



A XV-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești”
SEBEȘ, 2015

SIMULAREA FLUXURILOR DE PRODUCȚIE

Olga-Ioana AMARIEI, Codruța-Oana HAMAT,
Alexandru Victor AMARIEI

SIMULATION OF PRODUCTION FLOWS

Flow Simulation is a method which provides great help in taking a decision regarding production problems. Use by a production flow mechanism knower, together with several modules which helps optimisation, simulation becomes a valuable instrument for flow optimisation.

Keywords: production flow, simulation, software simulation, discrete event, simulation report

Cuvinte cheie: flux de producție, simulare, program de simulare, evenimente discrete, raport de simulare

1. Potențialele simulării

Potențialele simulării sunt foarte vaste [9]. În figura 1 sunt reprezentate diferite domenii reglementate de simulare.

Mai întâi de toate, simularea poate acoperi toate fluxurile întreprinderii, deoarece este capabilă de a reprezenta: fluxurile fizice, cele mai utilizate, și de asemenea, fluxul de informații [2] și fluxul decizional asociat cu aceste fluxuri fizice [9]. Simularea este capabilă de a reproduce pe computer, comportamentul dinamic și stocastic al unei mașini, atelier, linie de producție, întreprindere și astfel, evoluția stării sistemului în funcție de informațiile survenite și de deciziile luate [4]. Pe de altă parte, simulare poate reprezenta aceste fluxuri în diferite niveluri ierarhice. Ea permite descrierea sistemului în detaliu și cu precizia

necesară soluționării problemei: la nivel de utilaj, de linie de producție, de atelier, de întreprindere.

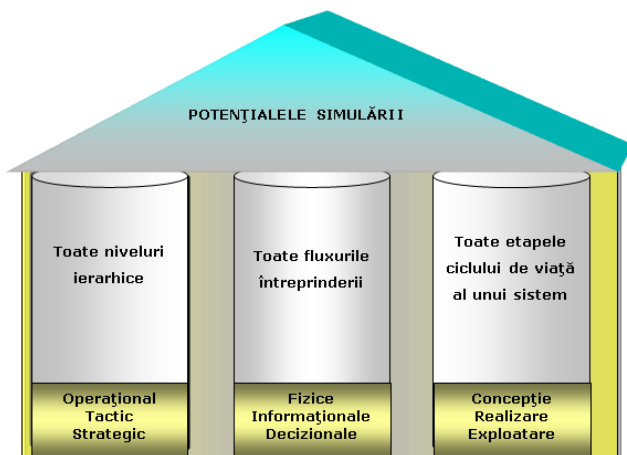


Fig. 1
Potențialele
simulării.
Sursa: adaptat
după [4]

Ea poate re-
prezenta de
asemenea un
flux de pro-

duse, cu detalierea piesei la nivel de mașină, sau unui lot la nivel de linie de fabricație, sau un ordin de fabricație la nivel de atelier [4, 9].

2. Metodologia realizării procesului de simulare a unui flux de producție

Metodologia generală pentru realizarea unui proces de simulare constă în parcurgerea mai multor etape.

În [8, 11, 13] aceste etape sunt grupate în patru mari domenii sau altfel spus, patru macro-etape (figura 2) și anume:

- I. Analizarea problemei sau problema de rezolvat;
- II. Modelarea și programarea sau modelul de simulare;
- III. Experimentele de simulare sau pe model;
- IV. Analiza rezultatelor sau raport și concluzii.

Cavory în [5] prezintă interacțiunea dintre modelul de simulare și cel de execuție (figura 3) din cadrul unui proces de simulare. Simularea se utilizează în general pentru evaluarea și compararea posibilelor scenarii.

Obiectivul acestei metodologii este nu numai de a oferi un fir logic de urmat pe parcursul proiectului de simulare, dar mai ales, pentru a se asigura, înainte de începerea unui proiect, că se posedă toate datele relevante.

