

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/325402047>

P-Medyan Probleminin Genetik Algoritma Yöntemiyle Optimizasyonu: Kuramsal Bir Araştırma

Chapter · April 2018

CITATIONS

0

READS

66

1 author:



Mehmet Fatih DEMİRAL

Mehmet Akif Ersoy University

17 PUBLICATIONS 3 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Location Problems [View project](#)



Research on Traveling Purchaser Problem [View project](#)

P-MEDYAN PROBLEMİNİN GENETİK ALGORİTMA YÖNTEMİYLE OPTİMİZASYONU: KURAMSAL BİR ARAŞTIRMA

Mehmet Fatih Demiral

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

1. GİRİŞ

Yer seçimi problemleri uygulamalarda ve literatürde en sık karşılaşılan temel problemlerden biridir. Optimal yer seçimi kararlarının alınması tüm karar vericiler açısından çok kritik olmakla beraber, sonuçları itibariyle o yörede ve bölgede yaşamı sürdüren tüm insanları olumlu bir şekilde etkilemektedir. Aksi düşünüldüğünde, kararların optimal olmaması geri dönülmesi oldukça zor süreçlere, katlanılması oldukça güç maliyetlere ve her şeyden önemlisi o lokasyondan verim alamamış insan topluluklarına yol açmaktadır.

Yer seçimi kararlarının oluşumunda temelde iki tür maliyet etkin olmaktadır: Sabit ve değişken maliyetler. Sabit maliyetler, kuruluş yerleri ile ilgili olup genel olarak değişmez maliyetlerdir. Değişken maliyetler ise, doğrudan talepler ile ilgili olup, farklı talep yerleri düşünüldüğünde toplam maliyet içerisinde sürekli değişebilecek hacme sahiptir. Bu açıdan bakıldığında, değişken maliyetler, sabit maliyetler ile hımsel olarak rekabet edebilirse, optimal kuruluş kararlarının alınmasında daha etkin konumda hissedilirler. Diğer taraftan, sabit maliyetler kararların alınmasında toplam taleysel maliyetlere nazaran daha etkin olurlar. Bu araştırmanın amacı ise, böyle bir durumun varlığını literatürdeki bir veri seti üzerinde kontrol etmek ve elde edilen maliyet verilerini karşılaştırmalı olarak sunmaktır.

Bu çalışmada ele alınan p-medyan problemi, talepler ile atandıkları lokasyon merkezleri arasındaki talepler arası ağırlıklı ortalama mesafeyi minimize edecek şekilde p adet tesisin kurulmasını amaçlamaktadır. Problemin geçmişi, çok eski çalışmalara, Hâkimi (1964,1965), kadar gitmektedir. P- medyan problemi temelde kapasiteli ve kapasitesiz türleri olan klasik yer seçimi problemlerinden biridir. Uygulamalarda ve literatürde çok çalışılan diğer yer seçimi problemleri arasında p-merkez problemi, küme örtüleme problemi, küme bölme ve paketleme problemleri ile kapasiteli-kapasitesiz tesis yerleşim problemleri gelmektedir (Daskin ve Maass, 2015).

Çalışmanın diğer kısımları şu şekilde oluşmaktadır: Literatür taraması bölümünde, literatürde karşılaşılan p-medyan problemlerine ve bu problemlere özgü geliştirilen yöntemlere yer verilmiştir. Çalışmanın 3. bölümünde, ele alınan p-medyan problemine özgü öncelikli çok amaçlı matematiksel programlama modeli önerilmiştir. 4. bölümde çalışmada geliştirilen ve kullanılan genetik algoritma ve yerel arama stratejisinden bahsedilmektedir. 5. Bölümde GA'nın literatürdeki bir p-medyan veri seti üzerindeki uygulamasına yer verilmektedir. Son bölümde ise sonuçlar ve öneriler bulunmaktadır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

P-medyan problemi literatürde karşılaşılan en temel ve popüler problemlerden biri olduğundan pek çok uygulama alanı bulmuştur. İlgili literatürde oldukça fazla uygulama ve teorik çalışma olmasına karşın, genetik algoritmanın p-medyan problemine uygulamalarına fazla rastlanılmamaktadır.

Dzator ve Dzator (2013) çalışmalarında 10-50 boyutlarında müşteri talepli orta çaptaki 400 rassal p-medyan problemine geliştirdikleri bir sezgisel algoritmayı uygulamışlardır. Ayrıca geliştirdikleri sezgiseli literatürde daha büyük problemler üzerinde denemeler ve dal-sınır yöntemiyle bulunan sonuçları karşılaştırmışlardır. Uygulamada ise sezgiseli, ambülans yerlerinin lokasyonlarının tespitinde kullanmışlardır.

