Economie teoretică şi aplicată
Volumul XVIII (2011), No. 8(561), pp. 15-28

Repartizarea optimă a capacităţilor de transport în cadrul unui sistem logistic cu ajutorul programării dinamice

Gheorghe BĂŞANU
Academia de Studii Economice, Bucureşti
gheorghe.basanu@man.ase.ro
Victor TELEAŞĂ
Academia de Studii Economice, Bucureşti
victorteleasa@yahoo.com
Eduard ARMEANU
Academia de Studii Economice, Bucureşti
armeanu@gmail.com

Rezumat. *Transporturile deţin un rol esenţial în sistemul logistic, prin intermediul cărora se realizează interconectarea majorităţii proceselor şi operaţiunilor care se desfăşoară în cadrul acestuia. Utilizarea cu eficienţă a capacităţii de transport, reprezintă un obiectiv prioritar, prin a cărui îndeplinire se asigură diminuarea costurilor logistice. Acest obiectiv este dificil de atins astăzi, datorită creşterii complexităţii procesului de monitorizare şi de coordonare a mijloacelor de transport. Această complexitate este determinată de numărul şi diversitatea mijloacelor de transport, de volumul şi varietatea comenzilor de livrare, de creşterea accentuată a punctelor care trebuie aprovizionate.*

Programarea dinamică reprezintă un instrument de mare utilitate pentru managerii de logistică, având în vedere că tehnicile şi metodele specifice acesteia sunt orientate spre rezolvarea unor probleme de alocare şi utilizare optimă a resurselor.

Lucrarea prezintă succint o serie de elemente teoretice de programare dinamică aplicată în domeniul logisticii, pe baza cărora se prezintă un model matematic de stabilire a politicii optime de repartiţie a capacităţilor de transport pe aria deservită de un centru logistic, prin intermediul a trei centre de distribuţie.

Cuvinte-cheie: centru de distribuţie; logistică; număr de consumatori; etapă; programare dinamică.

Cod JEL: C61.
Coduri REL: 9J, 10F.

Un sistem logistic are ca obiectiv principal asigurarea circuitului fluxurilor de materiale şi produse către utilizatori şi consumatori. Acest obiectiv poate fi atins numai în anumite condiții, impuse atât de cerințele clienților, cât şi de necesitatea utilizării în condiții de eficiență a capacităților logistice disponibile.

Resursele necesare executării operațiunilor de transport, din cadrul sistemului logistic, se stabilesc în urma unei analize detaliate a tuturor elementelor care stau la baza livrării materialelor şi produselor către clienți, la momentele calendaristice programate, în cantitățile şi calitatea solicitate de aceştia. Identificarea şi stabilirea clienților care vor fi deserviți, a rutelor de transport către aceştia, a caracteristicilor şi a cantităților de materiale şi produse ce urmează a fi transportate, a numărului de mijloace de transport şi a personalului necesar desfăşurării operațiunilor logistice aferente, reprezintă un proces laborios de evaluare, pe care se fundamentează decizia finală, centrată pe utilizarea eficientă a resurselor disponibile.

În cadrul unui sistem logistic, aprovizionarea punctelor de consum se realizează, de obicei, prin intermediul centrelor de distribuție, care dispun de mijloace de transport auto de diverse tipuri şi capacități. Cererea de materiale şi produse este extrem de variabilă în timp şi de aceea principala problemă a managerilor de logistică o constituie satisfacerea, într-o manieră cât mai eficientă şi flexibilă, a acestor cereri, prin angrenarea unui număr cât mai mic de mijloace de transport. Eficiența, în acest context, presupune utilizarea la maximum a capacității de transport disponibile, concomitent cu diminuarea distanțelor parcurse de mijloacele de transport. Se stabileşte astfel un echilibru între gradul de conformitate al serviciilor logistice în raport cu cerințele clienților şi costurile de la nivelul furnizorilor, necesare asigurării acestor servicii.

