

A NEW APPROACH REGARDING INVESTMENT DECISION IN MANUFACTURING SYSTEMS

NOI ASPECTE PRIVIND DECIZIA DE INVESTIȚIE ÎN SISTEMELE DE FABRICAȚIE

Traian BUDA, Emilia CALEFARIU, Cătălin GHEORGHE, Gavrilă CALEFARIU

Transilvania University of Braşov, Romania

Abstract. This paper aims to conduct a brief presentation, but based on examples of two different methods of selecting the technological equipment and to provide a completion to the method of selection based on technology influenced costs. The completion refers to the fact, that the input parameter is not a fixed level of production, but its variation interval. Based on this expansion, the method becomes more realistic, since it is able to respond to what happens when volume production oscillates. A last point is represented by several different assessments on different cost variation in different, but equal, intervals.

Key words: investment, demand, capacity, costs, integration, variable

1. Introduction

There are moments in the life of any company where managers are in the position to make a decision that is consistent with the policy and objectives. Moving through the history from a period to another, the concepts of business approach is radically changed from policy oriented solely to maximize profit by minimization of production costs, to broader policies, aimed on increasing shareholders wealth by providing better services to customers, as supply and distribution efficiency through supply chain management, new approaches on the concept of quality.

These „upgrades” in managers thinking have an impact on decisions, new factors in considering opportunities intervene, the actual operating costs no longer being necessarily a priority. In the present context, for example, the Bullwhip effect that occurs in a supply chain is well known and which shows that a small change in demand downstream results in a much greater change upstream. It results that a production system must be prepared to be competitive, not only in terms of costs but also to absorb these demand shocks, without being „seriously” affected. Considering well known and real the fact that variations large enough in operating costs of the equipment (due to changes in demand that disturb the unit cost of a product) causes disturbances in the entire national economic system of the society and the in the planning done, intervenes the following question: is it preferable a system that is more rigid to the changes in demand,

Rezumat. Lucrarea de față își propune să realizeze o prezentare succintă, dar bazată pe exemple, a două metode diferite de alegere a utilajelor tehnologice și să aducă o completare la metoda de alegere pe baza costurilor influențate de tehnologie. Completarea se referă la faptul că parametrul de intrare nu este nivelul fix al producției, ci un interval de variație al acesteia. Pe baza acestei extinderi metoda devine mai apropiată de realitate, întrucât este capabilă să ofere un răspuns la ceea ce se întâmplă când producția variază. Un ultim punct este reprezentat de câteva aprecieri privind variația diferită a costului pe intervale diferite, dar egale.

Cuvinte cheie: investiție, cerință, capacitate, costuri, integrare, variabile

1. Introducere

Există momente în viața oricărei societăți comerciale în care conducătorii acesteia se află în postura de a lua o decizie, care să fie în concordanță cu politica și obiectivele. Trecând prin istorie de la o perioadă la alta, conceptele de abordare ale afacerilor se schimbă radical, de la politici exclusiv orientate către maximizarea profitului prin minimizarea costurilor de producție la politici mai cuprinzătoare care urmăresc sporirea averii acționarilor prin asigurarea unui serviciu cât mai bun către clienți, eficientizarea aprovizionării și distribuției prin supply chain management, abordări noi privind conceptul de calitate.

Aceste „modernizări” în gândirea managerilor se răsfrâng asupra deciziilor, intervenind noi factori în considerarea oportunităților, costul efectiv de exploatare nemaifiind neapărat prioritar. În contextul actual, de exemplu, este binecunoscut efectul Bullwhip care apare într-un supply chain și care evidențiază că o variație mică a cererii în aval determină o variație mult mai mare în amonte. De aici rezultă că un sistem de producție trebuie să fie pregătit nu doar să fie competitiv din punct de vedere costuri ci și să absoarbă aceste șocuri ale cererii, fără să fie „grav” afectat. Considerându-se cunoscut și adevărat faptul că variațiile suficient de mari ale costurilor de exploatare ale utilajelor (datorate variațiilor cererii care perturbă costul unitar al unui produs) provoacă perturbații în întregul sistem economic intern al societății, precum și în planificarea realizată, intervine următoarea întrebare: este de preferat un sistem care să fie mai

or a more flexible, by which to transmit shocks? Here's a question that is pseudo-independent to the idea of cost.

