

## Rotalama Yerleştirme Problemine Sezgisel Yaklaşım

Vildan Amil<sup>1</sup>

Ünsal Ozan Kahraman<sup>2</sup>

**Özet:** Çok boyutlu bir optimizasyon problemi olan rotalama ve yerleştirme, belirli bir araç-rota matrisi üzerinden yerleşkeleri önceden belirlenmiş olan tesislerden hangilerinin ulaşım ve üretim maliyeti toplamını minimize etmek için açılıp açılmayacağı ve aynı anda açılanlar arasında hangi rotaların kullanılacağına dair geometri problemini gündeme getirir. Bu probleme Daskin ve Perl'in modeli üzerine kurulu bir denklemler seti ile heuristic bir çözümler yöntemi olan Parçacık Sürü Algoritması (PSO) ile çözümler aranmıştır. Çalışmanın orijinalliğini aldığı ve üzerine kurulu olduğu birincil köşe taşı, yerleştirme ve rotalama problemini cebirsel ve deterministik mecrada ele almak ve buna dair kurguyu vermektir.

**Anahtar Kelimeler:** Parçacık Sürü Algoritması (PSO), Rotalama Yerleştirme problemleri (LRP), Optimizasyon, Sezgisel Yöntemler.

### 1. Giriş

Bruns (1998) yerleştirme rotalama problemlerini (LRP) “rota planlaması dikkate alınarak yerleşke optimizasyonu” olarak tanımlamıştır. Tanımlama hiyerarşik bir bakış açısına dayanmaktadır; belirli bir

1. Yüksek Lisans Öğrencisi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

2. Dr. Öğretim Üyesi, Sakarya Üniversitesi, SBF, İktisat Bölümü.

araç-rotalı matrisi üzerinden yerleşkeleri önceden belirlenmiş olan tesislerden hangilerinin ulaşım ve üretim maliyeti toplamını minimize etmek için açılıp açılmayacağı ve aynı anda açılanlar arasında hangi rotaların kullanılacağına dair geometri problemini gündeme getirir. Bu geometrik bulmaca, dokusu gereği ezbere dayanan bir formül seti çözümü içeremez; bunun yerine dinamik, grift ve çok açılı bir yordam benimsenmesi gerektiği ortadadır [Nagy and Salhi, 2007].

Bu çalışmasının orijinalliğini aldığı ve üzerine kurulu olduğu birincil köşe taşı, yerleştirme rotalama problemini cebirsel ve deterministik mecrada ele almak ve buna dair kurguyu vermektir. Bu amaçla Daskin ve Perl'in modeli üzerine kurulu bir denklemler seti kurgulanmıştır. Bu model birbiriyle ilişkili 3 temel karardan oluşmuştur: tesisin nereye konumlandırılacağı, müşterilerin tesislere nasıl tahsil edileceği ve müşterilere hizmet vermek için araçların nasıl rotalama olacağıdır. Modelde çok fazla kararın bir arada olması problemin çözme becerisini arttırmaktadır. Bu kararlar şunları içermektedir [Marikanis, 2009: 1920]: Yerleştirilecek kaç tesis olacak? Tesisler nerede olacak? Hangi müşteriler nerede olacak? Hangi rotalara hangi müşteriler atanacak? Müşteriler hangi rotada hangi sırada olacak?

Daha derin bir bakış açısıyla, deterministik bir çözüm ile heuristic bir çözümü ilişkilendirmek amaçlanmıştır. “Rotalama ve aynı anda yerleştirme” problemine canlıların toplumsallaşmalarında yaptıklarından öykünen ve bir dizi iterasyon üzerine kurulu metaheuristic bir yaklaşım sezgisi olan parçacık sürü algoritması kullanılarak çözüm aranmıştır.

## 2. Literatür Araştırması

Literatür incelendiğinde rotalama yerleştirme problemleri; kesin çözüm yöntemleri ve sezgisel çözüm yöntemleri ile yapılmış çalışmalara rastlanmaktadır. Kesin yöntemler genellikle matematiksel programlama temellidir. Oluşturulan modellerde; her bir turda tek bir tesis olması, tesislerin rotalara bağlanmaması ve değişkenlerin tamsa-

yılı veya binary değişken olması kısıtları bulunmaktadır. Literatürde kullanılan kesin çözüm yöntemleri aşağıdaki gibidir [Dadgostari ve diğerleri, 2009: 399]: Direk Ağaç Algoritması, Dinamik Programlama, Tamsayı Programlama, Doğrusal Olmayan Programlama.

