CONTRIBUŢII PRIVIND EVALUAREA RISCULUI TEHNIC ŞI BANCAR

Narcis Cătălin Beciu

contact @selas.ro
Universitatea de Petrol şi Gaze Ploieşti

Rezumat: Lucrarea propune o tratare si rezolvare unitara prin aplicarea teoriei jocurilor si teoriei grafurilor, a problemei evaluării riscului tehnic şi a riscului bancar la acordarea creditelor . Este data o caracterizare axiomatică a măsurii riscului într-o viziune sistemica a problemei .Aceasta a permis aplicarea unor teorii clasice ,cum sunt teoria jocurilor în analiza şi evaluarea riscului. Sunt prezentate două studii de caz, axate pe problema evaluării riscului în forajul la mare adâncime şi pe problema evaluării riscului la acordarea riscului bancar.

Cuvinte cheie:credit ,risc, teoria jocurilor, ingineria securităţii , foraj de mare adâncime.

Termenul de risc a penetrat în literatura de specialitate de natură politică, socială, tehnică şi economică. Există diverse tentative de caracterizare şi definire a riscului precum cele care se adaptează în funcţie de scop [1],[2].

1. Riscul tehnic în cazul forajelor de mare adâncime

Riscul, definit laconic în Dicţionarul Economic prin sintagma „pericol posibil", este un efect al oricărei acţiuni, demers, funcţionare etc. care constă în posibilitatea de a nu se îndeplini scopul propus şi – mai mult – de a se produce un eveniment „periculos" pentru operatorii, participanţii la acţiune, instalaţiile implicate etc. Riscul există – prin firea lucrurilor – în orice întreprindere umană datorită condiţiilor de incertitudine existente într-o „lume" plină de dinamism, cu numeroase evenimente colaterale cu caracter aleator, cu foarte mulţi factori perturbatori, cu nevoia adoptării unor decizii de alegere a unei variante din mai multe posibile, pe baza unor criterii multiple (uneori contradictorii) şi de către decidenţi cu pregătiri extrem de diverse. De aceea, urmărindu-se realizarea (uneori optimală) a scopului propus, se caută ca „apriori" să se determine (să se evalueze) riscul posibil într-o anumită activitate şi chiar să se adopte de la început anumite măsuri de securitate. Aşa se explică faptul că, în ultimul timp (în ultimii 10-15 ani), s-a dezvoltat un nou domeniu şi anume: *ingineria securităţii* [3], [6], care în domeniul tehnic a ajuns la o deplină consistenţă, cu rezultate spectaculoase şi eficiente [7]. Ingineria securităţii tehnice introduce categoriile *de risc si analiza a riscurilor*, considerând ca fiind esenţial principiul: „analiza riscurilor tehnice este singura modalitate de apreciere a nivelului de periculozitate a activităţii şi trebuie luată în considerare încă de la începutul oricărui studiu de securitate tehnică"[3].

Spre exemplu, după accidentul produs în 1986, cu ocazia lansării în spaţiul cosmic a navetei *Challenger*, NASA a dezvoltat algoritmi şi metode pentru evaluarea cantitativa a riscului .A fost incorporat algoritmul QRA(quantitative risk assessment) în sistemul suport de luare a deciziilor privind declanşarea lansărilor spaţiale şi pentru diverse componente ale sistemului de propulsie al navetei sau alte proiecte NASA.

În accepţiunea ingineriei securităţii, riscul reprezintă eventualitatea apariţiei unui eveniment indezirabil, care nu depinde de acţiunea voluntară a operatorului, dar a cărui producere este cauzatoare de distrugeri materiale şi/sau de răniri şi chiar de pierderi umane. Riscul *(R)* este o mărime cu două componente asociate unei faze din viaţa unui sistem: ***F*** - probabilitatea (sau frecvenţa) apariţiei evenimentului nedorit; ***G*** - impactul sau gravitatea evenimentului, estimată prin valoarea numerică a pagubelor fizice, produse în cazul apariţiei evenimentului nedorit. Valoarea numerica riscului este evaluată prin produsul celor două componente **(Risc = Frecventa x Impactul)** [6]:

$$R=FxG, \tag{1}$$

În domeniul ingineriei securităţii utilajului mecanic destinat forajului sondelor de mare adâncime (adâncimi de peste 5 Km), aceste evenimente nedorite sunt, în general, clasificate fuzzy, pe 6 niveluri de frecvenţe ale apariţiei evenimentului, prezentate în Tabelul 1.