Din punct de vedere al flexibilității, transporturile din sfera sistemului logistic trebuie să răspundă la două cerințe esențiale: asigurarea, în timp util, a capacității necesare deplasării întregii cantități de materiale şi produse solicitate de clienți şi asigurarea compatibilității dintre mijloacele de transport utilizate şi caracteristicile specifice materialelor şi produselor. Aceste cerințe sunt în mod evident interdependente, numai împreună reuşind să asigure integral, din punct de vedere cantitativ şi calitativ, comenzile clienților.

Nivelul stocurilor de materiale şi produse poate fi diminuat la maximum, prin crearea unui flux continuu de materii prime şi materiale în cadrul sistemului logistic, în care sincronizarea transporturilor deține un rol esențial, reflectat în ritmicitatea cu care sunt alimentate liniile de producție. Costurile logistice pot fi diminuate, în mare măsură, prin asigurarea unei dispersii raționale a capacităților de transport pe aria logistică deservită. Astfel, livrările de materiale şi produse în cantități mici şi cu frecvență mare pot fi efectuate cu mijloace de transport de capacitate redusă, în timp ce livrările de materiale şi produse în cantități mari, către mai multe puncte de aprovizionare, pot fi efectuate, în circuit, cu mijloace de transport de capacități medii şi mari.

Programarea dinamică reprezintă o metodă de rezolvare a problemelor de optimizare care implică adoptarea celei mai bune politici, prin determinarea, pentru fiecare decizie care compune o astfel de politică, a unor subprobleme ce pot fi rezolvate, în aşa fel încât problema inițială să-şi găsească soluția optimă printre soluțiile optime ale acestor subprobleme. Această aserțiune se bazează pe *principiul optimalității* (Stokey, Lucas, 1989) conform căruia (Bellman, 1957) *o politică optimală are proprietatea că, oricare ar fi prima decizie şi starea inițială, deciziile următoare trebuie să constituie o politică optimală cu privire la starea rezultată din prima decizie*. Prin urmare, *orice politică optimă nu poate fi formată decât din subpolitici optime* (Kaufmann, 1967). Acest principiu ne arată că dacă o politică are în compunerea sa o subpolitică ce nu este optimă, atunci înlocuirea acesteia cu una optimă va determina îmbunătățirea politicii inițiale.

Este de menționat că programarea dinamică nu ne oferă o formulare matematică standard de rezolvare a tuturor problemelor. În funcție de variabilele avute la dispoziție şi de obiectivul vizat, pentru fiecare situație trebuie identificată ecuația de recurență corespunzătoare care să conducă la soluția optimă. Problemele de programare dinamică pot fi deterministe (la fel ca aceea tratată în această lucrare) sau probabiliste, după cum rezultatul obținut în fiecare etapă decizională este unic şi cunoscut, respectiv se prezintă sub forma unei distribuții de probabilitate.

Având la dispoziție o cantitate r de resurse pentru desfăşurarea a n activități, se pune problema repartizării acestor resurse în aşa fel încât să obținem rezultatul optim. Modelul matematic al unui astfel de caz general se prezintă sub forma:

optimizarea: $z = \sum_{j=1}^{n} g_j\left(x_j\right)$ (1)

în condițiile: $\sum_{j=1}^{n} a_j x_j \le r$, cu toate variabilele nenegative şi întregi (2)

în care:

$g_1\left(x_1\right), g_2\left(x_2\right), \ldots, g_n\left(x_n\right)$ – funcțiile de utilitate;

$x_1, x_2, \ldots, x_n$ – variabilele decizionale;

r şi n – numere întregi şi nenegative.

Presupunem că optimizarea în cazul nostru urmăreşte *maximizarea* funcţiei *z*, iar rezultatul maxim obţinut în urma alocării optime a cantităţii de resurse *r* pentru desfăşurarea celor *n* activităţi este reprezentat de funcţia $f_n(r)$. În consecinţă avem:

$$f_n(r) = \max z \tag{3}$$

În cazul în care pentru *n*-1 activităţi repartizăm în mod optim cantitatea r_1 de resurse, putem afirma că rezultatul optim obţinut va fi definit de funcţia $f_{n-1}(r_1)$. Alocând o cantitate x_n de resurse activităţii *n*, cu $0 \le x_n \le r$, deducem că pentru cele *n*-1 activităţi rămase vom avea disponibilă următoarea cantitate de resurse:

$$r_1 = r - x_n \tag{4}$$

Relaţia (1) devine:

$$z = g_n(x_n) + f_{n-1}(r_1) = g_n(x_n) + f_{n-1}(r - x_n) \tag{5}$$

Ţinând seama de relaţia (3), obţinem relaţia de recurenţă (Bellman, 1957, Stokey, Lucas, 1989):

$$f_n(r) = \max_{0 \le x_n \le r} \left[g_n(x_n) + f_{n-1}(r - x_n) \right] \tag{6}$$

pentru $n = 2,3,\ldots$ şi $r \ge 0$, iar $f_1(r) = g_1(r)$

Relaţia (6) reprezintă *ecuaţia fundamentală* a programării dinamice care asigură principiul optimalităţii, enunţat mai sus.

În rezolvarea problemelor de programare dinamică se stabilesc mai întâi funcţiile de utilitate, variabilele decizionale, funcţia obiectiv, restricţiile şi etapele de parcurs, după care se determină ecuaţia de recurenţă, cu ajutorul căreia, prin iteraţii succesive, se obţine politica optimă.

Pentru creşterea eficienţei unui centru logistic s-a hotărât crearea a trei tipuri de centre de distribuţie care să dispună de parc auto propriu şi care să acopere o anumită arie logistică, definită de un număr de puncte de deservire (clienţi). Principalele particularităţi care disting centrele de distribuţie între ele sunt numărul şi tipul de mijloace de transport cu care vor fi înzestrate (în funcţie de natura materialelor şi produselor depozitate şi de tipul şi dimensiunile viitoarelor unităţi de încărcătură), precum şi de numărul de clienţi din aria de responsabilitate a centrului logistic, pe care îi vor deservi. Suma alocată investiţiilor permite achiziţionarea a maximum 42 de autovehicule de diverse capacităţi. Managerii de logistică trebuie să identifice câte centre de distribuţie din fiecare tip pot fi create, astfel încât numărul clienţilor deserviţi (punctelor de desfacere) să fie maxim, având în vedere datele din tabelul 1.

Tabelul 1

Caracteristicile tipurilor de centre de distribuţie

Tipul centrului de distribuţie	Numărul de autovehicule din dotare	Numărul de clienţi deserviţi (α_i)	Capacitatea autovehiculelor
A	15	35	Mică
B	20	68	Medie
C	12	47	Mare

Cu datele din tabelul 1, modelul matematic cuprinde relaţiile funcţiilor de utilitate, respectiv de alocare a resurselor,

$$\begin{cases} g_1(x_1) = 35x_1 \\ g_2(x_2) = 68x_2 \\ g_3(x_3) = 47x_3 \end{cases} \quad (7) \qquad \begin{cases} h_1(x_1) = 15x_1 \\ h_2(x_2) = 20x_2 \\ h_3(x_3) = 12x_3 \end{cases} \quad (8)$$

funcţia-obiectiv, $\max z = 35x_1 + 68x_2 + 47x_3$ (9)

$$15x_1 + 20x_2 + 12x_3 \le 42$$

şi restricţiile: $x_j \ge 0, (j = 1,2,3)$ (10)

x_j, numere întregi

Prima restricţie stabileşte numărul maxim de autovehicule care pot fi repartizate tuturor centrelor de distribuţie, iar cea de-a doua şi a treia restricţie impun ca numărul de centre de distribuţie create trebuie să fie unul pozitiv şi întreg.

Având în vedere că problema vizează crearea a trei tipuri de centre de distribuţie, rezultă că trebuie parcurse trei etape, fiecare dintre aceste etape având mai multe stări, determinate de numărul de autovehicule repartizate, astfel încât numărul de clienţi deserviţi să fie maxim.