The question has its maximum utility especially when technology requires investment in new equipment. So, beyond the operating costs of the new system of technological equipment, it has to be taken into account also their ability to be rigid to the fluctuations in demand. Approaching the issue by the above mentioned hypothesis, suggests that the assessment system can not be done discretely, at a fixed level of production, but continually, on range of variation in the level of production, variation determined obviously by the demand.

2. Methods of choice for technological equipment

2.1. Approach in terms of managerial accountancy

This method will be analyzed briefly, based on an example. Context decision is: a lamp producing company wants to develop its activity, by assimilating in its production, two new models of lamps, David and Goliath. The new models will be manufactured on a new production line. This will produce only the two new products. One of the decisions involved in the proposed development of the company is to choose the manufacturing line. In the appendix the initial data for the two alternatives and calculations conducting to the final results summarized in the tables from the appendix, are presented in Table 1.

rigid la variațiile cererii ori unul mai flexibil, prin care să se transmită șocurile? Iată o întrebare care este pseudoinddependentă de ideea de cost.

Întrebarea își are utilitate maximă mai ales când se impune investiția în noi utilaje tehnologice. Deci, pe lângă costurile de exploatare ale noului sistem de utilaje tehnologice, trebuie luată în considerare și capacitatea acestora de a fi rigide la fluctuațiile cererii. Abordarea problemei prin ipoteza anterior menționată sugerează că evaluarea unui sistem nu poate fi realizată discret, la un nivel fix al producției, ci continuu, pe un interval de variație a nivelului producției, variație determinată evident de cerere.

2. Metode de alegere a utilajelor tehnologice

2.1. Abordare prin prisma contabilității manageriale

Această metodă va fi analizată pe scurt, pe baza unui exemplu. Contextul deciziei este următorul: o firmă producătoare de lămpi își dorește dezvoltarea activității prin asimilarea în producție a două noi modele de lămpi, David și Goliath. Modelele cele noi vor fi fabricate pe o linie de fabricație nouă. Aceasta va fabrica doar cele două produse. Una din deciziile care intervin în dezvoltarea propusă de societatea comercială este alegerea liniei de fabricație. În anexă sunt prezentate datele inițiale pentru cele două alternative, cât și calculele care conduc la rezultatele finale centralizate în tabelul 1.

Table 1. Net present value
Tabelul 1. Valoarea actualizată netă

| Alternative I | | | | | |
|-------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Year | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Carrying costs DKK/year | | 2,236,704 | 2,236,704 | 2,236,704 | 2,236,704 |
| Wages DKK/year | | 6,851,250 | 6,851,250 | 6,851,250 | 6,851,250 |
| Machinery DKK | 14,930,000 | | | | 2,880,000 |
| Net cash flow DKK | 14,930,000 | 9,087,954 | 9,087,954 | 9,087,954 | 6,207,954 |
| NPV | 39,229,263 | | | | |

| Alternative II | | | | | |
|-------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Year | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Carrying costs DKK/year | | 1,847,412 | 1,847,412 | 1,847,412 | 1,847,412 |
| Wages DKK/year | | 6,717,375 | 6,717,375 | 6,717,375 | 6,717,375 |
| Machinery DKK | 17,500,000 | | | | 3,140,000 |
| Net cash flow DKK | 17,500,000 | 8,564,787 | 8,564,787 | 8,564,787 | 5,424,787 |
| NPV | 40,156,976 | | | | |

Once implementing costs of the two alternatives, as well as the yearly operating costs being obtained, a single step remains in obtaining the optimal alternative, namely to include in the decision the time effect on the money. So, for the

O dată obținute costurile de implementare ale celor două alternative, cât și a cheltuielilor de exploatare anuală, mai rămâne un singur pas în determinarea alternativei optime și anume înglobarea în decizie a efectului timpului asupra

decision, NPV (net present value) is used [1].

By comparing the NPV indicators for the two alternatives, the selection of the first variant is recommended.

Method characterization. As it can be seen from the calculations made, the method is based, almost exclusively on the expression of fixed costs resulted from the use of production equipment. These include: implementing costs of the technological equipment, and the cost resulted from maintaining, during a year, the stocks of semi-finished products, of final products and those of raw materials (the level of these stocks is considered to be caused by „good” load of the equipment). The only category of variable cost is those related to the wages of the equipment operating workers.

This method has a static character, not showing what happens to the variation of production, furthermore, it doesn't approach the issue of production capacity of all machines. Neither maintaining, nor repairing costs of the technological equipment is not included, this information being attached to the maintenance department. The target of this method is to obtain the most cost-effective variant in terms of financial indicators.