Laporte ve Ark (1986) kapasite kısıtlı LRP probleminde kesin çözüm yöntemlerinden tamsayı programlama ile çözüm bulmuştur. Laporte ve Ark (1988) çok depolu araç rotalama ve rotalama yerleştirme problemleri için modifiye edilmiş dal ve sınır metodu kullanılmıştır. Zogratos ve Ark (1989) tehlikeli atıkların geri dönüşümü ve taşınmasında araç kapasite kısıtı olan, fabrika kapasitesi olmayan karışık tamsayı matematiksel model ile çözüm aramıştır. Laporte ve Ark (1989) dinamik rotalama yerleştirme problemlerinde fabrika ve araç kapasite kısıtı olmayan tamsayı programlama yöntemi kullanmıştır. Averbakh ve Ark (1995) fabrika ve araç kapasite kısıtsız modelinde polinomal algoritması kullanmıştır. Berger ve Ark (2007) mesafe kısıtı ile rotalama yerleştirme problemleri fabrika ve araç kapasite kısıtsız modeli dal ve fiyat çözüm yöntemi kullanmıştır. Akca ve Ark (2009) araç ve fabrika kapasite kısıtlı modelinde dal fiyat algoritması kullanmıştır. Belengure ve Ark (2011) kapasite ve araç kapasitesi kısıtlı yerleştirme rotalama problemlerinde dal ve kesme modelini kullanmıştır. [Ponboom, 2015: 30].

LRP’de problemdeki değişken sayısı arttıkça kesin çözüm yöntemleriyle çözüme ulaşmak zorlaşmaktadır. Bu nedenle birçok sezgisel çözüm yöntemleri kullanılmaktadır: Tabu araması, karınca kolonisi algoritması, parçacık sürü algoritması, genetik algoritma, literatürde sıkça karşılaşılan algoritmalarındandır. Fank ve Ark (2005) rotalama yerleştirme modeli için 2 aşamalı çözüm yöntemi kullanmıştır. Dağıtım ve tesislerin yerleştirilmesi için tabu araması; rotalama için ise karınca kolonisi algoritması kullanmıştır. Li ve Ark (2006) yerleştirme dağıtım ve rotalama için genetik algoritma kullanılmıştır. Bouhafs ve Ark (2008) karınca kolonisi ve tabu araması metahuristik yöntemlerini kullanmıştır. Tabu aramasını yerleştirme ve dağıtımda;

rotalama ise karınca kolonisi kullanmıştır. Yong (2008) 20 müşteri ve potansiyel 4 tesis yeri için rotalama ve yerleştirmede genetik algoritma yöntemini kullanmıştır. Wang (2013) lineer olmayan çok amaçlı matematiksel modelin büyük boyutlu problemlerde tabu arama yöntemi kullanmıştır. Yu ve Lin (2014) benzetimli tavlama yöntemi ile kapasite kısıtlı rotalama yerleştirme problemini 318 müşteri ve potansiyel 4 tesis için kullanmıştır. Asgarian ve Ark (2017) lojistik problemlerinin bir konusu olan atık toplama sorunu için rotalama yerleştirme modelini metaheuristik yöntemler kullanmıştır. Baskın olmayan sıralama genetik algoritması ve çok amaçlı parçacık sürü algoritması kullanmıştır. Kusakunniran ve Ark (2018) genetik algoritma ve değişken komşuluk arama yöntemi ile çözüm aramıştır. Performansı iyileştirmek için Genetik Algoritmadan sonra değişken komşuluk arama yöntemi kullanılmıştır. Peng ve ark (2018)'de kapasite kısıtlı rotalama yerleştirme problemi çalışmasından 3 algoritma kullanmıştır. Standart parçacık sürü algoritması, standart parçacık sürü algoritması ve kümeleme, standart PSO, kümeleme ve lokal arama yöntemlerini kullanmıştır.

### 3. Matematiksel Model

Problemin matematiksel modellemesinde Perl ve Daskin (1985) modeli temel alınmıştır. Problemden amaç olarak; hangi tesisin açılacağı ve müşteriler arasında dağılım nasıl yapılacağı toplam maliyeti en küçüklemeye çalışarak bulunmaya çalışılır [Akpınar, 2015: 25].