Tabelul 1. Frecvențele de apariție a unor evenimente în instalații de foraj

Nivelul 1 – evenimentul *extrem de rar* → $F \in (10^{-9}...10^{-7})$/h,
Nivelul 2 – eveniment *foarte rar* → $F \approx 10^{-9}$/h,
Nivelul 3 – eveniment *rar* → $F \in (10^{-7}...10^{-5})$/h,
Nivelul 4–eveniment – *puțin - frecvent*→ $F \in (10^{-5}...10^{-3})$/h,
Nivelul 5 – eveniment *frecvent* → $F \approx 10^{-3}$/h,
Nivelul 6–eveniment *foarte frecvent* → $F > 10^{-3}$/h.

Impactul care exprimă gravitatea, respectiv *consecința* aferentă riscului, aceasta fiind cuantificată în funcție de adâncimea de foraj la care se produce evenimentul generator de risc. În figura 1, se prezintă cuantificarea pierderilor aproximative provocate de necesitatea extragerii garniturii prăjinilor de foraj de la diverse adâncimi în urma unor evenimente cum ar fi desprinderea (distrugerea) sapei de foraj [7].

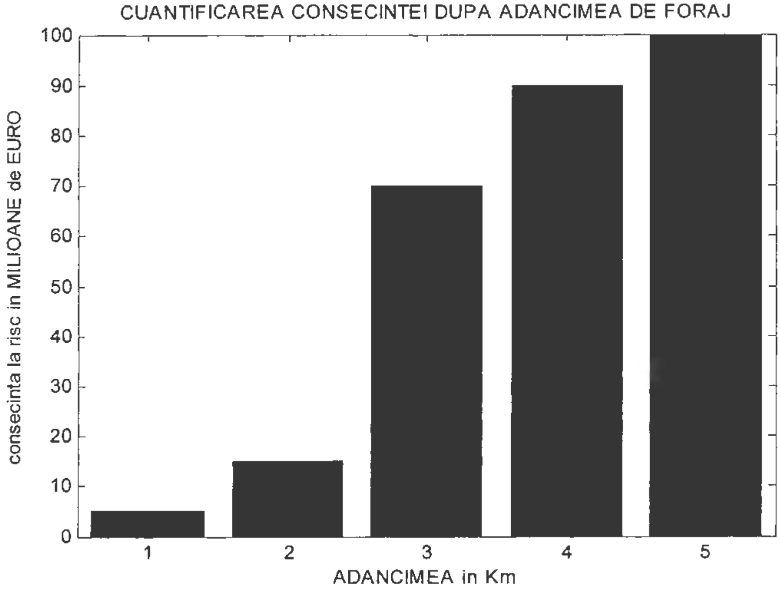

Figura 1. Pierderi provocate de riscul înlocuirii sapei la diverse adâncimi de foraj

În cercetările științifice, dezvoltate în perioada de doctorantură, am considerat, însă, că *riscul este caracterizat de o mulțime de evenimente incerte* .S-a plecat de la interpretarea sistemică a problemei. În aceasta viziune, s-a considerat că evenimentele cuprinse în acest set sunt de două tipuri: *evenimente independente* (variabile de intrare ale elementelor componentelor sistemului) și *evenimente dependente* (variabile de *ieșire* ale componentelor sistemului). Evenimentele independente, care acționează perturbator asupra sistemului și simulează mediul problemei acționează ca generator de evenimente incerte, provocatoare de risc.

2. Evaluarea riscului tehnic prin probabilități condiționate

În multe din situațiile reale, nu este cunoscută istoria acestor evenimente, exprimată prin valoarea probabilității P ca un eveniment dorit sau nedorit să se producă. Acesta este cazul unor tehnologii noi, care nu au istorie, dar necesita evaluarea riscului [7]. În acest context, se propune un procedeu de evaluare a riscului, prezentat pe un scenariu imaginar al riscului „*pierderii sapei de foraj la mare adâncime*”ca urmare a coliziunii cu un strat necunoscut de rocă dură (figura 1).