A supplement to this variant is represented by the selection of technological equipment by using the method of costs influenced by technology and endowment [5].

2.2. Influenced costs method

This method consists in calculating the manufacturing costs, at equipment level, taking into account the investment, maintenance, operating value and the production volume. Through the analysis of several variables used, which meet the technical requirements, will be able to select the one that leads to minimum costs, at a certain level of production [2].

Mathematic model of influenced costs

Total influenced cost (1):

$$C_{inf_t} = C_{f_t} + C_{v_t}, \quad (1)$$

C_{f_t} – total fixed costs [MU/year] (2)

C_{v_t} – total variable costs [MU/year] (3)

The two components of total cost are:

$$C_{f_t} = C_A + C_R = Iv/100 \times (A+R), \quad (2)$$

C_A – annual depreciation costs [MU/year];

C_R – annual equipment maintenance cost, if not used [MU/year]

Iv – acquisition value of the equipment;

A – annual standard rate of depreciation [%];

R – annual rate of repair or scheduled maintenance;

banilor. Pentru decizie se folosește indicatorul VAN (valoarea actualizată netă) [1].

Comparând indicatorii VAN pentru cele două alternative se recomandă alegerea primei variante.

Caracterizarea metodei. După cum se poate vedea din calculele realizate, metoda se bazează aproape exclusiv pe exprimarea costurilor fixe generate de utilizarea unui echipament de producție. Acestea conțin: costul de implementare a utilajelor tehnologice cât și costul generat de menținerea stocurilor, pe durata unui an, de semifabricate, a produselor finite și a celor de materie primă (nivelul acestor stocuri este considerat a fi cauzat de o încărcare „bună” a utilajelor). Singura categorie de cost variabil este cea legată de salariile muncitorilor care deserveșc utilajele.

Metoda are un caracter static, neilustrând ce se întâmplă la variația producției, mai mult, ea nu abordează problema de capacitatea de producție a ansamblului de utilaje. Nu sunt incluse nici cheltuielile de întreținere și reparație a utilajelor tehnologice, acestea fiind atașate departamentului de mentenanță. Ținta metodei este de a se obține o variantă cât mai rentabilă din punct de vedere al indicatorilor financiari.

Un complement la această variantă de analiză este alegerea utilajelor tehnologice utilizând metoda costurilor influențate de tehnologie și dotare [5].

2.2. Metoda costurilor influențate

Metoda constă în calculul costurilor de fabricație la nivel de utilaj, ținând seama de valoarea investiției, întreținerii, exploatării și volumului de producție. Prin analiza mai multor variante utilizabile, care îndeplinesc cerințele tehnice, se va putea alege cea care, la un anumit nivel al producției, conduce la costuri minime [2].

Modelul matematic al costurilor influențate.

Costul total influențat (1):

C_{f_t} – costuri fixe totale [UM/an] (2)

C_{v_t} – costuri variabile totale [UM/an] (3)

Cele două componente ale costului total sunt:

C_A – costuri anuale cu amortizarea [UM/an];

C_R – cost anual al întreținerii utilajului, dacă nu este folosit [UM/an];

Iv – valoarea de achiziție a utilajului;

A – cota anuală de amortizare din normativ [%];

R – cota medie anuală a reparației sau întreținerii planificate;

$$Cv_t = Q \times Cv_{up} = Q \times Cv_{ut} \times Tc / n_{pc}, \tag{3}$$

Q – production volume;
 n_{pc} – no. of finished parts in a work cycle;
 Tc – period of work cycle;
 t_{op} – operational time;
 Cv_{ut} – operating variable cost per time unit;
 Cv_{up} – operating variable cost per product unit.

Q – volumul producției;
 n_{pc} – nr. piese finalizate într-un ciclu de lucru;
 Tc – perioada ciclului de lucru;
 t_{op} – timp operațional;
 Cv_{ut} – cost variabil de funcționare pe unitatea de timp;
 Cv_{up} – cost variabil de funcționare pe unitatea de produs.

It appears that this method complements the previous one, by the fact that it takes into account the capacity of a production system, the repair costs directly attached to the technological equipment. At the same time, it doesn't take into account the cost of maintaining stocks caused by the system's operation [4].

