

ALGORITM GENETIC PENTRU STABILIREA LOCAȚIEI OPTIME A UNEI PLATFORME DE DEPOZITARE INTERMEDIARĂ

Prof.univ.dr. Doina CARP, Asist.univ.drd. Viorela- Georgiana STÎNGĂ

Universitatea Maritimă din Constanța, Constanța, România

REZUMAT. Problema stabilirii amplasamentului de un anumit tip este o problemă de planificare abordată deja prin tehnici ale Cercetărilor Operaționale. Ea se referă la stabilirea numărului de facilități de un anumit tip și a localizării lor, în funcție de anumite condiții date și de anumite restricții. Transportul naval dobrogean se desfășoară prin intermediul porturilor maritime Constanța, Mangalia, Midia și tranzitează porturile fluviale Murfatlar, Medgidia și Cernavodă. Ținând seama de dispunerea geografică a acestor porturi precum și de importanța și ponderea lor în tranzitul mărfurilor spre interiorul Europei, se caută cea mai bună amplasare a unor depozite intermediare. Lucrarea prezintă un Algoritm Genetic pentru rezolvarea problemei prezentate, având ca obiectiv minimizarea costurilor de distribuție.

Cuvinte cheie: Algoritm Genetic, analiza locației, platformă de depozitare, restricții.

ABSTRACT. The facility location problem is a planning issue already addressed by Operational Research techniques. It refers to establishing the number of one particular type of facilities and their location, according to certain given conditions and restrictions. The ship transport of Dobrogea is carried out through the maritime port of Constanta and its two satellite ports: Mangalia and Midia, passing across three river ports: Murfatlar, Medgidia and Cernavoda. Taking into consideration the geographical position of these ports, their importance and their share in the transit of goods inwards Europe, there has always been an interest in finding the best location for different intermediate storages. Through this paper we will get an insight into this issue, presenting a genetic algorithm used to solve the problem presented above, with the main objective of minimizing distribution costs

Keywords: Genetic algorithm, location analysis, intermediate storage, restrictions.

1. CONSIDERAȚII INTRODUCȚIVE

Într-un mediu de afaceri tot mai dinamic, obiectivul oricărui lanț de aprovizionare are în vedere furnizarea unor servicii cât mai competitive clienților, atât din punct de vedere al calității și fiabilității acestora, dar mai ales din punct de vedere al costurilor. Pentru aceasta furnizorii încearcă permanent să asigure servicii la costuri cât mai scăzute, luând în considerare faptul că transportul și costurile fixe reprezintă elementele principale ale prețului final al mărfurilor. Într-un mediu de afaceri în care sistemul de distribuție „just-in-time” joacă un rol important în transferul mărfurilor, fiecare serviciu oferit își propune creșterea nivelului de satisfacere a clienților și protecția mediului înconjurător. Din acest motiv platformele de depozitare intermediară sunt considerate elemente cheie în rețelele de distribuție.

Farahani și Hekmatfar [8] apreciază în lucrarea lor că există un interes major în stabilirea celei mai bune locații pentru diferite depozite intermediare, datorită rolului lor la nivelul sistemului logistic.

Aceste depozite pot fi utilizate fie pentru depozitarea mărfurilor înainte ca acestea să ajungă la clienți, fie când există o diferență de timp între cererea de fabricație și termenul de predare. De asemenea, ei consideră că este important ca depozitele să fie amplasate astfel încât să asigure satisfacerea clientului prin realizarea celei mai scurte distanțe de transport.

Amplasarea unei facilități de tip depozit, facilități de urgență, etc. impune o decizie influențată de mai mulți factori (atât calitativi cât și cantitativi), care, pe termen lung, afectează costurile și veniturile asupra cărora nu se mai poate interveni [7].

2. PREZENTAREA PROBLEMEI

Există o literatură vastă în ceea ce privește planificarea amplasării unei facilități de transport al cărui obiectiv principal este de a minimiza costul total. Corum în [4] apreciază că planificarea amplasării unei facilități are două ramuri majore: proiectarea facilității (ia în considerare atât obiectivele facilității, cât și înlocuirea la nevoie a elementelor sale) și amplasarea

facilității pentru care se iau în considerare clienții săi, concurenții, furnizorii sau alte elemente esențiale ale lanțului de aprovizionare.