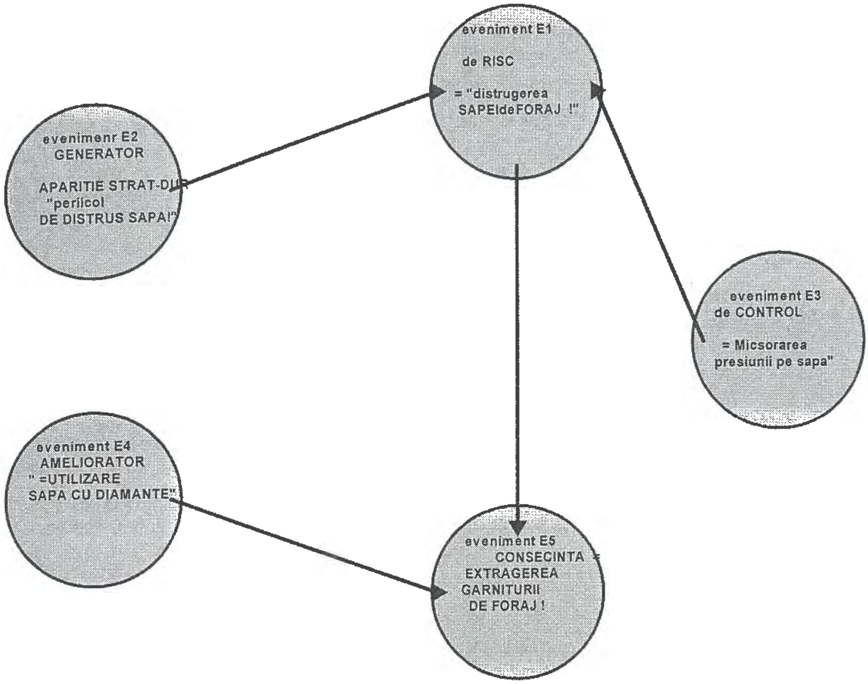

Figura 2. Graful sistemului de evenimente care modelează coliziunea sapei de foraj cu stratul de rocă dură: E1- eveniment de tip RISC; E2- eveniment de tip inițiator sau GENERATOR de risc; E3- eveniment de CONTROL al risculni; E4 eveniment AMELIORATOR de consecințe; E5- eveniment de tip CONSECINȚĂ sau impact

Riscul este asociat unui eveniment incert, care este caracterizat sau condiționat de alte multiple evenimente incerte. În figura 2, este prezentat graful a cinci evenimente (E1, E2, E3, E4, E5) aferente scenariului considerat. Pentru simplitate, se pot interpreta aceste evenimente ca fiind variabile booleene, care pot lua doar valoarea *adevărat* sau valoarea *fals* adică pot lua valori în mulțimea $\{1,0\}$. În graful din figura 2, nodurile corespund evenimentelor, iar prezența arcelor dintre noduri exprimă probabilitățile interinfluențelor dintre evenimente (săgețile exprimă orientarea interinfluențelor). Cu aceste considerații ipotetice, se pate introduce câte un vector asociat, E1,E2,E3,E4,E5, pentru fiecare din cele cinci noduri-eveniment din graf:

$$E1=[01100];\ E2=[00000];\ E3=[00000];\ E4=[00000];\ E5=[10010] \tag{2}$$

În toți acești vectori asociați evenimentelor, există câte un număr de elemente egal cu numărul de noduri al grafului, care modelează sistemul considerat prin scenariul ipotetic respectiv. Fiecare din aceste elemente ale vectorului Ei(k), k = i =1,2,...,5 are valoarea 0 când sau 1, după cum influența evenimentul Ek cu numărul k influențează (Ei(k)=1) sau nu influențează (Ei(k)=0), apariția evenimentului Ei. Aceste valori nu pot fi interpretate ca probabilități ale influentei, deoarece, în unele cazuri, valorilor logice „adevărat" și „fals" le sunt asociate valori ale probabilităților condiționate, diferite de zero sau unu.

Se observă din (2) că sunt nule probabilitățile ca evenimentele E2, E3 și E4 să fie determinate de oricare din celelalte. Deci, în acest caz, valorile logice ar putea fi interpretate ca probabilități de condiționare a apariției lor, de către celelalte evenimente. Aceasta înseamnă că evenimentele E2,E3 si E4 sunt variabile independente (de intrare)ale sistemului modelat, iar celelalte sunt variabile dependente (de ieșire):

$$E_1=f_1(E2,E3)$$

$$E_5=f_2(E2,E3) \tag{3}$$

Mai sus, s-a considerat că fiecare din variabilele asociate evenimentelor pot lua doar valorile ADEVARAT sau FALS. În practică, mulțimea de valori poate fi extinsă la mai mult de 2 valori. Așa spre exemplu, evenimentul „dispariția vieții" poate însemna riscul dispariției a 80% din populația de pe glob. *Incertitudinea* asociată riscului este exprimată la fel pentru toate evenimentele și este caracterizată prin *distribuția probabilităților* de realizare a evenimentului respectiv. Probabilitățile condiționate pentru evenimentul E1 ar putea fi:

