

Tehnologii informaționale pentru modelare

1. Introducere

Începutul secolului al XXI-lea beneficiază de schimbări majore în ceea ce privește modul în care managerii pot utiliza sistemele computerizate ca suport pentru procesul decizional: tot mai multe calculatoare sunt cuplate în rețea, astfel încât sistemele pentru suportul deciziilor pot deveni repede bunuri utilizate în comun de întreaga organizație; organizațiile pot utiliza acum cu ușurință rețelele Intranet și Internet care oferă aplicații de înaltă performanță decidenților din orice punct de pe glob; multe organizații dezvoltă sisteme distribuite, intranet și extranet, care permit atât accesul cu ușurință la date memorate în locuri multiple, cât și colaborarea și cooperarea cu întreaga lume; se realizează sisteme integrate care depășesc chiar cadrul unei organizații. Managerii pot lua decizii mai bune pentru că ei dispun de informații mult mai precise.

Instrumentele de tip sisteme pentru suportul deciziilor pot crea interfețe interactive, care permit utilizatorilor să vadă și să prelucereze date și modele cu browsere standard Web cu mare flexibilitate, eficiență și ușurință. Comunicarea dintre manageri și calculatoare și Web se poate realiza printr-o mare varietate de instrumente, inclusiv prin telefoane celulare. Prin aceste instrumente, managerii pot utiliza informații și sisteme importante și pot colabora. *Data warehouse* și instrumentele lor analitice cum sunt *data mining* și *Online Analytical Processing* (OLAP) au îmbunătățit substanțial accesul la informații în cadrul organizațiilor. *Suportul pentru deciziile de grup* continuă să se îmbunătățească prin dezvoltări majore permițând lucrul în grup în orice moment și în orice loc. Metodele *inteligentei artificiale* contribuie la îmbunătățirea calității deciziei și sunt încapsulate în multe aplicații: de la aparatele casnice până la motoarele de căutare ale Web. *Agenții inteligenți* pot fi utilizați pentru realizarea activităților de rutină, ceea ce permite decidenților să dedice mai mult timp activităților importante. Dezvoltarea organizațiilor care învață și managementul cunoștințelor furnizează expertiza întregii organizații pentru rezolvarea problemelor oricând și din orice loc.

O caracteristică majoră a sistemelor pentru suportul deciziilor este aceea că ele conțin cel puțin un model. Ideea de bază este că analiza decizională pentru selectarea variantelor decizionale trebuie să se realizeze pe un model și nu pe sistemul real.

Scopul acestei lucrări este de a prezenta principalele tendințe în evoluția tehnologiilor informaționale pentru realizarea sistemelor pentru suportul deciziei manageriale cu evidențierea instrumentelor de modelare care reprezintă o parte esențială a procesului decizional managerial. Mai

întâi, pentru o mai bună înțelegere a rolului modelelor, sunt prezentate etapele unui proces decizional managerial și principalele categorii de modele care pot fi folosite pentru fundamentarea sau suportul deciziilor. Întrucât tendința actuală este de a transforma procesul de modelare într-un proces complet transparent, în lucrare este descrisă *diagrama de influență* care îl poate ajuta pe decident să construiască un model pentru o anumită problemă și chiar să rezolve problema. Este prezentată, apoi, ideea modelării direct în foile de calcul tabelar (*spreadsheets*), considerate ca cele mai populare instrumente de modelare pentru utilizatorii finali. Lucrarea continuă cu trecerea în revistă a unor pachete software pentru modelarea cantitativă. Urmează o prezentare pe scurt a unor instrumente de modelare noi: modelarea multidimensională - OLAP, modelarea vizuală interactivă și simularea vizuală interactivă. Deoarece instrumentele de modelare evoluează rapid, în lucrare se fac trimiteri la o serie de adrese ale unor site-uri Web.

2. Modelarea și procesul decizional

Un model este o reprezentare simplificată sau o abstractizare a realității. Simplificarea este necesară deoarece realitatea este mult prea complexă pentru a putea fi descrisă exact și deoarece multe aspecte ale realității complexe sunt irelevante pentru rezolvarea unei probleme specifice.

