

Decizia manageriala în conditii de risc. Profilul riscului.

Conf.dr. Florica LUBAN
Catedra de Eficienta Economica, A.S.E. Bucuresti

În lucrare se arata cum poate fi folosita metoda de simulare Monte Carlo în modelele bazate pe arbori decizionali. La sfârșitul experimentelor de simulare, în locul unei singure valori reprezentând speranta matematica a indicatorului economic estimat, se va obtine o multime de valori posibile pentru acel indicator împreuna cu probabilitatea de realizare a fiecărei valori. Distribuțiile de probabilitate cumulata ale valorilor generate prin simulare pot fi folosite pentru definirea profilurilor de risc ale variantelor decizionale, în vederea compararii acestora.

Cuvinte cheie: arbori decizionali, simulare Monte Carlo, profilul riscului.

Introducere

Riscul deriva din incapacitatea oamenilor de a cunoaste viitorul și este perceput atunci când rezultatele posibile ale unor acțiuni prezintă un grad de incertitudine destul de semnificativ. Omul nu poate elimina complet riscul în cazul în care rezultatele viitoare sunt influențate de factori aleatori. Sta în puterea lui însă reducerea riscului până la un nivel care să-l facă acceptabil.

În *Managerul total*, C. Coates susține că în general managerii manifestă aversiune față de risc deoarece "în majoritatea firmelor, rapoartele financiare au în vedere controlul și nu succesul.... Indicatorii bazati pe control determina o aversiune pentru risc, dar pentru a crea valoare este necesar să-ți asumi aceste riscuri. Nu grija de a crea valoare, ci de a impune un control financiar cât mai strict, încurajează reducerea cheltuielilor și restrângerea activității în detrimentul investițiilor și al creșterii.... Realizarea unui echilibru între controlul managerial și asumarea unor riscuri este o problemă fundamentală și critică în același timp", [3].

În această lucrare vom arăta cum pot fi folosite modelele teoriei deciziei și tehnicile de simulare Monte Carlo atât pentru cuantificarea riscului asociat fiecărei variante decizionale cât și pentru dezvoltarea abilităților de analiză în condiții de risc ale decidentului.

Procesul de fundamentare a deciziei în condiții de risc și incertitudine presupune identificarea variantelor decizionale și a stărilor naturii, estimarea probabilităților asociate acestor stări și estimarea consecințelor economice finale. În cazul utilizării arborilor decizionali, în abordarea clasică, pentru descrierea incertitudinii legate de obținerea unor rezultate economice se folosesc distribuțiile de probabilitate discrete: nodurile tip eveniment au un număr finit de ramuri, fiecare ramură cu o anumită probabilitate. În realitate însă, majoritatea situațiilor incerte sunt de natură continuă, în sensul că rezultatele economice estimate pot avea orice valori cuprinse între anumite limite. Aceste valori pot fi descrise cu ajutorul unei funcții de distribuție.

Introducerea funcțiilor de distribuție pentru definirea unor noduri tip eveniment ale arborelui decizional presupune că acele noduri să aibă o singură ramură, iar valoarea ramurii să fie generată aleator prin simulare Monte Carlo. În final, în locul unei singure valori reprezentând speranța matematică sau valoarea medie așteptată a indicatorului economic estimat, se va obține o multime de valori posibile pentru acel indicator împreună cu probabilitatea relativă de realizare a fiecărei valori. Distribuția de probabilitate cumulată a valorilor generate prin simulare poate fi folo-

sita pentru definirea profilurilor de risc ale variantelor decizionale în vederea comparării acestora.

Procesul decizional si analiza riscului

Procesul decizional consta în identificarea si alegerea variantelor de a actiona în conformitate cu cerintele impuse de un context dat. Elementele de baza ale procesului decizional în cazul evaluării unicriteriale a consecintelor sunt prezentate în Tabelul 1. $V(a_i, ?_j)$ reprezinta rezultatul estimat ca urmare a adoptării variantei decizionale a_i în condițiile stării naturii $?_j$. În continuare se va considera ca rezultatul estimat este de tip profit exprimat în anumite unitati monetare (u.m.).

Probabilitățile $P(?_j)$ de realizare ale stărilor naturii $?_j$, $P(?_j)=0$, $?_j P(?_j)=1$, $j=1, \dots, n$, pot fi determinate subiectiv, prin analiza datelor istorice sau prin consultarea unor alte surse.