Problema stabilirii amplasamentului de un anume tip este o problemă de planificare abordată deja prin tehnici ale Cercetărilor Operaționale, fiind introdusă pentru prima dată în anul 1965 de către Balinski [2]. Aceasta se referă la stabilirea numărului unui anumit tip de facilități și la amplasarea acestora, în funcție de anumite restricții și condiții date, într-un mod care să asigure reducerea la minim a sumei costurilor de transport, precum și a costurilor fixe asociate facilității.

Atunci când vorbim despre problema amplasării, trebuie precizate cele patru elemente care, în cele din urmă, permit stabilirea locului sau a locurilor ideale pentru deschiderea diverselor facilități. Așa cum a subliniat și Bumb în lucrarea sa [3], cele patru elemente sunt:

- un set de locații în care facilitățile pot fi amplasate (pentru fiecare locație este necesar să se stabilească costurile privind construcția și funcționalitatea ei);

- o mulțime de clienți deservită de fiecare locație. În acest caz este necesar să se stabilească cererea și profitul asociate fiecăruia dintre ei;

- un set de cerințe care trebuie să fie îndeplinite prin amplasarea locației;

- o funcție care trebuie asociată fiecărui set de locații, care trebuie să fie optimizată astfel încât să asigure satisfacerea tuturor cerințelor.

Problema privind amplasarea unei platforme de depozitare intermediară este cunoscută și sub numele de „Problema amplasării” [5], care utilizează programarea liniară. Această metodă urmărește alocarea beneficiarilor către cea mai apropiată platformă de depozitare. Costescu D. menționează în lucrarea sa următoarea funcție obiectiv:

$$\min \sum_{j=1}^n c_j \cdot x_j \quad (2.1)$$

Restricțiile acestei funcții obiectiv considerate, sunt:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j \geq 1, \forall i \in I \quad (2.2)$$

$$x_j \in \{0,1\}, \forall j \in J$$

unde: $J = \{1, 2, \dots, n\}$, este mulțimea indexată după j , formată din punctele potențiale pentru amplasarea platformelor;

$I = \{1, 2, \dots, m\}$, este mulțimea indexată după i , formată din beneficiari;

c_j , reprezintă costurile de amplasare într-un punct ale platformei;

a_{ij} , reprezintă variabila binară care ia valoarea 1 dacă punctul de amplasare acoperă cererea beneficiarului și 0 în caz contrar.

Rezolvarea și optimizarea unei probleme privind amplasarea unei facilități de transport se realizează și prin intermediul unei tehnici de mare succes, introdusă de Holland în 1975, denumită „algoritmi genetici”, o metodă de căutare și optimizare stochastică care diferă de alte tehnici de căutare convenționale datorită mecanismului său de selecție naturală și moștenire genetică, o metaforă biologică ca punct de pornire.

Metoda pornește cu un set de soluții admisibile, numit „populație” (creată în mod arbitrar), fiecare dintre ele reprezentând o potențială soluție a problemei, numită „cromozom”. După ce populația este stabilită, aceasta evoluează spre soluții mai bune, prin diferite procese genetice (selecția, încrucișarea sau mutația) care conduc la o mai bună valoare a funcției de adecvare (utilizată pentru a evalua starea fiecărui cromozom). Algoritmii genetici generează o nouă populație, formată din indivizi cu caracteristici mai bune și mai adecvați mediului decât cei ai populației anterioare [6].

După cum este descrisă în literatura de specialitate, această metodă presupune urmărirea unor pași simpli, introduși de Holland, bazați pe o abordare de jos în sus (care trebuie să se finalizeze cu o soluție optimă), după cum urmează [1], [6], [7]:

- *Pasul 1.* Crearea/generarea populației inițiale;

- *Pasul 2.* Evaluarea valorii funcției de adecvare a fiecărui individ (mecanism utilizat pentru a măsura și evalua starea unui cromozom [10]);

- *Pasul 3.* Selecția – luând în considerare caracteristicile fiecărui individ, în cadrul acestei etape, unii indivizi se pot reproduce mai des decât alții [9];

- *Pasul 4.* Încrucișarea;

- *Pasul 5.* Mutația;

- *Pasul 6.* Găsirea celei mai bune soluții (dar, în cazul în care criteriile de optimizare nu sunt îndeplinite, atunci metoda impune întoarcerea la pasul 2 și selectarea în final a celui mai bun individ ca soluție finală).