Literatürde genetik algoritmanın (GA) p-medyan problemine uygulamasıyla oldukça az sayıda rastlanmaktadır. Fathali (2006) çalışmasında pozitif ve negatif ağırlıklı p-medya problemini çözmek için bir GA önermiştir. Oksuz vd. (2016) çalışmalarında geliştirdikleri GA'yı literatürdeki bir dizi veri setinde uygulamışlar ve optimal sonuçları karşılaştırmışlardır. Ayrıca, çalışmada geliştirilen genetik algoritma Alp vd. (2003) geliştirdikleri GA ile kıyaslanmaktadır. Bulgular, yeni genetik algoritmanın daha iyi sonuçlar verdiğini göstermektedir. Diğer taraftan, hesaplama zamanları açısından Alp vd. (2003) geliştirdiği genetik algoritma daha üstün bulunmuştur.

Bir çalışmada parçacık sürü optimizasyon algoritması p-medyan probleminin optimizasyonunda kullanılmıştır. Araştırmada algoritmanın iki farklı test problemine uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar verilmiştir. Ayrıca, elde edilen bu sonuçlar literatürdeki farklı sezgisel ve meta-sezgisellerin aynı test problemlerine uygulanması ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır (Özçakar ve Bastı, 2012).

Literatürde ayrıca çok amaçlı p-medyan problemine çok sayıda rastlanılmaktadır. Çok amaçlı p-medyan problemi aynı zamanda literatürde iki amaçlı p-medyan problemi olarak da yer almaktadır. Klasik p-medyan problemi sadece toplam talepler ve lokasyonlar arasındaki ağırlıklı mesafeyi minimize etmekten, iki amaçlı problemde ikinci bir hedef probleme eklenmektedir. Bu hedef ise toplam kuruluş yeri maliyetini minimize etmektedir. Çok amaçlı problem, bu iki hedefi aynı anda düşünererek optimize etmekte ve kurulacak p adet tesisi belirlemektedir. Literatürde çok amaçlı p-medyan problemi ile ilgili olarak önemli bazı çalışmalarla karşılaşılmaktadır (Myung vd. 1997; Klamroth ve Wiecek, 2002; Villegas vd., 2006; Bhattacharya ve Bandyopadhyay, 2010; Tangpattanukul, 2015).

Bu çalışmada ise literatürden ve çok amaçlı p-medyan probleminden farklı olarak kuruluş yer seçimi probleminde alternatif bir yöntem uygulamada kullanılmıştır. Bu çalışmada da çok amaçlı gibi iki amaç olmasına rağmen, çok amaçlı problemden farklı olarak problemdeki amaçlar birbirinden bağımsız düşünülmüştür. Uygulamada yatırım kararı alacak kişiler genellikle, kuruluş yeri maliyetlerinden bağımsız olarak toplam talep odaklı maliyetleri ve fırsatları dikkate alırlar. Bu durum, yatırım fırsatlarının doğrudan toplam taleple ve taleplerin lokasyonlarıyla ilgili olmasıdır. Uzun vadede yatırımcı, sabit maliyetleri karşılayabileceğini düşünür.

3. MATEMATİKSEL MODEL

Bu çalışmada tanımlanan probleme özgü matematiksel model, kapasitesiz tesis yerleşim problemi modeli ile çok amaçlı p-medyan problemi modeli kombine edilerek elde edilmiştir. Ayrıca, modelde iki hedefe yönelik olarak ağırlıklar düşünülerek, problemin modeli öncelikli çok amaçlı programlama modeli şeklinde kurgulanmıştır. Aşağıda bu çalışmada ve uygulamada kullanılan p-medyan problemine özgü öncelikli çok amaçlı programlama modeli görülmektedir:

$$\text{Minimize } P_1 = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} d_{ij} * x_{ij}$$

$$\text{Minimize } P_2 = \sum_{j \in J} f_j * y_j$$

s.t.

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1, \quad i \in I \quad (1)$$

$$x_{ij} \leq y_j \quad i \in I, j \in J \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J} y_j = p \quad (3)$$

$$x_{ij}, y_j \in \{0,1\}, \quad i \in I, j \in J \quad (4)$$

Yukarıdaki programlama modelinde temel olarak iki amaç gözükmektedir. Bu amaçlara P1 ve P2 gibi iki tane öncelik verilmektedir. Modelde P1 >>P2 ye göre çok çok büyük olduğundan, diğer ifadeyle birinci amaç öncelikli olduğundan dolayı model ilk önce birinci hedefe göre çözülür. Literatürdeki iki hedefli çalışmalardan farklı olarak, bu çalışmada hedefler aynı anda düşünülerek optimize edilmemiştir. Literatürde yapılan çalışmalar iki hedefi aynı anda optimize ederek, bu iki amacın değerini ve bulguları birbirine göre karşılaştırmaktadır. Bu yazında ise hedefler birbirinden bağımsız olarak düşünülmüştür. Diğer ifadeyle, 1. adımda problem klasik p-medyan problemine göre çözdürülmüş daha sonra 2. Adımda sabit maliyetler dikkate alınmıştır. Aşağıda 1. Adımda çözdürülen p-medyan probleminin klasik modeli verilmektedir:

$$\text{Minimize } P_1 = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} d_{ij} * x_{ij}$$

s.t.