Daca decidentul hotaraste sa foloseasca criteriul sperantei matematice (valoarea medie asteptata) va fi necesar sa calculeze speranta matematica asociata fiecarei variante decizionale a_i :

$$E(a_i) = \sum_{j=1}^n P(q_j) \cdot V(a_i, q_j), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

si apoi sa aleaga varianta cu speranta matematica maxima.

În problemele în care atitudinea fata de risc a decidentului nu este considerata importanta, criteriul sperantei matematice este în general preferat altor criterii de decizie deoarece speranta matematica utilizeaza toate informatiile disponibile în procesul decizional.

În cazul în care atitudinea fata de risc este importanta se poate folosi criteriul dominantei [2].

Tabel 1. Elementele unui proces decizional

Variantele decizionale	Starile naturii					
	$?_1$	$?_2$...	$?_j$...	$?_n$
	$P(?_1)$	$P(?_2)$		$P(?_j)$		$P(?_n)$
a_1	$V(a_1, ?_1)$	$V(a_1, ?_2)$		$V(a_1, ?_j)$		$V(a_1, ?_n)$
...
a_i	$V(a_i, ?_1)$	$V(a_i, ?_2)$		$V(a_i, ?_j)$		$V(a_i, ?_n)$
...
a_m	$V(a_m, ?_1)$	$V(a_m, ?_2)$		$V(a_m, ?_j)$		$V(a_m, ?_n)$

Criteriul dominantei

Se pot defini trei tipuri de dominantă: dominantă în raport cu rezultatele, dominantă în raport cu stările naturii și dominantă probabilista sau stocastica.

✓ Dominanta în raport cu rezultatele se pune în evidență atunci când cel mai rău rezultat al unei variante decizionale este cel puțin tot atât de bun ca cel mai bun rezultat al unei alte variante decizionale. Varianta a_i domina în raport cu rezultatele variantei a_h dacă:

$$\min_{j=1, n} V(a_i, q_j) \geq \max_{j=1, n} V(a_h, q_j) \quad (2)$$

✓ Dominanta în raport cu stările naturii există când pentru fiecare stare a naturii, rezultatul unei variante decizionale este egal sau mai bun decât rezultatul altei variante. Deci, varianta a_i domina în raport cu stările naturii variantei a_h dacă:

$$V(a_i, q_j) \geq V(a_h, q_j), \quad \forall q_j, \quad j = 1, \dots, n \quad (3)$$

✓ Dominanta probabilista sau stocastica. Varianta a_i domina probabilist alta varianta decizionala a_h dacă:

$$P(V(a_i, \mathbf{q}_j) \geq X_k) \geq P(V(a_h, \mathbf{q}_j) \geq X_k) \\ \forall \mathbf{q}_j, j = 1, \dots, n, \forall X_k, k = 1, \dots, m \cdot n \quad (4)$$

unde valorile X_k se obtin prin ordonarea crescatoare a tuturor valorilor $V(a_i, \mathbf{q}_j)$, cu $i=1, \dots, m$, si $j=1, \dots, n$.

Probabilitatile $P(V(a_i, \mathbf{q}_j) \geq X_k) \forall \mathbf{q}_j$,

$j = 1, \dots, n, \forall X_k, k = 1, \dots, m \cdot n$ sunt probabilitatile cumulate ale starilor naturii asociate variantei a_i si definesc profilul de risc al variantei a_i deoarece reprezinta riscul pe care decidentul si-l asuma prin alegerea acestei variante decizionale.

Observatie. Daca varianta a_i este dominanta în raport cu rezultatele atunci ea este dominanta atât în raport cu starile naturii cât si probabilistic, dar invers nu este adevarat. De asemenea, daca varianta a_i domina varianta a_h , atunci $E(a_i) = E(a_h)$, dar reversul nu este adevarat.

Dominanta în arborii decizionali

O serie de procese decizionale presupun adoptarea unor succesiuni de decizii interdependente influentate de succesiuni de stari ale naturii. În aceste situatii se pot dovedi foarte utili arborii decizionali.