Se constată că această metodă este complementară celei anterioare prin faptul că ține cont de capacitatea unui sistem de producție, de costuri de reparație care sunt atașate în mod direct utilajului tehnologic. În același timp nu se ține cont de costul menținerii stocurilor cauzate de funcționarea sistemului [4].

Example. Are considered two technological equipment characterized by the costs from Table 2.

Exemplu. Se consideră două utilaje tehnologice caracterizate de costurile din Tabelul 2.

Table 1. Influenced cost method
 Tabelul 1. Metoda costurilor influențate

| COST | Line 1 | Line 2 |
|--------------|---------|---------|
| Cf | 86666.7 | 98333.3 |
| Cv | 160 | 120 |
| q (capacity) | 3000 | 2000 |

Total cost function is expressed in relation (4).

Funcția costului total este exprimată în relația (4).

$$CT(Q) = [Q / q + 1] \times Cf + Q \times Cvu, \tag{4}$$

CT – total cost function;
 Q – production level;
 Cf – fixed costs;
 Cvu – variable costs per product unit.

CT – funcția costului total;
 Q – nivelul producției;
 Cf – costurile fixe;
 Cvu – costuri variabile pe unitatea de produs.

The decision reduces itself to the equipment selection, leading to minimum costs for a given Q, which is a fixed number.

Decizia se rezumă la alegerea utilajului care conduce la costuri minime pentru un Q dat, care este un număr fixat.

On the chart below can see that for a Q = 2500 pc., the equipment leading to minimal costs is equipment 1.

Pe graficul 1 se vede că pentru Q = 2500 buc., utilajul care conduce la costuri minime este utilajul 1 (cel care are capacitatea de producție mai mare).

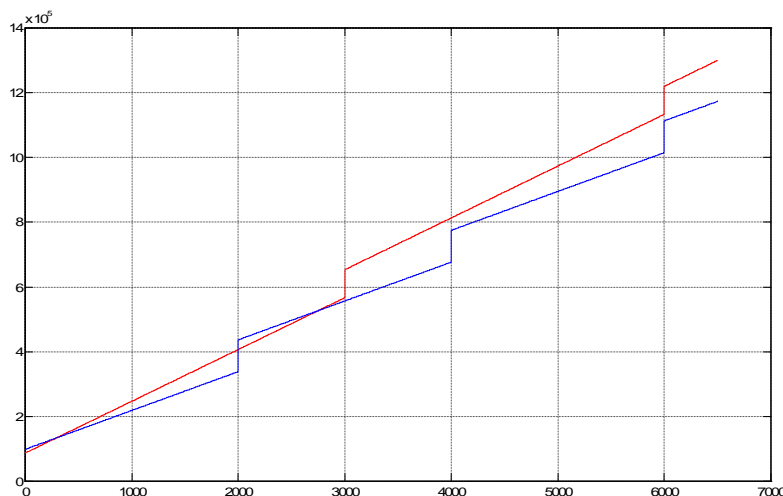


Figure 1. Total cost variation according to volume and capacity
 Figura 1. Variația costurilor totale în funcție de volum și capacitate

This method answers the question about what happens in a fixed point of the production level (output), but it is unable to answer the question, what happens to the demand variation within a given interval.

To understand what happens to the demand variation within an interval, a slightly different approach of the total cost function is developed below.

3. A new approach of the selecting decision

To analyze what happens to the demand variation, which implicitly determines the variation of the production level (output), the total cost function has to be integrate don the respective interval, thereby achieving a total costs amount, that occur on the respective interval. Thus, the optimal alternative will not be that, which leads to minimal costs in a single point, but the one, which leads to minimal costs on a production interval.

The question of function integration involves their continuity or at most the existence of a finite number of discontinuity points of I. kind. As shown, the total cost function has a finite number of discontinuity points of I. kind. Therefore the Riemann integral is applied.

The solution is to define the function on intervals of length equal to the production capacity. Therefore the total cost function is replaced with the total unit cost function of a product, which, for the same data as for the previous question, has the shape as in Figure 2.

Această metodă răspunde întrebării legate de ce se întâmplă într-un anumit punct fix al nivelului producției, dar nu este capabilă să ofere un răspuns la întrebarea ce se întâmplă la variația cererii într-un interval dat.

Pentru a înțelege ce se întâmplă la variația cererii într-un interval este dezvoltată mai jos o abordare puțin diferită a funcției costului total.