P(E1/[E2=adev ;E3=fals)=P(E1adevarat)=1.0

P(E1/[E2=adev;E3=adev)=P(E1fals)=0,1 (4)

adică, pentru E1 valoarea logică *fals* are asociată probabilitatea stabilită de experți la 0,1 deoarece, micșorând presiunea pe sapă, aceasta se poate uza în mare măsură, în urma înaintării în rocă și mai rămân 10% șanse ca pericolul extragerii să nu fie total eliminat (riscul este diminuat, dar nu eliminat total.). În mod similar, probabilitatea apariției evenimentului E5 de „extracție a garniturii de foraj" pentru înlocuirea sapei distruse este condiționată de evenimentul E4 de apărare, care micșorează probabilitatea pericolului de extracție la 0,8 chiar dacă nu a avut nici un efect micșorarea presiunii prin evenimentul de control: P(E5/[E2=adev; E1=adev])=P(E5adev)=0.8. Prin urmare evenimentul E5 este ***adevărat*** cu probabilitatea 0,8 și este ***fals*** cu o probabilitate 0,1. În cazul instalațiilor de foraj la mare adâncime, trebuie să se țină cont și de adâncimea la care s-a produs evenimentul generator de risc (apariția stratului de rocă). Folosind, în acest scop, informația conținută de bar-graful din figura 1, pentru o adâncime de peste 5 Km, riscul evaluat cu relația (1) conduce la o pierdere de ***R=FxG*** *= 0,8 x100=80.000 E* în cazul apariției evenimentului generator de risc.

3. Modele pentru determinarea riscului bancar, bazate pe teoria jocurilor

Creșterea complexității sistemelor financiar-bancare actuale face tot mai dificilă predicția evoluției sistemului chiar și pe un orizont de timp foarte scurt. Se pare ca este foarte riscant ca la baza adoptării unei decizii să înlocuim evaluarea efectivă a riscului prin evaluări de genul „cred ca merge" deoarece prejudiciile pot fi dezastroase. În prezent, sunt cunoscute o mulțime de metode, dar fiecare dintre ele are zona ei de aplicabilitate. Spre exemplu, cea mai recenta metodă „Valoare la Risc" sau VaR este destinată analizei riscului bancar la momentul efectuării investiției (tranzacției).Aceasta deoarece metoda se bazează pe analiza statistică a informațiilor privitoare la respectivele activități bancare pe o perioada istorica cât mai lungă. Problema se complică în situațiile unicat, caracterizate prin absența acestor date statistice din trecut (a se vedea cazul navetei Challenger.) Probabil că, în astfel de cazuri, rămâne a doua cale folosind pentru analiză modelarea și simularea procesului și estimarea variantei optimale a deciziei prin metode de optimizare multicriteriale, bazate pe evaluări de tip expert. Unul dintre motivele pentru care s-au accentuat căutările unor noi metode de evaluare a riscului, falimente financiare celebre, care ar fi putut fi evitate printr-o atitudine corectă față de analiza și evaluarea riscului și consecințele asociate unor investiții și tranzacții financiar-bancare. Iată numai câteva cazuri celebre de falimente citate și analizate în literatura de specialitate [5].

Cazul Orange County - un comitat, Orange County, pierde 1.6 miliarde dolari investind nechibzuit pe piețele financiare.

Cazul LTCM – Long-Term Capital Management – cum un fond de investiții celebru, cu doi laureați Nobel în conducere, poate pierde 4 miliarde dolari din capitalul investit în câteva luni.

Cazul Metallgesellschaft – cum s-au pierdut 1,5 miliarde dolari tranzacționând pe piața petrolului.

Cazul Barings – cea mai veche bancă britanică la momentul respectiv, care, datorită tranzacțiilor nechibzuite ale unui tânăr broker a „reușit" să piardă 1,3 miliarde dolari în câteva zile.

Existența riscului (și, mai ales, a efectelor lui) în activitatea bancară, conferă acestei activități un anumit caracter de *incertitudine*, ceea ce face ca factorul *aleatoriu* să existe în evenimentele bancare, rezultatul multor decizii în domeniul bancar putând fi imprevizibil. În astfel de situații (incerte, cu risc și caracter aleator, cu efecte imprevizibile și cu stări conflictuale), modelarea s-ar putea baza pe **teoria matematică a jocurilor**.

Teoria matematică a jocurilor, apărută inițial din dorința de a obține rezultate favorabile în jocurile de noroc, are astăzi o mare utilizare și în multe alte domenii (în știință, în tehnică, în industrie și, mai recent, în economie). Această lucrare conține o aplicare a teoriei jocurilor strategice în modelarea riscului bancar, considerat ca o situație conflictuală între „bancă" și „ creditori".

