

# ALOCAREA OPTIMĂ A OPERATORILOR PE O LINIE DE FABRICAȚIE

Student Natalia-Florena OLARIU<sup>1</sup>, Student Daiana MUNTEANU<sup>1</sup>,  
Student Adrian-Leonard BIROU<sup>1</sup>, Ș. I. dr. ing. Olga-Ioana AMARIEI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centrul Universitar UBB Reșița, Facultatea de Inginerie, Reșița, România

**REZUMAT.** Scopul acestei lucrări este acela de a prezenta modul de soluționare a unei probleme de asignare optimă a unei anumite entități către o anumită locație, utilizându-se date fictive și folosindu-se modulul Network Modeling al programului informatic WinQSB. În primul rând s-a pus problema repartizării optime a șase operatori pe șapte mașini-unelte, în așa fel încât, pe ansamblu, timpul total de execuție să fie minim. Apoi s-a analizat problema asignării optime în urma reducerii cu 20% a personalului, iar pentru ca acest lucru să nu se facă la întâmplare, s-a eliminat pe rând câte un operator, iar în funcție de timpii totali de execuție obținuți, s-a ales soluția optimă. În final s-a realizat și o comparație între valorile funcțiilor obiectiv obținute înainte și după reducerea personalului.

**Cuvinte cheie:** algoritmul ungar, alocare, funcție obiectiv, operatori, soluție optimă, WinQSB.

**ABSTRACT.** The purpose of this paper is to present how to solve a problem of optimal allocation of a given entity to a given location using dummy data and using the Network Modeling module of the WinQSB software. First, the problem was posed of optimally assigning six operators to seven machine tools in such a way that the overall total execution time is minimal. Then the problem of optimal allocation was considered following a 20% reduction in staff, and to ensure that this was not done randomly, one operator was eliminated at a time, and the optimal solution was chosen according to the total execution times obtained. Finally, a comparison was also made between the objective function values obtained before and after staff reduction.

**Keywords:** hungarian algorithm, allocation, objective function, operators, optimal solution, WinQSB.

## 1. INTRODUCERE

**Alocarea (asignarea)** constă în repartizarea sau asignarea optimă a unei anumite entități către o anumită locație, în cazul de față, a unui operator către o mașină[7].

„Problemele de repartiție sunt probleme întâlnite în domeniul organizării aprovizionării cu un anumit produs, a repartizării unor sarcini de plan pe utilajele existente, a formării unor echipe de cercetare în care fiecare persoană elaborează singur o parte a temei studiate, etc”[8].

Una dintre metodele cele mai cunoscute în rezolvarea problemelor de alocare (repartiție) este metoda ungară (Kuhn) sau algoritmul ungar[2].

## 2. DATELE DE INTRARE

Șase operatori sunt testați în vederea unei repartizări optime a lor pe șapte mașini-unelte. Timpii obținuți în urma prelucrărilor pe cele șapte mașini de către fiecare dintre operatori sunt dați în tabelul 1.

a) Se pune problema repartizării optime a resursei umane disponibile, astfel încât, pe ansamblu, timpul total de execuție pe cele șapte mașini să fie minim.

b) Să se realizeze o repartizare optimă a operatorilor pe cele șapte mașini, în cazul reducerii personalului cu 20%.

*Observație:* Un operator poate lucra pe cel puțin o mașină și cel mult două.

Tabelul 1. Datele de intrare

| Mașini / Operatori | M <sub>1</sub> | M <sub>2</sub> | M <sub>3</sub> | M <sub>4</sub> | M <sub>5</sub> | M <sub>6</sub> | M <sub>7</sub> |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| O <sub>1</sub>     | 23             | 14             | 15             | 22             | 19             | 16             | 26             |
| O <sub>2</sub>     | 20             | 16             | 13             | 21             | 21             | 17             | 25             |
| O <sub>3</sub>     | 18             | 13             | 15             | 22             | 18             | 18             | 24             |
| O <sub>4</sub>     | 21             | 15             | 16             | 23             | 20             | 17             | 25             |
| O <sub>5</sub>     | 22             | 14             | 12             | 24             | 22             | 19             | 23             |
| O <sub>6</sub>     | 19             | 15             | 16             | 25             | 19             | 18             | 26             |

## ALOCAREA OPTIMĂ A OPERATORILOR PE O LINIE DE FABRICAȚIE

### 3. SOLUȚIONAREA PROBLEMEI

Se utilizează modulul Network Modeling al programul WinQSB, tipul de problemă – Assignment Problem.

Se introduc datele problemei, obținându-se tabelul din fig.3.1.