Reprezentarea sistemelor reale sau a problemelor prin modele se poate face cu grade diferite de abstractizare, astfel că, modelele se clasifică în trei grupe în funcție de gradul de abstractizare: modele iconice (fotografiile, machetele etc.), modele analogice (organigramele, hărțile colorate, reprezentările grafice care descriu evoluția unor indicatori economici în timp etc.) și modele matematice care permit analize numerice sau cantitative complexe.

Rezultatele deosebite obținute în domeniul graficii computerizate a condus la tendința de a utiliza din ce în ce mai mult modelele iconice și analogice pentru completarea modelelor matematice.

Pentru o mai bună înțelegere a rolului modelelor în procesul decizional managerial, pe care Herbert Simon, în lucrarea „*The New Science of Management Decision*”¹ (1977), îl consideră sinonim cu întregul proces de management, vom prezenta procesul sistematic de elaborare a deciziilor.

¹ Simon, H. (1977), *The New Science of Management Decision*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall

H. Simon consideră că procesul decizional presupune parcurgerea a trei faze majore: faza de obținere a informațiilor, faza de proiectare și faza de selectare. A patra fază, implementarea, a fost adăugată mai târziu. Modelul lui Simon este considerat² cel mai concis și complet mod de caracterizare a unui proces decizional rațional.

Între cele trei faze există un continuu flux de activități (Figura 1). În fiecare fază există posibilitatea întoarcerii la una din fazele precedente prin buclele inverse. Prin acestea poate fi explicată natura aparent haotică a parcurgerii drumului aleator de la descoperirea problemei până la rezolvarea ei de către decident.

Modelarea este o parte esențială a procesului decizional managerial. În figura 1 se observă că un model al problemei decizionale este construit, testat și validat.

Modelarea presupune conceptualizarea problemei și abstractizarea ei în forme cantitative și/sau calitative. În cazul unui model matematic, se identifică variabilele și legăturile dintre ele. Ori de câte ori este necesar, se va recurge la simplificarea realității prin analiza diferitelor ipoteze de simplificare. Un model mai simplu ar putea fi obținut mai ușor, ar fi mai ușor de rezolvat, dar dacă nu este reprezentativ pentru problema decizională reală poate conduce la rezultate greșite. De aceea este important să se realizeze cel mai bun compromis între precizia soluției pentru problema reală și efortul necesar pentru obținerea acelei soluții.

