

TEORIA JOCURILOR CA METODĂ UTILIZABILĂ ÎN STUDIUL CERCETĂRII-DEZVOLTĂRII

GAME THEORY AS A METHOD USED IN THE STUDY OF RESEARCH AND DEVELOPMENT

Monika MOGA, Gavrilă CALEFARIU

Transilvania University of Brasov, Romania

Rezumat. Cercetarea și dezvoltarea sunt factori esențiali în supraviețuirea unei întreprinderi. Într-o industrie care se schimbă rapid, companiile trebuie să revizuiască continuu proiectele și gama de produse.

Această lucrare prezintă unele posibilități de aplicare a teoriei jocurilor ca metodă utilizabilă în studiul cercetării și dezvoltării.

Contextul general al aplicării metodei este cel schimbărilor rapide de tehnologie, de dezvoltare continuă, precum și de a face față concurenței și de a răspunde preferințelor în schimbare ale clienților.

Aplicarea metodei este exemplificată printr-o aplicație numerică concretă.

Cuvinte cheie: cercetare-dezvoltare, teoria jocurilor, dezvoltare durabilă

1. Introducere

Cercetarea-dezvoltarea reprezintă un factor intensiv care poate conduce la salturi spectaculoase în avuția națională și în ierarhizarea națiunilor [1].

În secolul XXI, când cunoașterea este o resursă strategică cu multe implicații, guvernele solicită restructurarea sistemelor de cercetare și învățământ superior pentru a deveni factori eficienți ai creșterii și progresului economic.

Instituțiile de învățământ superior și de cercetare au acționat mereu într-un mediu competitiv, dar noua economie globalizată a creat un mediu mult mai agresiv datorită regulilor și provocărilor noi. Acest nou mediu are un impact major asupra profilului academic al instituțiilor de învățământ superior și al celor de cercetare.

Luând aceste aspecte în considerare, este esențială recunoașterea importanței existenței unor metode și modele utilizabile în studiul cercetării-dezvoltării.

2. Procesul cercetării științifice

Creând cunoaștere, cercetarea științifică pornește de la cunoscut spre necunoscut [2].

În funcție de acest scop și de natura activității se disting, în mod obișnuit, trei forme de cercetare: cercetare fundamentală, cercetare aplicativă și dezvoltare tehnologică.

Scopul unui experiment este de a furniza anumite date spre interpretare, în vederea confirmării, infirmării sau precizării unor ipoteze.

Abstract. Research and development are crucial factors in the survival of an enterprise. In an industry that is changing fast, companies must continually revise their projects and range of products.

This paper presents some possibilities of using game theory as a method used in the study of research and development.

The general context of the application of the method is the rapid change of technology, continuous development, and to compete and respond to changing customer preferences.

The method is exemplified by a specific numerical application.

Key words: research and development, game theory, sustainable development

1. Introduction

Research and development, is a factor that can lead to intense leaps in national wealth and nations ranking [1].

In the XXI century, when knowledge is a strategic resource with many implications, governments ask restructuring research and higher education systems to become effective factors of growth and economic progress.

Higher education and research institutions have always acted in a competitive environment, but the new globalized economy has created a much more aggressive environment thanks to the new rules and challenges. This new environment has a major impact on the academic profile of institutions of higher education and research.

Considering these issues, it is essential to recognize the importance of the existence of methods and models used in the study of research and development.

2. The process of scientific research

Creating news, scientific research starts from the known to the unknown, [2].

According to this purpose and the nature of the activity, usually there are distinguished three mayor forms of research: basic research, applied research and technological development.

The purpose of an experiment is to provide some data for interpretation, in order to confirm, refute or clarify the assumptions.

Pentru a-și îndeplini scopul, experimentul se desfășoară într-o înlanțuire de acțiuni bine determinate, așa cum se arată în figura 1 [2].

To achieve the purpose of the research, the experiment is carried out in a well-defined chain of actions, as shown in figure 1 [2].