Un arbore decizional consta în reprezentarea cronologica a procesului decizional printr-un grafic retea tip arbore care utilizeaza doua tipuri de noduri: noduri tip decizie din care pornesc variantele decizionale disponibile la un moment dat si noduri tip eveniment din care pornesc starile naturii asociate de decident fiecarei variante decizionale. Nodul initial al arborelui corespunde momentului curent de timp, iar celelalte noduri se vor referi la momente de timp viitor în raport cu nodul initial. Pentru fiecare drum care leaga nodul initial de un nod final al arborelui trebuie estimat rezultatul conditionat de starile naturii de pe acel drum. Decizia care rezulta din analiza arborelui decizional nu este o decizie fixa, ci este mai degraba o strategie.

O strategie în arborele decizional poate fi definita ca o multime de decizii care de-

termina complet modul de actiune al decidentului.

Criteriul dominantei poate fi aplicat pentru eliminarea strategiilor dominate, analiza profilurilor de risc ale strategiilor disponibile si gasirea strategiei dominante daca aceasta exista.

Pentru aplicarea criteriului dominantei în analiza arborilor decizionali se recomanda urmatoarea procedura:

1. Estimeaza rezultatul conditionat asociat deciziilor si starilor naturii de pe fiecare drum care uneste nodul initial al arborelui cu fiecare nod final;
2. Ordoneaza crescator rezultatele conditionate estimate în etapa 1;
3. Determina probabilitatea de realizare simultana a starilor naturii asociate fiecarui rezultat conditionat din sirul ordonat la etapa 2;
4. Defineste strategiile posibile furnizate de arborele decizional;
5. Determina distributiile de probabilitate cumulata sau profilurile de risc asociate rezultatelor conditionate ale fiecarei strategii identificate la etapa 4;
6. Utilizeaza criteriul dominantei pentru analiza strategiilor. Reprezinta grafic profilurile de risc pentru a determina strategiile dominate si strategia dominanta daca aceasta exista.

Avantajul utilizarii profilurilor de risc în locul sperantelor matematice ale rezultatelor strategiilor disponibile consta în faptul ca profilurile de risc permit o mai buna întelegere a riscului asociat fiecarei strategii. Acest avantaj poate fi îmbunatatit daca se înlocuiesc distributiile de probabilitate discrete cu distributii de probabilitate continue care descriu toate valorile posibile ale rezultatelor conditionate asociate unei strategii. În acest caz, pentru rezolvarea problemei este necesar sa se apeleze la metoda de simulare Monte Carlo.

Utilizarea simulării Monte Carlo în arborii decizionali

Metoda Monte Carlo [1, 2, 4, 5, 7], presupune generarea artificială a datelor pe baza distribuției probabilităților cumulate ale valorilor indicatorului care se simulează și a unui generator de numere aleatoare uniform distribuite în $[0, 1]$. Practic, toate limbajele de programare și aplicațiile program contin generatori de numere pseudo-aleatoare.

Pentru generarea prin simulare a tuturor valorilor posibile ale unui anumit indicator economic ca urmare a alegerii unei anumite strategii, va fi necesar să fie introduse în modelul arborelui decizional funcțiile distribuțiilor de probabilitate care descriu valorile indicatorului.

În timpul unui experiment de simulare, pe baza fiecărei funcții de distribuție se va genera câte o valoare. Rezultatele asociate fiecărei strategii vor fi recalculat ori de câte ori se generează noi valori. În final, în loc de un profil al riscului descris de o mulțime discretă de valori și probabilități va fi obținută o distribuție continuă a tuturor valorilor posibile ale indicatorului economic estimat.

În această lucrare propunem trei variante de recalculare a rezultatelor în timpul experimentelor de simulare:

Varianta 1: Recalcularea rezultatelor pentru fiecare strategie furnizată de arborele decizional. Această variantă presupune:

- definirea funcției continue de distribuție a rezultatelor pentru fiecare strategie;
- generarea cu metoda Monte Carlo a rezultatelor posibile a fi obținute prin aplicarea fiecărei strategii.

În final, după numărul dorit de experimente de simulare, pe baza rezultatelor obținute se vor construi profilurile de risc asociate fiecărei strategii.