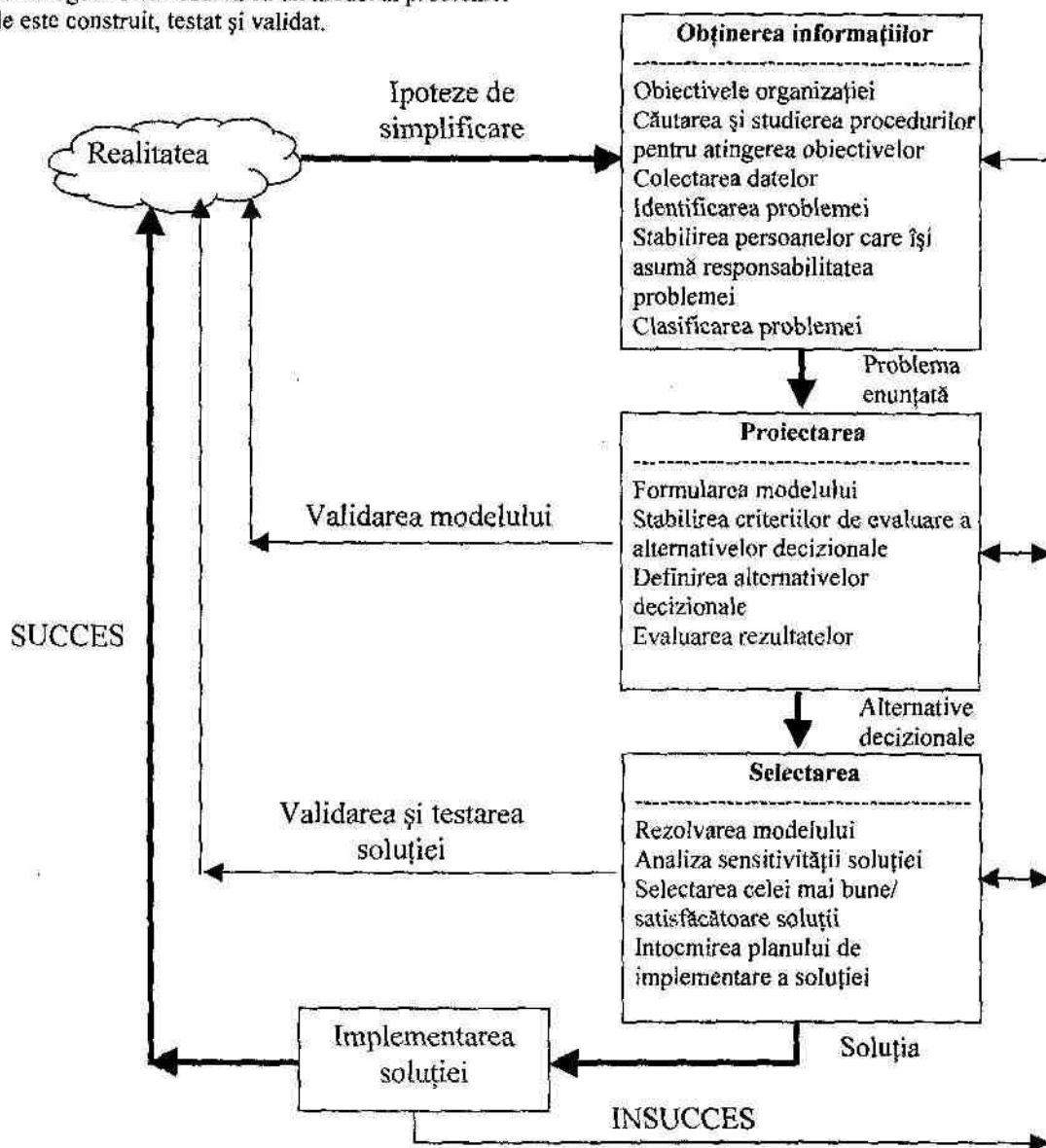


Figura 1 Etapele procesului decizional

² Turban, E., J.E. Aronson. (2001), *Decision Support Systems and Intelligent Systems*, Sixth Edition, NJ: Prentice Hall International, Inc., pag. 41

Procesul de modelare este o combinație între știință și artă. Ca știință, există mai multe clase de modele disponibile dintre care un analist poate alege, pe baza experienței sale, pe acela care se poate aplica într-o anumită situație. Ca artă, este necesar un anumit nivel de creativitate și de finețe pentru a determina care dintre ipotezele simplificatoare se potrivește în situația dată, cum se pot combina diferite modele care au caracteristicile cele mai potrivite cu realitatea, cum se poate rezolva modelul pentru obținerea unei soluții valide etc.

Pentru rezolvarea problemelor decizionale pot fi folosite secvențial mai multe modele. Turban și Aronson³ (2001) clasifică aceste modele în șapte categorii care sunt prezentate în Tabelul 1. Fiecare tehnică de modelare poate fi aplicată atât modelelor statice, cât și modelelor dinamice, pentru medii certe, incerte sau în condiții de risc.

Pentru a reduce timpul de construire a unui model, se pot folosi sisteme speciale de analiză decizională care au limbaje de modelare încapsulate. Tendința actuală este de a transforma procesul de modelare într-un proces complet transparent. O astfel de transparență se poate obține prin utilizarea *diagramelor de influență*, care îl pot ajuta pe decident să construiască un model pentru problema pe care dorește să o rezolve.