Problema tipică a teoriei jocurilor se poate formula astfel: *doi sau mai mulți „adversari" pot influența pe anumite căi desfășurarea unor evenimente, fiecare având unele „interese" (preferințe) care nu pot coincide pentru această desfășurare de interese „conflictuale".*

Principalele *elemente ale unei probleme de teoria jocurilor* sunt:

- **numărul de jucători** (adversari). *Jucătorul* reprezintă o unitate de decizie, putând fi o persoană sau un grup de persoane cu interese identice (o echipă), ale cărei interese sunt în contradicție cu al oricărui alt jucător în cel puțin o situație. Pot exista jocuri cu doi sau mai mulți (n) adversari;
- ***strategia* unui jucător**, ce reprezintă o specificație completă a deciziilor acelui jucător și a acțiunilor sale în condițiile unei mulțimi particulare de decizii ale celorlalți jucători. Mulțimea strategiilor unui jucător îi definește complet acțiunile în toate eventualitățile imaginabile ale unui joc;
- ***funcția de retribuție***, ce reprezintă câștigul pentru fiecare jucător și este o funcție de strategia sa și a celorlalți jucători, depinzând de eficiența strategiei jucătorului. De pildă, în cazul unui joc cu n jucători, dacă se notează cu p_i câștigul jucătorului i ($1 \leq i \leq n$) și jocul este de tip cu „*sumă nulă*", funcția de retribuție este $p_1+p_2+\ldots+p_n=0$ (adică, ce câștigă unii din jucători reprezintă pierderile celorlalți).

Se pune problema stabilirii unor *criterii* care să permită alegerea deciziilor (strategiei) optime, sau cea mai „potrivită", pentru fiecare jucător în parte. În funcție de criteriile de strategie, jocurile pot fi clasificate în trei grupe:

- ***jocuri cu decizii libere*** (în care modalitatea de alegere a strategiei este cea a alegerii conștiente) și *jocuri cu decizii întâmplătoare* (de exemplu, cele la care decizia se stabilește ca rezultat al aruncării unor zaruri);
- ***jocuri cu informație completă*** (atunci când jucătorii cunosc deciziile adversarilor, așa cum este jocul de șah) sau cu *informația incompletă* (ca în cazul unui joc de cărți);
- ***jocuri finite***, cele cu un număr finit de strategii și *jocuri infinite*, cu o mulțime nelimitată de strategii.

Activitatea bancară care implică permanent luarea unor decizii (ca, de exemplu, aprobarea unei cereri de credit, în diferite circumstanțe) poate fi tratată ca un joc cu doi jucători, A și B, numit joc împotriva *Naturii* (Lumii), în care A este factorul de decizie uman (banca), iar B este „Natura"(piața bancară), ce oferă mai multe situații posibile, fiecare fiind asimilată unei strategii. Dezavantajul acestui mod de abordare ar putea consta în faptul că este greu de acceptat ca „Natura" să „acționeze" astfel încât factorul uman să obțină cel mai slab rezultat (cum este cazul unui joc în doi adversari umani), jocul „Naturii"(al pieței bancare) fiind mai degrabă întâmplător. Viața bancară poate fi modelata printr-un joc finit, cu doi adversari A, bancherul și B, clientul care a obținut un credit, cu sumă nulă (în sensul „câștigul realizat de un jucător este egal cu pierderea celuilalt jucător"). Un astfel de caz este numit în teoria matematică a jocurilor *joc matriceal*[60].

Într-un **joc matriceal**, cu doi jucători(„adversari"), notați cu A și B, se definesc următoarele:

- $a_1, a_2, \ldots, a_n$ mulțimea strategiilor jucătorului A, notată cu $A=\{a_i \mid 1 \leq i \leq m\}$;
- $b_1, b_2, \ldots, b_n$ mulțimea strategiilor jucătorului B, notată cu $B=\{b_j \mid 1 \leq j \leq n\}$;
- ***funcția de retribuție pentru jucătorul A***, notată $c_{ij}=f(a_i,b_j)$, $1 \leq i \leq m$, $1 \leq j \leq n$, reprezintă câștigul obținut de jucătorul A dacă el adoptă strategia a_i, iar B adoptă strategia b_j.