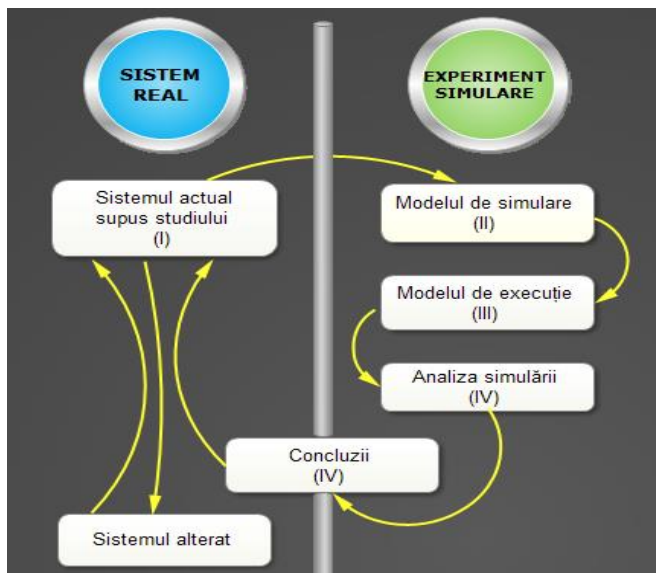


Fig. 2

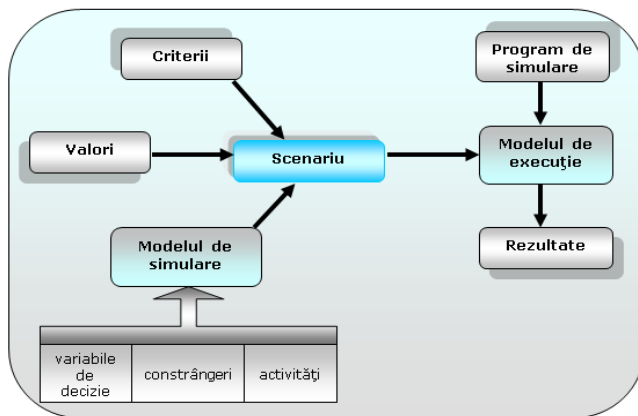
Reprezentarea schematică a simulării

Sursa:
Adaptat după [2]

Fig. 3

Interacțiunea între modelele unui proces de simulare

Sursa:
Adaptat după [5]



Reprezentarea procesului de simulare într-o manieră simplificată (figura 4), constă în efectuarea a patru faze distincte, și anume: ▪ Modelarea; ▪ Programarea; ▪ Experimentarea; ▪ Analiza rezultatelor.

Într-o manieră detaliată, există mai multe etape, numărul acestora fiind diferit, de la un autor la altul. Astfel, Pritsker [12] propune un număr de zece etape, și anume: analiza și formularea problemei, construirea modelului, identificarea și colectarea datelor, transcrierea

informatică a modelului, verificarea modelului [3], validarea modelului [3, 14], planificarea strategică și tactică a simulării, executarea simulării, analiza și interpretarea rezultatelor, recomandări și implementare [15].

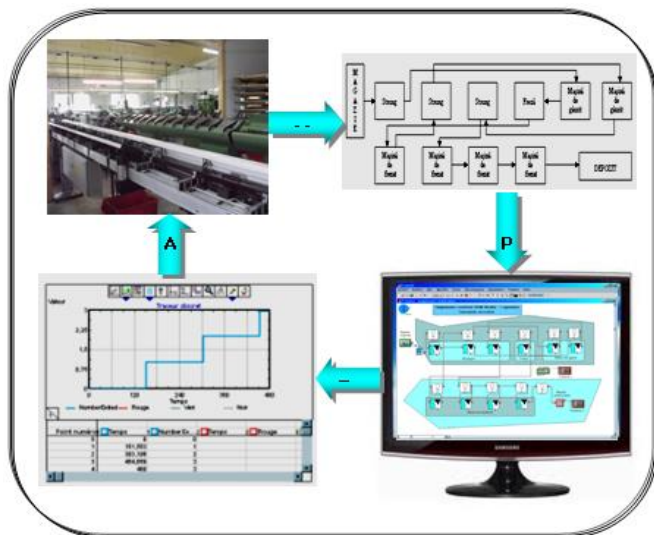


Fig. 4

Metodologia simulării unui sistem de producție unde:
M – modelare,
P – programare,
E – experimentare,
AR – analiza rezultatelor

3. Aspecte privind interpretarea statistică a rezultatelor simulării

Se recomandă o atenție deosebită atunci când e vorba de interpretarea rezultatelor simulării.