Tabelul 1

Categoria de modele	Obiectivul modelului	Tehnici reprezentative de modelare
Modele de optimizare a problemelor cu un număr redus de alternative	Determină cea mai bună soluție dintr-un număr mic de alternative.	Tabele de decizie, arbori decizionali
Modele de optimizare prin algoritmi	Determină cea mai bună soluție dintr-un număr mare sau infinit de alternative utilizând un proces iterativ de îmbunătățire pas cu pas a soluției	Modele de programare liniară, neliniară, modele de programare scop, modele tip rețea, bazate pe teoria grafurilor
Modele de optimizare pe baza unei formule analitice	Determină cea mai bună soluție într-o singură iterație utilizând o formulă	Unele modele de stocare
Modele de simulare	Determină o soluție destul de bună sau cea mai bună dintre alternativele verificate prin experimente de simulare	Diferite tipuri de simulare
Modele bazate pe euristica	Determină o soluție destul de bună utilizând diferite reguli	Programare euristica, sisteme expert
Alte modele	Rezolvă probleme de tipul "ce se întâmplă dacă?" utilizând o formulă	Modele financiare, teoria firilor de așteptare
Modele predictive	Prevăd viitorul pentru un scenariu dat	Modele de previziune, lanțuri Markov

3. Diagramele de influență

Diagrama de influență este o reprezentare grafică a unui model și poate fi utilizată pentru proiectarea, dezvoltarea și înțelegerea modelului. Ea servește drept cadru de exprimare a naturii exacte a relațiilor modelului și ajută astfel la eliminarea elementelor care nu sunt necesare sau nu sunt considerate importante pentru a fi introduse în relațiile de calcul. (Se poate considera că diagramele de influență constituie o generalizare a diagramelor de flux ale lui Forrester⁴, deși în literatura consultată de autoare, nu se specifică acest lucru.)

Diagramele de influență pot fi construite cu ajutorul unor figuri geometrice conectate prin săgeți de diferite tipuri. Ele permit celui care construiește modelul să reprezinte toate variabilele și toate relațiile modelului, punând în evidență totodată și direcția de influență.

Există diferite produse software care creează și actualizează diagrame de influență. Cele mai reprezentative sunt considerate următoarele:

- *Analitica* realizat de Lumina Decision Systems, Los Altos, CA. La adresa www.lumina.com poate fi obținută versiunea demo. *Analitica* permite utilizatorului să descrie modelul prin blocuri mari care reprezintă submodele ale modelului original și arată cum influențează aceste blocuri rezultatele importante ale modelului. Fiecare bloc poate fi apoi dezagregat pentru a se obține un model mai detaliat. În final, la ultimul nivel de descompunere, se atribuie valori variabilelor și se rezolvă problema.
- *DecisionPro* realizat de Vanguard Software Corporation, Cary, NC. Versiunea demo a programului poate fi obținută la adresa www.vanguardsw.com. *DecisionPro* încorporează mai multe tehnici de modelare: programare liniară, simulare Monte Carlo, arbori decizionali. După dezvoltarea modelului cu o diagramă de influență, modelul poate fi rezolvat direct fără să fie necesară convertirea lui cu un instrument specializat.
- *DATA Decision Analysis Software* realizat de TreeAge Software Inc., Williamstown, MA și versiunea demo disponibilă la www.treeage.com. *DATA* include diagrame de influență, arbori decizionali, modele de simulare etc.
- *Definitive Scenario* al firmei Definitive Software Inc., Broomfield, CO. Are adresa www.definitivesoftware.com și versiune demo. *Definitive Scenario* creează diagrame de influență care pot fi integrate în fișele de calcul de tip Excel. De asemenea, aceste diagrame permit aplicarea directă a metodei Monte Carlo pentru generarea valorilor variabilelor aleatoare.
- *PrecisionTree* realizat de Palisade Corporation, Newfield, NY. Versiunea demo la adresa www.palisade.com. *PrecisionTree* creează diagrame de influență și arbori decizionali direct în fișele de calcul de tip Excel.