Varianta 2: Recalcularea rezultatelor pentru fiecare strategie furnizată de arborele decizional modificat prin introducerea unor funcții continue de distribuție pentru valo-

riile posibile ale indicatorului economic estimat. În acest caz, va fi necesară:

- înlocuirea tuturor ramurilor ce pornesc din același nod tip eveniment și au specificate valori discrete ale indicatorului economic, cu o singură ramură careia i se asociază o funcție continuă de distribuție care descrie toate valorile posibile ale indicatorului economic respectiv;
- utilizarea metodei Monte Carlo pentru generarea pentru fiecare strategie a unui drum care unește nodul inițial cu un nod final al arborelui;
- generarea cu metoda Monte Carlo a valorilor indicatorului economic estimat;
- recalcularea rezultatelor posibile a fi obținute prin aplicarea fiecărei strategii.

Rezultatele simulării sunt profilurile de risc asociate fiecărei strategii.

Varianta 3: Recalcularea speranțelor matematice în arborele decizional. Această variantă presupune:

- înlocuirea tuturor ramurilor ce pornesc din același nod tip eveniment și au specificate valori discrete ale indicatorului economic, cu o singură ramură careia i se asociază o funcție continuă de distribuție care descrie toate valorile posibile ale indicatorului economic respectiv;
- generarea cu metoda Monte Carlo, pe baza distribuțiilor de probabilitate, a stărilor naturii și/sau a valorilor indicatorului economic estimat;
- recalcularea valorilor tuturor nodurilor arborelui decizional.

Rezultatele simulării sunt probabilitățile relative asociate fiecărei valori posibile și distribuția valorilor nodului inițial.

Rezultate numerice - Identificarea strategiilor în arborele decizional

Pentru a ilustra modul de aplicare a procedurilor prezentate vom considera exemplul din Fig. 1 în care se pot identifica următoarele strategii:

Strategia (1) Nu se introduce un produs nou pe piata.

Strategia (2) Se introduce un produs nou; daca apare pe piata un produs competitiv, atunci stabileste pret mare de vânzare al produsului; daca nu apare pe piata un produs competitiv, atunci stabileste pret mare de vânzare al produsului.

Strategia (3) Se introduce un produs nou; daca apare pe piata un produs competitiv, atunci stabileste pret mediu de

vânzare al produsului; daca nu apare pe piata un produs competitiv, atunci stabileste pret mare de vânzare al produsului.

Strategia (4) Se introduce un produs nou; daca apare pe piata un produs competitiv, atunci stabileste pret mic de vânzare al produsului; daca nu apare pe piata un produs competitiv, atunci stabileste pret mare de vânzare al produsului.