Se poate observa că problema este neechilibrată, iar pentru a o echilibra se mai introduce un operator fictiv (tab.2).

| From \ To  | Masina 1 | Masina 2 | Masina 3 | Masina 4 | Masina 5 | Masina 6 | Masina 7 |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Operator 1 | 23       | 14       | 15       | 22       | 19       | 16       | 26       |
| Operator 2 | 20       | 16       | 13       | 21       | 21       | 17       | 25       |
| Operator 3 | 18       | 13       | 15       | 22       | 18       | 18       | 24       |
| Operator 4 | 21       | 15       | 16       | 23       | 20       | 17       | 25       |
| Operator 5 | 22       | 14       | 12       | 24       | 22       | 19       | 23       |
| Operator 6 | 19       | 15       | 16       | 25       | 19       | 18       | 26       |

Fig. 3.1. Datele de intrare ale problemei

Se trece la scăderea valorii minime de pe fiecare linie în parte și aplicarea algoritmului ungar, astfel obținându-se datele din figura 3.2.

| From \ To  | Masina 1 | Masina 2 | Masina 3 | Masina 4 | Masina 5 | Masina 6 | Masina 7 |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Operator 1 | 9        | 0        | -        | 8        | 5        | 2        | 12       |
| Operator 2 | 7        | 3        | 0        | 8        | 8        | 4        | 12       |
| Operator 3 | 5        | 0        | 2        | 9        | 5        | 5        | 11       |
| Operator 4 | 6        | 0        | -        | 8        | 5        | 2        | 10       |
| Operator 5 | 10       | 2        | 0        | 12       | 10       | 7        | 11       |
| Operator 6 | 4        | 0        | -        | 10       | 4        | 3        | 11       |
| Dummy      | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |

Fig. 3.2. Iterația 1

Se continuă aplicarea algoritmului ungar până când, la iterația finală, pe fiecare linie și pe fiecare

coloană există câte un „0” încadrat, deci cuplajul este maxim (fig.3.3).

| From \ To  | Masina 1 | Masina 2 | Masina 3 | Masina 4 | Masina 5 | Masina 6 | Masina 7 |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Operator 1 | 4        | 0        | 3        | 2        | 0        | 0        | 6        |
| Operator 2 | 0        | -        | 0        | 0        | -        | 0        | 4        |
| Operator 3 | 0        | 0        | 4        | 3        | 0        | 3        | 5        |
| Operator 4 | -        | 0        | 3        | 2        | 0        | 0        | 4        |
| Operator 5 | 3        | 0        | 6        | 4        | 3        | 3        | 3        |
| Operator 6 | 0        | -        | 4        | 5        | 0        | 2        | 6        |
| Dummy      | -        | 6        | 0        | 0        | -        | 4        | 0        |

Fig. 3.3. Iterația finală 6

Soluția optimă găsită este dată în figura 3.4, iar reprezentarea grafică în figura 3.5.

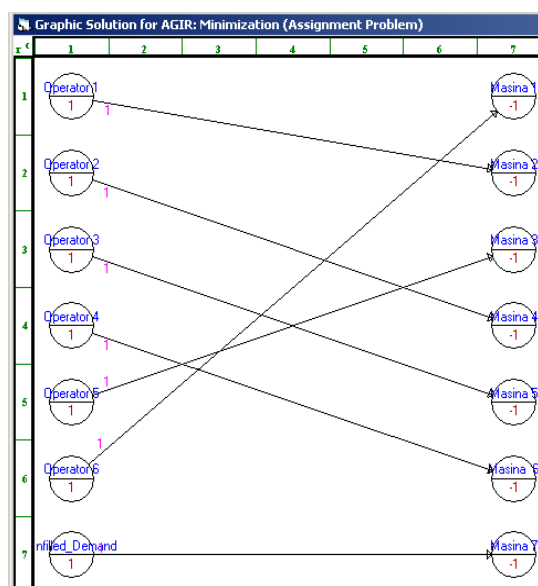


Fig. 3.5. Soluția problemei date sub formă grafică

Tabelul 2. Echilibrarea problemei

| Mașini / Operatori | M <sub>1</sub> | M <sub>2</sub> | M <sub>3</sub> | M <sub>4</sub> | M <sub>5</sub> | M <sub>6</sub> | M <sub>7</sub> | Minorant        |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| O <sub>1</sub>     | 23             | 14             | 15             | 22             | 19             | 16             | 26             | $\alpha_1 = 14$ |
| O <sub>2</sub>     | 20             | 16             | 13             | 21             | 21             | 17             | 25             | $\alpha_2 = 13$ |
| O <sub>3</sub>     | 18             | 13             | 15             | 22             | 18             | 18             | 24             | $\alpha_3 = 13$ |
| O <sub>4</sub>     | 21             | 15             | 16             | 23             | 20             | 17             | 25             | $\alpha_4 = 15$ |
| O <sub>5</sub>     | 22             | 14             | 12             | 24             | 22             | 19             | 23             | $\alpha_5 = 12$ |
| O <sub>6</sub>     | 19             | 15             | 16             | 25             | 19             | 18             | 26             | $\alpha_6 = 15$ |
| OF <sub>1</sub>    | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | $\alpha_7 = 0$  |