Mangla, Akhare și Ambarkar [12] descriu în lucrarea lor modul în care această metodă este pusă în aplicare pentru problema stabilirii amplasamentului de un anume tip.

Din cele două metode de selecție: metoda deterministă (selecția prin trunchiere – pe baza valorii indivizilor de adecvare) și metoda aleatoare (pe baza poziției pe care aceștia o au în cadrul populației- cea mai utilizată fiind cea de tip ruletă), Mangla, Akhare și Ambarkar au optat în lucrarea lor pentru cea din urmă.

Încrucișarea are în vedere obținerea unor cromozomi noi sau înlocuirea celor slabi cu unii mai puternici, prin selectarea în mod aleatoriu a unor gene din cromozomii părinți. Literatura de specialitate prezintă mai multe metode de realizare a acestui pas, însă cele mai multe dintre acestea utilizează încrucișarea la nivelul a două puncte.

INTERACȚIUNI DINTRE TRANSPORTURI ȘI DEZVOLTAREA REGIONALĂ

Mutației presupune inversarea structurii unui cromozom, cu scopul obținerii unor indivizi cu proprietăți cromozomiale diferite față de cele ale majorității indivizilor din populație. La nivelul algoritmilor genetici, mutația deține un rol secundar, după procesul încrucișării, aceasta încercând să asigure împiedicarea pierderii unor soluții [9], [6].

3. STUDIU DE CAZ

În Dobrogea există trei porturi maritime și patru porturi fluviale. Referitor la transportul naval dobrogean, trebuie să subliniem importanța majoră atât a transportului maritim, cât și a transportului fluvial.

Astfel, pe lângă portul maritim Constanța, cel care asigură cel mai mare volum de marfă, o importanță deosebită o au și porturile sale satelit: Mangalia (situat la 38 km sud de portul maritim Constanța) și Midia (situat la 25 km spre nord).

În ceea ce privește transportul fluvial există trei porturi fluviale reprezentative: Murfatlar (situat la km 25 pe malul drept al Canalului Dunăre-Marea Neagră), Medgidia (situat pe partea dreapta a Canalului Dunăre-Marea Neagră, la km 37,5) și Cernavodă (situat pe malul drept al Dunării). Cel de-al patrulea port, Tulcea, din cauza distanței la care se află față de celelalte, nu a fost analizat prin prezentul studiu de caz.

Prin referire la structura comerțului maritim românesc, putem observa că în anul 2015 traficul total în porturile maritime românești a fost de peste 56.000.000 tone (conform datelor furnizate de Portul Constanța [14]), în timp ce în porturile fluviale a fost de peste 25.000.000 tone (conform datelor furnizate de Administrația Canalelor Navigabile [13]).

Ținând seama de dispunerea geografică a acestor porturi precum și de importanța și ponderea lor în tranzitul mărfurilor spre interiorul Dobrogei și chiar al Europei, se caută cea mai bună amplasare a unei platforme de depozitare intermediară.

Problema analizată rezolvă simultan următoarele două situații:

1) Pentru mărfurile de larg consum care ajung în porturile maritime românești, se pune problema contruirii uneia sau a mai multor platforme de depozitare, de unde mărfurile respective să pornească către cele trei porturi fluviale (Murfatlar, Medgidia și Cernavodă) pentru a deservi întregul lor hinterland;

2) Diverse produse agricole, industriale sau minerale, obținute în diferite părți ale Dobrogei, ajung în cele trei porturi fluviale, acolo sunt depozitate pentru o perioadă de timp, iar apoi sunt transportate către cele trei porturi maritime (Constanța, Midia și Mangalia).

În prezenta lucrare propunem o versiune care utilizează o metodă de căutare și optimizare, utilizând algoritmi genetici. Aceștia prezintă avantajul de a furniza într-un timp mult mai scurt decât cel necesar

pentru programarea liniară, soluții acceptabile, chiar dacă nu sunt soluții optime.