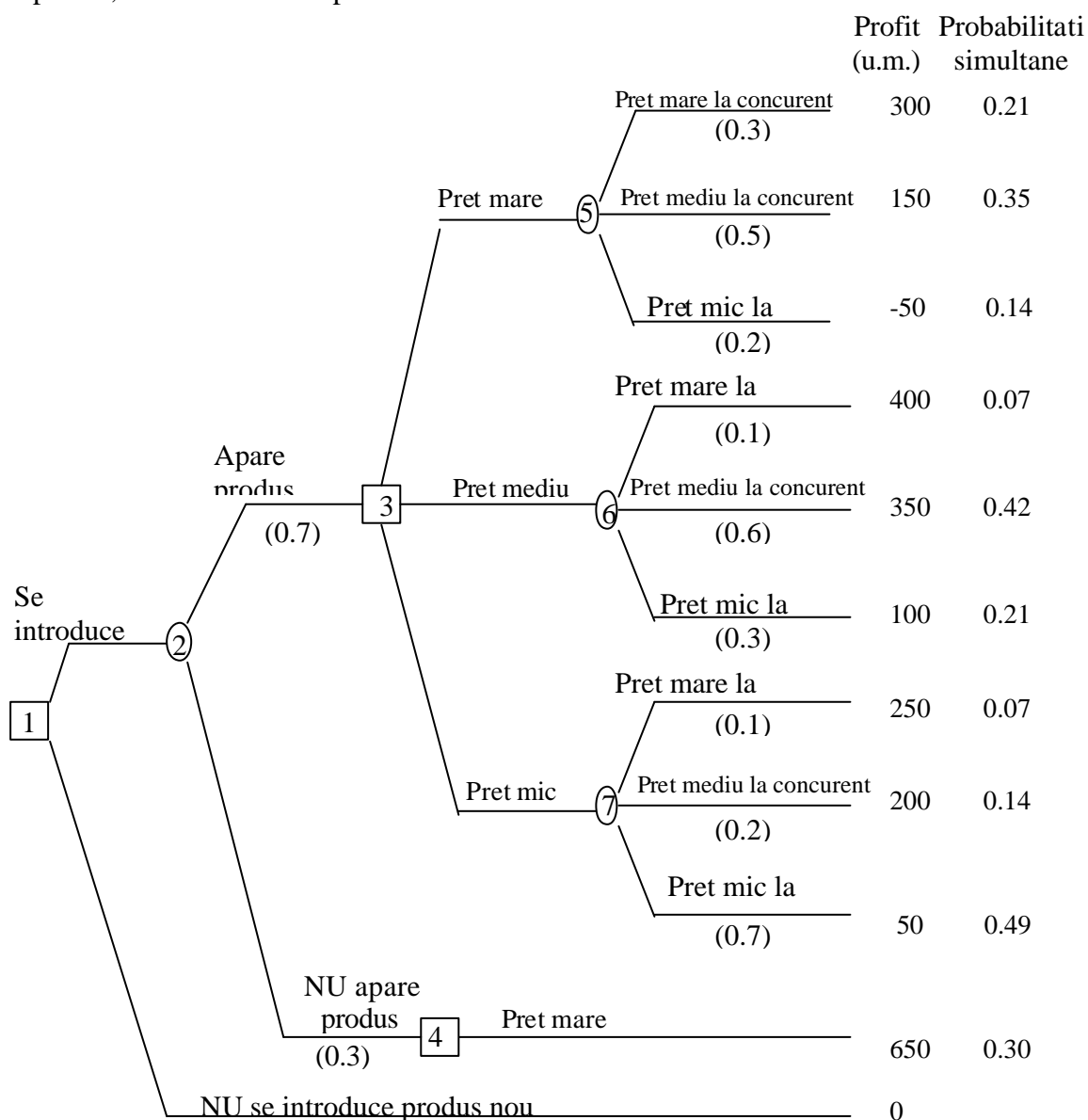


Fig.1. Arborele decizional pentru introducerea unui produs nou

Probabilitatile cumulate în cazul unor distribuții discrete ale profiturilor estimate pentru strategiile (2), (3) și (4) sunt pre-

zentate în Tabelul 2 și Fig. 2. Se poate accepta ca Strategia(3) domina stochastic celelalte strategii.

Tabelul 2. Probabilitatile cumulate

Profitul Conditionat X_k (u.m.)	Strategia(2)		Strategia(3)		Strategia(4)	
	P(profit= X_k)	P(profit= X_k)	P(profit= X_k)	P(profit= X_k)	P(profit= X_k)	P(profit= X_k)
-50	0.14	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00
50	0.00	0.86	0.00	1.00	0.49	1.00
100	0.00	0.86	0.21	1.00	0.00	0.51
150	0.35	0.86	0.00	0.79	0.00	0.51
200	0.00	0.51	0.00	0.79	0.14	0.51
250	0.00	0.51	0.00	0.79	0.07	0.37
300	0.21	0.51	0.00	0.79	0.00	0.30
350	0.00	0.30	0.42	0.79	0.00	0.30
400	0.00	0.30	0.07	0.37	0.00	0.30
650	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30