| 10-15-2023 | From            | To               | Assignment      | Unit Cost      | Total Cost | Reduced Cost |
|------------|-----------------|------------------|-----------------|----------------|------------|--------------|
| 1          | Operator 1      | Masina 2         | 1               | 14             | 14         | 0            |
| 2          | Operator 2      | Masina 4         | 1               | 21             | 21         | 0            |
| 3          | Operator 3      | Masina 5         | 1               | 18             | 18         | 0            |
| 4          | Operator 4      | Masina 6         | 1               | 17             | 17         | 0            |
| 5          | Operator 5      | Masina 3         | 1               | 12             | 12         | 0            |
| 6          | Operator 6      | Masina 1         | 1               | 19             | 19         | 0            |
| 7          | Unfilled_Demand | Masina 7         | 1               | 0              | 0          | 0            |
|            | <b>Total</b>    | <b>Objective</b> | <b>Function</b> | <b>Value =</b> | <b>101</b> |              |

Fig. 3.4. Soluția problemei date sub formă matriceală

## CERCETARE ȘI INOVARE ÎN INGINERIE MECANICĂ

| From            | To               | Assignment      | Unit Cost      | Total Cost |
|-----------------|------------------|-----------------|----------------|------------|
| Operator 1      | Masina 5         | 1               | 19             | 19         |
| Operator 2      | Masina 4         | 1               | 21             | 21         |
| Operator 3      | Masina 2         | 1               | 13             | 13         |
| Operator 4      | Masina 6         | 1               | 17             | 17         |
| Operator 5      | Masina 3         | 1               | 12             | 12         |
| Operator 6      | Masina 1         | 1               | 19             | 19         |
| Unfilled_Demand | Masina 7         | 1               | 0              | 0          |
| <b>Total</b>    | <b>Objective</b> | <b>Function</b> | <b>Value =</b> | <b>101</b> |

| From            | To               | Assignment      | Unit Cost      | Total Cost |
|-----------------|------------------|-----------------|----------------|------------|
| Operator 1      | Masina 6         | 1               | 16             | 16         |
| Operator 2      | Masina 4         | 1               | 21             | 21         |
| Operator 3      | Masina 2         | 1               | 13             | 13         |
| Operator 4      | Masina 5         | 1               | 20             | 20         |
| Operator 5      | Masina 3         | 1               | 12             | 12         |
| Operator 6      | Masina 1         | 1               | 19             | 19         |
| Unfilled_Demand | Masina 7         | 1               | 0              | 0          |
| <b>Total</b>    | <b>Objective</b> | <b>Function</b> | <b>Value =</b> | <b>101</b> |

Fig. 3.6. Soluțiile alternative

În acest caz programul WinQSB oferă încă două soluții alternative, prezentate în fig.3.6 și fig.3.7, unde vor fi prezentate toate cele trei soluții obținute.

| Mașini           | M1           | M2           | M3           | M4           | M5           | M6           | M7 |
|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----|
| <b>Operatori</b> |              |              |              |              |              |              |    |
| O1               | 4            | 0            | 3            | 2            | <del>3</del> | <del>3</del> | 6  |
| O2               | <del>3</del> | -            | <del>3</del> | 0            | -            | <del>3</del> | 4  |
| O3               | <del>3</del> | <del>3</del> | 4            | 3            | 0            | 3            | 5  |
| O4               | -            | <del>3</del> | 3            | 2            | <del>3</del> | 0            | 4  |
| O5               | 3            | <del>3</del> | 0            | 4            | 3            | 3            | 3  |
| O6               | 0            | -            | 4            | 5            | <del>3</del> | 2            | 6  |
| O. Fictiv        | -            | 6            | 8            | <del>3</del> | -            | 4            | 0  |

