, $P(Z = \pm 2)$, $P(Z = \pm 3)$, $P(Z = \pm 4)$, $P(Z = \pm 5)$. Faceți o diagramă $P(Z = z)$, cu z în abscisă, pentru $z = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 4, \pm 5$.
- d) Fie S o secvență de 36 de perechi (i, j) cu $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ valori ale variabilei aleatoare X , cu $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ valori ale variabilei aleatoare Y . În altă exprimare, $X(i, j) = i$, $Y(i, j) = j$ pentru oricare din perechile $(i, j) \in S$. Fie evenimentul $Z = 4$. Calculați probabilitatea ca evenimentul acesta să nu apară nici măcar o dată într-o asemenea secvență.

Problema 2. Se alege la întâmplare o lună a anului. Apoi se alege o zi din acea lună tot la întâmplare (se admite că anul nu este bisect).

- a) Descrieți toate rezultatele (lună, zi) care formează *spatiul evenimentelor* pentru acest experiment aleator.
- b) Care este probabilitatea ca luna să fie de 31 de zile?
- c) Care este probabilitatea ca ziua aleasă să fie între a zecea (inclusiv) și a douăzecea (inclusiv)?
- d) Care este răspunsul la punctul c. dacă anul este bisect?

Problema 3. Fie A, B evenimente produse de un același experiment aleator. Dacă probabilitatea ca cel puțin unul din cele două evenimente să se producă este 0,7 și dacă probabilitatea ca cel puțin unul din cele două evenimente să nu se producă este 0,6, calculați probabilitatea ca exact unul dintre cele două evenimente să se producă.

Problema 4. Trei evenimente A, B, C asociate cu un anumit experiment aleator satisfac relațiile următoare:

- $P(A) = 0,25; P(B) = 0,2; P(C) = 0,25$
 - $P(A \cap B) = 0,1; P(A \cap B \cap C) = 0,05; P(A \cap C) = 2P(B \cap C)$
 - Probabilitatea ca cel puțin două din evenimentele A, B, C să se producă este 0,3.
- a) Calculați probabilitatea ca nici unul dintre cele trei evenimente să nu se producă
 - b) Calculați probabilitatea ca să se producă exact unul dintre cele trei evenimente.

Problema 5. O variabilă aleatoare continuă X are funcția de densitate de probabilitate

$$f_X(x) = \begin{cases} 2x & x \in [0,1] \\ 0 & x \in \mathbb{R} \setminus [0,1] \end{cases}$$

- a) Verificați că funcția de mai sus este într-adevăr o densitate de probabilitate.
- b) Calculați media și dispersia variabilei aleatoare
- c) Comparați valorile de la punctul anterior cu media, respectiv dispersia unei variabile aleatoare continue uniform repartizată pe intervalul $[0, 1]$.

Problema 6. Fie X o variabilă aleatoare continuă cu densitatea de probabilitate

$$f_X(x) = \begin{cases} e^{-x} & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases}$$

(legea de repartiție exponențială).

- a) Verificați că funcția de mai sus este o densitate de probabilitate (sub alt nume, o densitate de repartiție).
- b) Stabiliți funcția de repartiție a variabilei X
- c) Calculați probabilitatea ca variabila X să ia valori cuprinse între 1 și 2.
- d) Calculați media și dispersia variabilei X .

Exerciții de autoevaluare

1. Evenimentele A, B se produc cu probabilitățile $p(A), p(B)$. E este evenimentul sigur, iar \emptyset este evenimentul imposibil. Care din următoarele propoziții **nu** este adevărată?
 - a) $A \subset A \cup B$; b) $p(A \cup B) > p(A) + p(B)$; c) $p(A) = 1 \Leftrightarrow A = E$.

2. Evenimentele A și B se conditionează reciproc. Probabilitățile evenimentelor sunt $p(A) = 1/2$, $p(B) = 1/3$. Probabilitatea producerii concomitente a celor două evenimente este $p(A \cap B) = 1/4$. Care probabilități conditionate din următoarele sunt evaluate corect?
- $p(A/B) = 1/2$ și $p(B/A) = 3/4$;
 - $p(A/B) = 3/4$ și $p(B/A) = 1/2$;
 - $p(A/B) = 1/12$ și $p(B/A) = 1/4$.
3. Faceti o comparatie între dispersia σ_1^2 a variabilei aleatoare definită la problema 5 de mai sus și dispersia σ_2^2 a unei variabile aleatoare repartizate uniform pe același interval $[0, 1]$. Cele două dispersii sunt în relația
- $\sigma_1^2 < \sigma_2^2$, b) $\sigma_1^2 > \sigma_2^2$ sau c) $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$?
4. Pentru evaluarea unei relații regresionale între două variabile simple, y și x , relație în care apar n coeficienți, numărul perechilor distincte de valori (x, y) observate experimental trebuie să fie
- mai mic decât n , b) mai mare decât n sau c) egal cu n ?
5. Care este avantajul principal al planurilor experimentale ortogonale destinate evaluării relațiilor de regresie?
- evidențierea separată a semnificației fiecărui coeficient al regresiei
 - simplificarea calculelor
 - acoperirea mai judicioasă a zonei de spațiu în care relația de regresie este reprezentativă
6. Media unei selecții de n observații experimentale efectuate asupra unei variabile aleatoare normale de dispersie σ^2 este o variabilă aleatoare: selecții diferite de aceeași dimensiune n au medii diferite. Fată de σ^2 , dispersia acestor medii este
- mai mare, b) egală sau c) mai mică?

PROCESE MARCOV

Probleme propuse

Problema 1. Este analizată situația admiterii la un anumit curs predat la Universitatea "Petrol-Gaze". Fiecare student potențial poate fi în una din patru stări posibile:

- Starea 1: nu a cerut înscrierea
- Starea 2: a cerut înscrierea dar decizia admis/respins nu a fost făcută
- Starea 3: cererea de înscriere i-a fost respinsă
- Starea 4: cererea de înscriere i-a fost acceptată

La începutul perioadei de înscriere toți studenții potențiali sunt în starea 1. Prin examinarea statisticii admiterilor din anii anteriori se poate identifica următoarea matrice de tranziție pe bază lunară:

| De la\La | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------|------|------|------|------|
| 1 | 0,97 | 0,03 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0,10 | 0,15 | 0,75 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 1 |

- Ce cotă procentuală de studenți admisi se va înregistra după 3 luni?
- Este posibil sau nu a evalua o stare semnificativă pe termen lung? De ce?