Pentru construirea și implementarea modelelor sunt disponibile multe alte sisteme software începând de la limbajele de programare de generația a treia, a patra și a cincea până la sistemele CASE (computer - aided systems engineering) care pot genera automat software. În continuare ne vom referi la sistemele de tip foi de calcul tabelar (spreadsheets) care sunt cele mai populare instrumente de modelare pentru utilizatorii finali.

4. Modelarea cu sisteme tip foi de calcul

Datorită ușurinței cu care pot fi utilizate, foarte multe aplicații din economie, tehnică, matematică și alte științe sunt realizate cu sistemele de tip foi de calcul. Cele mai

³ Turban, E., J.E. Aronson. 2001, op. cit., pag. 169

⁴ Forrester, W. J. *Dinamica industrială*, București, Editura Tehnică, 1981

⁵ Turban, E., J.E. Aronson, 2001, op. cit., pag. 173 - 174

cunoscute sisteme de acest tip sunt Microsoft Excel și Lotus 1-2-3.

Tendința actuală este de a extinde cât mai mult aplicațiile care se pot realiza cu sistemele de tip foi de calcul. Astfel, pentru rezolvarea unor clase specifice de modele, au fost create instrumente de tip "add-ins" cum sunt de exemplu:

- *Solver* (realizat de Frontline Systems Inc., Incline Village, NV, www.frontsys.com) și *What'sBest!* (o versiune a sistemului *Lindo* realizat de Lindo Systems Inc., Chicago, IL, www.lindo.com) pentru optimizare liniară și neliniară;
- *@Risk* realizat de Palisade Corporation, Newfield, NY, www.palisade.com, pentru analiza riscului prin simulare.

Din cauza competiției intense de pe piața produselor software, cele mai bune "add-ins" au fost incorporate direct în versiunile mai recente ale sistemelor foi de calcul. Așa s-a întâmplat cu *Solver* care a fost încorporat în Excel.

Sistemele de tip foi de calcul au devenit instrumente importante de analiză, planificare și modelare deoarece încorporează o serie de funcții financiare, statistice, matematice, generatoare de numere aleatoare etc. Cele mai multe sisteme dispun de interfețe care asigură legătura cu diferite baze de date și alte tehnici de modelare: sisteme expert, sisteme de optimizare și simulare etc.

Sistemele de tip foi de calcul au fost dezvoltate în principal pentru calculatoarele personale, dar ele pot fi executate și pe sistemele mari de calcul. Sistemele de tip foi de calcul stau la baza sistemelor de tip foi de calcul multidimensionale și a instrumentelor OLAP (Online Analytical Processing).

5. Pachetele software pentru modelarea cantitativă

Acest tip de instrumente software implementează modele pentru analize statistice, analize financiare, management științific. Există sute de astfel de pachete software pe piața produselor informatice.

5.1. Pachetele software pentru analize statistice

Cele mai multe dintre sistemele de tip foi de calcul tabelar conțin funcții și rutine statistice sofisticate (media, mediana, dispersia, deviația standard, coeficientul de aplăzire, coeficientul de asimetrie, testul t, testul hi pătrat, regresia liniară, polinomială și pas cu pas, coeficienții de corelație, analiza varianței etc.). Analize complexe pot fi realizate cu pachete specializate cum sunt de exemplu:

- SPSS și Systat (SPSS Inc., Chicago, IL, www.spss.com);
- Minitab (Minitab Inc., State College, PA, www.minitab.com);
- SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, www.sas.com);
- TSP (TSP International, Palo Alto CA, www.tspintl.com);
- StatPac (StatPac Inc., Minneapolis, MN, www.statpac.com).

Este de remarcat faptul că pachetele statistice sunt din ce în ce mai mult acceptate ca instrumente decizionale. Ele sunt încapsulate și în instrumentele de tip *data mining* și

Online Analytical Processing, astfel că utilizatorul nu trebuie să interpreteze el însuși rezultatele unor prelucrări statistice sofisticate. Această orientare către utilizator a fost posibilă atât datorită maturizării unor tehnologii informaționale, cât și datorită costului redus al calculatoarelor cu performanțe ridicate.