Figura 5 ilustrează procesul corect pe care trebuie să-l urmeze un studiu de simulare. Etapa I corespunde modelării și validării modelului conceptual. Verificarea programului se desfășoară în timpul etapei a II-a (mai multe repetări). Executarea unei replicări oferă statistici ale replicării, etapa a III-a. Etapa a IV-a corespunde validării programului (mai multe repetări, de asemenea). De-a lungul etapei a V-a se efectuează estimări statistice. Într-adevăr, în funcție de programul folosit, executarea unui program de simulare poate genera: ● Un raport de simulare care conține tipurile de abateri, minimul și maximum variabilelor observate etc. ● Un istoric al evoluțiilor acestor variabile în cursul simulării (numărul de piese dintr-un fir de așteptare, în funcție de timp, de exemplu); istoricul poate fi afișat sub formă de curbe, histogramme etc.

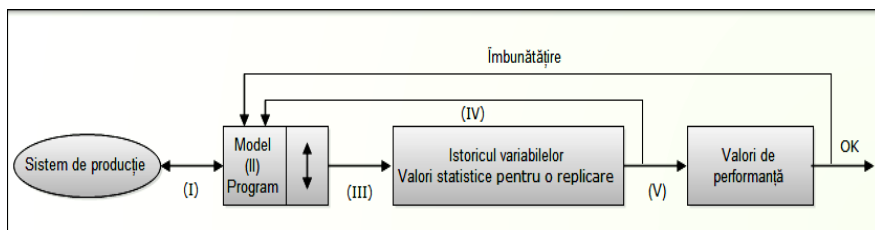


Fig. 5 Estimarea valorilor de performanță.
Sursa: adaptat după [10], pag.139

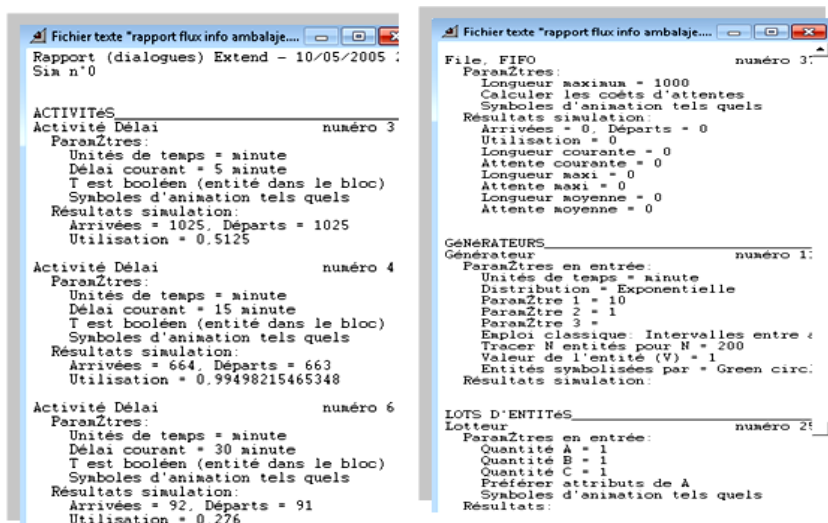


Fig. 6 Exemple de rapoarte de simulare

Asemenea rezultate directe ale simulării pot fi exploatate pentru o primă evaluare a comportamentului sistemului. În figura 6 sunt date două exemple de rapoarte de simulare, oferite de programul Extend, care conțin date privind: gradul de utilizare a resurselor, unitatea de timp, durata simulării, durata fiecărei activități, resurse disponibile, lungime medie, lungime maximă, simbolul utilizat în animație, timp de așteptare maxim, mediu, selectarea priorităților, număr de entități finalizate, tipul distribuției etc.

În figura 7 se prezintă două tipuri de grafice: grafic pentru date discrete și histograma. Primul tip de grafic în exemplul dat reprezintă entitățile (piesele finite) ieșite din proces. Histograma în acest exemplu

reprezintă firele de așteptare dinaintea mașinilor-unelte (stocurile de piese ce urmează a fi fabricate).