Astfel, în prima etapă, în baza ecuaţiei fundamentale dată de relaţia (6), funcţia ce defineşte numărul maxim de clienţi deserviţi de centrul de distribuţie de tip A, în condiţiile alocării unui număr corespunzător de mijloace de transport, va avea forma:

$$f_A(r_1) = \max_{x_1}[35x_1] \quad (11)$$

Notând cu ξ_i valorile variabilelor decizionale x_j, ($\xi_i \ge 0, \xi_i, \text{\emph{întreg}}$) care reprezintă de fapt numărul de centre de distribuţie din fiecare tip care vor fi create, în funcție de numărul de autovehicule disponibil, pentru centrele de distribuție de tip A, având în vedere expresia funcției $h_1(x_1)$, obținem relația:

$$f_A(r_1) = 15\xi_1 \tag{12}$$

care trebuie să respecte condiția: $15\xi_1 \le r_1$ (13)

unde r_1 reprezintă numărul maxim de autovehicule care pot fi repartizate centrului de distribuție de tip A, încă necunoscut în această etapă. Cum valorile variabilelor decizionale trebuie să fie pozitive şi întregi, numărul centrelor de distribuție de tip A va fi dat de relația:

$$\xi_1 \le [r_1/15] \tag{14}$$

din care se va lua în considerare numai valoarea întreagă imediat inferioară, obținută.

Relația (11) devine, astfel:

$$f_A(r_1) = 35\xi_1 \tag{15}$$

care reprezintă numărul total de clienți deserviți de centrele de distribuție tip A, create.

În etapa a doua, aplicând aceeaşi relație (6) obținem:

$$f_{AB}(r_2) = \max_{x_2}\left[g_2(x_2) + f_A(r_1)\right] = \max_{x_2}\left[68x_2 + f_A(r_1)\right] \tag{16}$$

Considerând r_2 numărul maxim de autovehicule repartizate centrelor de distribuție de tip A şi B, până în această etapă şi expresia funcției $h_2(x_2)$, putem rescrie relația (4), pentru această etapă, astfel:

$$r_1 = r_2 - 20\xi_2 \tag{17}$$

Înlocuind relația (17) în relația (16) obținem:

$$f_{AB}(r_2) = \max_{\xi_2}\left[68\xi_2 + f_A(r_2 - 20\xi_2)\right] \tag{18}$$

În ce-a de-a treia etapă, considerăm r_3 numărul maxim de autovehicule ce poate fi repartizat, în condițiile optimizării, celor trei centre de distribuție. Având în vedere că este ultima funcție de utilitate, rezultă că aceasta este reprezentată de numărul maxim de autovehicule ce poate fi achiziționat $(r_3 = 42)$. Împreună cu expresia funcției $h_3(x_3)$ putem rescrie relația (4), pentru această etapă, astfel:

$$r_2 = r_3 - 12\xi_3 = 42 - 12\xi_3 \tag{19}$$

În această etapă relaţia (6) va avea forma:

$$f_{ABC}(r_3) = \max_{x_3}\left[g_3(x_3) + f_{AB}(r_2)\right] = \max_{x_3}\left[47x_3 + f_{AB}(r_2)\right] \quad (20)$$

Înlocuind relaţia (19) în relaţia (20) obţinem relaţia:

$$f_{ABC}(r_3) = \max_{\xi_3}\left[47\xi_3 + f_{AB}(r_3 - 12\xi_3)\right] \quad (21)$$

Etapa întâi a algoritmului de determinare iterativă a numărului de clienţi care pot fi deserviţi de centrul de distribuţie de tip A este definită de relaţiile (11) ÷ (15), care împreună cu datele din tabelul 1 constituie punctul de plecare pentru calculele din etapele următoare.

În etapa a doua, notăm cu x_2^* numărul maxim de clienţi ce pot fi deserviţi de către centrele de distribuţie de tip A şi B create, valorile variabilelor de calcul şi rezultatele obţinute, în urma parcurgerii iteraţiilor din această etapă, fiind prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2

Numărul maxim de clienţi ce pot fi deserviţi de centrele de distribuţie de tip A şi B create, în funcţie de numărul de autovehicule alocate

Nr. iteraţiei	ξ_3	ξ_2	r_2	r_1	ξ_1	$f_A(r_1)$	x_2^*
1	0	0	42	42	2	70	70
2	0	1	42	22	1	35	103
3	*0*	*2*	42	2	*0*	0	136
4	1	0	30	30	2	70	70
5	1	1	30	10	0	0	68
6	2	0	18	18	1	35	35
7	3	0	6	6	0	0	0

Cu semnificaţia notaţiilor utilizate până în prezent, într-un prim set de iteraţii, menţinând $\xi_3 = 0$, alocăm succesiv diverse valori pentru ξ_2, pornind de la 0.