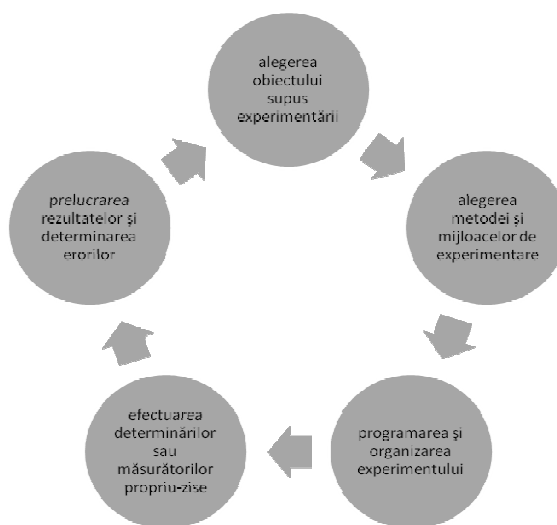


Figura 1. Procesul unei experiment
Figure 1. Process of experiment

3. Modele utilizabile în studiul cercetării-dezvoltării

Prin model se definește funcția de răspuns $y = f(x_1, x_2, \dots, x_k)$, care leagă intrările de ieșirea sistemului cibernetic reprezentat de problema de optimizare. Deci, dacă intrările sunt factorii și ieșirea este parametrul de optimizare, modelul este o reprezentare matematică a însuși obiectului cercetării [2].

Alegerea unui model înseamnă selecția formei funcției de răspuns și scrierea ecuației sale.

În procesul de cercetare indicatorii statistici îndeplinesc un rol important în identificarea funcției de răspuns.

Statistica face parte din cadrul disciplinelor care studiază fenomenele într-o viziune sistemică, la nivel micro, mezo- și macro-economic [3].

Indicatorii statistici reprezintă expresia numerică a unei determinări calitative obiective obținută în urma efectuării unei cercetări statistice, care este raportată la condiții specifice de timp, spațiu și organizatorice. Acești indicatori statistici se regăsesc în statistica oficială și în publicațiile de specialitate.

Indicatorii statistici pot fi obținuți prin măsurare și estimare.

Indicatorii statistici sunt extrem de numeroși, ei se pot folosi în mod izolat sau sub formă de sistem de indicatori.

În procesul de cercetare ei îndeplinesc mai multe funcții: funcția de măsurare, de analiză, de

3. Models used in the study of research and development

The model defines the response function $y = f(x_1, x_2, \dots, x_k)$, linking the entries with the output of the cybernetic system represented by the optimization problem. So if the inputs are factors and the output is the optimization parameter, the model is a mathematical representation of the object of research itself [2].

Choosing a model means selecting the response function's form and write it's equation.

In the process of research the statistical indicators play an important role in identifying the response function.

Statistics is part of discipline that studies the phenomena in a systemic vision, at micro, meso- and macro- level [3].

Statistical indicators are numerical expression of objective quality measurements obtained by performing a statistical survey related to specific conditions of time, space and organization. These statistical indicators can be found in official statistics and specialized publications.

Statistical indicators can be obtained by measurement and estimation.

Statistical indicators are extremely numerous; they can be used in isolation or as a system of indicators.

In a research they fulfill several functions:

estimare, de comparare, de sinteză.

Există un număr mare de aspecte care trebuie avute în vedere în legătură cu elaborarea și folosirea indicatorilor statistici. Este necesar de a se stabili de fiecare dată cantitatea de informație optimă, precum și condițiile și limitele în care pot fi utilizați, indicatorii statistici în raport cu conținutul fenomenelor, al surselor de informație de care se dispune și scopul cercetării.

Cercetarea operațională este una dintre ramurile relativ noi ale matematicii aplicate, care, de asemenea, este utilizabilă în studiul cercetării-dezvoltării. Apărută la sfârșitul primei jumătăți a secolului XX, ea se ocupă de problema găsirii unor soluții optime pentru fenomene din cele mai diverse domenii ale naturii și societății.