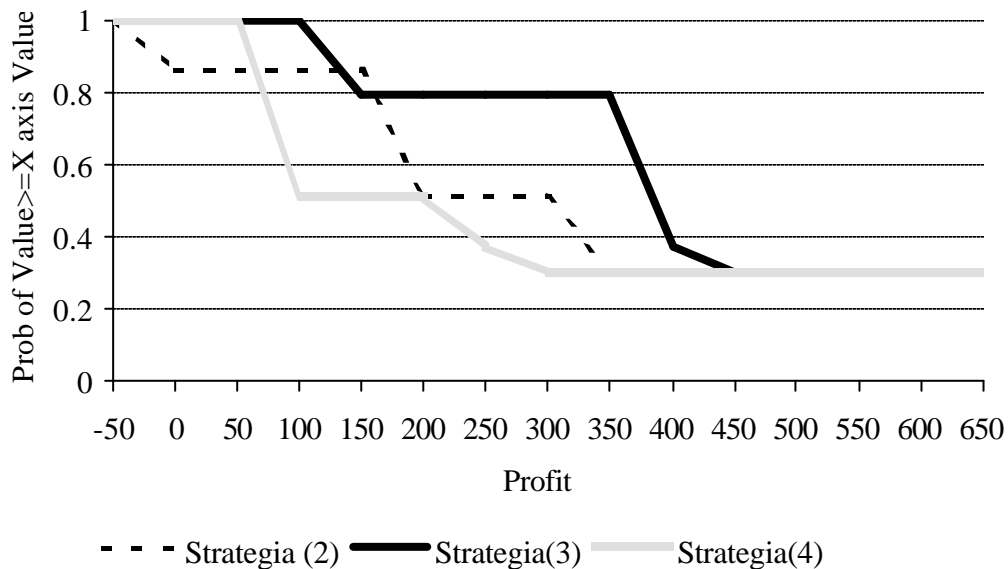


Fig.2. Profiluri de risc pentru distribuții discrete

Simularea profilurilor de risc ale strategiilor de lansare a unui nou produs

Simularea arborilor decizionali se poate realiza cu pachetul de programe @RISK care funcționează ca un instrument "add-in" al programelor de calcul tabelar Excel

sau 1-2-3. În @RISK, valorile incerte ale arborelui decizional pot fi descrise prin funcții de distribuție.

Varianta 1. Înlocuirea distribuțiilor discrete ale profiturilor asociate strategiilor (2), (3) și (4) cu funcții continue de distribuție.

În acest scop se va utiliza functia CUMUL a lui @RISK cu forma generala:

CUMUL(minim, maxim, {X1,X2,...,Xn}, {P(prof=X1),P(prof=X2),...,P(prof=Xn)}),

unde probabilitatea $P(\text{prof} = \text{minim}) = 0$, iar probabilitatea $P(\text{prof} = \text{maxim}) = 1$.

Funcțiile de distributie ale celor trei strategii: Strategia(2), Strategia(3) si Strategia(4) vor fi introduse în trei celule de unei foi de calcul Excel:

A1: RiskCumul(-51,650,{-50,150,300}, {0.14,0.49,0.70})

A2: RiskCumul(-51,650,{100,350,400}, {0.21,0.63,0.70})

A3: RiskCumul(-51,650,{50,200,250}, {0.49,0.63,0.70})

Rezultatele simulării sunt distribuțiile de probabilitate pentru profiturile care s-ar putea obtine prin fiecare din cele trei strategii: Strategia(2), Strategia(3) si Strategia(4). Fig. 3 contine graficul realizat de @RISK pentru profilurile de risc simulate. Este evident ca Strategia(3) domina prin dominanta stochastica de ordinul întâi celelalte strategii, deoarece curba sa cumulativa se suprapune sau este deasupra celorlalte curbe cumulative. De exemplu, probabilitatea $P(\text{profit} \geq 297 \text{ u.m.})$ este 0,30 pentru Strategia(2), 0,46 pentru Strategia(3) si 0,26 pentru Strategia(4).