| Mașini           | M1           | M2           | M3           | M4           | M5           | M6           | M7 |
|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----|
| <b>Operatori</b> |              |              |              |              |              |              |    |
| O1               | 4            | <del>3</del> | 3            | 2            | 0            | <del>3</del> | 6  |
| O2               | <del>3</del> | -            | <del>3</del> | 0            | -            | <del>3</del> | 4  |
| O3               | <del>3</del> | 0            | 4            | 3            | <del>3</del> | 3            | 5  |
| O4               | -            | <del>3</del> | 3            | 2            | <del>3</del> | 0            | 4  |
| O5               | 3            | <del>3</del> | 0            | 4            | 3            | 3            | 3  |
| O6               | 0            | -            | 4            | 5            | <del>3</del> | 2            | 6  |
| O. Fictiv        | -            | 6            | 8            | <del>3</del> | -            | 4            | 0  |

| Mașini           | M1           | M2           | M3           | M4           | M5           | M6           | M7 |
|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----|
| <b>Operatori</b> |              |              |              |              |              |              |    |
| O1               | 4            | <del>3</del> | 3            | 2            | <del>3</del> | 0            | 6  |
| O2               | <del>3</del> | -            | <del>3</del> | 0            | -            | <del>3</del> | 4  |
| O3               | <del>3</del> | 0            | 4            | 3            | <del>3</del> | 3            | 5  |
| O4               | -            | <del>3</del> | 3            | 2            | 0            | <del>3</del> | 4  |
| O5               | 3            | <del>3</del> | 0            | 4            | 3            | 3            | 3  |
| O6               | 0            | -            | 4            | 5            | <del>3</del> | 2            | 6  |
| O. Fictiv        | -            | 6            | 8            | <del>3</del> | -            | 4            | 0  |

Fig. 3.7. Asignarea operatorilor pe mașini

În toate cele trei soluții (fig.3.7), operatorilor O2, O5, O6 și operatorului fictiv le sunt alocate mașinile M4, respectiv M3, M1 și M7. În prima soluție prezentată, dacă operatorului O1 i se alocă mașina M2, atunci operatorilor O3 și O4 le revin mașinile

M5, respectiv M6. În cele două soluții alternative, atunci când operatorul O1 este repartizat pe mașina M5, ceilalți doi operatori, O3 și O4 sunt distribuiți pe mașinile M2 și M6, iar când operatorului O1 i se alocă mașina M6, mașinile M2 și M5 sunt cele repartizate operatorilor O3 și O4.

Se observă că în toate cele trei soluții oferite de WinQSB, mașina M7 îi este alocată unui operator fictiv și din acest motiv trebuie să distribuim această mașină la câte unul dintre cei șase operatori existenți, conform figurii 3.7.

| From \ To  | Masina 7 | Masina fictiva | Masina fictiva | Masina fictiva | Masina fictiva |
|------------|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Operator 1 | 26       | 0              | 0              | 0              | 0              |
| Operator 2 | 25       | 0              | 0              | 0              | 0              |
| Operator 3 | 24       | 0              | 0              | 0              | 0              |
| Operator 4 | 25       | 0              | 0              | 0              | 0              |
| Operator 5 | 23       | 0              | 0              | 0              | 0              |
| Operator 6 | 26       | 0              | 0              | 0              | 0              |

Fig. 3.8. Echilibrarea problemei

Din nou trebuie problema echilibrată, ceea ce se întâmplă în figura 3.8, iar rezultatele sunt prezentate în figura 3.9, sub formă matriceală.

Soluția finală a problemei alocării celor șase operatori pe cele șapte mașini este următoarea:

- Operatorul O<sub>1</sub> lucrează pe mașina M2;
- Operatorul O<sub>2</sub> lucrează pe mașina M4;
- Operatorul O<sub>3</sub> lucrează pe mașina M5;
- Operatorul O<sub>4</sub> lucrează pe mașina M6;
- Operatorul O<sub>5</sub> lucrează pe mașinile M3 și M7;
- Operatorul O<sub>6</sub> lucrează pe mașina M1.

Timpul total de execuție este de 124 minute, conform figurilor 3.4 și 3.9.

b) Fiind necesară reducerea numărului de operatori cu 20%, ceea ce înseamnă un operator, trebuie să ne asigurăm că cel care e concediat nu e unul dintre cei mai performanți operatori. Pentru aceasta vom elimina pe rând câte un operator și în funcție de timpul total de execuție putem lua decizia corectă. Eliminând O1 obținem rezultatele din figura 3.10.