Utilizarea metodelor cercetării operaționale în tehnică și economie a condus la rezultate remarcabile. În prezent nu se poate concepe conducerea eficientă a unei activități tehnico-economice importante, deci nici activitatea de cercetare-dezvoltare, fără a face apel la metodele cercetării operaționale.

În studiul oricărui proces, indiferent de domeniul căreia îi aparține, se deosebesc patru etape fundamentale [4]:

- analiza procesului, căutarea și descrierea mijloacelor de acțiune care ar putea duce la atingerea scopului acestuia;
- construirea unui model matematic al procesului, care să dea o descriere matematică a scopului;
- estimarea și compararea eficacității diverselor strategii pe baza modelului construit;
- studierea strategiilor optime și a metodelor matematice cu ajutorul cărora pot fi obținute.

Cercetarea operațională studiază fenomenele prin intermediul modelelor matematice, modele care concentrează esențialul și care pot fi prelucrate cu ajutorul calculatoarelor. Pe lângă o mare varietate de modele matematice, cercetarea operațională cuprinde și o mare varietate de procedee matematice de rezolvare a acestora.

Cercetarea operațională cuprinde numeroase capitole, dintre care face parte și teoria jocurilor.

Teoria jocurilor oferă o posibilitate de analiză a impactului deciziilor celorlalți asupra propriilor decizii și rezultatele aferente.

4. Utilizarea teoriei jocurilor

Aflându-se la confluența a trei constituenți: sustenabilitatea de mediu, cea economică și sustenabilitatea socio-politică, dezvoltarea durabilă implică existența unui echilibru între aceștia [5]. De

function of measurement, analysis, estimation, comparison, synthesis.

There are many issues to be considered in relation to the development and use of statistical indicators. It is necessary to establish, each time, the amount of optimal information and the conditions and limitations under which statistical indicators can be used in relation to the contents phenomena of the sources of information and research purposes.

Operational research is one of the relatively new branches of applied mathematics, which is also used in research and development study. Appeared at the end of the first half of XX century, deals with the problem of finding optimal solutions for phenomena in various fields of nature and society.

The use of operational research methods in engineering and economics led to remarkable results. Currently you can not do effective management of an important technical-economic activity, so nor the activity of research and development, without using methods of operational research.

In studying any process, no matter to which field it belongs, it is distinguished four basic steps [4]:

- analysis of the process, search and description of the means of action that could lead to the aims of it;
- building a mathematical model of the process, to give a mathematical description of purpose;
- estimating and comparing the effectiveness of different strategies based on the model built;
- to study the optimal strategies and mathematical methods by which they may be obtained.

Operational research study phenomena through mathematical models that concentrate the essence and can be processed using computers. In addition to the wide variety of mathematical models, operational research encompasses as well a wide variety of mathematical methods to solve them.

Operational research includes many chapters, of which includes game theory.

Game theory provides an opportunity to analyze the impact of others decisions on their decisions and related results.

4. The use of game theory

Located at the confluence of three constituents: environmental sustainability, economic and socio-political sustainability, sustainable development involves a balance between them [5]. Hence, it

aici rezultă că starea de echilibru pe care o implică dezvoltarea durabilă poate fi descrisă în termenii teoriei jocurilor.

Un joc este un concurs care implică participarea a minimum doi participanți, numiți jucători, fiecare dintre ei dorind să câștige.

Teoria jocurilor arată cum să se facă alegerea de strategii optime în cazul unei dispute, care pentru rezolvare necesită luarea unor decizii ce privesc toți participanții.

La început, se părea că, prin particularizare, totul putea fi analizat științific cu ajutorul acestei teorii: de la comportamentul în trafic până la decizii de producție și de la războiul prețurilor la decizia de a avea copii. Ulterior problematica a fost nuanțată.