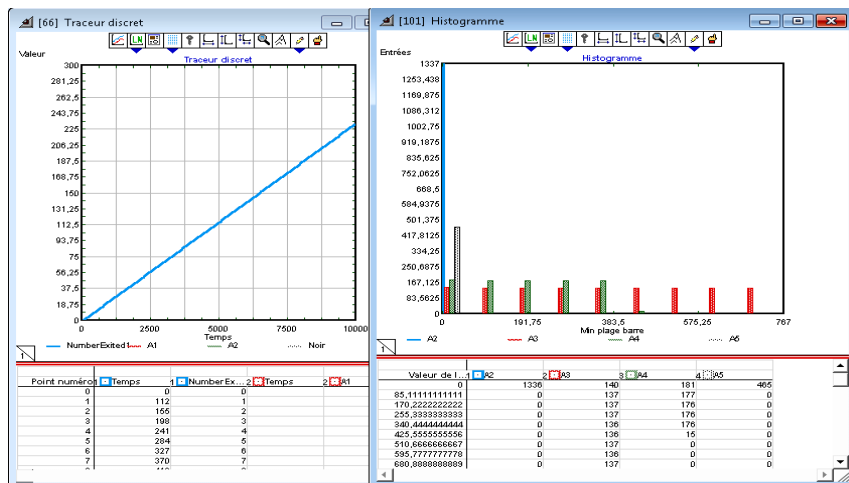


Fig. 7 Exemple de grafice utilizate în afișarea rezultatelor

Nici animația grafică nu este suficientă. De fapt, se are mereu tendința de a se mulțumi cu raportul de simulare mai ales când proiectul este în întârziere, lucru ce trebuie evitat.

4. Alegerea programului de simulare

În această secțiune se face referire la oferta globală în ceea ce privește simularea sistemelor cu evenimente discrete, din care fac parte sistemele de producție.

Se disting trei categorii, anumite produse putând face parte simultan din două categorii (figura 8).

Programele generale de simulare permit modelarea majorității sistemelor cu evenimente discrete (producție, transport și logistică). Programele utilitare ajută una sau mai multe etape ale unui proiect de simulare de fluxuri sau aprofundare a unor aspecte tehnice legate de simulare. Programele de simulare orientate către sistemele de producție cuprind blocuri predefinite ce corespund unor entități sau unor module ale sistemelor de producție: mașini, stocuri, transportoare, cărucioare, piese etc.

Printre asemenea produse se numără Arena, ExtendSim, Simio, Witness, Simul8, Flexim etc.

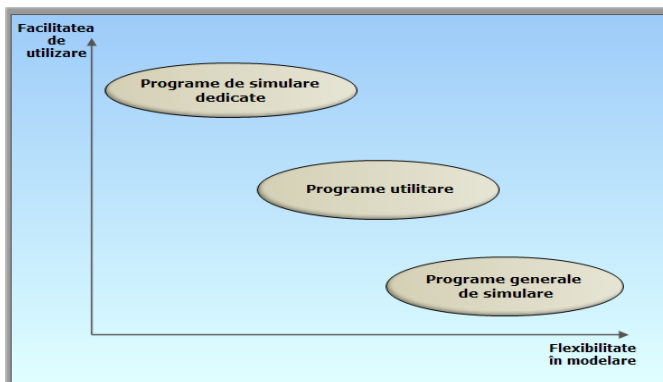


Fig. 8

Flexibilitate și ușurință în utilizarea programelor de simulare
Sursa: adaptat după [10]

Criteriile de alegere a programului informatic pot fi: fundamentale, generale și cele legate de produs.

Criteriile fundamentale sunt cele mai importante, atât cele legate de modelare, cât și cele privind interpretarea statistică a rezultatelor.

Criteriile fundamentale legate de modelare sunt: flexibilitatea, ușurința de învățare și de utilizare a blocurilor predefinite pentru resursele de producție. Ușurința utilizării programului trebuie să fie determinată în funcție de competențele utilizatorilor locali în domeniul simulării: programare, verificare și validare, interpretarea rezultatelor (cel mai dificil lucru).

În secțiunea 3 au fost deja expuse noțiuni privind celelalte *criterii fundamentale legate de interpretarea statistică a rezultatelor*.