- Pentru $\xi_3 = 0$, $\xi_2 = 0$ şi $r_2 = 42$ (determinat cu relaţia (19), pentru $\xi_3 = 0$), aplicând relaţia (17) obţinem:

$$r_1 = r_2 - 20\xi_2 = 42 - 20 \cdot 0 = 42,$$

iar cu condiţia (14) obţinem:

$$\xi_1 = [r_1/15] = [42/15] = 2.$$

Înlocuind această valoare în relația (15) obținem:

$f_A(r_1) = 35\xi_1 = 35 \cdot 2 = 70$

relația (18) devenind,

$x_2^* = f_{AB}(r_2) = 68 \cdot \xi_2 + f_A(r_1) = 68 \cdot 0 + 70 = 70$

Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 2 la iterația 1.

• Pentru $\xi_3 = 0$, $\xi_2 = 1$ şi $r_2 = 42$, obținem:

$r_1 = r_2 - 20\xi_2 = 42 - 20 \cdot 1 = 22$

$\xi_1 = [r_1/15] = [22/15] = 1$, iar $f_A(r_1) = 35\xi_1 = 35 \cdot 1 = 35$, rezultând

$x_2^* = f_{AB}(r_2) = 68 \cdot \xi_2 + f_A(r_1) = 68 \cdot 1 + 35 = 103$

Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 2 la iterația 2.

• Pentru $\xi_3 = 0$, $\xi_2 = 2$ şi $r_2 = 42$, obținem:

$r_1 = r_2 - 20\xi_2 = 42 - 20 \cdot 2 = 2$

$\xi_1 = [r_1/15] = [2/15] = 0$, iar $f_A(r_1) = 35\xi_1 = 35 \cdot 0 = 0$, rezultând

$x_2^* = f_{AB}(r_2) = 68 \cdot \xi_2 + f_A(r_1) = 68 \cdot 2 + 0 = 136$

Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 2 la iterația 3.

• Pentru $\xi_3 = 0$, $\xi_2 = 3$ şi $r_2 = 42$, obținem $r_1 = r_2 - 20\xi_2 = 42 - 20 \cdot 3 = -18$. Având în vedere că avem o valoare negativă această iterație va fi anulată.

În continuare, vom iniția un al doilea set de iterații, menținând constant $\xi_3 = 1$ şi alocând succesiv valori pentru ξ_2, pornind de la 0.

• Pentru $\xi_3 = 1$, $\xi_2 = 0$ şi $r_2 = 30$ (determinat cu relația (19), pentru $\xi_3 = 1$), obținem:

$r_1 = r_2 - 20\xi_2 = 30 - 20 \cdot 0 = 30$

$\xi_1 = [r_1/15] = [30/15] = 2$, iar $f_A(r_1) = 35\xi_1 = 35 \cdot 2 = 70$, rezultând

$x_2^* = f_{AB}(r_2) = 68 \cdot \xi_2 + f_A(r_1) = 68 \cdot 0 + 70 = 70$

Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 2 la iterația 4.

• Pentru $\xi_3 = 1$, $\xi_2 = 1$ şi $r_2 = 30$, obținem:

$r_1 = r_2 - 20\xi_2 = 30 - 20 \cdot 1 = 10$

$\xi_1 = [r_1/15] = [10/15] = 0$, iar $f_A(r_1) = 35\xi_1 = 35 \cdot 0 = 0$, rezultând

$x_2^* = f_{AB}(r_2) = 68 \cdot \xi_2 + f_A(r_1) = 68 \cdot 1 + 0 = 68$

Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 2 la iterația 5.

• Pentru $\xi_3 = 1$, $\xi_2 = 2$ și $r_2 = 30$, obținem:

$r_1 = r_2 - 20\xi_2 = 30 - 20 \cdot 2 = -10$. Având în vedere că avem o valoare negativă această iterație va fi anulată.