Jucătorul A va urmări maximizarea câștigului c_{ij}, pe când B va urmării minimizarea acestuia. Prin urmare, funcția de retribuție c'_{ij} pentru jucătorul B este egală și de sens contrar cu cea a lui A, adică $c'_{ij}=-c_{ij}$. În aceste condiții, se construiește matricea $C=[c_{ij}]$, numită **matricea plăților** (a funcției de retribuție) pentru jucătorul A. Dacă A adoptă strategia a_i, indiferent de strategia adoptată de B, își va asigura un câștig minim garantat egal cu:

$$c_{\text{sigur}} = \min_{1 \leq j \leq n}\left(c_{ij}\right)$$

Rezultă că decizia optimă a jucătorului A corespunde maximizării acestui câștig garantat, adică c^*:

$$c_a^* = \max_{1 \leq i \leq m}\left[\min_{1 \leq j \leq n}\left(c_{ij}\right)\right]$$

Dacă jucătorul B adoptă strategia b_j, indiferent de strategia adoptată de A, va înregistra o pierdere maximă garantată egală cu:

$$\max_{1 \le i \le m} \left(c_{ij} \right)$$

iar decizia optimă a jucătorului *B* va consta în a alege acea strategie care să minimizeze această pierdere garantată (cea care oferă cea mai mică pierdere maximă), $c^{*}{}_{b}$ care este dată de relația:

$$\min_{1 \le j \le n} \left[\max_{1 \le i \le m} c_{ij} \right] = c^{*}{}_{b}.$$

Se poate demonstra (v.[2]) că există relația:

$$\max_{1 \le i \le m} \left[\min_{1 \le j \le n} c_{ij} \right] \le \min_{1 \le j \le n} \left[\max_{1 \le i \le m} \left(c_{ij} \right) \right] \tag{5}$$

Dacă în relația (5) operatorul „≤" devine numai „=", cele două cantități vor fi egale cu c_{iojo}, atunci (a_{io}, b_{jo}) este ***strategia optimă pură*** (valabilă pentru ambii adversari),iar punctul $(i_0 j_0)$ constituie așa-numitul ***punct de echilibru al matricei C*** a câștigurilor, iar $c_{iojo} = \gamma$ reprezintă valoarea jocului pentru *A* (pentru *B* valoarea jocului va fi $-c_{iojo}$). În acest caz, jocul se numește strict determinat (cu strategii pure), pentru care este satisfăcută și inegalitatea:

$$c_{ij0} \le c_{i0j0} \le c_{i0j} \Rightarrow \forall i \ne i_0 \text{ și } \forall j \ne j_0 \tag{6}$$

cu care se realizează alegerea variantei optime de creditare.

- ***jucătorul A*** *este banca B/P (ofertantul de credite);*
- ***jucătorul B*** *este firma S/P (solicitantul de credit);*
- ***alegerea variantei de creditare de pe poziția jucătorului A*** *se face pe baza datelor furnizate de banca;*
- ***numărul de jucători*** *(adversari) este deci doi, fiecare din ei reprezentând o unitate de decizie.*

În continuare, se aplică teoria jocurilor matriceale pe un caz real, caracterizat prin următoarele date concrete:

- jucătorul A să obțină cel mai mare profit posibil (legal) din acordarea creditului, prin strategia sa de aplicare a dobânzilor și comisioanelor;
- jucătorul B va căuta să aleagă aceea varianta de creditare care sa-l coste cel mai puțin (prin despăgubirile plătite); este evident că în strategiile de joc, interesele celor doi jucători sunt în contradicție.

Fiecare „mișcare" în cursul jocului (a tratativelor dintre cei doi adversari)se va face în așa fel încât să se realizeze interesele fiecăruia:

Strategiile jucătorului A care este o banca numita convențional B/Ploiești, pe scurt B/P, sunt conforme cu datele furnizate în funcție de strategia jucătorului B care este o firmă de construcții numită convențional S/Ploiești pe scurt S/P, și anume:

- **firma S/P are, în programul ei de activitate, ridicarea unor construcții în viitorii 3 – 4 ani, fapt pentru care are nevoie – în vederea începerii lucrărilor de edificare – de un credit de minimum 10000 E și (eventual) de maximum 35000 E);**
- **deoarece oferta B/P se referă la o perioadă de creditare de 25 ani , dar prevede și posibilitatea rambursării anticipate, cu un comision de 2,5% din suma rambursată în avans** ,firma S/P și-a propus strategia de a o alege pe cea mai favorabilă ei din următoarele 3 cazuri posibile:

- ***Cazul 1⁰*** *rambursare totală după un an de la obținerea creditului ,plafon=12304 E,*
- ***Cazul2⁰*** *rambursarea totală după doi ani de la obținerea creditului ,plafon=23998 E;*
- ***Cazul3⁰*** *rambursarea de la termenul propus de bancă de 25 ani, plafon =34278 E(fără anticipare).*