Pentru a putea determina locul în care ar trebui amplasată platforma de depozitare intermediară, asigurând în primul rând obținerea unor costuri minime, am utilizat modelul matematic formulat de Eroglu și Keskinurk [7] în lucrarea lor. Modelul a suferit corecții și adaptări la specificul geografic și economic dobrogean.

Funcția obiectiv utilizată de noi este:

$$\min(\sum_{i \in I} x_i \cdot CI_i + \sum_{j=1}^m \min_{i \in I_1} (d_{ij} \cdot \frac{P_j}{100})) \quad (3.1)$$

unde: $J = \{1, 2, \dots, m\}$, este mulțimea indexată după j , formată din posibili distribuitori;

$I = \{1, 2, \dots, n\}$, este mulțimea indexată după i , formată din posibilele locații ale platformei de depozitare intermediară;

$$I_1 = \{i \in I / x_i = 1\};$$

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{dacă pe locația „i” } \exists \text{ platformă} \\ 0, & \text{dacă pe locația „i” } \nexists \text{ platformă} \end{cases}$$

CI_i , reprezintă costurile de instalare asociate fiecărei posibile locații ale platformei;

d_{ij} , reprezintă distanța dintre platforma de depozitare și distribuitori;

P_j , reprezintă populația existentă în fiecare oraș în care platforma de depozitare poate fi amplasată.

Figura 3.1, preluată din [7], evidențiază legăturile care se realizează între posibilele locații ale platformei de depozitare intermediară și posibili distribuitori/consumatori.

Punerea în aplicare a acestei metode se realizează cu ajutorul funcției de adecvare care urmărește minimizarea costul total al instalării și alocării unui consum (pe baza tabelului cererii) care este definită de către Eroglu și Keskinurk [7] după cum urmează:

```
function fitness (population, distances,
installation costs);
for i=1:number of individuals '(rows)
fitness(i)= population (i,:)* installation cost;
'binary chromosomes
for j=1: number of genes 'warehouses
candidates (columns)
if population(i, j)== 1
fitness(i)= fitness(i);
else
fitness(i)= fitness(i) + min(nonzeros
(population (i,:)'*distances(:,j)));
end
end
end
end.
```

ALGORITM GENETIC PENTRU STABILIREA LOCAȚIEI OPTIME A UNEI PLATFORME DE DEPOZITARE

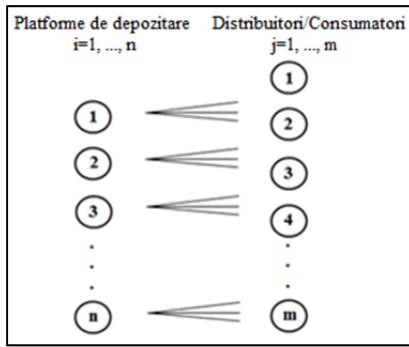


Fig. 3.1. Posibilele legături între platformele de depozitare intermediare și distribuitori/consumatori.

În vederea calculării funcției obiectiv (3.1), am cules datele prezentate în tabelele 3.1 și 3.2. (menționând că pentru Midia am considerat populația orașului Năvodari, fiind cea mai apropiată aglomerație urbană), luând în considerare ambele situații prezentate anterior (tabelele 3.3. și 3.4).

Funcția obiectiv a luat în considerare populația existentă în orașele port, deoarece ea determină cererea de marfă depozitată și transportată. Pentru exemplificare a fost luată în considerare prima situație prezentată, caz în care cantitățile de un anumit tip de marfă care sosesc în porturile i (Constanța, Midia și Mangalia), trebuie depozitate și apoi transportate către arealele din jurul centrelor Murfatlar, Medgidia și Cernavodă.