Kümeler:

I: müşteriler kümesi

J: Aday tesisler kümesi

P: tüm noktalar kümesi (I∪J)

k: Araçlar kümesi

Parametreler:

$f_j = j \in J$  fabrikanın kuruluş maliyeti

$d_{ij} = i \in P$  ile  $j \in P$  arasındaki mesafe

$v_j = j \in J$  fabrikasında üretimin birim maliyeti

$h_i = i \in I$  müşterisinin talep miktarı

$t_j = j \in J$  aday fabrikanın üretim kısıtı

$r_k = k$ . aracın kapasitesi

$l_k = k$ . aracın birim mesafede harcadığı yakıt maliyeti

$w_j = j$ . Tesisin üretimi

Karar değişkenleri:

$$Z_{ijk} = \begin{cases} 1, & i. \text{ müşteri } j. \text{ tesisten } k \text{ rotası ile alır.} \\ 0, & i. \text{ müşteri } j. \text{ tesisten } k \text{ rotası ile almaz.} \end{cases}$$

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1, & i. \text{ müşteri } j. \text{ tesisten hizmet alır.} \\ 0, & i. \text{ müşteri } j. \text{ tesisten hizmet almaz.} \end{cases}$$

$$X_j = \begin{cases} 1, & j. \text{ tesisten açılır.} \\ 0, & j. \text{ tesisten açılmaz.} \end{cases}$$

Model:

$$\min \quad \sum_{j \in J} f_j X_j + \sum_{j \in J} v_j \cdot (\sum_{i \in I} h_i Y_{ij}) + \sum_{k \in K} l_k (\sum_{j \in P} \sum_{i \in P} d_{ij} Z_{ijk}) \dots \dots \dots (1)$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in P} Z_{ijk} = 1; \quad \forall i \in I \dots \dots \dots (2)$$

$$\sum_{i \in I} h_i \sum_{j \in P} Z_{ijk} \leq r_k; \quad \forall k \in K \dots \dots \dots (3)$$

$$\sum_{i \in V} \sum_{j \in V} \sum_{k \in K} Z_{ijk} \geq 1; \quad \forall V \in P \text{ öyle ki } J \subset V \dots \dots \dots (4)$$

$$\sum_{j \in P} Z_{ijk} - \sum_{j \in P} Z_{ijk} = 0; \quad \forall i \in P, \forall k \in K \dots \dots \dots (5)$$

$$\sum_{j \in J} \sum_{i \in I} Z_{ijk} \leq 1; \quad \forall k \in K \dots \dots \dots (6)$$

$$\sum_{m \in P} Z_{imk} + \sum_{h \in P} Z_{jhk} - Y_{ij} \leq 1; \quad \forall j \in J; \forall i \in I; \forall k \in K \dots \dots (7)$$

$$\sum_{j \in J} w_j - \sum_{i \in I} h_i \sum_{j \in J} Y_{ij} = 0 \dots \dots \dots (8)$$

$$w_j - t_j X_j \leq 0 \dots \dots \dots (9)$$

$$X_j \in \{0,1\}; \quad \forall j \in J \dots \dots \dots (10)$$

$$Y_{ij} \in \{0,1\}; \quad \forall i \in I, \forall j \in J \dots \dots \dots (11)$$

$$Z_{ijk} \in \{0,1\}; \quad \forall i \in P, \forall j \in P, \forall k \in K \dots \dots \dots (12)$$

$$w_j \geq 0; \quad \forall j \in J \dots \dots \dots (13)$$

Matematiksel modeli şöyle açıklayabiliriz: Amaç fonksiyonunda her birim tesisteki toplam üretim maliyeti ve ulaştırma maliyetinden

oluşan toplam maliyet en küçüklemeye çalışılacaktır.

Problemin kısıtları ise şu şekilde açıklanabilir: 2 numaralı eşitsizlikte her müşteri bir rotadan hizmet alır, 3 numaralı eşitsizlikte her bir araç rotası hesaplanırken araç kapasitesi aşılamaz. 3 numaralı eşitsizlikte her rota mutlaka bir tesisten geçmelidir, sadece müşterilerden oluşan bir rota olması engellenmiştir. 5 numaralı eşitsizlikte her araç geldiği noktaya dönmelidir, 6 numaralı eşitsizlikte bir rota sadece bir tesisten geçmelidir. 7 numaralı eşitsizlikte bir rota i. müşterisi ve j tesisinden geçiyorsa i müşterisi j. tesisinden hizmet alır. 8 numaralı eşitsizlikte bir tesis, bu tesisini kullanan müşterilerin talebi kadar üretim yapar. 9 numaralı eşitsizlikte tesis üretim kapasitesi kısıtını aşamaz. 10,11 ve 12 kısıtlar binary kısıtlarıdır. 13 numaralı eşitsizlikte tesislerin üretim kapasitesi 0'dan büyük olmalıdır.