5.2. Pachetele software pentru managementul științific

Instrumentele software de modelare din această categorie se referă la o mare varietate de modele: de la controlul stocurilor la managementul proiectelor. Lista celor mai reprezentative pachete software pentru management științific poate fi găsită în publicațiile de management științific cum sunt *OR/MS Today* sau *INFORMS Online* cu adresa www.informs.org. Organizația Lionheart Publishing Inc. (www.lionhrtpub.com) prezintă sumar instrumente software de modelare pentru analize statistice, programare liniară, simulare, analiză decizională, programare neliniară, previziune și programe tip "add-ins" pentru sisteme de calcul tabelar. *WINQSB* (Chang⁶, 2001) este un exemplu de pachet software complet și robust pentru modelele de management științific care poate fi utilizat în scopuri academice. De exemplu, în cadrul disciplinei „Modelarea și simularea proceselor economice” predată la Facultatea Management din cadrul Academiei de Studii Economice București, activitatea didactică se desfășoară prin studii de caz^{7,8} și proiecte⁹ care utilizează o serie de instrumente software de modelare și simulare, inclusiv *WINQSB*.

Modelele de programare matematică, în special cele de programare liniară sunt larg utilizate în practică. Există foarte multe programe comerciale pentru rezolvarea lor. Cele mai cunoscute sunt *Lindo* și *Lingo* (Lindo Systems Inc., Chicago, IL, cu versiuni demo pentru ambele la adresa www.lindo.com). *Lindo* este un sistem software pentru programare liniară și programare întrecă. *Lingo* este un limbaj de modelare care include modulul de optimizare al lui *Lindo* plus o extensie pentru rezolvarea problemelor de programare neliniară. Alte sisteme comerciale de optimizare sunt *Optimization System Library (OSL)* al firmei IBM și *CPLEX* al firmei CPLEX Optimization Inc.

Pachetele de simulare disponibile includ *GPSS* și *GPSS/PC*, *ProModel* realizat de ProModel Corporation, *SLAM* realizat de Pritsker Corporation. Multe alte pachete de simulare pot fi găsite în situl Web al Societății Internaționale de Simulare Computerizată cu adresa www.scs.org.

Alte programe specifice de optimizare sunt instrumente de tip add-ins pentru sisteme de calcul tabelar: *Solver*, *What'sBest!* și *@Risk* pe care le-am mai prezentat, *BrainCel*

⁶ Chang, Y.L. (2001). *WINQSB Software Update Edition* (Manual with CD), New York, Wiley

⁷ Rațiu-Suciu, C. (2001), *Modelarea și simularea proceselor economice, Teorie și practică*, București, Editura Economică

⁸ Rațiu-Suciu, C., F. Luban, D. Hincu, N. Ene. (1999), *Modelarea și simularea proceselor economice. Lucrări practice. Studii de caz. Teste de autoevaluare*, București, Editura Didactică și Pedagogică

⁹ Rațiu-Suciu, C., F. Luban. (2000), *Modelarea și simularea proceselor economice. Proiect de disciplină*, București, Editura ASE

care utilizează rețele neuronale și este realizat de Promised Land Technologies Inc., New Haven, CT, cu adresa www.promland.com, *Evolver* și *RISKOptimizer* (Palisade Corporation) care utilizează algoritmi genetici și simularea Monte Carlo pentru obținerea soluției optime.

6. Modelarea multidimensională

Modelarea multidimensională este o metodă de modelare care presupune analiza datelor cu mai multe dimensiuni. Decidenții lucrează adeseori cu date cu trei sau mai multe dimensiuni. De exemplu, un decident poate avea nevoie de datele referitoare la vânzări definite prin următoarele dimensiuni: regiune, produs, lună și vânzător, toate pe același ecran. În plus, pentru aceste date, decidentul poate solicita analize de tipul "ce se întâmplă dacă". Aceste prelucrări pot fi făcute cu instrumente software de modelare multidimensională. Multe baze de date centralizate, numite *data warehouse*, permit accesul multidimensional la date pentru analize cu sisteme de modelare multidimensională. Cele mai multe sisteme de modelare multidimensională sunt încapsulate în sisteme software de tip *OLAP* (Online Analytical Processing).