Pentru majoritatea produselor informatice, trebuie avute în vedere criteriile generale, legate de editare și de rețeaua partenerilor săi.

Mai sunt și alte criterii importante în alegerea programului, ca de exemplu, rapiditatea de execuție, pentru a nu dura o perioadă lungă de timp și a putea fi repetată de mai multe ori.

Un alt criteriu nu mai puțin important este animația programului, pentru care bibliotecile standard sunt necesare. Posibilitățile de accelerare sau de decelerare a rulării pe ecran a simulării, măririi și micșorării imaginilor (blocurilor) animate, afișarea indicatorilor de performanță sub formă grafică. Animația 3D este tot mai apreciată în ultima perioadă. Cât despre prețuri, trebuie conștientizat faptul că nu este, nici singurul criteriu și nici cel mai important. Poate fi preferată alegerea programului celui mai complet și mai puternic, în detrimentul costului.

Cheikhrouhou în [6] prezintă o clasificare a programelor informatice utilizate în sistemele de producție (tabelul 1 - Programe existente pentru sistemele de producție).

Tabelul 1

Anul apariției	Limbaje de programare generale	Limbaje de simulare a evenimentelor discrete	Simulatoare
1960	Fortran, Algol		
1961		GPSS	
1963		SIMSCRIPT	
1966		SIMULS	
1977		GPSS/H	
1980		QNAP	MAST
1983		SIMAN	
1984		SIMSRIPT II.5	
1988			ProModel
1995			AUTOMOD Witness XCELL+ MODLINE

Fortran este un limbaj de programare de nivel foarte înalt, care a fost creat inițial pentru uz științific și pentru inginerie. Algol-ul a fost primul limbaj de programare bazat pe proceduri, folosit în special pentru rezolvarea calculului matematic.

În anii 1980-1990, au mai apărut simulatoarele SIMCORE, ProSim, Arena și Extend.

Extend-ul este platforma de simulare ideală pentru studiul comportamentului sistemelor complexe. El este un program profesional de simulare a fluxurilor de producție.

Dintre programele de simulare a evenimentelor discrete, ARENA (Rockwell Software) este printre cele mai utilizate. Într-un studiu de benchmark asupra instrumentelor de simulare făcut de către Tewoldeberthan [7] în anul 2002, utilizând criteriile prezentate în continuare, s-a ajuns la întocmirea tabelului 2.

Criteriile utilizate în cadrul studiului sunt: 1. Vânzător: suport mentenanță și documentație; 2. Dezvoltarea modelului și intrări: procese, biblioteci de blocuri reutilizabile, condiții de rulare, gestiunea fișierelor de așteptare, proceduri statistice etc.; 3. Execuție: interacțiunea cu utilizatorul; 4. Animație: grafice și icoane animate, 3D; 5. Ieșiri: rapoarte de simulare și integrare cu interfețe grafice; 6. Teste de eficiență: instrumente de validare și verificare, rapiditatea de execuție a simulării; 7. Utilizator: competențe impuse și cost.

În tabelul 2 - Clasamentul programelor de simulare după anumite criterii, se poate observa că softul ARENA realizează cel mai

ridicat scor, situându-se astfel pe primul loc, urmat de Quest, Witness și Extend.

Tabelul 2

Criteria	Weight	AnyLog	Arena	AutoMod	Enterprise Dynamics	Extend	Flexim	ProModel	Quest	Simu8	Witness
Vânzător	5,6	1	3	2,5	2	2,67	2	2	3	2,33	3
Dezvoltare model; intrări	9,5	3	2,71	2,3	2,57	2,71	2,7	2	3	2,43	2,5
Simulare & optimizare	8	2,5	2,5	2,7	2,6	2,5	2,5	2,7	2,5	2,5	2,5
Execuție	7,6	2	2	2	2,33	2,33	2	2	2,5	2	2
Animație	6,3	2,5	2,67	3	2,33	1,33	3	2,67	3	1	3
Teste de eficiență	7,6	2	2,38	2,5	2,38	2,5	1,5	2	2,5	1,75	2
Ieșiri	6,6	2,5	2,33	2	1,67	2,33	2,7	2	2	2,67	2
Conceptie experimentală	5,9	2	3	2	2	2	2	3	2	2	2
Utilizator	5,6	1	2	2	1,5	2,5	1,5	2	1	3	2,5
Total	-	134,2	156,9	138,8	138,1	147,0	140,4	141,1	152,8	137,2	148,9
Clasament	-	10	1	7	8	4	6	5	2	9	3