Cel care supraveghează admiterea și decide admiterea sau respingerea are controlul asupra elementelor liniei a doua a matricei de tranziție. Aceste elemente exprimă:

- Poziția (2, 2): rapiditatea cu care sunt procesate cererile în fiecare lună
- Poziția (2, 3): proporția de solicitanți respinși în fiecare lună
- Poziția (2, 4): proporția de solicitanți admisi în fiecare lună (cărora li se oferă un loc)

Mai precis, supraveghetorul are a hotărî la începutul fiecărei luni proporția de admisi dintre solicitanții din acea lună. Totuși, există o restricție: la finalul fiecărei luni, numărul de respinși nu trebuie să depășească o treime din numărul total de locuri și nici să nu fie mai mic decât 20% din acel număr.

O analiză mai adâncă arată că solicitanții care așteaptă mai mult de două luni între depunerea cererii și aflarea deciziei (admis sau respins) nu se prezintă efectiv la curs chiar dacă li s-a oferit locul solicitat.

Formulați problema căreia trebuie să-i faceți față supraveghetorul admiterii în fiecare lună, ca o problemă de programare liniară. Comentati ipotezele făcute în acest scop.

Problema 2. Un proprietar al unei benzinării este preocupat de efectul asupra afacerii proprii al amplasării în apropiere a unei stații de alimentare concurente, noi. În prezent, cotele de piață pe acel tronson de sosea sunt de 80% pentru afacerea proprie, 20% pentru stația concurentă.

O analiză pe ultima săptămână indică o comutare a clienților de la o stație la alta conform tabelului (matricei) de mai jos:

| De la\La | Stafia proprie | Stafia concurentă |
|-------------------|----------------|-------------------|
| Stafia proprie | 0,75 | 0,25 |
| Stafia concurentă | 0,55 | 0,45 |

- Care vor fi cotele de piață pentru cele două stații după alte două săptămâni?
- Care sunt cotele așteptate pe termen lung?

Problema 3. Într-o rețea de distribuție a carburanților sunt practicate trei modalități de plată:

1. cu bani lichizi

2. cu carduri
3. prin decontări bancare

Departamentul de observare a pietii a estimat următoarea matrice a probabilităților de modificare la trimestru a modalităților de plată:

| Plata curentă | Schimbare la: | | |
|---------------|---------------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 |
| 1 | 0,85 | 0,10 | 0,05 |
| 2 | 0,04 | 0,90 | 0,06 |
| 3 | 0,02 | 0,23 | 0,75 |

Dacă în prezent 70% dintre clienți plătesc cu numerar, 20% plătesc cu cardul și 10% plătesc prin bănci, care vor fi aceste procentaje după două trimestre și pe termen lung?

Exercitii de autoevaluare

1. Într-un proces economic modelat ca un proces Markov s-au identificat 6 stări distincte. Care sunt dimensiunile matricei de tranziție asociată procesului?
 - a) 6x1, b) 6x6 sau c) 1x6?
2. Elementele unei matrice de tranziție sunt probabilități (de trecere dintr-o stare în alta). Cum trebuie să fie suma unei linii oarecare dintr-o astfel de matrice?
 - a) zero, b) unitară sau c) un număr oarecare?
3. Dacă în matricea de tranziție o coloană este alcătuită din zerouri, care este probabilitatea staționară (după un număr foarte mare de tranziții) asociată cu starea de indice egal cu indicele acelei coloane?
 - a) zero, b) 1 sau c) 0,5?
4. Dacă la întrebarea 3, starea sistemului este descrisă de cota de piață a fiecărui produs/producător, coloana de zerouri anunță pentru produsul asociat acelei coloane:
 - a) dispariția de pe piață,
 - b) o afacere prosperă sau
 - c) o situație multumitoare a vânzărilor
5. Recitiți problema 1 din secțiunea de **Probleme** de mai devreme. Se admite că sunt 100 de candidați potențiali, asadar starea de început este dată de vectorul $[100 \ 0 \ 0 \ 0]$. După câți pași procedurali numărul admisilor va depăși 15?
 - a) 10, b) 8 sau c) niciodată

GRAFURI SI APLICATII ALE GRAFURILOR

Probleme propuse

Problema 1. Tabelul de mai jos definește activitățile componente ale unui proiect de mică anvergură.

| Activitatea | Durata (săptămâni) | Activități imediat precedente |
|-------------|--------------------|-------------------------------|
| A | 2 | - |
| B | 3 | - |
| C | 4 | A |
| D | 3 | A, B |
| E | 8 | C, D |
| F | 3 | C |
| G | 2 | E |
| H | 3 | F, G |

- Desenați graful în cele două variante: cu activitățile în noduri, cu activitățile pe arce
- Calculați durata totală a proiectului și stabiliți activitățile critice
- Care sunt rezervele fiecărei activități necritice

În proiect, sunt câteva opțiuni privind duratele executării activităților C, D și E, cu modificări de cost conform tabelului următor.

Formulați o problemă de decizie asupra duratelor pentru activitățile C, D și E astfel ca proiectul să se încheie în 17 săptămâni. Rezolvați acea problemă ca una de programare în numere întregi.

| Activitatea | Durata (săptămâni) | Costul execuției (u.m.) |
|-------------|--------------------|-------------------------|
| C | 4 | 3.000 |
| | 3 | 7.000 |
| | 2 | 10.000 |
| | 1 | 15.000 |
| D | 3 | 12.000 |
| | 2 | 16.000 |
| | 1 | 25.000 |
| E | 8 | 5.000 |
| | 7 | 9.000 |
| | 6 | 14.000 |

Problema 2. Tabelul următor definește activitățile unui proiect de dimensiune moderată.

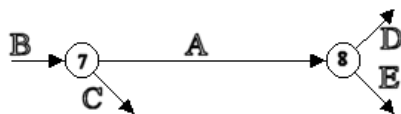
| Activitatea | Nod de început | Nod de sfârșit | Durata (săptămâni) |
|-------------|----------------|----------------|--------------------|
| 1 | 1 | 2 | 2 |
| 2 | 1 | 3 | 3 |
| 3 | 1 | 4 | 2 |
| 4 | 2 | 5 | 3 |
| 5 | 3 | 6 | 7 |
| 6 | 4 | 6 | 5 |
| 7 | 5 | 7 | 4 |
| 8 | 6 | 7 | 9 |
| 9 | 7 | 9 | 3 |

În plus, activitatea 7 nu poate începe înainte de a se sfârși activitatea cu numărul 5.

- Trasați grafurile rețea în cele două variante, cu activitățile pe arce, cu activitățile în noduri
- Calculați durata minimă a proiectului
- Evaluați rezervele de timp pentru fiecare activitate.

Exerciții de autoevaluare

1. Fragmentul din figură este parte a unui graf orientat asociat unei lucrări. În nodul 7 se încheie activitatea B și pot începe activitățile A și C. În nodul 8 se încheie activitatea A și pot începe activitățile D și E. Cele două noduri-evenimente au termenele cele mai timpurii posibile $t_{7\min} = 11$, $t_{8\min} = 25$ și termenele cele mai târzii admise $t_{7\max} = 11$, $t_{8\max} = 30$. Durata activității A de pe arcul (7, 8) este $t_{78} = 9$ unități de timp (u.t.), aceleași unități în care sunt exprimate și termenele.