În al treilea set de iterații, menținem constant $\xi_3 = 2$ și alocăm succesiv diverse valori pentru ξ_2, pornind de la 0.

• Pentru $\xi_3 = 2$, $\xi_2 = 0$ și $r_2 = 18$ (determinat cu relația (19), pentru $\xi_3 = 2$), obținem:

$r_1 = r_2 - 20\xi_2 = 18 - 20 \cdot 0 = 18$

$\xi_1 = [r_1/15] = [18/15] = 1$, iar $f_A(r_1) = 35\xi_1 = 35 \cdot 1 = 35$, rezultând

$x_2^* = f_{AB}(r_2) = 68 \cdot \xi_2 + f_A(r_1) = 68 \cdot 0 + 35 = 35$

Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 2 la iterația 6.

• Pentru $\xi_3 = 2$, $\xi_2 = 1$ și $r_2 = 18$, obținem:

$r_1 = r_2 - 20\xi_2 = 18 - 20 \cdot 1 = -2$. Având în vedere că avem o valoare negativă această iterație va fi anulată.

În al patrulea set de iterații, menținem constant $\xi_3 = 3$ și alocăm succesiv diverse valori pentru ξ_2, pornind de la 0.

• Pentru $\xi_3 = 3$, $\xi_2 = 0$ și $r_2 = 6$ (determinat cu relația (19), pentru $\xi_3 = 3$), obținem:

$r_1 = r_2 - 20\xi_2 = 6 - 20 \cdot 0 = 6$

$\xi_1 = [r_1/15] = [6/15] = 0$, iar $f_A(r_1) = 35\xi_1 = 35 \cdot 0 = 0$, rezultând

$x_2^* = f_{AB}(r_2) = 68 \cdot \xi_2 + f_A(r_1) = 68 \cdot 0 + 0 = 0$

Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 2 la iterația 7.

Analizând datele din tabelul 2 se observă că cea mai bună politică logistică este $p^* = (0, 2, 0)$, respectiv cea rezultată din iterația nr. 3, pentru care numărul de clienți deserviți este maxim, respectiv 136. O astfel de politică logistică vizează crearea a două centre de distribuție de tip B, dotate cu un număr total de 40 de autovehicule de capacitate medie.

În etapa a treia, încercăm să îmbunătățim această politică inițiind o nouă analiză, din perspectiva numărului maxim de autovehicule ce poate fi repartizat fiecărui centru de distribuție, astfel încât să obținem numărul maxim de clienți deserviți în această etapă, x_3^*. Această analiză va cuprinde un nou spectru de valori pentru ξ_3.

• Mai întâi, considerăm că nu vom crea niciun centru de distribuție de tip C. Cu relația (19), pentru $\xi_3 = 0$, obținem numărul de autovehicule disponibile pentru a fi repartizate centrelor de distribuție de tip A şi B, care vor fi create:

$$r_2 = r_3 - 12\xi_3 = 42 - 12\xi_3 = 42 - 12 \cdot 0 = 42$$

Relația (18) devine în acest caz:

$f_{AB}(r_2) = \max f_{AB}(42) = 136$, rezultat obținut în urma parcurgerii iterațiilor 1÷3, din etapa precedentă. Aplicând relația (21), obținem:

$x_3^* = f_{ABC}(r_3) = 47 \cdot \xi_3 + f_{AB}(r_2) = 47 \cdot 0 + 136 = 136$, respectiv numărul maxim de clienți deserviți de cele două centre de distribuție tip B create până în acest moment (în tabelul 2, acestei valori îi corespunde $\xi_2 = 2$).