Modele katkı: Daskin modelinde tesis kapasitesinin sınırsız olduğu varsayılmıştır bu modelde her bir tesis için üretim kapasite kısıtı eklenmiştir. Müşteri taleplerinin tesis kapasitesinin aşmaması kısıtı dâhil edilmiştir.

#### 4. Kullanılan Sezgisel Çözüm Yöntemi

Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) 1995 yılında Russel Eberhant ve James Kennedy tarafından önerilmiş kuş ve/veya balık sürülerinin sosyal davranışından esinlenen popülasyon temelli optimizasyon yöntemidir. İlk kez sürekli lineer olmayan fonksiyonları optimize etmek için kullanılmıştır [Goldbarg, 2008; Chandrasekaran ve diğerleri, 2009: 402].

$$V_{ij}^{t+1} = w.V_{ij}^t + c_1.r_1.(P_{ij} - x_{ij}) + c_2.r_2.(G_{gbest} - x_{ij}) \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$X_{ij}^{t+1} = X_{ij}^t + V_{ij}^{t+1} \quad \dots\dots\dots (15)$$

Formülasyon (14)'de, t. iterasyonda i. parçacığın (t+1). iterasyondaki hız vektörü bulunmuş olur. (15)' de ise  $V_{ij}^t$  hız vektörüne i. parçacığın t. zamanındaki konumu eklenerek (t+1). iterasyondaki konumu bulunmuş olur. Algoritmadaki  $r_1$  ve  $r_2$  para-

metresi  $[0,1]$  aralığında düzgün dağılıma ait rasgele sayılardır.  $c_1$  ve  $c_2$  öğrenme katsayısıdır ve  $[0,2]$  arasında değer alır.

Bu modelde kesikli Parçacık Sürü Optimizasyonu ve TSP yöntemi ile birlikte çözüm bulmuştur. Aşağıdaki varsayımlar kullanılmıştır [Helwig ve diğerleri, 2011]

$$w = 0,$$

$$P_{ij} = G_{gbest} \text{ her parçacık için,}$$

$r_1$  ve  $r_2$  parametresi  $[0,1]$  aralığında düzgün dağılıma ait rasgele sayılardır.

$$c_1 = c_2$$

(14) ve (15) numaralı denklemler eşitliklerinden aşağıdaki denklem elde edilir.

$$X_{ij}^{t+1} = x_{ij}^t + c_1 \cdot (G_{gbest} - X_{ij}^t) + c_2 \cdot (G_{gbest} - X_{ij}^t) \quad \dots \dots \dots (16)$$

PSO hareket denklemleri aşağıdaki gibi kullanılır:

$$d_{loc} = x_{ij}^t + r_1 \cdot c_1 \cdot (P_{ij} - x_{ij}^t) \quad \dots \dots \dots (17)$$

$$d_{glob} = x_{ij}^t + r_2 \cdot c_2 \cdot (G_{gbest} - x_{ij}^t) \quad \dots \dots \dots (18)$$

$$v_{rand} = r_{rand} \cdot c_{rand} \cdot (p_{rand} - x_{ij}^t) \quad \dots \dots \dots (19)$$

$$X_{ij}^{t+1} = d_{glob} + \frac{1}{2} (d_{loc} - d_{glob}) + v_{rand} \quad \dots \dots \dots (20)$$

## 5. Uygulama

İstanbul Anadolu yakasında faaliyet gösteren bir catering firması sanayi bölgesindeki farklı kapasitede talepleri olan 20 müşterine daha iyi hizmet verebilmek ve maliyet optimizasyonu yapabilmek adına hem rotalama hem de lokasyon anlamında iyileştirme yapmak istiyor. Alternatif 4 iş yeri bulunmaktadır.

Problemi çözerken Matlab R2014a kullanılarak ayrıık PSO'da çözüm aranmıştır. PSO algoritmasında kullanılan parametreler için literatürde önerilen değer aralıkları kullanılarak çözüme aranmıştır.

Çözümlerin kodlanması permütasyon PSO kodlama ile yapılmıştır.

Başlangıç hızı ve pozisyonu rassal olarak verilmiştir.

$c_1=c_2=0,2$  değeri verilmiştir.

$r_1=r_2=[0,1]$  arasında rassal üretilmiştir.

$w=0$  olarak tanımlanmıştır.

Parçacık sayısı 40 olarak problem çözülmüştür.