Tabelul 3.1. Datele corespunzătoare situației 1

Nume oraș	Populație (loc.)	Distanța până la (km):		
		Constanța	Midia	Mangalia
Murfatlar	10.746	18	41	55
Medgidia	43.841	40	47	76
Cernavodă	20.105	62	86	102

Tabelul 3.2. Datele corespunzătoare situației 2

Nume oraș	Populație (loc.)	Distanța până la (km):		
		Murfatlar	Medgidia	Cernavodă
Constanța	319.168	18	40	62
Midia	32.300	41	47	86
Mangalia	33.434	55	76	102

Tabelul 3.3. Tabel cerere (populație * distanță) pentru situația 1

	Murfatlar	Medgidia	Cernavodă
Constanța	193.428	1.753.640	1.246.510
Midia	440.586	2.060.527	1.729.030
Mangalia	591.030	3.331.916	2.050.710

Tabelul 3.4. Tabel cerere (populație * distanță) pentru situația 2

	Constanța	Midia	Mangalia
Murfatlar	5.745.024	1.324.300	1.838.870
Medgidia	12.766.720	1.518.100	2.540.984
Cernavodă	19.788.416	2.777.800	3.410.268

Figura 3.2 prezintă rețeaua realizată între posibilele locații ale platformei și posibii distribuitori. Posibilitatea stabilirii locației platformei de depozitare intermediară în orașele cu o populație ridicată crește prin includerea cererii acestora în calculul funcției obiectiv.

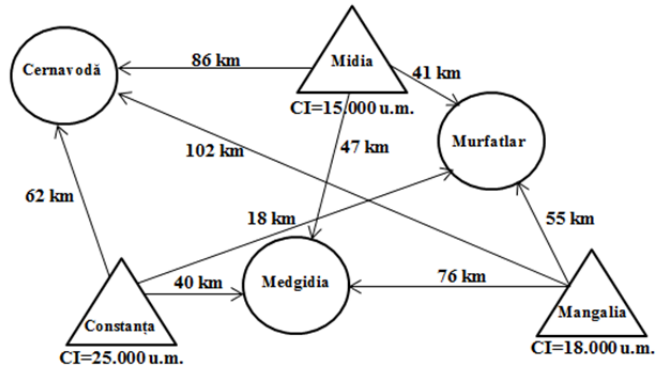


Fig. 3.2. Rețeaua realizată între posibilele locații ale platformei și posibii distribuitori.

Costurile de instalare ale platformelor de depozitare au fost stabilite ținând cont de resursele disponibile în apropierea punctelor de amplasare, respectiv carierele de piatră existente în apropierea celor trei posibile locații (Constanța, Midia și Mangalia), menționate în Tabelul 3.5.

Cele șase locații (trei maritime și trei fluviale) determină lungimea cromozomului. Se va lucra, așadar, cu cromozomi care au șase poziții (Tab. 3.6). Genele din cadrul structurii cromozomului au valoarea 1, dacă orașul port are o platformă de depozitare, 0 dacă aceasta nu există.

Tabelul 3.5. Tabel cu locația carierelor cele mai apropiate

Nr. crt.	Port maritim	Cariera cea mai apropiată
1.	Constanța	Murfatlar
2.	Midia	Albești
3.	Mangalia	Sitorman

Tabelul 3.6. Tabel cu semnificația genelor cromozomului

Poziție la nivelul cromozomului (gena)	Locație
1	Constanța
2	Midia
3	Mangalia
4	Murfatlar
5	Medgidia
6	Cernavodă

Figura 3.3. prezintă structura cromozomului realizat cu ajutorul algoritmilor genetici pentru rețeaua prezentată mai sus (Figura 3.2), pentru care se va prezenta modelul de calcul al valorii funcției obiectiv.

INTERACȚIUNI DINTRE TRANSPORTURI ȘI DEZVOLTAREA REGIONALĂ

1	1	1	0	0	0
---	---	---	---	---	---

Fig. 3.3. Structura cromozomului

Costul total al instalării și alocării unui consum asociat acestui cromozom este: $58.000+12.250,44=70.250,44$. Valoarea funcției obiectiv atunci când este amplasată o platformă de depozitare intermediară în Constanța, conform structurii cromozomului prezentată în Figura 3.4, este:

$$CI_1 + \min\left(d_{11} \cdot \frac{P_1}{100}; d_{12} \cdot \frac{P_2}{100}; d_{13} \cdot \frac{P_3}{100}\right) = 26.934,28 \quad (3.2)$$

Valoarea funcției obiectiv atunci când este amplasată o platformă de depozitare intermediară în Midia, conform structurii cromozomului prezentată în Figura 3.5, este:

$$CI_2 + \min\left(d_{21} \cdot \frac{P_1}{100}; d_{22} \cdot \frac{P_2}{100}; d_{23} \cdot \frac{P_3}{100}\right) = 19.405,86 \quad (3.3)$$