• Considerăm că vom crea un singur centru de distribuție de tip C. Aplicând aceeaşi relație (19), pentru $\xi_3 = 1$, obținem numărul de autovehicule disponibile pentru a fi repartizate centrelor de distribuție care vor fi create:

$$r_2 = r_3 - 12\xi_3 = 42 - 12\xi_3 = 42 - 12 \cdot 1 = 30$$

Relația (18) devine în acest caz:

$f_{AB}(r_2) = \max f_{AB}(30) = 70$, rezultat obținut în urma parcurgerii iterațiilor 4 şi 5, din etapa precedentă. Aplicând relația (21), obținem:

$x_3^* = f_{ABC}(r_3) = 47 \cdot \xi_3 + f_{AB}(r_2) = 47 \cdot 1 + 70 = 117$, respectiv numărul maxim de clienți deserviți de toate centrele de distribuție create până în acest moment. Ştiind că am pornit această iterație cu crearea unui centru de distribuție de tip C, acesta deservind conform tabelului 1, 47 de clienți, rezultă că ne mai rămân (117 – 47) = 70 de clienți de deservit. Cum numărul de centre de distribuție trebuie să fie unul întreg şi pozitiv, tot din tabelul 1 deducem că mai pot fi create (70:35) = 2 centre de distribuție de tip A.

Procedând în mod similar, obținem în continuare,

• Pentru $\xi_3 = 2$:

$r_2 = r_3 - 12\xi_3 = 42 - 12\xi_3 = 42 - 12 \cdot 2 = 18$

$f_{AB}(r_2) = \max f_{AB}(18) = 35$

$x_3^* = f_{ABC}(r_3) = 47 \cdot \xi_3 + f_{AB}(r_2) = 47 \cdot 2 + 35 = 129$, ceea ce reprezintă numărul maxim de clienți deserviți de toate centrele de distribuție. Ştiind că am pornit iterația cu crearea a două centre de distribuție de tip C, rămânându-ne (129 – 94) = 35 de clienți de deservit, deducem că, respectând condițiile de mai sus, mai putem crea un centru de distribuție de tip A.

• Pentru $\xi_3 = 3$:

$r_2 = r_3 - 12\xi_3 = 42 - 12\xi_3 = 42 - 12 \cdot 3 = 6$

$f_{AB}(r_2) = \max f_{AB}(6) = 0$

$x_3^* = f_{ABC}(r_3) = 47 \cdot \xi_3 + f_{AB}(r_2) = 47 \cdot 3 + 0 = 141$, ceea ce reprezintă numărul de clienți deserviți de un număr de trei centre de distribuție de tip C.

Rezultatele obținute în această etapă sunt prezentate în tabelul 3.

Analizând datele din tabelele 2 şi 3, putem ierarhiza politicile optime de repartiție a capacităților de transport pe centre de distribuție (CD), sub forma prezentată în tabelul 4.

Tabelul 3

Numărul maxim de clienți ce pot fi deserviți de cele trei centre de distribuție create, în funcție de numărul de autovehicule alocate

Nr. iterației	ξ_3	r_2	$f_{AB}(r_2)$	x_3^*	Ordinea politicilor
1	0	42	136	136	(2)
2	1	30	70	117	(4)
3	2	18	35	129	(3)
4	3	6	0	**141**	(1)

Tabelul 4

Ierarhia politicilor logistice

Politica	Numărul de CD ce pot fi create, pe tipuri:			Numărul maxim de clienți ce pot fi deserviți de CD create	Numărul de autovehicule necesare dotării CD
	Tip A	Tip B	Tip C		
1	**-**	**-**	**3**	**141**	**36**
2	-	2	-	136	40
3	1	-	2	129	39
4	2	-	1	117	42
5	1	1	-	103	35

Cu ajutorul datelor din tabelul 4 am trasat graficul din figura 1.

Se observă cu uşurinţă că politica logistică optimă de adoptat în condiţiile date, este $p_{opt} = p_1 = (0,0,3)$, respectiv crearea a trei centre de distribuţie de tip C, care vor deservi un număr de 141 de clienţi şi pentru dotarea cărora sunt necesare 36 de autovehicule, din cele 42 posibil a fi achiziţionate.

Utilizarea eficientă a capacităţii de transport avută la dispoziţie reprezintă un obiectiv esenţial în direcţia sporirii performanţelor sistemelor logistice. Un astfel de obiectiv poate fi atins prin identificarea şi implementarea unor metode şi modele din domeniul cercetării operaţionale. Scopul unui astfel de demers se va reflecta în modelul matematic prin tendinţa de a mări valoarea criteriului de eficienţă, criteriu care va înlocui complet scopul operaţiei (Ghermeier, 1973). Programarea dinamică reprezintă una dintre metodele de optimizare a sistemelor, în care mecanismul de rezolvare a problemelor vizează descompunerea acestora pe etape, optimizările din fiecare etapă având caracter recursiv.