Generațiile curente de *OLAP* încorporează multe trăsături ale sistemelor informaționale pentru managerii executivi și ale sistemelor de grafică avansată. Sistemele *OLAP* și *data mining* au, de asemenea, facilități de optimizare, dar utilizatorii acestor sisteme nu trebuie să posede cunoștințe avansate în legătură cu aceste tehnici. Modelarea multidimensională prin *OLAP* permite utilizatorilor să creeze ușor modele, să afișeze rezultatele în diferite moduri și să realizeze diferite analize de sensibilitate.

Multe din aceste instrumente sunt furnizate pe piață de producătorii de sisteme de baze de date, *data warehouse* și *OLAP*. Prezentăm în continuare o listă de astfel de sisteme furnizată de Turban și Aronson¹⁰ (2001):

- *Visionary* (Informix Corporation, www.informix.com);
- *Broadbase* (Broadbase Information System Inc., www.broadbase.com);
- *BI/Suite* (Hummingbird Communications Ltd., www.hummingbird.com);
- *Aclue Decision Supportware* (Decisionism, www.decisionism.com);
- *Analytic Application Server* (WhiteLight, www.whitelight.com);
- *Decision Support Suite and Balanced Scorecard* (Pilot Software Inc., www.pilotsw.com);
- *Business Intelligence Product Suite* (MicroStrategy, www.microstrategy.com);
- *PowerPlay and Impromptu* (Cognos Inc., www.cognos.com);
- *Intelligent Miner* (IBM, www.ibm.com).

Deoarece tendința generală este de a furniza decidenților instrumente de analiză cu o cât mai bună

vizualizare, producătorii de sisteme software au înlocuit forma de calcul tabelar de vizualizare a datelor din bazele de date de tip *data warehouse* prin formele de vizualizare pe care utilizatorii le doresc. Printr-o interfață Web, aceste sisteme pot furniza datele sub formă de tabele, grafice, hărți, video, audio, peisaje etc. De asemenea, sistemul însuși poate recomanda un format de afișare. Instrumentele de analiză sunt transparente și pot fi activate de decident prin simpla apăsare de buton. Aceste instrumente pot fi folosite în analizele financiare prin vizualizarea tendințelor pe baza unei cantități imense de date. Este posibil ca aceste rezultate să fie extinse în viitor și pentru modelarea și simularea vizuală interactivă.

7. Modelarea vizuală interactivă și simularea vizuală interactivă

Simularea este o tehnică de realizare a experimentelor cu un calculator pe un model al unui sistem de management. Deoarece în procesul decizional apar situații neprogramate (nestructurate) care nu pot fi reprezentate prin modele de optimizare, uneori, singura metodă de rezolvare a problemelor decizionale de acest tip este simularea prin experimente pe calculator. Aceasta presupune testarea valorilor specifice ale variabilelor de decizie sau ale variabilelor necontrolabile ale modelului și analiza impactului asupra variabilelor de ieșire.

Simularea este recunoscută ca o metodă foarte utilă pentru înțelegerea situațiilor manageriale complexe. Cu toate acestea, în general, simularea convențională nu oferă decidentului posibilitatea de a vedea cum se desfășoară în timp rezolvarea unei probleme complexe sau posibilitatea să interacționeze cu sistemul. În general, simularea furnizează rezultatele statistice la sfârșitul unui set de experimente. Deci, decidenții nu sunt integrați în procesul de simulare astfel încât, experiența și raționamentul lor să poată fi folosite direct. La încheierea simulării, dacă rezultatele nu se potrivesc cu intuiția și raționamentul decidentului, poate apărea neîncrederea în utilizarea modelului de simulare.

Dezvoltarea extraordinară a interfețelor grafice cu utilizatorul a făcut posibilă modelarea vizuală interactivă sau simularea vizuală interactivă. În aplicații, modelarea vizuală interactivă este combinată cu simularea și animația. Această tehnică a fost folosită cu succes în managementul operațional.