Valoarea funcției obiectiv atunci când este amplasată o platformă de depozitare intermediară în Mangalia, conform structurii cromozomului prezentată în Figura 3.6, este:

$$CI_3 + \min\left(d_{31} \cdot \frac{P_1}{100}; d_{32} \cdot \frac{P_2}{100}; d_{33} \cdot \frac{P_3}{100}\right) = 23.910,3 \quad (3.4)$$

1	0	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---

Fig. 3.4. Structura cromozomului aferent amplasării platformei de depozitare intermediară în Constanța

0	1	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---

Fig. 3.5. Structura cromozomului aferent amplasării platformei de depozitare intermediară în Midia

0	0	1	0	0	0
---	---	---	---	---	---

Fig. 3.6. Structura cromozomului aferent amplasării platformei de depozitare intermediară în Mangalia

Procedând analog pentru cele 64 de unități ale mulțimii tuturor cromozomilor posibili, se pot identifica locațiile platformelor de depozitare intermediară care corespund scopului propus.

Pentru implementarea metodei propuse, am utilizat programul Matlab. Am ales 30 de seturi de soluții admisibile (populația), fiecare format din 25 de cromozomi generați aleator. Cu ajutorul acestora s-a lucrat la fiecare iterație, prin utilizarea

unei rate de încrucișare (*crossover*) de 0,15 și a unei rate de mutație de 0,5. Ca metodă de realizare a încrucișării s-a utilizat încrucișarea la nivelul unui punct, iar mutația a fost de tip „*bit flip*”. Am rulat algoritmul de 100 de ori, de fiecare dată oprind cea mai bună soluție (cea cu costul minim), așa cum se poate observa în tabelul 3.7.

Prin utilizarea algoritmilor genetici și pe baza datelor prezentate în tabelul de mai sus, se poate observa că soluția optimă corespunde cromozomului de mai jos (figura 3.7).

0	1	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---

Fig. 3.7. Structura cromozomului aferent amplasării platformei de depozitare intermediară în Midia

Comparând rezultatele obținute, prin folosirea programului Matlab, pentru valorile funcției obiectiv, am s-a ajuns la concluzia că platforma de depozitare intermediară va fi amplasată în Midia, valoarea funcției obiectiv fiind de 19405,86.

Tabelul 3.7. Rezultatele obținute prin utilizarea a lgoritmilor genetici

Timpul de rulare al algoritmului	Număr de iterații	Valoarea funcției obiectiv	Structura cromozomului soluție
0.624989	100	43316.16	(011000)
0.569121	100	29243	(000100)
0.573037	100	23910.3	(001000)
0.58043	100	23910.3	(001000)
0.563188	100	36181	(000010)
0.586718	100	23910.3	(001000)
0.604099	100	26934.28	(100000)
0.621351	100	19405.86	(010000)
0.559454	100	19405.86	(010000)
0.574183	100	19405.86	(010000)
0.597729	100	36181	(000010)
0.591804	100	23910.3	(001000)
0.634798	100	29243	(000100)
0.544182	100	19405.86	(010000)
0.592735	100	43316.16	(011000)
0.533963	100	19405.86	(010000)
0.542415	100	26934.28	(100000)
0.547416	100	23910.3	(001000)
0.604276	100	43316.16	(011000)
0.564472	100	19405.86	(010000)
0.554676	100	19405.86	(010000)
0.600968	100	36181	(000010)
0.544985	100	26934.28	(100000)

4. CONCLUZII

Atunci când costurile de instalare sunt mari, metoda algoritmilor genetici selectează rapid amplasarea unei singure platforme de depozitare intermediară. Acest lucru demonstrează faptul că atât cererea (populația multiplicată cu distanța aferentă) cât și costurile de instalare sunt elementele definiții pentru stabilirea locației unei platforme de depozitare, într-o zonă intens populată.

În această lucrare, algoritmul genetic propus de Eroglu și Keskinurk [7] a suferit o serie de modificări precum:

- introducerea variabilei aleatorii „ x_i ” în funcția obiectiv;

- dubla raportare constând în amplasarea platformei în porturile maritime sau amplasarea platformei în porturile fluviale. Pentru aceasta a fost necesară omogenizarea structurii genetice a cromozomului.