Indiferent dacă valorile optime ale deciziilor sunt determinate prin calcul tabelar sau prin metode analitice, determinarea lor succesivă s-a dovedit a fi mult mai eficientă. Pentru a aplica metodele programării dinamice trebuie ca evaluările (costurile) asociate deciziilor să fie aditive, iar modul în care sistemul a ajuns într-o anumită stare nu trebuie să influenţeze asupra stărilor viitoare (Ackoff, Sasieni, 1975).

Pentru creşterea performanţelor sistemului logistic şi diminuarea costurilor, din punct de vedere al transporturilor, este necesară:

- utilizarea la maximum a capacităţilor disponibile;
- utilizarea pe scară largă a aplicaţiilor informatice de stabilire a rutelor de deplasare, de monitorizare şi de coordonare a desfăşurării operaţiunilor specifice;
- diminuarea la maximum sau eliminarea parcursurilor goale;
- dotarea centrelor de distribuţie cu minimul necesar de mijloace de transport;
- maximizarea timpului de utilizare a mijloacelor de transport;
- utilizarea pe scară largă a paletizării şi containerizării;
- utilizarea unor mijloace de transport adecvate caracteristicilor materialelor şi produselor;
- asigurarea în totalitate şi de calitate a cerinţelor clienţilor.

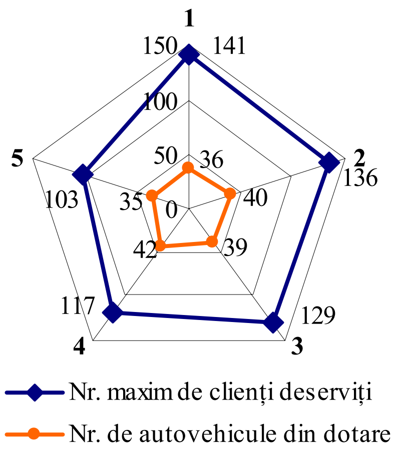

Figura 1. *Graficul politicilor logistice*

Obținerea unei capacități de transport sporite vizează două aspecte – unul de natură investițională şi unul de natură organizatorică. Primul aspect are în vedere latura strategică şi se referă la achiziția de noi mijloace de transport, în concordanță cu perspectivele dezvoltării sistemului logistic. Cel de-al doilea aspect are în vedere două laturi – tactică şi operațională – în care latura tactică se referă la utilizarea unor capacități suplimentare, pe termen limitat, furnizate de organizații specializate în transporturi, iar latura operațională vizează măsurile curente ce trebuie întreprinse de managerii de logistică, în scopul creşterii gradului de utilizare a capacităților de transport existente.

Cunoaşterea şi înțelegerea deplină a factorilor care influențează volumul, ritmul calitatea şi eficiența operațiunilor de transport din sfera logisticii, identificarea şi utilizarea metodelor şi tehnologiilor moderne care să asigure promptitudinea livrării comenzilor către clienți, sporirea gradului de ocupare a mijloacelor de transport şi diminuarea la maximum a costurilor, reprezintă principale direcții de acțiune manageriale pentru îmbunătățirea funcționalității şi structurii sistemului logistic.

Bibliografie

Ackoff, R.L., Sasieni, M.W. (1975). *Bazele cercetării operaționale*, Editura Tehnică, Bucureşti

Bellman, R.E. (1957). *Dynamic programming*, Princeton University Press, Princeton

Ghermeier, I.B. (1973). *Introducere în teoria cercetării operaționale*, Editura Tehnică, Bucureşti

Kaufmann, A. (1967). *Metode şi modele ale cercetării operaționale*, vol. I, II, Editura Ştiințifică şi Enciclopedică, Bucureşti

Stokey, N.L., Lucas, R.E. (1989). *Recursive methods in economic dynamics*, Harvard University Press