Teoria jocurilor utilizează trei ipoteze fundamentale, care sunt prezentate în figura 2.

follows that the steady state implied by sustainable development can be described in terms of game theory.

A game is a competition involving minimum two participants, called players, each wanting to win.

Game theory shows how to make the choice of optimal strategy for an argument that for the resolution calls for decisions concerning all participants.

At first, it seemed that by customizing everything can be scientifically analyzed using this theory: from behavior to traffic and production decisions from price wars to the decision to have children. Subsequently the issue was nuanced.

Game theory uses three fundamental assumptions, which are presented in figure 2.

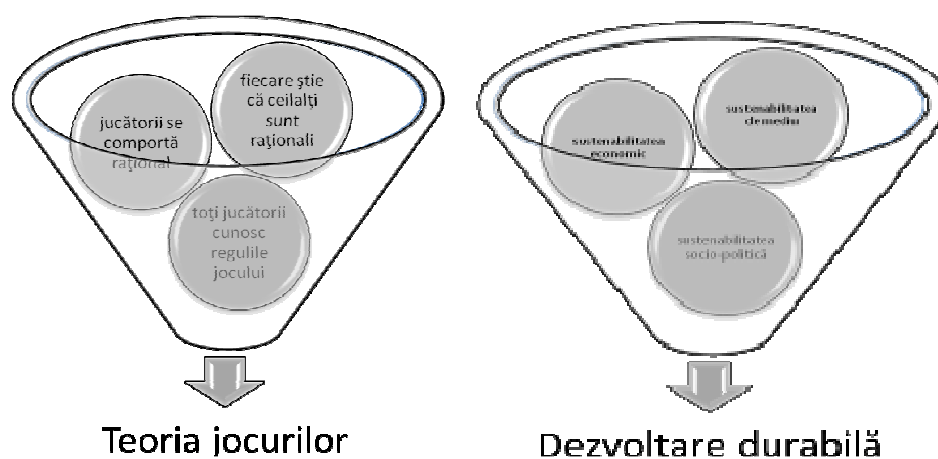


Figura 2. Teoria jocurilor aplicat în studiul cercetării-dezvoltării
Figure 2. Game theory applied in the study of research and development

Existența acestor ipoteze fundamentale sugerează ideea abordării dezvoltării durabile prin teoria jocurilor. Atingerea unui anumit nivel de dezvoltare durabilă indică un comportament social rațional din partea tuturor factorilor de decizie, precum și un schimb de informație, adică un comportament reactiv din partea tuturor "jucătorilor".

Echilibrul Nash este o soluție concept, sau o regulă formală care permite predicția modului de desfășurare a jocului și descrie strategiile care vor fi adoptate de jucători, adică, rezultatul jocului.

Dacă n este numărul de jucători, mulțimea strategiilor jocului va fi dată de formula:

$$S = S_1 \times S_2 \times \dots \times S_n . \quad (1)$$

Se poate considera că natura (hazardul) este jucătorul $n + 1$, în funcție de situația concretă.

Funcția de câștig a jocului, prin definiție, va fi funcția $u = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ formată din funcțiile de

The existence of these fundamental assumptions suggests the idea of approaching sustainable development through game theory. To achieve a certain level of sustainable development indicates a rational social behavior, from all stakeholders and exchange of information, all in all a reactive behavior of all "players".

Nash equilibrium is a solution concept, or a formal rule, that allows predicting the conduct of the game and describe strategies to be adopted by the players and therefore the result of the game.

If n is the number of players, the set of strategies of the game will be given by:

It can be considered that the nature (chance) is player $n + 1$, depending on the situation.

The gain function of the game, by definition, will be the function $u = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ consisting of

câștig ale fiecărui jucător.

Notând funcția de câștig a fiecărui jucător u_i și funcțiile de câștig ale celorlalți jucători u_{-i} , funcția de câștig a jocului va fi:

$$u : S \rightarrow R, u = (u_i, u_{-i}). \quad (2)$$

Strategia care maximizează câștigul jucătorului i , indiferent de strategiile alese de ceilalți jucători, este numită strategie optimală.