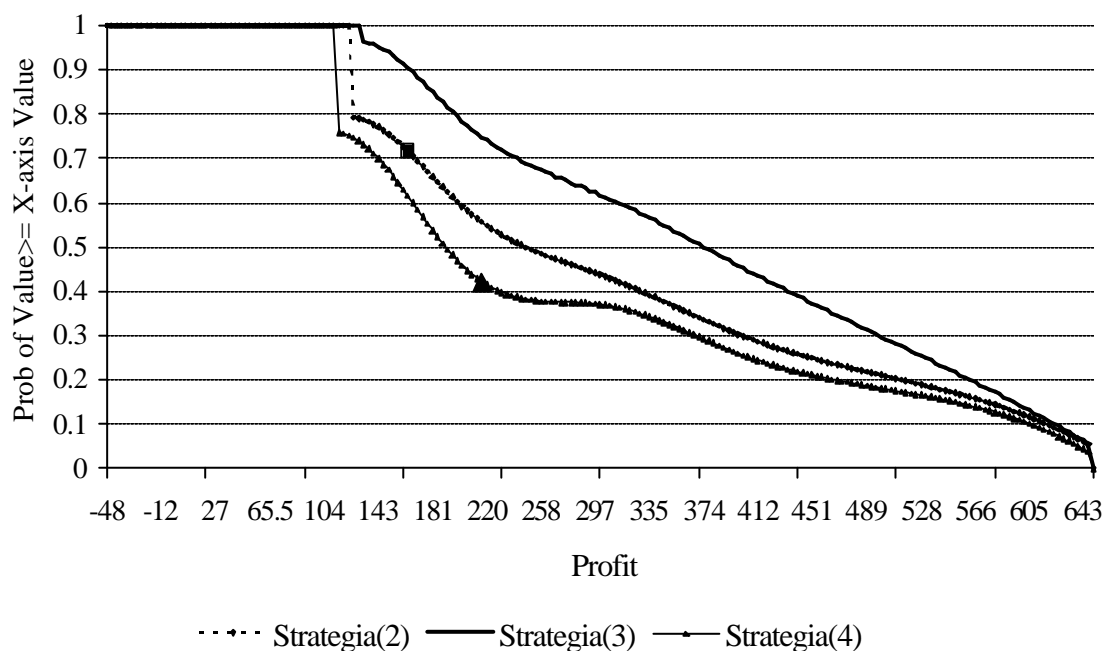


Fig. 3. Profiluri de risc obtinute cu functiile RiskCumul

Varianta 2. Descrierea cu functii continue de distributie a profiturilor conditionate de preturile concurentului.

Nodul 5 al arborelui decizional poate fi modificat astfel încât sa aiba o singura ramura în loc de trei ramuri, prin utilizarea unei functii de distributie furnizata de @RISK, de exemplu functia Lognorm cu media 155 u.m. si abaterea standard 121,35 u.m. În acelasi mod se pot modifica nodurile 6 si 7.

În plus, pentru a genera aleator un drum pentru fiecare strategie se va utiliza functia Discrete furnizata de @RISK si functia IF a programului Excel.

Rezulta urmatoarea procedura:

A1: RiskDiscrete({0,1},{0.3,0.7})

A2: IF(A1=1,RiskLognorm(155,121.35),650)

A3: IF(A1=1,RiskLognorm(280,109.29),650)

A4: IF(A1=1,RiskLognorm(100,77.46),650)

Celula A1 descrie un eveniment si anume posibila aparitie pe piata a unui produs competitiv. Exista sansa de 70 la 30 de aparitie a unui produs competitiv. Daca apare produsul competitiv profitul va fi generat de functia RiskLognorm(155, 121.35) pentru Strategia(2), de functia RiskLognorm(280,109.29) pentru Strategia(3) si de functia RiskLognorm(100, 77.46) pentru Strategia(4); daca nu apare

produsul competitiv atunci profitul va fi de 650 u.m.

La fiecare iteratie de simulare functia Discrete va furniza una din cele doua valori posibile: 0 sau 1, si în functie de valoarea generata se recalculeaza celelalte celule. În figura 4 sunt prezentate profilurile de risc simulate cu aceasta procedura.