În accepțiunea folosită în analiza drumului critic, care activități sunt critice?

- a) B și C, b) A sau c) D și E?
2. Pentru același fragment de rețea, rezervele totală, liberă, intermediară și sigură ale activității A sunt
 - a) nule toate? b) egale toate? c) egale două câte două?
 3. Câți drumuri critice pot exista în general în graficul-rețea care modelază executarea unui proiect cu activități de durate precizate?

- a) unul singur, b) două sau c) mai multe.
4. Durata totală a executării lucrărilor unui proiect alcătuit din activități cu durate incerte este:
- un număr bine precizat;
 - o variabilă aleatoare uniform distribuită;
 - o variabilă aleatoare distribuită după o lege normală
5. La *problema fluxului maxim* prezentată printr-un exemplu în secțiunea **Fluxuri prin rețele**, pe graficul soluției, stabiliți afirmația adevărată din cele care urmează:
- Suma algebrică a fluxurilor dintr-un nod este nulă
 - Suma algebrică a fluxurilor este aceeași în orice nod
 - Suma algebrică a fluxurilor dintr-un nod este nulă, cu excepția nodului sursă și a nodului destinație

ELEMENTE DE TEORIA DECIZIILOR

Probleme propuse

Problema 1. O companie de explorări geologice face explorarea unor terenuri pentru a evidenția prezența eventuală a unor zăcăminte de metale semnificative economic. Compania are de optat asupra cumpărării unei parcele de teren la prețul de 3.000.000 u.m.

Dacă compania cumpără parcela atunci poate executa explorarea terenului. Experiența anterioară arată că pentru tipul de teren respectiv explorarea costă 1.000.000 u.m. și șansele de a descoperi zăcăminte metalifere sunt după cum urmează:

- Mangan 1%
- Aur 0,05%
- Argint 0,2%

Numai unul din aceste metale poate fi detectat (dacă există vreunul) și nu este nici o șansă a se găsi două din aceste metale sau toate trei și, de asemenea, nu este nici o șansă să fie localizat vreun alt metal.

Dacă se descoperă mangan, terenul de poate revinde cu 30.000.000 u.m., dacă se descoperă aur, terenul se poate revinde cu 250.000.000 u.m. și dacă se descoperă argint, terenul se poate revinde cu 150.000.000 u.m.

Compania, poate decide a plăti 750.000 u.m. pentru a executa un test explorator de trei zile înainte de a hotărî asupra cumpărării parcelei. Testul explorator nu dă decât indicații preliminare asupra eventualelor depozite metalifere. Costul testului explorator de trei zile este de 250.000 u.m. și are șansa de rezultat pozitiv în detectarea unui depozit de 50%.

Dacă testul explorator identifică depozite de metal semnificative, atunci șansele de a găsi mangan, aur, argint cresc la 3%, 2%, respectiv la 1%. Dacă testul explorator nu identifică depozite de metal semnificative, atunci șansele de a găsi mangan, aur, argint scad la 0,75%, 0,04%, respectiv la 0,175%.

- Ce ati recomanda companiei să facă si de ce?
- O companie din domeniu este gata să plătească jumătate din toate costurile asociate cu acea parcelă cu conditia de a avea jumătate din eventualul profit. În aceste împrejurări ce ati recomanda companiei de explorări să facă si de ce?

Exercitii de autoevaluare

1. Se reia aici prin tabelul prezentat în corpul capitolului din curs, un exemplu de luare a unei decizii după metoda Hurwicz, pentru un coeficient de optimism $\alpha = 0,8$. Stabiliti valoarea (valorile) α care schimbă decizia (deciziile). Acestea sunt
a) $\alpha = 0,7$, b) $\alpha = 0,9$ sau c) $\alpha = 0,5$?

| Decizii | Profit maxim r_{\max} | Profit minim r_{\min} | $\alpha r_{\max} + (1 - \alpha)r_{\min}$ |
|---------|----------------------------|----------------------------|--|
| d_1 | 6 | 1 | 5,0 |
| d_2 | 8 | -5 | 5,4 |
| d_3 | 9 | -2 | <u>6,8</u> |
| d_4 | 3 | -2 | 2,0 |

2. Suma numerelor înscrise pe arcele emergente dintr-un nod probabilistic al unui arbore decizional trebuie să fie:
a) oarecare, b) egală cu unitatea sau c) nulă?
3. Valorile asteptate în bani (EVM) definite în sectiunea **Arbori decizionali** sunt:
a) valori certe,
b) valori incerte dar plafonate superior si limitate inferior,
c) valori oarecare.
4. La ce foloseste analiza sensibilității unui proces decizional?
a) este un exercitiu în luarea deciziilor,
b) verificarea aritmeticii calculului,
c) verificarea influenței pe care o are estimarea incorectă a probabilităților unor variante cuprinse într-un arbore decizional

SISTEME CU ASTEPTARE

Probleme propuse

Problema 1. Se presupune că într-un magazin este un singur angajat si clientii sosesc în magazin conform unei legi Poisson la un ritm de 0,5 pe minut (unul la fiecare două minute). Angajatul poate servi 4 clienti pe minut. Evaluati si comentati functionarea sistemului.

Problema 2. Sistemul din problema precedentă poate funcționa și cu un angajat de două ori mai îndemânat dar și cu doi angajați la fel de calificați ca acela din problema menționată.

Comparați funcționarea sistemului în cele două variante.

Problema 3. Fie același sistem din problema 1 cu condițiile de funcționare modificate după cum urmează:

- Ritmul sosirilor se mărește de 6 ori
- Clienții au un spațiu de așteptare limitat la 2 persoane (în sistem nu încap decât cel mult 3 clienți, unul în curs de servire, alți doi în așteptare)
- Dacă spațiul de așteptare este plin, un client nou sosit pleacă în altă parte în căutarea aceluiași serviciu.

Se mai cunosc următoarele costuri:

- Fiecare minut în care persoana angajată să servească este fără client costă 5.000 u.m.
- Fiecare minut de așteptare petrecut de un client în sistem costă 10.000 u.m.
- Fiecare client care nu poate fi servit în sistem și merge să solicite serviciul altundeva costă 50.000 u.m.

Evaluati costurile medii sistemului.

Problema 4. Cadrul problemei precedente se modifică în ceea ce privește numărul de persoane angajate la servire: două în loc de una. Se modifică în consecință și numărul maxim de persoane pe care sistemul le poate cuprinde: un total de 4, două în curs de servire, două în așteptare.

- Evaluati costurile medii ale sistemului modificat și comparați cu valorile similare din problema precedentă
- Cum se modifică aceste costuri dacă numărul de persoane/posturi de servire crește la 3, 4, 5 etc.?