Mulțimea de strategii:

$$(S_1^*, S_2^*, \dots, S_n^*) \quad (3)$$

care respectă condiția:

$$u_1(s_1^*, s_2^*, \dots, s_i^*, \dots, s_n^*) \geq u_i(s_1^*, s_2^*, \dots, s_i^*, \dots, s_n^*), \quad i = 1, n \quad (4)$$

formează Echilibrul Nash.

5. Studiu de caz

Jocul are trei jucători: firma cu activitatea de cercetare-dezvoltare (CD), investitorii (I) și angajații potențiali (L). Desfășurarea evenimentelor poate lua următoarea formă: firma cu activitatea de cercetare-dezvoltare alege, la nivelul rădăcinii arborelui logic, între două strategii: de a avea activitate de cercetare-dezvoltare (B) sau de a nu avea activitate de cercetare-dezvoltare (NB). Al doilea set de informații (notat cu i) prezintă două noduri (n_1 și n_2) și corespunde activității. Repartizând probabilitatea x nodului n_1 și probabilitatea $1 - x$ nodului n_2 , nodul n_1 succede strategiei B, iar nodul n_2 strategiei NB. Aceasta înseamnă ca investitorii sunt convinși, cu o probabilitate x , ca firma a decis să aibă o activitate de cercetare-dezvoltare. Investitorii au de ales între două strategii: să investească pe termen lung (LI), cu probabilitatea y , sau să investească pe termen scurt (SI), cu probabilitatea $1 - y$.

Cel de-al treilea jucător reprezintă angajații potențiali, care au la dispoziție două seturi de informații, l_1 și l_2 . Ambele seturi prezintă câte două noduri: l_{11} și l_{12} pentru primul set, respectiv l_{21} și l_{22} pentru cel de-al doilea. Decizia LI este precedată de nodurile l_{11} și l_{21} , pe când SI este urmată de nodurile l_{12} și l_{22} .

Angajații potențiali au două strategii pe care le pot aplica, și anume: să lucreze cu normă întreagă în activitatea de cercetare-dezvoltare (FI), cu probabilitatea z , sau parțial (PI), cu probabilitatea $1 - z$.

Schema acestui tip de joc este cea din figura 3.

În acest joc, CD decide prima mișcare, alegând între B și NB. Următoarea mișcare aparține lui I, care nu cunoaște opțiunea lui CD, fiind prezentat în figură prin cercurile verzi ce cuprind nodurile. Beneficiul jucătorilor este cuantificat prin vectorii (α, i, l) .

gain functions of each player.

Noting the gain function of each player u_i and the gain function of the other players u_{-i} , the gain function of the game will be:

$$u : S \rightarrow R, u = (u_i, u_{-i}). \quad (2)$$

The strategy that maximizes the gain of player i , regardless of the strategies chosen by other players, is called optimal strategy.

The multitude of strategies:

$$(S_1^*, S_2^*, \dots, S_n^*) \quad (3)$$

fulfilling the condition:

$$u_1(s_1^*, s_2^*, \dots, s_i^*, \dots, s_n^*) \geq u_i(s_1^*, s_2^*, \dots, s_i^*, \dots, s_n^*), \quad i = 1, n \quad (4)$$

forms a Nash equilibrium.

5. Case study

The game has three players, the company with research and development (C&D), investors (I) and local people (L). The events may take the following form: the company with research and development chooses, at the root of the logical tree, between two strategies, to have research and development (B) or not have research and development (NB). The second set of data (denoted by i) presents the two nodes (n_1 and n_2) and corresponds to the activity. Assign probability x node n_1 and node n_2 probability $1 - x$, node n_1 succeeds strategy B and node n_2 strategy NB. This means that the investors are convinced, with probability x , about the company's decision to have research and development. Investors have to choose between two strategies: long-term investing (LI), with y probability or invest short term (SI), with $1 - y$ probability.