| 10-15-2023 | From         | To               | Assignment      | Unit Cost      | Total Cost | Reduced Cost |
|------------|--------------|------------------|-----------------|----------------|------------|--------------|
| 1          | Operator 1   | Masina fictiva   | 1               | 0              | 0          | 0            |
| 2          | Operator 2   | Masina fictiva   | 1               | 0              | 0          | 0            |
| 3          | Operator 3   | Masina fictiva   | 1               | 0              | 0          | 0            |
| 4          | Operator 4   | Masina fictiva   | 1               | 0              | 0          | 0            |
| 5          | Operator 5   | Masina 7         | 1               | 23             | 23         | 0            |
| 6          | Operator 6   | Masina fictiva   | 1               | 0              | 0          | 0            |
|            | <b>Total</b> | <b>Objective</b> | <b>Function</b> | <b>Value =</b> | <b>23</b>  |              |

Fig. 3.9. Repartizarea mașinii M7

## ALOCAREA OPTIMĂ A OPERATORILOR PE O LINIE DE FABRICAȚIE

| 10-15-2023 | From            | To        | Assignment | Unit Cost | Total Cost | Reduced Cost |
|------------|-----------------|-----------|------------|-----------|------------|--------------|
| 1          | Operator 2      | Masina 1  | 1          | 20        | 20         | 0            |
| 2          | Operator 3      | Masina 2  | 1          | 13        | 13         | 0            |
| 3          | Operator 4      | Masina 6  | 1          | 17        | 17         | 0            |
| 4          | Operator 5      | Masina 3  | 1          | 12        | 12         | 0            |
| 5          | Operator 6      | Masina 5  | 1          | 19        | 19         | 0            |
| 6          | Unfilled_Demand | Masina 4  | 1          | 0         | 0          | 0            |
| 7          | Unfilled_Demand | Masina 7  | 1          | 0         | 0          | 0            |
|            | Total           | Objective | Function   | Value =   | 81         |              |

Fig. 3.10. Rezultatele obținute în cazul concedierii operatorului O1

Se observă că mașinile M4 și M7 sunt ocupate de operatori fictivi pe care-i înlocuim cu doi dintre operatorii rămași (O2...O6), mai exact cu operatorii O2 și O5.

| 10-15-2023 | From       | To              | Assignment | Unit Cost | Total Cost | Reduced Cost |
|------------|------------|-----------------|------------|-----------|------------|--------------|
| 1          | Operator 2 | Masina 4        | 1          | 21        | 21         | 0            |
| 2          | Operator 3 | Masina fictiva2 | 1          | 0         | 0          | 0            |
| 3          | Operator 4 | Masina fictiva3 | 1          | 0         | 0          | 0            |
| 4          | Operator 5 | Masina 7        | 1          | 23        | 23         | 0            |
| 5          | Operator 6 | Masina fictiva1 | 1          | 0         | 0          | 0            |
|            | Total      | Objective       | Function   | Value =   | 44         |              |

Fig.3.11. Repartizarea mașinilor M4 și M7 în cazul concedierii operatorului O1

În figurile 3.12 și 3.13 sunt prezentate rezultatele obținute în cazul concedierii operatorului O2.

| 10-15-2023 | From            | To        | Assignment | Unit Cost | Total Cost | Reduced Cost |
|------------|-----------------|-----------|------------|-----------|------------|--------------|
| 1          | Operator 1      | Masina 2  | 1          | 14        | 14         | 0            |
| 2          | Operator 3      | Masina 1  | 1          | 18        | 18         | 0            |
| 3          | Operator 4      | Masina 6  | 1          | 17        | 17         | 0            |
| 4          | Operator 5      | Masina 3  | 1          | 12        | 12         | 0            |
| 5          | Operator 6      | Masina 5  | 1          | 19        | 19         | 0            |
| 6          | Unfilled_Demand | Masina 4  | 1          | 0         | 0          | 0            |
| 7          | Unfilled_Demand | Masina 7  | 1          | 0         | 0          | 0            |
|            | Total           | Objective | Function   | Value =   | 80         |              |

Fig.3.12. Rezultatele obținute în cazul concedierii operatorului O2

| 10-15-2023 | From       | To              | Assignment | Unit Cost | Total Cost | Reduced Cost |
|------------|------------|-----------------|------------|-----------|------------|--------------|
| 1          | Operator 1 | Masina 4        | 1          | 22        | 22         | 0            |
| 2          | Operator 3 | Masina fictiva2 | 1          | 0         | 0          | 0            |
| 3          | Operator 4 | Masina fictiva3 | 1          | 0         | 0          | 0            |
| 4          | Operator 5 | Masina 7        | 1          | 23        | 23         | 0            |
| 5          | Operator 6 | Masina fictiva1 | 1          | 0         | 0          | 0            |
|            | Total      | Objective       | Function   | Value =   | 45         |              |