Sunt posibile, astfel 9 variante(cate 3 pentru fiecare plafon. Pentru *un credit cu plafonul de 12304 E* strategiile jucătorului A devin:

1. **obținerea unui câștig C_{11}=1364,5 E pe un an (cu rambursare anticipată);**
2. **obținerea unui câștig C_{12}=2632,45 E pe doi ani (cu rambursare anticipată totală);**
3. **obținerea unui câștig C_{13}=18099 EUR pe 25 ani (fără rambursare anticipată).**

Conform teoriei jocurilor matriceale., funcția de retribuție pentru strategia 1.1) a jucătorului A (banca B/P) este: $C_1=[C_{11}, C_{12}, C_{13}]$=[1364,5; 2632,45; 18099] E.

Pentru o mai comodă comparare a variantelor, înlocuim câștigul *C* (adică costul creditului dat de dobânda percepută) cu ***„rata câștigului"*** *c* definită prin raportul dintre dobânda încasată (***D***) și valoarea nominală a creditului (***CN***) sau plafonul de credit: ***c=D/CN***,unde dobânda încasată (este formată din suma dobânzilor lunare ***DL*** prevăzută în normativele băncii, plus ***CAV*** - comisionul de 2,5% din suma rambursată anticipat.

Astfel, conform datelor problemei, se obțin următoarele valori ale funcției de retribuție:

$$c11=\frac{C1}{CN}+c_{av}\frac{CN}{100}=\frac{1}{12304}\bullet\sum_{i=1}^{12}DL_i+2.5\frac{12.100.29}{100}=0.113$$

$$c12=\frac{C2}{CN}+c_{av}\frac{CN}{100}=\frac{1}{12304}\bullet\sum_{i=1}^{24}DL_i+2.5\frac{11.947.36}{100}=0.214$$

$$c13=\frac{C3}{CN}=\frac{1}{12304}\bullet\sum_{i=1}^{300}DL_i=1.470$$

Aceasta înseamnă că ***funcția de retribuție raportată*** (ca „rată a câștigului") este, în cazul primei strategii, următoarea:

$C_{1j}=(0,113;\ 0,214;\ 1,470) \quad j=1, 2, 3;$ (7)

În mod similar, **la un credit cu plafonul de 23998 E** se obțin următoarele rezultate:

$C_2=[C_{21}, C_{22}, C_{23}]$=[2663,18; 5039,58; 35303] E ,

respectiv pentru funcția de retribuție raportată,

$C_{2j}=(0,111;\ 0,210;\ 1,1472) \quad j=1, 2, 3$ (8)

Pentru plafonul de creditare de ***34278 E, C_3*** **și** ***C_{3j}*** rezultă (prin același procedeu ca mai înainte):

$C_3=[C_{31}, C_{32}, C_{33}]$=[3415,48; 6803; 50425] E,

$C_{3j}=(0,099;\ 0,298;\ 0,198), \quad j=1, 2, 3$ (9)

<u>Strategiile jucătorului B</u> (solicitantul de credit) constau în minimizarea costului creditului (rezultat din dobânzi și comisioane). Ca urmare funcția de retribuție c'_{ij} pentru jucătorul B este egală și de sens contrar funcției de retribuție pentru jucătorul A, adică: $c'_{ij}=-c_{ij}$;

<u>Matricea plăților</u> $C=[c_{ij}]$ i, j=1, 2, 3, este, în cazul acestei aplicații, următoarea:

$$C=\begin{matrix}0,113 & 0,214 & 1,470\\ 0,111 & 0,210 & 1,472\\ 0,099 & 0,198 & 1,471\end{matrix}$$

considerată cu valorile raportate. (10)

Matricea de plăți(10) va conduce la alegerea variantei optime de creditare ,din punctul de vedere al jucătorului A, (B/P) .Prin aplicarea relației de „mini max" sau „max min" rezulta:***câștigul minim garantat al jucătorului A*** (banca) va fi:

- •dacă adoptă strategia 1) de mai înainte:

$$\min_{1\le j\le 3}\left(c_{1j}\right)=\min\left(0.113;0.214;1.470\right)=0.113 \text{ (adică } c_{11}\text{)},$$

- dacă adoptă strategia 2):

$$\min_{1\le j\le 3}\left(c_{2j}\right)=\min\left(0.111;0.210;1.472\right)=0.111 \text{ (adică } c_{21}\text{) și}$$