Exerciții de autoevaluare

1. Care este factorul determinant în ceea ce privește stabilitatea unui sistem de așteptare simplu, cu un singur post de servire?
a) ritmul sosirilor, b) ritmul servirilor sau
c) factorul de încărcare?
2. Un sistem de producție cu așteptare detine monopolul unui anumit serviciu. Sosirea clienților în sistem este poissoniană cu ritmul mediu $\lambda = 0,015 + 0,05k$, cu $k \in \{1, 2, \dots, 25\}$. Servirea este exponențială cu ritmul mediu $\mu = 0,5$ pentru fiecare post (ambele ritmuri medii sunt exprimate în clienți/unitatea de timp). Pentru ce valori ale numărului k , două posturi de servire asigură stabilitatea sistemului, altfel spus, sirul de așteptare nu crește nelimitat?
a) toți k ? b) $k < 20$? c) $k > 3$?

3. Cum se poate poate eficientiza un sistem cu fir de asteptare unic, cu sosiri aleatoare, cu serviri aleatoare?
 - d) Prin mărirea indefinită a numărului de posturi de servire;
 - e) Prin limitarea numărului de clienti;
 - f) Prin evaluarea costului servirii și a costului așteptării și prin minimizarea sumei lor.
4. Într-un sistem cu asteptare, disciplina cozii/cozilor are importanța ei. Printre disciplinele de asteptare practicate uzual sunt și cele cunoscute ca *primul-sosit-primul-servit*, *ultimul-sosit-primul-servit* și *alegerea-clientului-servit-la-întâmplare*. Dacă sosirile sunt poissoniene și servirile sunt de durată constantă, duratele medii de asteptare în cele trei variante ale disciplinei în firul de asteptare sunt:
 - a) egale, b) diferite sau
 - c) diferite și descrescătoare în ordinea enumerată în enunț?
5. Fie un sistem cu asteptare în care clienții sunt serviți fiecare cu servicii diferite într-o ordine fixă, stabilită tehnologic (sistem serie). Dacă numărul de clienți dintr-un fir de asteptare situat între două servicii consecutive are tendința de a crește excesiv, care din propunerile de mai jos nu este o soluție economică pentru decongestionare?
 - a) reducerea ritmului de servire în toate etapele anterioare;
 - b) accelerarea ritmului de servire în unele din etapele următoare;
 - c) multiplicarea numărului de posturi de servire cu serviciul imediat următor;
 - d) depozitarea/stocarea temporară a excesului de clienți.

SIMULARE

Exercitii de autoevaluare

1. Simularea, în sensul capitolului prezent, se aplică la sisteme de producție
 - a) deterministe, b) aleatoare sau c) oricărui sistem?
2. Care credeți că este descrierea cea mai potrivită pentru operația de simulare?
 - a) Simularea este o serie de calcule în condiții aleatoare
 - b) Simularea oferă posibilitatea de a reproduce prin calcul comportarea unui sistem de producție afectat de fenomene aleatoare
 - c) Pe baza unui model matematic, se presupune că un sistem de producție trebuie să lucreze în situații variate, aleatoare, toate posibile în viața reală, se evaluează performanțele lui în acele situații și se analizează rezultatele prin mijloacele statisticii matematice
3. Precizați, printre cele de mai jos, cea mai cuprinzătoare utilitate a simulării sistemelor de producție.
 - a) optimizare de sisteme existente,
 - b) proiectare de sisteme noi,
 - c) optimizarea și proiectarea sistemelor de producție

4. Pentru o calitate bună a interpretărilor și aprecierilor asupra unui sistem de producție, volumul calculului de simulare trebuie să fie
- a) cât mai restrâns, b) cât mai extins sau
 - c) potrivit scopului ingineresc urmărit, cu grijă asupra costului simulării și asupra unor costuri potențiale asociate unor eventuale erori în aprecierea pe baza simulării a performanțelor sistemului?

PROGNOZE

Probleme propuse

Problema 1. În ultimele cinci luni un produs a înregistrat o cerere conform tabelului următor:

| Luna | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------|------|------|------|------|------|
| Cererea | 1300 | 1700 | 1900 | 2300 | 2400 |

- Utilizați media mobilă pe două luni pentru a prognoza cererea pentru luna a șasea
- Aplicați netezirea (filtrarea) exponențială cu o constantă de 0,9 pentru a genera o prognoză pentru luna a șasea
- Care din cele două prognoze este de preferat și de ce?

Problema 2. Cererea pentru o lotiune după ras observată într-un magazin s-a modificat în șapte luni consecutive ca în tabelul de mai jos.

| Luna | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|
| Cererea | 23 | 29 | 33 | 40 | 41 | 43 | 49 |

- Calculați media mobilă pe două luni pentru lunile de la 2 la 7. Care este prognoza pentru luna a opta?
- Aplicați netezirea (filtrarea) exponențială cu constanta 0,1 pentru a obține o prognoză pentru luna a opta.
- Care dintre cele două prognoze pare mai corectă? De ce?
- Proprietarul magazinului crede că clienții comută de la alte produse similare la noua lotiune după ras. Cum se poate modela această posibilă schimbare și care este data de la care comutarea este în bună măsură o realitate.

Problema 3. Tabelul următor arată temperaturile în °C la ora 23.00 în ultimele 10 zile.

| Ziua | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-----|
| °C | 1,5 | 2,3 | 3,7 | 3,0 | 1,4 | -1,3 | -2,4 | -3,7 | -0,5 | 1,3 |

- Calculati media mobilă pe trei zile pentru zilele 3 la 10
- Faceti o prognoză asupra temeperaturii la ora 23.00 în ziua 11
- Aplicati datelor din tabel o filtrare (netezire) exponentială cu constanta 0,8 si extrageți o prognoză pentru temperatura de la ora 23.00 în ziua a 11-a
- Care din cele două varori prognozate este mai de încredere? De ce?

Problema 4. În tabelul de mai jos sunt date preturile unui produs de consum curent pe durata a 12 luni.

| Luna | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Pretul | 25 | 30 | 32 | 33 | 32 | 31 | 31 | 29 | 28 | 28 | 29 | 31 |

- Calculati media mobilă pe 6 luni. Care este prognoza pentru luna următoare, a 13-a?
- Aplicati datelor filtrarea exponentială mai întâi cu constanta de netezire 0,7 apoi cu constanta de netezire 0,8
- Care din cele două prognoze care se pot face prin filtrările executate la punctul anterior este de preferat si de ce?