Fig.3.13. Repartizarea mașinilor M4 și M7 în cazul concedierii operatorului O2

Figurile 3.14 și 3.15 vor ilustra soluțiile oferite de WinQSB în cazul în care este concediat operatorul O3, iar figurile 3.16 și 3.17, rezultatele obținute în urma concedierii operatorului O4.

| 10-15-2023 | From            | To        | Assignment | Unit Cost | Total Cost | Reduced Cost |
|------------|-----------------|-----------|------------|-----------|------------|--------------|
| 1          | Operator 1      | Masina 5  | 1          | 19        | 19         | 0            |
| 2          | Operator 2      | Masina 3  | 1          | 13        | 13         | 0            |
| 3          | Operator 4      | Masina 6  | 1          | 17        | 17         | 0            |
| 4          | Operator 5      | Masina 2  | 1          | 14        | 14         | 0            |
| 5          | Operator 6      | Masina 1  | 1          | 19        | 19         | 0            |
| 6          | Unfilled_Demand | Masina 4  | 1          | 0         | 0          | 0            |
| 7          | Unfilled_Demand | Masina 7  | 1          | 0         | 0          | 0            |
|            | Total           | Objective | Function   | Value =   | 82         |              |

Fig.3.14. Rezultatele obținute în cazul concedierii operatorului O3

| 10-15-2023 | From       | To        | Assignment | Unit Cost | Total Cost | Reduced Cost |
|------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|--------------|
| 1          | Operator 1 | Masina 4  | 1          | 0         | 0          | 0            |
| 2          | Operator 2 | Masina 1  | 1          | 21        | 21         | 0            |
| 3          | Operator 4 | Masina 5  | 1          | 0         | 0          | 0            |
| 4          | Operator 5 | Masina 2  | 1          | 23        | 23         | 0            |
| 5          | Operator 6 | Masina 3  | 1          | 0         | 0          | 0            |
|            | Total      | Objective | Function   | Value =   | 44         |              |

Fig.3.15. Repartizarea mașinilor M4 și M7 în cazul concedierii operatorului O3

| 10-15-2023 | From            | To        | Assignment | Unit Cost | Total Cost | Reduced Cost |
|------------|-----------------|-----------|------------|-----------|------------|--------------|
| 1          | Operator 1      | Masina 6  | 1          | 16        | 16         | 0            |
| 2          | Operator 2      | Masina 3  | 1          | 13        | 13         | 0            |
| 3          | Operator 3      | Masina 1  | 1          | 18        | 18         | 0            |
| 4          | Operator 5      | Masina 2  | 1          | 14        | 14         | 0            |
| 5          | Operator 6      | Masina 5  | 1          | 19        | 19         | 0            |
| 6          | Unfilled_Demand | Masina 4  | 1          | 0         | 0          | 0            |
| 7          | Unfilled_Demand | Masina 7  | 1          | 0         | 0          | 0            |
|            | Total           | Objective | Function   | Value =   | 80         |              |

Fig.3.16. Rezultatele obținute în cazul concedierii operatorului O4

| 10-15-2023 | From       | To             | Assignment | Unit Cost | Total Cost | Reduced Cost |
|------------|------------|----------------|------------|-----------|------------|--------------|
| 1          | Operator 1 | Masina fictiva | 1          | 0         | 0          | 0            |
| 2          | Operator 2 | Masina 4       | 1          | 21        | 21         | 0            |
| 3          | Operator 3 | Masina fictiva | 1          | 0         | 0          | 0            |
| 4          | Operator 5 | Masina 7       | 1          | 23        | 23         | 0            |
| 5          | Operator 6 | Masina fictiva | 1          | 0         | 0          | 0            |
|            | Total      | Objective      | Function   | Value =   | 44         |              |

Fig.3.17. Repartizarea mașinilor M4 și M7 în cazul concedierii operatorului O4

Concedierea ultimilor doi operatori au condus la obținerea rezultatelor prezentate în figurile 3.18...3.21.

| 10-15-2023 | From            | To        | Assignment | Unit Cost | Total Cost | Reduced Cost |
|------------|-----------------|-----------|------------|-----------|------------|--------------|
| 1          | Operator 1      | Masina 2  | 1          | 14        | 14         | 0            |
| 2          | Operator 2      | Masina 3  | 1          | 13        | 13         | 0            |
| 3          | Operator 3      | Masina 1  | 1          | 18        | 18         | 0            |
| 4          | Operator 4      | Masina 6  | 1          | 17        | 17         | 0            |
| 5          | Operator 6      | Masina 5  | 1          | 19        | 19         | 0            |
| 6          | Unfilled_Demand | Masina 4  | 1          | 0         | 0          | 0            |
| 7          | Unfilled_Demand | Masina 7  | 1          | 0         | 0          | 0            |
|            | Total           | Objective | Function   | Value =   | 81         |              |