The third player represents the potential employees, which have two sets of information, l_1 and l_2 . Both sets have two components: l_{11} and l_{12} for the first set, l_{21} and l_{22} respectively for the second. Decision LI is preceded by nodes l_{11} and l_{21} , while SI is followed by nodes l_{12} and l_{22} .

The potential employees have two strategies that can be applied, namely to work full time in research and development (FI), with probability z or partially (PI), with probability $1 - z$.

The scheme of this type of game is the one in figure 3.

In this game, CD decides the first move, choosing between B and NB. The next move belongs to I, who doesn't know CD's option, as shown in the figure by the green circles that includes nodes. Players benefit is quantified by the vectors (α, i, l) .

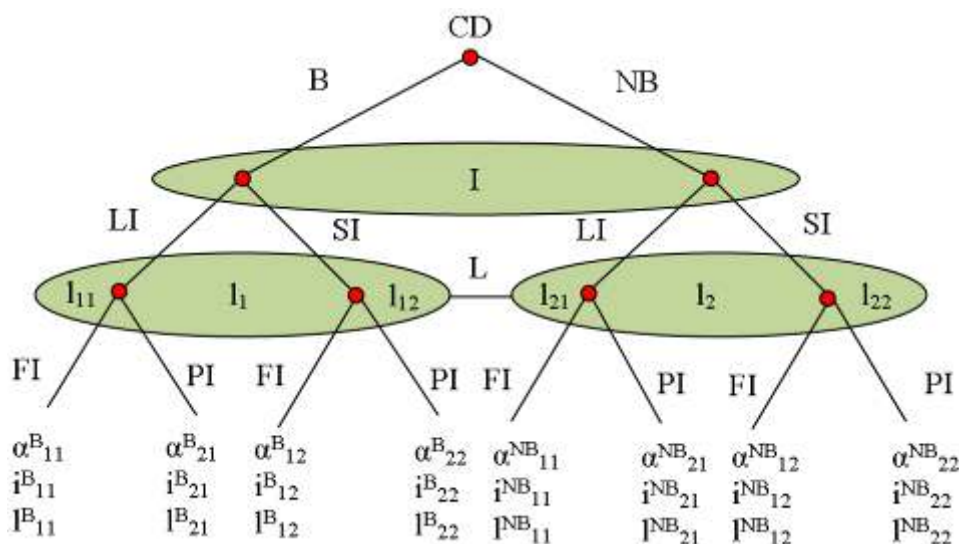


Figura 3. Schema studiului de caz
Figure 3. The scheme of the case study

Se presupune că $V = (V_1, V_2, V_3, V_4)$, unde V_1 este alegerea lui CD și $V_1 \in \{B, NB\}$, V_2 este alegerea lui I și $V_2 \in \{LI, SI\}$, V_3 este alegerea lui L și $V_3 \in \{FI, PI\}$, iar V_4 este probabilitatea strategiei în general, $\sum_{i=1}^4 V_i = 1$.

Dacă $x = 1$ și $1 - x = 0$, $y = 0,3$ și $1 - y = 0,7$, $z = 0.2$ și $1 - z = 0,8$, vor exista următorii vectori:

- $(B, LI, FI, x \times y \times z), \rightarrow (B, LI, FI, (1 \times 0.3 \times 0.2 = 0.06));$
- $(B, LI, PI, x \times y \times (1 - z)), \rightarrow (B, LI, PI, (1 \times 0.3 \times 0.8 = 0.24));$
- $(B, SI, FI, x \times (1 - y) \times z), \rightarrow (B, SI, FI, (1 \times 0.7 \times 0.2 = 0.14));$
- $(B, SI, PI, x \times (1 - y) \times (1 - z)), \rightarrow (B, SI, PI, (1 \times 0.7 \times 0.8 = 0.56));$**
- $(NB, LI, FI, (1 - x) \times y \times z), \rightarrow (NB, LI, FI, (0 \times 0.3 \times 0.2 = 0));$
- $(NB, LI, PI, (1 - x) \times y \times (1 - z)), \rightarrow (NB, LI, PI, (0 \times 0.3 \times 0.8 = 0));$
- $(NB, SI, FI, (1 - x) \times (1 - y) \times z), \rightarrow (NB, SI, FI, (0 \times 0.7 \times 1 = 0));$
- $(NB, SI, PI, (1 - x) \times (1 - y) \times (1 - z)), \rightarrow (NB, SI, PI, (0 \times 0.7 \times 0.8 = 0));$