Exercitii de autoevaluare

1. Care prognoze sunt mai precise?
 - a) cele pe termen lung,
 - b) cele pe termen mediu sau
 - c) cele pe termen scurt?
2. Care dintre metodele de elaborare a prognozelor pe termen scurt cuprind mai multă "istorie"?
 - a) Metodele bazate pe serii temporale,
 - b) Metodele regresionale sau
 - c) Toate metodele pe termen scurt contin la fel de multă "istorie"?
3. Care dintre metodele de elaborare a prognozelor pe termen scurt este capabilă de un echilibru rational între "istorie" si actualitate?
 - a) Metodele cu medie mobilă,
 - b) Metodele regresionale sau
 - c) Metodele care realizează filtrarea exponentială a datelor?
4. În cazul metodei mediei mobile se pune problema alegerii numărului de perioade anterioare luate în calcul. Care este răspunsul corect al acestei probleme?
 - a) număr maxim posibil;
 - b) două perioade anterioare;
 - c) acel număr care asigură o eroare minimă de prognozare
5. În cazul metodei filtrului exponential trebuie aleasă constanta de filtrare. Care este valoarea potrivită a acestei constante?
 - a) apropiată de unitate;

- b) apropiată de zero;
- c) aceea valoarea subunitară și pozitivă care face minimă eroarea de prognozare.

RETELELE PETRI – MODELE PENTRU SISTEMELE DE PRODUCTIE FLEXIBILE

Probleme propuse

Problema 1. Reteaua Petri din figura alăturată reprezintă circulația într-un atelier a trei tipuri de piese, P_1 , P_2 și P_3 în căutarea unor operații/servicii pe masinile M_1 , M_2 și M_3 . Piesele P_3 sunt în cantitate dublă față de P_1 și P_2 care sunt în aceeași cantitate.

- Verificați faptul că rețeaua modelează o deplasare care asigură fără blocaje următoarele succesiuni de operații pentru cele trei tipuri de piese:

$$P_1 : M_1 \rightarrow M_2 \rightarrow M_3$$

$$P_2 : M_3 \rightarrow M_2$$

$$P_3 : M_1 \rightarrow M_3$$

- Verificați faptul că pe cele trei mașini sunt posibile succesiunile de servire a pieselor-clienți din lista următoare:

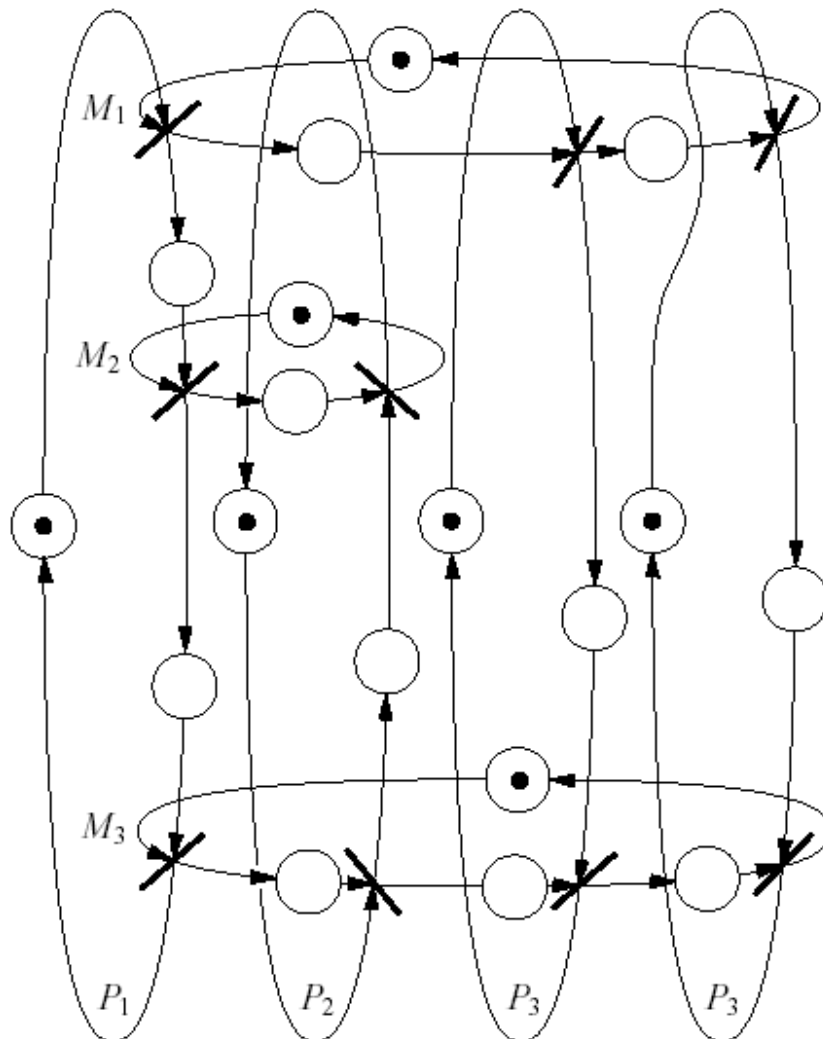
$$M_1 : P_1 \rightarrow P_3 \rightarrow P_3$$

$$M_2 : P_1 \rightarrow P_2$$

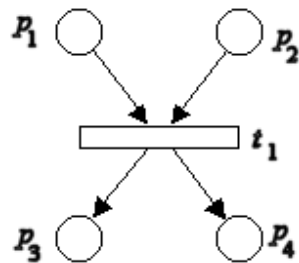
$$M_3 : P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow P_3 \rightarrow P_3$$

Exercitii de autoevaluare

1. O rețea Petri este:
 - a) un graf fără vreo orientare,
 - b) un graf orientat, cu mulțimea de noduri partitonată într-o submulțime de poziții și o submulțime de tranziții, cu arce care leagă o poziție cu o tranziție sau o tranziție cu o poziție,
 - c) un graf parțial orientat



2. În figura de mai jos este dat un fragment dintr-o rețea Petri, model al unui sistem de producție flexibil. În ce condiții tranziția t_1 **nu** este posibilă?



- cu pozițiile p_1 și p_2 (exclusiv) marcate?
- cu pozițiile p_3 și p_4 (exclusiv) marcate?
- cu toate pozițiile marcate?

3. Pozitiile dintr-o retea Petri reprezintă:
 - a) actiuni, b) conditii, resurse sau
 - c) noduri în retea fără vreo semnificatie?
4. Tranzitiile dintr-o retea Petri sunt în realitate:
 - a) actiuni, b) conditii, resurse sau
 - c) noduri în retea fără vreo semnificatie?
5. O retea Petri (și sistemul de productie modelat de ea) este viabilă dacă:
 - a) funcționează indefinit, b) după 100 de tranzitii apare un blocaj sau c) două tranzitii se pot produce simultan
6. O situatie conflictuală apare atunci când în rețeaua Petri:
 - g) o tranzitie premerge două pozitii;
 - h) o pozitie premerge două tranzitii;
 - i) în ambele cazuri de la punctele a) și b).