Fig.3.18. Rezultatele obținute în cazul concedierii operatorului O5

| 10-15-2023 | From       | To        | Assignment | Unit Cost | Total Cost | Reduced Cost |
|------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|--------------|
| 1          | Operator 1 | Masina 5  | 1          | 0         | 0          | 0            |
| 2          | Operator 2 | Masina 1  | 1          | 21        | 21         | 0            |
| 3          | Operator 3 | Masina 2  | 1          | 24        | 24         | 0            |
| 4          | Operator 4 | Masina 3  | 1          | 0         | 0          | 0            |
| 5          | Operator 6 | Masina 4  | 1          | 0         | 0          | 0            |
|            | Total      | Objective | Function   | Value =   | 45         |              |

## CERCETARE ȘI INOVARE ÎN INGINERIE MECANICĂ

**Fig.3.19.** Repartizarea mașinilor M4 și M7 în cazul concedierii operatorului O5

| 10-15-2023 | From            | To        | Assignment | Unit Cost | Total Cost | Reduced Cost |
|------------|-----------------|-----------|------------|-----------|------------|--------------|
| 1          | Operator 1      | Masina 5  | 1          | 19        | 19         | 0            |
| 2          | Operator 2      | Masina 3  | 1          | 13        | 13         | 0            |
| 3          | Operator 3      | Masina 1  | 1          | 18        | 18         | 0            |
| 4          | Operator 4      | Masina 6  | 1          | 17        | 17         | 0            |
| 5          | Operator 5      | Masina 2  | 1          | 14        | 14         | 0            |
| 6          | Unfilled_Demand | Masina 4  | 1          | 0         | 0          | 0            |
| 7          | Unfilled_Demand | Masina 7  | 1          | 0         | 0          | 0            |
|            | Total           | Objective | Function   | Value =   | 81         |              |

**Fig.3.20.** Rezultatele obținute în cazul concedierii operatorului O6

| 10-15-2023 | From       | To        | Assignment | Unit Cost | Total Cost | Reduced Cost |
|------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|--------------|
| 1          | Operator 1 | Masina 4  | 1          | 0         | 0          | 0            |
| 2          | Operator 2 | Masina 1  | 1          | 21        | 21         | 0            |
| 3          | Operator 3 | Masina 5  | 1          | 0         | 0          | 0            |
| 4          | Operator 4 | Masina 3  | 1          | 0         | 0          | 0            |
| 5          | Operator 5 | Masina 2  | 1          | 23        | 23         | 0            |
|            | Total      | Objective | Function   | Value =   | 44         |              |

**Fig.3.21.** Repartizarea mașinilor M4 și M7 în cazul concedierii operatorului O6

Calculând timpii totali de execuție în toate cele șase cazuri, obținem rezultatele prezentate în tabelul 3.

*Tabelul 3. Timpii totali de execuție*

| Nr.crt. | Operator concediat | Timp total de execuție [min] |
|---------|--------------------|------------------------------|
| 1       | O1                 | 81+44 = 125                  |
| 2       | O2                 | 80+45 = 125                  |
| 3       | O3                 | 82+44 = 126                  |
| 4       | O4                 | 80+44 = 124                  |
| 5       | O5                 | 81+45 = 126                  |
| 6       | O6                 | 81+44 = 125                  |

În urma rezultatelor prezentate în tabelul 3 rezultă faptul că cei mai slabi timpii totali de execuție s-au înregistrat în cazul concedierii operatorilor O3 sau O5, iar cel mai bun timp s-ar realiza în cazul concedierii operatorului O4, și anume 124 min, egal cu cel realizat de toți cei șase operatori (tab.4).

*Tabelul 4. Rezultate comparative*

| Nr. crt. | Rezultate - cazul cu 6 operatori |        |                        | Rezultate - cazul cu 5 operatori |        |                        |
|----------|----------------------------------|--------|------------------------|----------------------------------|--------|------------------------|
|          | Operatori                        | Mașini | Funcția obiectiv [min] | Operatori                        | Mașini | Funcția obiectiv [min] |
| 1        | O1                               | M2     | 14                     | O1                               | M6     | 16                     |
| 2        | O2                               | M4     | 21                     | O2                               | M3     | 13                     |
| 3        | O3                               | M5     | 18                     |                                  | M4     | 21                     |
| 4        | O4                               | M6     | 17                     | O3                               | M1     | 18                     |
| 5        | O5                               | M3     | 12                     | O5                               | M2     | 14                     |
| 6        |                                  | M7     | 23                     |                                  | M7     | 23                     |
| 7        | O6                               | M1     | 19                     | O6                               | M5     | 19                     |
| 8        | TOTAL                            |        | 124                    |                                  |        | 124                    |