5. Concluzii

- Simularea fluxurilor, este mai adaptată mediului industrial decât metodele analitice. Ea reprezintă modalitatea de rezolvare a problemelor pentru care soluțiile analitice sau algoritmice nu sunt posibile. Modelul poate fi construit pe baza preferințelor decidentului, fără ca existența unei metode de rezolvare adecvate să poată influența analistul.

- Formarea resursei umane dedicate procesului de simulare nu este justificată în cadrul unei întreprinderi, deoarece studiile privind simularea nu reprezintă o activitate curentă. Efectuarea acestor studii se realizează de către firme specializate. Familiarizarea analiștilor cu sistemul ce urmează a fi descris prin model, necesită mult timp, ceea ce înseamnă un cost ridicat.

- Unul dintre aspectele demne de a fi luate în considerare este faptul că timpul simulării poate fi comprimat sau dilatat pentru a permite accelerarea sau decelerarea unui fenomen investigat.

- Soluțiile și concluziile unui studiu de simulare, de obicei nu sunt transferabile la alte probleme.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Amariei, O.I., *Contribuții privind modelarea, simularea și optimizarea fluxurilor de producție utilizând programe dedicate*, Editura Politehnica Timișoara - Teze de doctorat ale UPT, Seria 8, Nr. 62, 2014.
- [2] Anu, M., *Introduction to modeling and simulation*, Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference ed. S. Andradóttir, K. J. Healy, D. H. Withers, and B. L. Nelson.
- [3] Balci, O., *Principles of simulation model validation, verification, and testing*, Transactions of the Society for Computer Simulation International.
- [4] Berchet, C., *These du doctorat - Modélisation pour la simulation d'un système d'aide au pilotage industriel*; Institut National Polytechnique de Grenoble, 2000.
- [5] Cavory, G., *La simulation*; curs - IUT Bethune, France, 2004.
- [6] Cheikhrouhou, N., *Simulation des systèmes de production*, Laboratoire de Gestion et Procédés de Production, MOSISP 2007.
- [7] Essaid, M., *These de doctorat - Modelisation et simulation de la connectivite des flux logistiques dans les reseaux manufacturiers*, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, 2008.
- [8] Fontanili, F., *These de doctorat - Intégration d'outils de simulation et d'optimisation pour le pilotage d'une ligne d'assemblage multiproduit à transfert asynchrone*; Université PARIS 13, 2007.
- [9] Habchi, Georges, *Conceptualisation & Modelisation pour la Simulation des Systemes de Production*, l'habilitation a diriger des recherches, Université de Savoie, 2004.
- [10] Hssain, A.A., *Optimisation des flux de production. Methodes et outils pour la performance de votre supply chain*, 2^e edition, Ed. Dunod, Paris, 2005.
- [11] Luban, F., *Simulări în afaceri*, ASE București, biblioteca digitală.
- [12] Pritsker, A., Alan, B., *Introduction to simulation and SLAM II*, 4th ed. John Wiley, New York, 1995.
- [13] Rațiu-Suciu, C., Luban, F., ș.a., *Modelare economică*. Ediția a doua. Editura ASE București, 2009.
- [14] Sargent, R.G., *Verification and validation of computer-based models*, DSI'99, Decision Sciences Institute, 5th International Conference, Athens.
- [15] Tucker, W.V., Stuckey, L., *The roles of modeling and simulation at Boeing*, Transactions of The SCSl, Vol. 15, No. 1, March 1998, pp. 3-9.

Asist.Dr.Ing. Olga-Ioana AMARIEI
membru AGIR, e-mail: o.amariei@uem.ro
Prof.Dr.Ing. Codruța-Oana HAMAT,
membru AGIR, e-mail: c.hamat@uem.ro
Universitatea „Eftimie Murgu” din Reșița, FIM
Ing. Alexandru Victor AMARIEI
SC AUTOLIV ROMÂNIA SRL, e-mail: alexandru.amariei@yahoo.ro