Programı sonlandırma kriteri olan iterasyon sayısı 50 olarak belirlenmiştir. (20 iterasyonda değer değişmeyecek ise durdurma komutu da dâhil edilmiştir.)

Müşteri ve tesis ile ilgili veriler aşağıdaki gibidir.

**Tablo 1.** Müşterilerin koordinatları ve talepleri

Müşteri No	X- koordinatı	Y- koordinatı	Talep
1	40.865374	29.423732	335
2	40.845632	29.435284	450
3	40.864301	29.415251	250
4	40.861006	29.410466	150
5	40.859351	29.415015	200
6	40.861980	29.421109	150
7	40.860487	29.424456	175
8	40.868422	29.419435	450
9	40.869120	29.4554	220
10	40.860591	29.439118	175
11	40.861743	29.439783	80
12	40.857913	29.450684	86
13	40.858497	29.457636	90
14	40.859812	29.460383	100
15	40.863576	29.440206	85
16	40.868169	29.436966	60
17	40.871381	29.457737	45
18	40.870586	29.449412	70
19	40.865183	29.455849	35
20	40.866968	29.446730	70

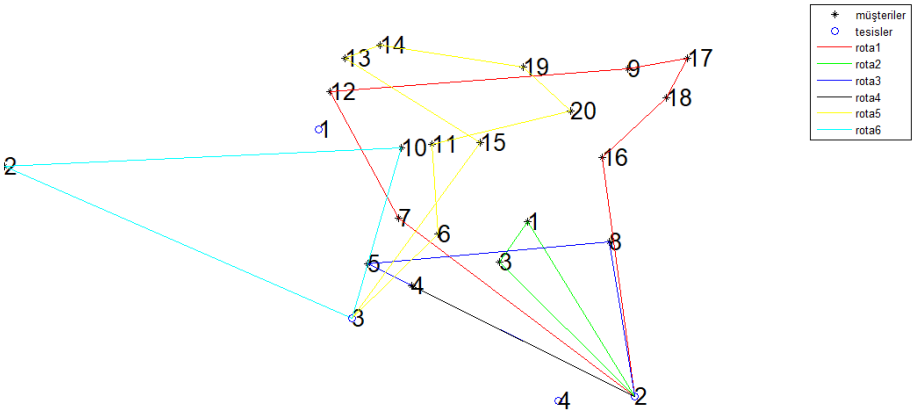


**Tablo 2.** Tesislere ait koordinat ve diğer detaylar

Tesis No	X- koordinatı	Y- koordinatı	Kuruluş Maliyeti	Değişken Maliyet	Tesis Kapasitesi
1	40.857491	29.442953	250.000	5,75	1.000
2	40.869398	29.387437	240.000	5,7	2.500
3	40.858732	29.403722	210.000	5,7	2.500
4	40.866522	29.386470	235.000	5,75	2.000

Araçların kapasitesi sabit ve 670 kişiye yemek taşıyabilecek kapasitededir. Birim yol maliyeti ise 5,75 TL olarak kabul edilmiştir.

Tesis kapasitesi ve araç kapasitesi göz önüne alınarak, açılacak tesislere müşteriler atanıp optimum sayıda araçla yerleştirme-rotalama yapılmıştır. Matlab R2014a da çözüme göre 2 ve 3 numaralı tesisler açılmıştır. 6 araçla rotalama yapılmıştır.



Rotalar;

3-2-10-3

3-15-13-14-19-20-11-6-3

2-5-8-2

2-3-1-2

2-7-12-9-17-18-16-2

2-4-2

Potansiyel 4 tesisten 2 tanesi açılmıştır ve 6 araçla rotama yapılmıştır, minimum maliyet 468.676,1795 olarak hesap edilmiştir.

## 5. Sonuç

Bu çalışmada 4 alternatif tesis yeri bulunan ve 20 müşteri olan catering firması için rotalama yerleştirme problemine çözüm aranmıştır. Perl ve Daskin'in modelinde alternatif tesisler arasından optimum sayıda tesis açılmış olup, tesis maliyeti ve lojistik maliyetini de kapsayacak müşteriler tesislere dağıtılarak, minimum maliyet oluşturacak şekilde araç rotası oluşturmuştur. Gezgın satıcı modeli kullanılarak Parçacık Sürü Algoritması kullanılmıştır.