3. O nouă abordare a deciziei de alegere

Pentru a putea analiza ce se petrece la variația cererii, ceea ce implicit determină variația nivelului producției, funcția costului total trebuie integrată pe intervalul respectiv, obținându-se astfel o sumă de costuri totale ce intervin pe intervalul respectiv. Astfel alternativa optimă nu va fi cea care conduce către costuri minime într-un singur punct, ci cea care conduce la costuri minime pe un interval al producției.

Problema de integrare a funcțiilor, implică continuitatea acestora sau cel mult existența unui număr finit de puncte de discontinuitate de speța I. După cum se vede, funcția costului total are un număr finit de puncte de discontinuitate, de speța I. Așadar se poate aplica integrala Riemann.

Soluția este de a defini funcția pe intervale de lungime egală cu capacitatea de producție. Pentru aceasta se înlocuiește funcția costului total cu funcția costului total unitar al unui produs, care pentru aceleași date de la problema precedentă are alura asemeni Figurii 2.

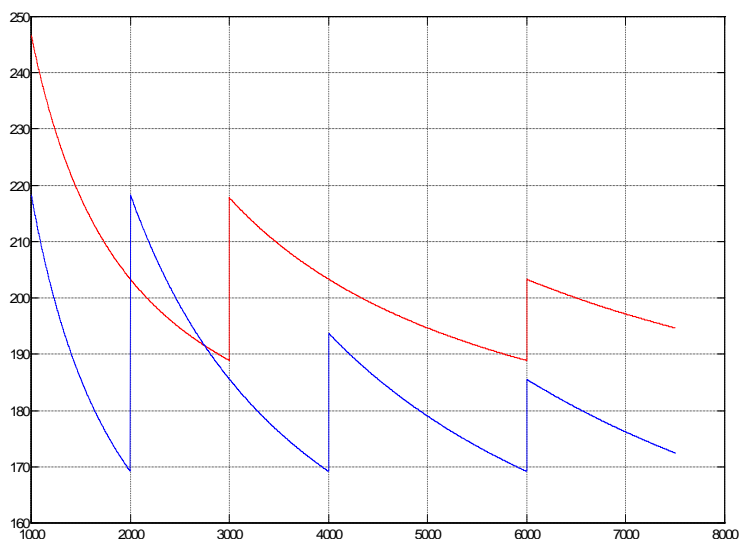


Figure 2. Total unit cost function graph for two alternatives
 Figura 2. Costul total unitar pentru două alternative

The total unit cost of a product can be expressed similar tot hat of total cost, by the following function:

Costul total unitar al unui produs poate fi exprimat asemănător cu cel al costului total, prin următoarea funcție:

$$C(Q) = [Q / q + 1] \times Cf / Q + Cv. \tag{5}$$

Obviously the division has sense, because Q is greater than zero.

From the full part inequality we obtain the framing of this function between two continuous function, expressed as below:

$$C_{inf}(Q) = Cf / q + Cv, \tag{6}$$

lower bounding function on C(Q), and

$$C_{sup}(Q) = Cf / q + Cv + Cf / Q, \tag{7}$$

upper bounding function on C(Q).

Thus, the chart of the three functions show as in Figure 3.

Evident împărțirea are rost, întrucât Q este mai mare decât zero.

Din inegalitatea părții întregi se obține încadrarea acestei funcții între două funcții continue care sunt exprimate astfel:

funcția care mărginește inferior pe C(Q), și

funcția care mărginește superior pe C(Q).

Astfel graficul celor trei funcții arată ca în Figura 3.