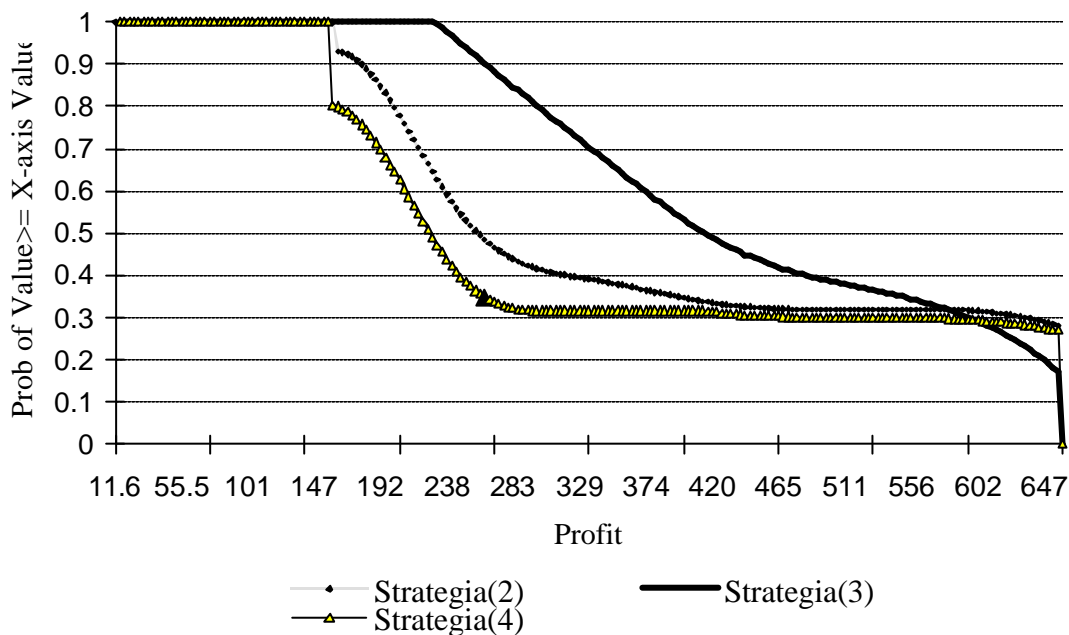


Fig. 4. Profiluri de risc obtinute cu functiile RiskLognorm

Se observa ca profilurile de risc se intersecteaza între ele. În aceste situatii se aplica dominanta stochastica de gradul II pentru selectarea variantei preferate. În general, când profilurile de risc se intersecteaza, pentru a determina varianta dominanta pe tot domeniul de variatie al profitului, este necesara compararea atât a lungimilor intervalelor de profit în care variantele sunt dominante cât si suprafetele corespunzatoare intervalelor în care sunt dominante. În cazul în care profilurile de risc se intersecteaza de mai multe ori, va fi necesara însumarea ariilor pentru a stabili variantele decizionale dominante.

Varianta 3. Simularea șperantelor matematice.

Simularea cu @RISK poate fi realizata cu procedura urmatoare:

A1: RiskLognorm(155,121.35)

A2: RiskLognorm(280,109.29)

A3: RiskLognorm(100,77.46)

A4: MAX(A1,A2,A3)

A5: RiskDiscrete({0,1},{0.3,0.7})

A6: IF(A5=1, 0.7*A4, 0.3*650)

A7: MAX(A6, 0)

În final se va obtine distributia profitului estimat prin arborele decizional.

Rezultatele simulării generate de @RISK contin statistici atât pentru variabilele de intrare cât și pentru cele de ieșire. Statisticile furnizate includ valorile minime, maxime, mediile, deviatiile standard, percentile. Analiza sensibilității rezultatelor arată sensibilitatea variabilelor de ieșire în raport cu distribuțiile de intrare.

@RISK pentru Excel este o componentă a pachetului “Decision Tools Suite” care conține o serie de alte produse informatice pentru analiza decizională și a riscului. Pentru alte informații se poate consulta site-ul web: www.palisade-europe.com.

Bibliografie

- [1] Andreica M., Stoica M., Luban F., *Metode cantitative în management*, Editura Economica, București, 1998
- [2] Bonini C.P., Hausman W.H., Bierman H. Jr., *Quantitative analysis for management* – 9th ed., The McGraw-Hill Companies, Inc., 1997
- [3] Coates C., *Managerul total*, Editura Teora, București 1997
- [4] Fishman G.S., *Monte Carlo. Concepts, Algorithms and Applications*. Springer – Verlag New York, Inc., 1997
- [5] Lawrence J.A.jr., Pasternack B.A., *Applied Management Science. A Computer – Integrated Approach for Decision Making*. John Wiley & Sons, New York, Chichester, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto, 1998
- [6] Luban F., “Analiza decizională cu ajutorul simulării Monte Carlo”, *Studii și Cercetări de Calcul Economic și Cibernetică Economică*, București, nr.1, (1999), 43–55.
- [7] Ratiu-Suciu C., *Modelarea și simularea proceselor economice*. Ediția a II a. Editura Didactică și Pedagogică. 1997, București
- [8] Ratiu-Suciu C., Luban F., Hîncu D., Ene N., *Modelarea și simularea proceselor economice. Lucrări practice. Studii de caz. Teste de autoevaluare*. Ediția a II-a revizuită și completată. Editura Didactică și Pedagogică, București 1999
- [9] ***, *Guide to using @RISK, Windows Version*, Palisade Corporation, 1997