Bu kapsamda bu çalışmada ele alınmaya çalışılan daha üst motivasyon, yeterince detaylı ve girift ortaya konduğunda deterministik cebirsel yöntemlerin pekala parçacık sürü algoritması gibi heuristik modeller ile aynı kapıya çıktığını güzel bir ispatı olarak ortaya konmuştur. Türkçe literatüre kazandırılan bu çalışma ve motivasyonun devamı niteliğinde olacak potansiyel çalışmaların daha genel ve daha sofistike sorunsallara adapte edilerek literatüre katkı sağlayacağı açık bir gerektir.

**Abstract:** As a multidimensional puzzle, the location and routing problem analyzes the geometric problem about which plants should be opened and which routes should be employed between the opened plants in the framework which includes a matrix of specific possible vehicle-routes and possible plants with specific locations. In this context and equation set based on Dashkin and Perl's Model and the Particle Swarm Optimization Algorithm (PSO), which is a heuristic solution manner, have been employed

in the study. The major cornerstone of this article which the study is based on is the purpose to manage the routing and location problem in the algebraic-deterministic context and to give the basic logical mind map about it.

**Keywords:** Particle Swarm Optimization Algorithm (PSO), The Routing and Location Problem (LRP), Optimization, Heuristic Methods.

### Kaynakça

- Akpınar, F.**(2015), **Yerleştirme Rotalama Problemi için Genetik Algoritma** (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Asgarian, R.** ve diğerleri (2017), “Metaheuristics for a Bi-Objective Location-Routing-Problem in Waste Collection Management”, **Journal of Industrial and Production Engineering**, 34: 239-352
- Bouhafs** ve diğerleri (2008), “A Tabu Search and Ant Colony System Approach for the Capacitated Location-Routing Problem”, Ninth ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking, and Parallel / Distributed Computing, Volume 2, pp 46-50.
- Chandrasekaran, C.**ve diğerleri (2009), “Discrete Particle Swarm Optimization Algorithm for Flow shop Scheduling”, *in* (eds.) L Aleksandar (2009), **Particle Swarm Optimization**, pp.397-422.
- Dadgostari, F.** ve diğerleri (2009), “Location Routing Problem”, *in* (eds.) R. Z. Farahani ve M. Hekmatfar (2009), Facility Location: Concepts, Models, Algorithms and Case Study, Springer, Verlag Berlin Heidelberg, pp.395-418.
- Fang, Y** ve diğerleri (2005), A Two-Phase Hybrid Heuristic Search Approach to the Location-Routing Problem: Systems, Man and Cybernetics, 2005 IEEE International Conference on, Volume 4.
- Golbarg** ve diğerleri (2009), “Particle Swarm Optimization Algorithm for the Traveling Salesman Problem”, *in* (ed.) G. Federico (2009), **Traveling Salesman Problem**, pp.75-96.

- Helwig** ve diğerleri (2011), “Discrete Particle Swarm Optimization for TSP: Theoretical Results and Experimental Evaluations”, *in* [(ed.) A. Bouchachia (2011), **International Conference on Adaptive and Intelligent Systems** (ICAIS), Springer-Verlag, pp.416-217
- Jiang, C.** ve **W. Kusakunniran** (2018), Optimizing Location-Routing Problem using Iterative Combination of GA and VNS, 2018 10th International Conference on Knowledge and Smart Technology (KST)
- Li** ve diğerleri (2006), “Genetic Algorithm for Location-Routing Problem”, **Proceedings of the 6th World Congress on Intelligent Control and Automation**, pp.7093-7097
- Nagy, G.** ve **S. Salhi** (2007), “Location-routing: Issues, models and methods”, **European Journal of Operational Research**, 177 (2): 649-672.
- Marikanis, Y.** (2009), “Location Routing Problem”, *in* (eds.) C. A. Floudas ve P.M. Pardolas (2009), **Encyclopedia of Optimization** (Second Edition), Springer, pp.1919-1925
- Peng, Z.** ve diğerleri (2018), “Particle Swarm Optimization for Capacitated Location-Routing Problem”, **IFAC: International Federation of Automatic Control**, Volume 50, pp.14668-14673
- Ponboon, S.** (2015), **Exact Solution for Location-routing Problems with Time Windows using Brach-and-Price Method** (Doktora Tezi), Kyoto Üniversitesi.
- Yu, V.** ve **S. Lin** (2015), “A Simulated Annealing Heuristic for the Open Location-Routing Problem”, **Computer and Operation Research**, Volume 62, pp.184-196i
- Yong, P.** (2008), “Integrated Location-Routing Problem Modeling and GA Algorithm Solving”, **International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation** (ICICTA), Volume 1, pp.81-84.