METODE NECONVENTIONALE ÎN MODELAREA SI SIMULAREA SISTEMELOR DE PRODUCTIE

Exercitii de autoverificare

1. Fie o retea neuronală artificială stratificată cu stratul de intrare format din 2 neuroni, cu două straturi ascunse având 7, respectiv 5 neuroni și cu stratul de iesire alcătuit din 3 neuroni. Câte ponderi se stabilesc în procesul de instruire a rețelei?
 - a) 64, b) 17 sau c) 100;
2. Pentru aceeași retea neuronală de la enunțul anterior, care din perechile de vectori (x^T, y^T) de mai jos **nu** poate face parte dintr-o multime de învățare pentru rețeaua neuronală specificată?
 - a) $[(3 \ 1), (-1 \ 2 \ 0)]$, b) $[(2 \ 1 \ 0), (1 \ 1)]$, c) $[(0 \ 2), (0 \ 1 \ 2)]$?
3. Care dintre funcțiile de activare ale celulelor neuronale sunt capabile a modela efectele locale ale variabilelor de intrare ale neuronului artificial?
 - a) toate tipurile de funcții de activare;
 - b) funcțiile sigmoide;
 - c) funcțiile radiale.
4. Care din următoarele metode de stabilire a extremelor funcțiilor este mai eficace în cazul funcțiilor cu extreme multiple?
 - a) metodele de gradient, b) metodele de căutare aleatoare sau
 - c) metodele analitice?
5. În metoda de optimizare bazată pe algoritmi genetici, se utilizează doi operatori genetici: operatorul de combinare/încrucisare și operatorul mutației. Acești operatori acționează asupra populației de soluții ale unei probleme de rezolvat, în mod aleator, cu anumite probabilități. Care dintre cei doi operatori genetici operează mai curând ca excepție, manifestându-se cu o probabilitate mică?
 - a) operatorul de combinare, b) operatorul de mutație sau
 - c) ambii operatori acționează la fel de frecvent.

O PROBLEMĂ DE SINTEZĂ

Fie un sistem economic organizat pentru concretizarea unei lucrări sau, cum se spune, a unui proiect modelat de graful definit astfel:

- O multime de noduri care marchează evenimente care constau în începerea unor activități și/sau încheierea altora:

{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13};

- O multime de arce orientate care reprezintă activitățile componente ale proiectului și, în contextul grafului, conditionarea lor tehnologică:

{(1,2), (1,3), (1,4), (2,5), (2,8), (3,5), (3,6), (4,5), (4,6), (5,7), (6,8), (7,10), (7,12), (8,9), (9,10), (9,11), (10,13), (11,12), (11,13), (12,13)}

Arcele reprezintă, cum s-a mai spus, activitățile cuprinse în planul de realizare a proiectului și au duratele din **Tabelul 1**.

Se cere studiul următoarelor situații:

- A.** Duratele activităților sunt fixate. Să se stabilească în acest caz activitățile critice și să se calculeze rezervele activităților necritice.

Tabelul 1

| Activitatea | Arc | Durăță |
|-------------|---------|--------|
| 1 | (1,2) | 100 |
| 2 | (1,3) | 70 |
| 3 | (1,4) | 80 |
| 4 | (2,5) | 150 |
| 5 | (2,8) | 110 |
| 6 | (3,5) | 160 |
| 7 | (3,6) | 20 |
| 8 | (4,5) | 180 |
| 9 | (4,6) | 90 |
| 10 | (5,7) | 100 |
| 11 | (6,8) | 90 |
| 12 | (7,10) | 60 |
| 13 | (7,12) | 140 |
| 14 | (8,9) | 80 |
| 15 | (9,10) | 130 |
| 16 | (9,11) | 70 |
| 17 | (10,13) | 150 |
| 18 | (11,12) | 80 |
| 19 | (11,13) | 130 |
| 20 | (12,13) | 90 |

B. Duratele normale ale activităților date în **Tabelul 1** pot fi reduse cu 10 unități de timp cu o creștere a cheltuielilor conform datelor din **Tabelul 2**.

În acest caz să se calculeze:

- durata normală de execuție a lucrării și costul corespunzător;
 - durata cea mai scurtă posibilă de execuție a aceleiași lucrări și costul corespunzător;
 - costul execuției lucrării atunci când durata de execuție cerută este cuprinsă între durata cea mai scurtă realizabilă și durata normală și consumă 40% din diferența celor două durate considerate extreme (se face rotunjirea la cel mai apropiat număr întreg).
- C.** Duratele activităților sunt incerte și sunt caracterizate astfel:
- duratele cele mai probabile sunt cele date în **Tabelul 1**;

Tabelul 2

| Activitatea | Arc | Cost normal | Cost la durată redusă |
|-------------|---------|-------------|-----------------------|
| 1 | (1,2) | 1000 | 1200 |
| 2 | (1,3) | 1300 | 1500 |
| 3 | (1,4) | 900 | 1200 |
| 4 | (2,5) | 1000 | 2000 |
| 5 | (2,8) | 900 | 1200 |
| 6 | (3,5) | 800 | 1200 |
| 7 | (3,6) | 500 | 3000 |
| 8 | (4,5) | 1200 | 1400 |
| 9 | (4,6) | 800 | 900 |
| 10 | (5,7) | 2000 | 2500 |
| 11 | (6,8) | 1300 | 1500 |
| 12 | (7,10) | 700 | 1400 |
| 13 | (7,12) | 800 | 1200 |
| 14 | (8,9) | 900 | 1200 |
| 15 | (9,10) | 800 | 1100 |
| 16 | (9,11) | 900 | 1000 |
| 17 | (10,13) | 600 | 900 |
| 18 | (11,12) | 3000 | 3500 |
| 19 | (11,13) | 2000 | 2500 |
| 20 | (12,13) | 2500 | 2800 |

- duratele optimiste ale activităților sunt mai scurte față de duratele cele mai probabile cu 20% sau cu 30%, după cum activitatea respectivă este numerotată în **Tabelul 1** cu un număr cu sot sau cu un număr fără sot;
- duratele pesimiste ale activităților sunt mai mari față de duratele cele mai probabile cu 40% sau cu 20%, după cum activitatea respectivă este

numerotată în **Tabelul 1** par sau impar (rezultatele calculului duratelor optimiste și pesimiste se rotunjesc la cel mai apropiat întreg).

În acest caz să se calculeze:

- durata cea mai probabilă de execuție a lucrării;
- abaterea medie pătratică a duratelor de execuție a lucrării;
- durata de execuție a lucrării, asociată unei probabilități de realizare de 95%.