- dacă adoptă strategia 3):

$$\min_{1\le j\le 3}\left(c_{3j}\right) = \min\left(0.099; 0.198; 1.471\right) = 0.099 \text{ (adică } c_{31}\text{)}.$$

Strategia optimă pentru A va fi 1) cu c_{11}, deoarece ea corespunde maximizării câştigului garantat (şi cu cel mai mic risc de creditare) respectiv:

$$\max_{1\le i\le 3}\left[\min_{1\le i\le 3}\left(c_{ij}\right)\right] = \max\left(0.113; 0.111; 0.099\right) = 0.113 \text{, adică } c_{11}, \text{ cu } i_0=1$$

Pentru jucătorul B (solicitantul de credit), pierderea maximă garantată corespunde strategiei 1), tot cu varianta c'_{11}, deoarece:

$$\max_{1\le j\le 3}\left(c_{1j}\right) = \max\left(0.113; 0.111; 0.099\right) = 0.113 \Rightarrow c_{11},$$

$$\max_{1\le j\le 3}\left(c_{2j}\right) = \max\left(0.214; 0.210; 0.198\right) = 0.214 \Rightarrow c_{12},$$

$$\max_{1\le j\le 3}\left(c_{3j}\right) = \max\left(1.470; 1.472; 1.471\right) = 1.472 \Rightarrow c_{23},$$

Strategia optimă a lui B (clientul băncii) va fi cea care corespunde minimizării pierderii, adică:

$$\min_{1\le i\le 3}\left[\max_{1\le i\le 3}\left(c_{ij}\right)\right] = \min\left(0.113; 0.214; 1.472\right) = 0.113 \Rightarrow c'_{11}, \text{ cu } j=1.$$

Se observă că în acest caz concret, matricea C, dată de (10), prezintă un punct de echilibru, deoarece $|c'_{11}|\equiv|c_{11}|$şi $i_0\equiv j_0$ De aceea, aici B/P şi firma S/P au căzuta imediat de acord ca să se încheie un contract de creditare pe varianta cu: plafon de creditare 12304 E, pe o perioadă de un an, cu rambursarea anticipată totală la 28 februarie 2008 (dacă se va încheia contractul până la 1 noiembrie 2007).

3. Concluzii

Prin conţinutul sau şi modalităţile de rezolvare a problemei riscului lucrarea atrage atenţia asupra a două aspecte: 1) *existenţa unei oarecari similitudini între problema riscului tehnologic (tehnic) şi problema riscului bancar*, ambele vizând adoptarea unor decizii care sa se soldeze cu pierderi minime; 2) posibilitatea atragerii unor teorii clasice (teoria jocurilor, teoria grafurilor, teoria sistemelor etc.) pentru modelarea şi rezolvarea unitară a problemei riscului tehnic şi riscului acordării creditului bancar. Probabil că, în timp, se va închega o teorie unitară a riscului, încadrată în teoria generala a adoptării deciziilor sau în teoria generala a sistemelor. Cele două studii de caz, prezentate în lucrare, se bazează pe date reale şi au scopul să ilustreze şi să susţină punctele de vedere, exprimate în concluziile de mai sus prezentând, totodată, unele modalităţi noi de evaluare a riscului tehnic şi bancar.

Bibliografie

1. **BECIU, N.C.**: Integrating Banking Systems Into The Internet. Buletinul U.P.G, Seria ştiinţe economice, vol. LVIII, nr 3/2006.
2. **FILIP, F. G.**: Decizie asistată de calculator: decizii, decidenţi, metode de bază şi instrumente informatice asociate, Editura Tehnică, Bucureşti, 2005.
3. **HOFFMAN, C., R. PUGH, F. M. SAFIE**: Methods and Techniques for Risk Prediction of Space Shuttle Upgrades, AIAA, 1998.
4. **RĂDULESCU, M., C. Z. RĂDULESCU**: Un model de planificare a producţiei agricole care include riscuri legate de condiţii climaterice. Revista Română de Informatică şi Automatică, vol. 16, nr. 4, 2006, pp. 139-147.
5. **RĂDULESCU, M., C. Z. RĂDULESCU, S. RĂDULESCU:** Modele matematice pentru optimizarea investiţiilor financiare,Editura Academiei Române, 2006.
6. **SAFIE, F.,M., E.,P. FOX:** A Probabilistic Design Analysis Approach for Launch Systems. AIAA/SAE/ASME, 27th Joint Propulsion Conference, 1991.
7. **STAN, M.**: Metode avansate de proiectare a utilajului petrolier. Editura Universităţii de Petrol şi Gaze din Ploieşti, 2006.