Menționăm că stabilirea costurilor de instalare cât mai realiste a fost posibilă luând în considerare existența și amplasarea carierelor de piatră pe teritoriul Dobrogei. Dacă s-ar fi luat în considerare și portul Tulcea în ciuda singularității sale poziționale, populația de cromozomi ar fi avut cardinalul 2^7 . Algoritmul genetic nu ar fi avut modificări, doar timpul de obținere a soluției optime ar fi crescut.

BIBLIOGRAFIE

[1] Arifin, S., *Location allocation problem using genetic algorithm and simulating annealing: a case study based on*

school in Enschede, Master thesis, Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation, University of Twente, The Netherlands, 2011.

- [2] Balinski, M. L., *Integer Programming: Methods, uses, computations*, Management Science, **12**, p.253-313, 1965.
- [3] Bumb A., *Approximation Algorithms for Facility Location Problems*, Ph.D. thesis University of Twente, Twente University Press, 2002.
- [4] Corum, A., *Facility location problem*, 10th International Research/Expert Conference „Trends in the Development of Machinery and Associated Technology” TMT 2006, p. 585-588, Barcelona-Lloret de Mar, Spain, 2006.
- [5] Costescu, D., *Cercetări privind rețeaua transporturilor multimodale la distanțe medii. Modele matematice și de simulare pentru amplasarea și dezvoltarea terminalelor*. Teză de doctorat, Universitatea Politehnica din București, 2011.
- [6] Eroglu, E., Adiguzel, B., *A genetic algorithm based approach to the workload balancing problem*, 4th International Logistics and Supply Chain Management Congress, 2006.
- [7] Eroglu, E., Keskinurk, T., *Warehouse location problem with genetic algorithm*, 35th International Conference on Computers and Industrial Engineering, 655-660 p., 2005.
- [8] Farahani, R.Z., M. Hekmatfar, M. (eds.), *Facility Location: Concepts, Models, 295 Algorithms and Case Studies*, Contributions to Management Science, Physica-Verlag Heidelberg, 2009.
- [9] Jaramillo, J., Bhadury, J., Batta, R., *On the Use of Genetic Algorithms for Location problems*, Computers and Operations Research, **Vol. 29**, p. 761-779, 2002.
- [10] Kratica, J., Tosic, D., Filipovic, V., Ljubic, I., *Solving the simple plant location problem by genetic algorithm*, RAIRO Operations Research **35**, p. 127-142, 2001.
- [11] Man, K.F., Tang, K.S., Kwong, S., *Genetic algorithms: Concepts and designs*, Springer-Verlag, Berlin, 2000.
- [12] Mangla, M., Akhare, R., Ambarkar, S., *Implementing Genetic Algorithm to solve Facility Location Problem*, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), **Vol. 02**, Issue 05, p. 781-784, 2015.
- [13] <http://www.acn.ro>, accesat în martie 2016.
- [14] <http://www.portofconstantza.com>, accesat în martie 2016.

Despre autor

Prof.univ.dr. **Doina CARP**

Universitatea Maritimă din Constanța, Constanța, România

Absolventă a Facultății de Matematică- Mecanică a Universității București și a Facultății de Cibernetică a ASE București, a parcurs toate etapele carierei universitare didactice în cadrul Universității Maritime din Constanța.

Este membru, printre altele, al GAMM (Asociația Germană a specialiștilor din Matematică și Mecanică). A publicat lucrări în domeniul Geometriei Diferențiale, al Informaticii Economice și în Transporturi (Matematici aplicate).

Asist.univ.drd. **Viorela-Georgiana STÎNGĂ**

Universitatea Maritimă din Constanța, Constanța, România

Absolventă a Facultății de Navigație, Specializarea Inginerie Economică în Domeniul Transporturilor, este în prezent doctorand în cadrul Universității Politehnica București, Școala Doctorală Transporturi. A participat în colaborare cu Centrul Național de Promovare a Transportului Intermodal la diverse studii realizate în cadrul Proiectului ADB Multiplatform, în prezent fiind membru în echipa de cercetare a proiectului TEMPUS. A publicat lucrări în domeniul Transporturilor și în Economie.