În realizarea efectivă a lucrărilor, drumul critic nu este cert nici ca structură și nici ca durată însumată. Structura este dictată de duratele efective ale activităților componente ale proiectului, durate care sunt aleatoare. Durate diverse ale activităților se pot obține prin generarea aleatoare a unor valori, conform legilor lor de repartiție probabilistică specifice. Metoda este cunoscută ca metoda Monte-Carlo și constă în cazul de față în a “executa” proiectul de mai multe ori prin calcul, după metoda CPM, cu durate ale activităților generate aleator și a observa de fiecare dată rezultatele calculului. Se poate observa o prezentă variabilă a activităților pe drumul critic: unele permanente, altele mai mult sau mai puțin ocazionale, altele deloc. Frecvențele de apariție pe drumul critic poate fi o măsură a criticalității uneia sau altele din activitățile componente ale proiectului, măsură care și ea ghidează gestionarea corespunzătoare a lucrărilor proiectului.

Prin simulare Monte-Carlo să se studieze gradul de criticalitate al fiecărei activități prevăzute în graful-model al lucrării/proiectului.

- D.** Se admite că lucrarea se execută de un număr mare de ori, pentru beneficiari diversi. Duratele activităților sunt fixe, întocmai ca în **Tabelul 1**, cu o posibilă modificare. Activitatea 10 nu este obligatorie deoarece ea condiționează lucrările încă neexecutate numai în combinație cu starea vremii. Dacă în perioada executării activității 20 ar fi vreme uscată, lucrarea 10 nu ar fi necesară. Dacă vremea la acel timp este umedă și dacă nu s-au executat lucrările corespunzătoare activității 10, atunci timpul de execuție a lucrărilor asociate activității 20 se dublează, iar cheltuielile asociate (v. **Tabelul 2**) se multiplică cu 1,4. Probabilitatea de vreme umedă este de $2p\%$. Costul activității 10 este de 2000 de unități monetare (v. **Tabelul 2**), iar penalitatea pentru depășirea termenului general al lucrării produsă de posibila sosire a vremii umede în condițiile neexecutării prealabile a activității 10 este de 60 de unități monetare pentru fiecare unitate de timp întârziere.

Se cere a se decide economic asupra executării sau neexecutării lucrării 10.

Indicații de detaliu asupra modului de lucru. În enunțul lucrării se folosesc pretutindeni aceleși unități monetare și aceleși unități de timp.

Calculul se execută cu programele **SP01** și **SP04** după cum urmează:

- Pentru punctul **A** cu **SP01/CPM** sau cu **SP04/CPM**.
- Pentru punctul **B** cu **SP01/CPM With Crash**. Aici, durata minimă posibilă, necesară pentru a calcula durata redusă conform enunțului se determină prin

impunerea într-un prim calcul a unei durate absurd de scurte (cateva unități de timp). Programul produce un mesaj relativ la imposibilitatea solutiei si afisează durata minimă admisibilă.

- Pentru punctul **C** se lucrează cu **SP04/PERT** sau (dar numai partial) cu **SP01/PERT**. Simularea Monte Carlo este posibilă numai cu programul **SP04/PERT**. Pentru aceasta, după obtinerea solutiei de bază, pe durate medii, se actionează repetat tasta **S** (de la Simulare) si se urmăresc rezultatele. La fiecare simulare sunt generate automat durate aleatoare ale activităților, situate între valorile pesimiste si cele optimiste, si se determină drumul critic. Se retine de fiecare dată lista activităților critice. După un număr apreciabil de executări simulate ale proiectului, de pildă 100, se face statistica frecventelor de aparitie pe drumul critic ale fiecărei activități. Ordonarea descrescătoare a frecventelor conduce la stabilirea gradului de criticalitate al fiecărei activități.
- Pentru punctul **D** se lucrează cu **SP01/CPM** sau cu **SP04/CPM**. Se face un calcul suplimentar cu activitatea 10 anulată si cu activitatea 20 dublată ca durată de executie. Durata proiectului în noile conditii se compară cu durata calculată la punctul **A**. Se face un calcul al câștigului mediu (sau al pierderi medii) care se realizează prin neexecutarea ativității 10.

REZULATELE EXERCITIILOR DE AUTOEVALUARE

Capitolul MODELE LINIARE DE TIP DETERMINIST

1. c) 2. b) 3. b) 4. a) 5. a) 6. b) 7. a) 8. b)

Capitolul ELEMENTE DE TEORIA PROBABILITĂȚILOR SI DE STATISTICĂ MATEMATICĂ

1. b) 2. b) 3. a) 4. b) 5. a) 6. c)

Capitolul PROCESE MARCOV

1. b) 2. b) 3. a) 4. a) 5. b)

Capitolul GRAFURI SI APLICATII ALE GRAFURILOR

1. a) 2. c) 3. c) 4. c) 5. c)

Capitolul ELEMENTE DE TEORIA DECIZIILOR

1. c) 2. b) 3. b) 4. c)

Capitolul SISTEME CU AȘTEPTARE

1. c) 2. b) 3. c) 4. a) 5. a)

Capitolul SIMULAREA

1. b) 2. c) 3. c) 4. c)

Capitolul PROGNOZE

1. c) 2. b) 3. c) 4. c) 5. c)

Capitolul REțelele Petri – Modele pentru sistemele de producție flexibile

1. b) 2. a) 3. b) 4. a) 5. a) 6. b)

Capitolul **METODE NECONVENTIONALE ÎN MODELAREA SI
SIMULAREA SISTEMELOR DE PRODUCTIE**

1. a) 2. b) 3. c) 4. b) 5. b)

ANEXE

Temele din această culegere de **Aplicatii si teste** precum si multe din problemele formulate în corpul cursului de **Modelarea si simularea sistemelor de productie** necesită utilizarea calculatoarelor. Pentru aceasta, sunt puse la dispozitia studentilor trei programe: **SP01**, **SP04** si **SP07**. Acestea sunt implementări ale algoritmilor prezentati mai pe scurt sau mai pe larg în cursul scris si acoperă cu capacitatea de calcul necesară toate problemele formulate. Desigur, nu este limitată în nici un fel utilizarea altor programe de calcul: calea pe care sunt obtinute răspunsurile la întrebările pe care studentii, viitori ingineri au datoria să si le pună este mai puțin importantă decât răspunsurile însesi. De aceea, studentii care au acces la programe sau la pachete de programe mai perfectionate, cum sunt *Microsoft Project* sau *Matlab*, sunt îndemnati să profite din plin de facilitățile acelor programe sau pachete de programe.

Mai departe sunt prezentate într-o manieră minimală, cu alte cuvinte cu atât de multe detalii câte sunt necesare pentru ca ele să poată fi utilizate, programele pe care autorul acestei culegeri de **Aplicatii si teste** si al suportului de curs pentru disciplina **Modelarea si simularea sistemelor de productie** le oferă studentilor în cadrul unor obligatii didactice definite de autor însusi.

Programele acestea pot fi copiate si transferate, fără vreo îngrădire, de la facultate pe calculatorul personal pentru utilizare la domiciliu sau la birou.