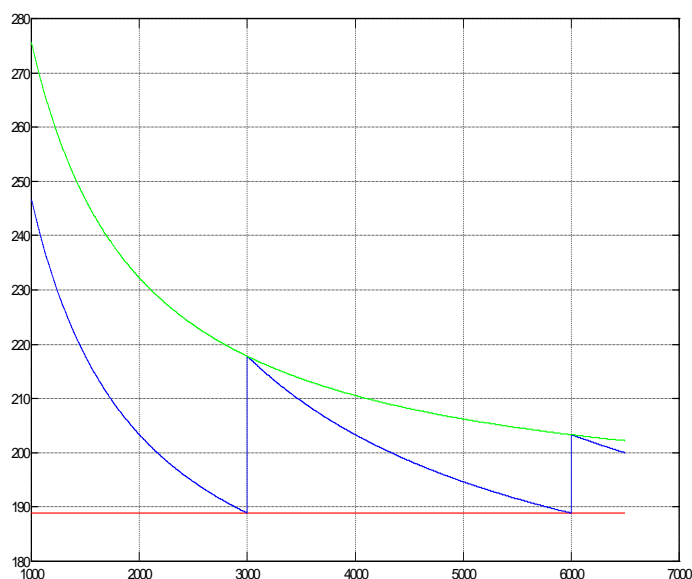


Figure 3. Unit cost function and its boundaries

Figura 3. Costul unitar și limitările sale

It should be noted that although Q is variable, the full part function is constant on defined intervals. Knowing for each interval of equal length to q (production capacity) the value of integer part in the formula presented as above, can define the integral from total unit cost function as:

$$F(Q) = \int (m \times Cf \times \frac{1}{Q} + Cv) \cdot dQ \tag{8}$$

$$F(Q) = m \times Cv \times \ln Q + Cv \times Q$$

Reconsidering m as the integral part of the ration Q/q + 1, are completely know both the total unit cost function and its primitive, which allow the study of the consequences of demand variations.

Funcția costului unitar este

$$F(Q) = \left[\frac{Q}{q} + 1 \right] \times Cf + \frac{1}{Q} + Cv, \tag{9}$$

Trebuie remarcat că deși Q este variabil, funcția parte întreagă este constantă pe intervalele de integrare definite. Cunoscându-se pe fiecare interval de lungime egal cu q (capacitatea de producție) valoarea părții întregi din formula anterior prezentată, integrala din funcția costului total unitar se definește ca fiind:

Reconsiderând pe m ca fiind partea întreagă a raportului Q/q + 1, se cunosc în mod complet atât funcția costului total unitar, cât și primitiva acesteia care permite studiul consecințelor variației cererii.

Unit cost function is

iar primitiva costului unitar este

and primitive of the unit cost function is

$$F(Q) = \left[\frac{Q}{q} + 1 \right] \times Cf \times \ln Q + Cv \times Q. \quad (10)$$

Returning to the previous example, we assume that the demand varies between 2700 and 2900 pieces per year. To see what equipment is adequate, are calculate, for both equipment, the definite integral from 2700 to 2900; the one having lower value represents the optimal solution.

Revenind la exemplul anterior, se presupune că cererea variază între 2700 și 2900 de bucăți pe an. Pentru a vedea care utilaj este oportun se calculează, pentru ambele utilaje, integrala definită de la 2700 la 2900, cea care are valoare mai mică reprezintă soluția optimă.

The chart of both functions is represented in Figure 4, remarking that the interval [2700÷2900] pieces, includes also the intersection point of the two functions.

Graficul celor două funcții este reprezentat în Figura 4, observându-se faptul că intervalul [2700÷2900] de bucăți conține și punctul de intersecție ale celor două funcții.

The following variations are calculated:

Se calculează astfel următoarele variații:

$$F1(2900) - F1(2700) = 38,100;$$

$$F1(2900) - F1(2700) = 38100;$$

$$F2(2900) - F2(2700) = 38,000.$$

$$F2(2900) - F2(2700) = 38000.$$

From the above calculation it results that on the variation interval [2700; 2900] pieces, the second equipment is more efficient.

Din calculul de mai sus rezultă ca pe intervalul de variație [2700; 2900] de bucăți, este mai eficient al doilea utilaj.

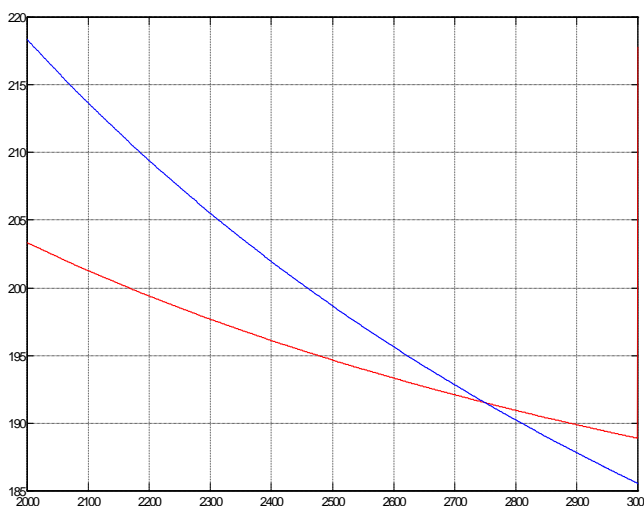


Figure 4. Total unit cost function on [2000;3000] for two alternatives
 Figura 4. Costul total pentru două alternative între [2000;3000] bucăți

Another aspect to be outlined is that, depending on the production level, the cost can be more or less rigid to its changes. This is suggested by the derivate of the total unit cost, equation (11), which is depicted in Figure 5 (graphs for both equipment of the example).