Strategia optimă este reprezentată de vectorul $(B, SI, PI, x \times (1 - y) \times (1 - z))$.

6. Concluzii

În baza celor prezentate în lucrare, se poate afirma că printre metodele și modele utilizabile în studiul cercetării-dezvoltării se află și teoria jocurilor.

Starea de echilibru pe care o implică dezvoltarea durabilă poate fi descrisă în termenii acestei teorii.

Cele trei ipoteze fundamentale ale teoriei jocurilor pot fi înlocuite cu cei trei constituenți: sustenabilitatea de mediu, cea economică și sustenabilitatea socio-politică, formând astfel un echilibru în dezvoltarea durabilă.

It is assumed that $V = (V_1, V_2, V_3, V_4)$, where V_1 represents CD's choice and $V_1 \in \{B, NB\}$, V_2 is I's choice and $V_2 \in \{LI, SI\}$, V_3 is L's choice and $V_3 \in \{FI, PI\}$, and V_4 is the probability of the general strategy, $\sum_{i=1}^4 V_i = 1$.

If $x = 1$ and $1 - x = 0$, $y = 1$ and $1 - y = 0.7$, $z = 1$ and $1 - z = 0.8$, there will be the following vectors:

The optimal strategy is represented by the vector $(B, SI, PI, x \times (1 - y) \times (1 - z))$.

6. Conclusions

Based on the presented in the paper, it can be said that among the methods and models used in the study of research and development is the game theory as well.

Steady state that sustainable development implies can be described in terms of this theory.

Three constituents can replace the three basic assumptions of game theory: environmental sustainability, economic and socio-political sustainability, forming a sustainable equilibrium.

Utilizând modelul teoriei jocurilor, este construită și rezolvată o aplicație utilizabilă în modelarea comportamentului principalilor actori ai procesului de cercetare-dezvoltare: firma (managementul acesteia), investitorii și angajații potențiali.

Using game theory model is constructed and solved an application used to model the behavior of the main actors in the research and development process: the firm (its management), the investors, and the potential employees.

References

1. Liviu, M. (1994) *Management general și industrial (General and industrial management)*. Editura Universitatea Tehnică Tg-Mureș, Târgu-Mureș, Romania, p. 56-59 (in Romanian)
2. Florea, C. (1983) *Ce cercetăm, cum cercetăm (What and how to research)*. Editura Științifică și Enciclopedică, București, Romania, p. 9-24 (in Romanian)
3. Petcu, N. (2005) *Statistica în turism 2005. Teorie și aplicații (Statistics on tourism 2005. Theory ad applications)*. Editura Albastră, ISBN 973-650-157-4, Cluj-Napoca, Romania, p. 11-14 (in Romanian)
4. Breckner, W. (1981) *Cercetare operațională. (Operational research)*. Universitatea Babeș-Bolyai Cluj-Napoca, Cluj-Napoca, Romania, p. 4-5 (in Romanian)
5. Grigoraș, M. (2010) *Managementul proiectelor și politici de absorbție a fondurilor pentru cercetare științifică (Project Management and absorption policies for scientific research)*. Ph.D. thesis, Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară Cluj Napoca, Cluj-Napoca, Romania, p. 367 (in Romanian)

Lucrare primită în noiembrie 2012

Received in November 2012