O recomandare generală: lucrul efectiv la facultate cu programele mentionate este potrivit a se face într-un director/folder personalizat. De aceea, înainte de a executa prima lucrare, înainte de a rezolva prima problemă, este indicat a copia programele din locul unde ele sunt stocate – cadrul didactic care conduce lucrările va indica acel loc – într-un director/folder care sa fie asociat unei grupe sau unei subgrupe si care să fie utilizat pe durata întregului semestru, cu tot schimbul cu memoria, de cele mai multe ori util, constând în depuneri si recuperări de date si rezultate.

Operatia de copiere trebuie să se facă pentru toate fisierele cu numele de formele SP*.*, QM*.*, HELP.* si fisierele PAR.DAT si IMPAR.DAT.

Anexa 1. Programul SP01

Pachetul de programe SP01 se execută sub sistemul de operare MS-DOS. Un click dublu pe icoana pachetului îl face activ. Pentru a ajunge la el si la icoana lui e necesar a aduce în prim plan folderul care-l contine.

La activare, apare pentru pentru scurt timp o fereastră de prezentare, nume, autori etc., apoi fereastra cu menu-ul principal. Mouse-ul este inactiv în

fereastră, singurul lui rol mai poate fi acela de a mări sau a micșora dimensiunea ferestrei. Se recomandă lucrul în fereastră lărgită.

În menu-ul principal se poate face alegerea unui program, fie cu tastele de navigație și în final tasta **Enter**, fie acționând tasta cu litera asociată programului ales.

Alegerea aceasta are efect diferit pentru programele care au la bază o singură metodă, de pildă programarea liniară (Linear Programming), și pentru cele care sunt implementări ale unor algoritmi multipli. În cazul prim apare direct fereastra de lucru. În al doilea caz apare un menu secundar care permite alegerea metodei și abia după această a doua alegere apare fereastra de lucru.

Ferestrele de lucru sunt uzual divizate în trei subferestre. Subfereastra cea mai de jos conține un menu operativ cu cuvintele Help, New, Load, Save, Edit, Run, Print, Install, Directory, Esc, fiecare cu prima literă de culoare diferită, mai vie (hot key).

Apăsarea tastei **H** (Help) aduce pe ecran un text de ajutor general și unul particular pentru programul/metoda selectat(ă). Sunt cuprinse explicații suficient de detaliate asupra metodei și asupra modului cum se introduc datele. Tasta **Esc** (escape) readuce pe ecran fereastra de lucru.

Tasta **N** (New) deschide posibilitatea de a introduce date noi, pentru o problemă nouă.

Tasta **L** (Load) permite încărcarea unor date utilizate într-o altă execuție anterioară a programului.

Tasta **S** (Save) crează posibilitatea de a memora, de a salva datele de pe ecran într-un fișier cu nume la alegere.

Tasta **E** (Edit) permite (re)editarea unor date deja utilizate sau a datelor curente care trebuie modificate.

Tasta **R** (Run) este cea care initializează calculele propriu-zise. Dacă calculele se derulează fără incidente, la încheierea lor apar în fereastra curentă rezultatele.

Dacă calculatorul are conectată o imprimantă, tasta **P** (Print) initializează scoaterea la imprimantă a datelor și rezultatelor obținute prin calcul.

Tasta **I** (Install) nu prezintă interes dacă programele au fost transferate deja, cum s-a recomandat, în directorul curent, de lucru.

Tasta **D** (Directory) face ca pe ecran să fie afișate fișierele de date potrivite programului curent. Se poate sonda astfel existența sau lipsa unor date de interes.

Tasta **Esc** (escape) are roluri variate. Principalul rol este acela de a reveni pe parcursul operării programului la o fază anterioară astfel încât există un ultim **Esc** care este echivalent cu ieșirea din pachetul de programe. (Dezactivarea ultimă a pachetului de programe SP01 se face printr-un click cu mouse-ul în colțul din dreapta sus al ferestrei DOS). Tot cu tasta **Esc** se trece de la faza de editare a datelor (**Edit**) la fazele celelalte, de memorare, de execuție a calculelor etc., cu alte cuvinte faza de editare este validată prin acționarea tastei **Esc**.

Pachetul de programe SP01 este o adaptare făcută de autor a unui pachet elaborat tot în scopuri didactice altundeva, care circulă ca *freeware* în mediul

universitar. De aceea, sub aspectul limbii utilizate, pachetul este un hibrid. Unele texte, instructiuni, comentarii apar în limba română, altele, mai putine, în limba engleză.

Anexa 2. Programul SP04

Programul SP04 se pune în funcțiune prin dublu click pe icoana lui. El este în bună parte asemănător funcțional cu programul SP01/CPM/PERT (drumul critic pentru un proiect modelat printr-o rețea cu activitățile pe arce). Îi lipsește (deocamdată) programul CPM with Crashing (drumul critic cu reducerea duratelor unor activități și, în consecință, a duratei întregului proiect). Are în schimb prevăzută posibilitatea simulării Monte-Carlo utilă și utilizabilă pentru proiectele cu durate ale activităților componente incerte. Nu are (încă) posibilitatea de adresare la un sistem de ajutor în timp real (help), dar are atasate scurte indicații (hints) în zonele active ale ecranului. Stationarea săgeții mouse-ului într-o asemenea zonă produce afișarea unor astfel de indicații de lucru scurte, simple dar foarte utile.

Partea de simulare este făcută să lucreze pe 100 de “execuții” ale proiectului simulat cu întocmirea automată a statisticii finale, statistică a numărului de realizări ale proiectului în care una sau alta din activități se află pe drumul critic.

Monitorul pe care programul lucrează fără precauții speciale se presupune a avea o definiție de 1024 x 768 pixeli. La definiții mai modeste apar bare de scroll prin acționarea cărora se pot aduce în spațiul vizibil al ferestrei de lucru zone care pe moment ar putea fi ascunse vederii dincolo de cadrul ecranului.

Anexa 3. Programul SP07

Programul SP07 ilustrează utilizarea algoritmilor genetici pentru stabilirea extremelor unor funcții multimodale. Activarea lui se face prin dublu click pe icoana lui.

Apare o fereastră care conține graficul funcției de minimizat, o funcție cu foarte multe minime. Pe același grafic apar ca linii de culoare roșie prima generație de soluții ale problemei. Apoi, populația de soluții evoluează prin acțiunea operatorilor genetici de încrucișare și de mutație. Unele linii roșii (soluții) dispar ca nefiind adecvate, altele noi apar ca rezultate ale evoluției, mai reușite, mai aproape de minimul (minimele) global(e) ale funcției.

Numărul de generații de soluții este limitat la 50.

Monitorul pe care programul lucrează fără precauții speciale se presupune a avea o definiție de 1024 x 768 pixeli. La definiții mai modeste apar bare de scroll prin acționarea cărora se pot aduce în spațiul vizibil al ferestrei de lucru zone care ar putea fi ascunse vederii, dincolo de cadrul ecranului.