Tehnicile de modelare vizuală interactivă pot prezenta grafic impactul diferitelor decizii de management. În cazul modelării vizuale interactive, interfața grafică permite utilizatorului să interacționeze cu modelul de simulare și să vadă rezultatele intervenției sale. Pentru exemplificare se poate apela versiunea demo online oferită de Orca Computer Inc., la adresa www.orcacomputer.com. Utilizatorul poate încerca online diferite decizii strategice și își poate perfecționa cunoștințele atât despre problemă, cât și despre impactul deciziilor testate. În acest mod, decidenții pot contribui la validarea modelului. Utilizatorii vor avea o încredere mai mare în modelul de simulare astfel realizat, deoarece au participat ei înșiși la dezvoltarea și utilizarea lui. De asemenea, decidenții sunt puși în situația de a utiliza cunoștințele și experiența de care dispun pentru a interacționa cu modelul în explorarea diferitelor strategii.

¹⁰ Turban, E., J.E. Aronson, (2001), op. cit., pag. 197

Sisteme software de simulare vizuală interactivă cu animație sunt oferite de o serie de firme cum sunt: Orca Computer Inc.: *Orca Visual Simulation Environment*; Minuteman Software: *GPSS/PC*; Visual Solutions: *VisSim*. Despre alte sisteme se pot obține informații la adresele www.public.asu.edu și www.scs.org al Societății internaționale de simulare computerizată.

Cea mai recentă tehnologie de simulare este legată de conceptul de *realitate virtuală*, prin care este creată o lume artificială pentru diferite scopuri.

Modelarea și simularea vizuală interactivă poate fi folosită și în conjuncție cu inteligența artificială. Integrarea celor două tehnici creează posibilitatea de a construi sisteme grafice pentru a studia dinamica unui sistem.

8. Concluzii

Lucrarea pune în evidență faptul că sistemele pentru suportul deciziilor manageriale se bazează din ce în ce mai mult pe tehnologii Web. Acest lucru se poate vedea nu numai prin posibilitățile de diseminare, dar și prin creșterea utilizării Web pentru dezvoltarea unor instrumente de modelare. Se observă, de asemenea, tendința de a se dezvolta sisteme mai inteligente prin încapsularea produselor de inteligență artificială. Pentru a reduce timpul de construire a unui model, se pot folosi sisteme speciale de analiză decizională care au limbaje de modelare încapsulate. Tendința actuală este de a transforma procesul de modelare într-un proces complet transparent. Printr-o interfață Web, sistemele software de modelare multidimensională pot furniza datele sub formă de tabele, grafice, hărți, video, audio, peisaje etc. Dezvoltarea extraordinară a interfețelor grafice cu utilizatorul a făcut posibilă modelarea vizuală interactivă.

În aplicații, modelarea vizuală interactivă este combinată cu simularea și animația. Cea mai recentă tehnologie de simulare este legată de conceptul de *realitate virtuală*, prin care este creată o lume artificială pentru diferite scopuri de analiză.

Prof. univ. dr. Florica LUBAN

Bibliografie

1. CHANG, Y.L. *WINQSB Software Update Edition* (Manual with CD), New York, Wiley, 2001
2. FORRESTER, W. J. *Dinamica industrială*, București, Editura Tehnică, 1981
3. RAȚIU-SUCIU, C. *Modelarea și simularea proceselor economice. Teorie și practică*, București, Editura Economică, 2001
4. RAȚIU-SUCIU, C., LUBAN, F., HÎNCU, D., ENE, N. *Modelarea și simularea proceselor economice. Lucrări practice. Studii de caz. Teste de autoevaluare*, București, Editura Didactică și Pedagogică, 1999
5. RAȚIU-SUCIU, C., LUBAN, F. *Modelarea și simularea proceselor economice. Proiect de disciplină*, București, Editura ASE, 2000
6. SIMON, H. *The New Science of Management Decision*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1977
7. TURBAN, E., J.E. ARONSON. *Decision Support Systems and Intelligent Systems*, Sixth Edition. NJ: Prentice Hall International, Inc., 2001