Încă un aspect de subliniat este că, în funcție de nivelul producției, costul poate fi mai mult sau mai puțin rigid la modificări ale acesteia. Acest lucru este sugerat de derivata costului total unitar, relația (11), care este reprezentată în figura 5 (grafice pentru ambele utilaje din exemplu).

$$f'(Q) = - \left[\frac{Q}{q} + 1 \right] \times Cf \times \frac{1}{Q^2}. \quad (11)$$

Figura 5 indică faptul că o variație a producției de aceeași lungime, dar la niveluri diferite (ex. [500; 700], respectiv [2700; 2900]), va afecta în mod diferit variația costului total unitar.

The Figure 5 shows that a production variation of the same length, but on different levels (ex. [500;700], respectively [2700;2900]) will differently affect the variation of total unit cost.

Conform figurii, o variație a producției (pentru utilajul 1) între [500; 700] va provoca o variație de 50 U.M., iar o variație între [2700; 2900] va provoca o variație de 2.1 U.M. Se deduce de aici că pentru evitarea unor asemenea diferențe ar trebui ca producția să se realizeze cu utilaje care să aibă o derivată cât mai aproape de zero.

Implicațiile pe care le-ar putea avea asemenea variații ale costurilor pot afecta planificările și bugetele societății.

According to the figure, a production variation (for equipment 1) between [500; 700] will lead to a variation of 50 M.U., and a variation between [2700; 2900] will lead to a variation of 2.1 M.U. It can be concluded that to avoid such differences, production should be done by equipment having derivatives as close to zero.

Implication of such cost variations might also affect the company's planning and budgets.

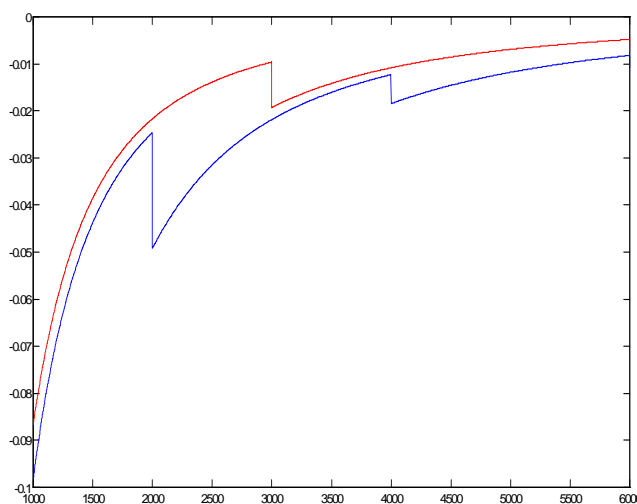


Figura 5. Derivata costului total

Figure 5. Derivative function of the total unit cost function

4. Conclusion

To sum up it can be said that using also a different approach than the traditional ones, a better overall image can be created. The advantage of the new approach is that is able to give some answers of what can happen when the production volume is flexible.

Acknowledgements

This paper is supported by the Sectorial Operational Programme Human Resources Development (SOP HRD), ID134378 financed from the European Social Fund and by the Romanian Government.

References

1. Seal, W., Garrison, R.H., Noreen, E.W. (2008) *Management Accounting*. McGrawHill, ISBN 978-0077121648
2. Arnold, J.R.T, Chapman, S.N., Clive, L.M. (2011) *Introduction to Materials Management*. Pearson, ISBN 978-0131376700
3. Hammond, P., Strom, A., Seierstad, A. (2008) *Further Mathematics for Economic Analysis*. Prentice Hall, ISBN 978-0-273-71328-9
4. Calefariu, G., Barbu, M., (2013) *Sisteme de producție (Production Systems)*. Lux Libris, ISBN 978-973-131-112-8, Brașov, Romania (in Romanian)
5. Zandin, K.B., Maynard, H.B. (2001) *Maynard's Industrial Engineering Handbook*. McGraw Hill, ISBN 978-0070411029

Received in July 2014

Lucrare primită în Iulie 2014