### 4. CONCLUZII

Funcția obiectiv în cazul alocării a șase operatori pe cele șapte mașini este conform tabelului 4:

$$\begin{aligned} \text{FOB: } \min[Z(x)] &= \\ &= 14 + 21 + 18 + 17 + 12 + 23 + 19 = 124 \text{ minute} \end{aligned} \quad (4.1)$$

Funcția obiectiv în cazul alocării celor cinci operatori rămași în producție, după concedierea operatorului O4 este:

$$\begin{aligned} \text{FOB: } \min[Z(x)] &= \\ &= 16 + 13 + 21 + 18 + 14 + 23 + 19 = 124 \text{ minute} \end{aligned} \quad (4.2)$$

Se poate observa că timpul total de execuție pe cele șapte mașini, este același și atunci când lucrează toți cei șase operatori și în situația în care rămân doar cinci operatori în producție, dar doar în cazul concedierii operatorului O4. Când procesul de fabricație se desfășoară fără unul dintre operatorii O1, O2 și O6, timpul total de execuție este de 125 minute,

iar în cazul concedierii operatorilor O3 și O5, 126 de minute.

### 5. BIBLIOGRAFIE

- [1] Amariei, OI, Hamat, CO, Duval, P, *Optimal solutioning mode of the assignment problems*, Anale UEM Reșița, Fascicola I, Facultatea de Inginerie ANUL XVIII, nr. 3, 2011, Reșița, România
- [2] Amariei, OI, *Contribuții privind modelarea, simularea și optimizarea fluxurilor de producție utilizând programe dedicate*, Editura Politehnica Timișoara, Teze de doctorat ale UPT, Seria 8, Nr. 62, Editura Politehnica, 2014, Timișoara, România
- [3] Amariei, OI, *Aplicații ale programului WinQSB în simularea sistemelor de producție*; Editura Eftimie Murgu Reșița, 2009, Reșița, România
- [4] Amariei, AV, Amariei, DM, *The optimal dividing of available human resources on existing machinery*, Anale UEM Reșița, Fascicola I, Facultatea de Inginerie, Vol. XXIII, no.1, 2016, Reșița, România
- [5] Hamat, CO, Amariei, OI, Coman, L, *Solving assignment problems*, Robotica & Management, vol.18, no.2, december 2013, Reșița, România
- [6] Stăncioiu, I, *Cercetări operaționale pentru optimizarea deciziilor economice*, Editura Economică, 2004, București, România
- [7] Tăucean, IM, Duval, P, Merkevičius, J, ș.a. *Actual Challenges in Logistics and Maintenance of Industrial Systems. Vol.1* –

## ALOCAREA OPTIMĂ A OPERATORILOR PE O LINIE DE FABRICAȚIE

*Text and cases*; Editura Politehnica Timișoara, Colecția [8] [https://www.academia.edu/7508924/V\\_PROBLEMA\\_DE\\_TRANSPORT](https://www.academia.edu/7508924/V_PROBLEMA_DE_TRANSPORT) (accesat în data de 05.05.2023)  
„Management”, 2011, Timișoara, România

---

### Despre autori

#### Ș.I. dr. ing. **Olga-Ioana AMARIEI**

Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca, Facultatea de Inginerie, Reșița, România

Cadru didactic titular la Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca, Facultatea de Inginerie Reșița, Departamentul de Științe Inginerești. Domeniile de cercetare în care își desfășoară activitatea includ: statistica aplicată, modelarea și simularea proceselor economice, cercetări operaționale.

#### Student **Natalia-Florena OLARIU**

Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca, Facultatea de Inginerie, Reșița, România

Este studentă în anul II la specializarea Informatică Industrială din cadrul Facultății de Inginerie Reșița, Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca. A participat la mai multe manifestări științifice studentești naționale și internaționale, obținând și două premii I.

#### Student **Daiana MUNTEANU**

Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca, Facultatea de Inginerie, Reșița, România

Este student în anul II la specializarea Electromecanică din cadrul Facultății de Inginerie Reșița, Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca. A participat la mai multe manifestări științifice studentești naționale.

#### Student **Adrian-Leonard BIROU**

Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca, Facultatea de Inginerie, Reșița, România

Este student în anul II la specializarea Inginerie Mecanică din cadrul Facultății de Inginerie Reșița, Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca. A participat la mai multe manifestări științifice studentești naționale.