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1, \quad i \in I \quad (1)$$

$$x_{ij} \leq y_j \quad i \in I, j \in J \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J} y_j = p \quad (3)$$

$$x_{ij}, y_j \in \{0,1\}, \quad i \in I, j \in J \quad (4)$$

Çalışmada bahsedildiği üzere, literatürde bir grup p-medyan tesis yerleşim problemi belirli p tesis sayıları için çözdürülmüştür. Her problemdeki her p adet tesis için P1 öncelikli hedefin amaç değeri hesaplanmaktadır. Daha sonra bulunan her p adet tesis ve yerleşim yeri için, 2. adımda aşağıda programlama modeli verilen probleme göre P2 hedefin amaç değerleri hesaplanmaktadır.

$$\text{Minimize } P_2 = \sum_{j \in J} f_j * y_j$$

s.t.

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1, \quad i \in I \quad (1)$$

$$x_{ij} \leq y_j \quad i \in I, j \in J \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J} y_j = p \quad (3)$$

$$x_{ij}, y_j \in \{0,1\}, \quad i \in I, j \in J \quad (4)$$

Bu yazında dikkat edilecek olursa, ilk verilen programlama modeli ile her p adet tesis için değişken maliyetler hesaplanmaktadır. İkinci programlama modelinde, kısıtlar sağlandığı için ortadan kalkmakta ve yalnız hedefteki her kurulacak p adet tesis için toplam sabit maliyetler hesaplanmaktadır.

Uygulamada birçok yatırımcı, yatırım alanlarında talep tahmini yapmaktadır. Kararlarını alırken öncelikle talep odaklı düşünmektedirler. Gerçek hayatta, sabit maliyetlerin toplam talepten ve taleplerin lokasyonlarından çok daha az önemli olduğu durumlarda öncelikli çok amaçlı p-medyan probleminin kullanılması daha doğru kararların alınmasını sağlayabilecektir. Diğer durumlarda, p-medyan probleminin olan (öncelikli olmayan) çok amaçlı programlama modeli kullanılır.

4. ÖNERİLEN GENETİK ALGORİTMA VE YEREL ARAMA STRATEJİSİ

Genetik Algoritmalar, biyolojik süreçlere dayanarak hesaplamalar yapan algoritmalarlardır. Genetik Algoritmalar, aynı zamanda çok çözümlü yapıları nedeniyle tercih edilmektedirler. Temel olarak bir genetik algoritmanın yapısında öncelikle, uygunluk (amaç) fonksiyonu yardımıyla popülasyonu tabi seleksiyon işlemine tutan bir süreç vardır. Daha sonra popülasyondaki bireyler eşlenmek üzere (çaprazlama) bir araya getirilirler. Çaprazlama süreci tamamlandıktan sonra popülasyondaki bireylere ani değişimlere neden olabilecek mutasyon işlemi uygulanır. Daha sonra çevrimi devam ettirmek için popülasyondaki bireylere yeniden fitness fonksiyonu yardımıyla tabi seleksiyon işlemi uygulanır. Böylelikle algoritma süreci problem çözümü ulaşmaya dek devam ettirilmiş olur.

Kesin bir kural olmamasına ve parametrelerin problemden probleme değişmesine rağmen literatürde parametre değerleri ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır. Çaprazlama işlemi, popülasyondaki bireylerin çaprazlama oranı genellikle 1'e yakın (0.60-0.95) tutulur. Bunun sebebi çaprazlama işleminin popülasyonda çeşitliliğe yol açarak yeni çözümler üretilmesidir. Mutasyon oranı ise nispeten çok daha küçük (0.001-0.01) alınır. Bunun sebebi ise mutasyonların popülasyonda ani değişimlere yol açarak kromozom yapısını etkilemesidir.

Genetik algoritmanın genel prensipleri tüm problemlere uygulanabilirken, belirli bir kuralın olmaması sebebiyle algoritmayı tasarlayan kişiler tamamen probleme özgü bir genetik algoritma yapısı kurgulayabilirler. Bunun yanında GA bir dizi tasarım kararını kullanıcıya bırakmaktadır. Öncelikle GA'ların genetik kod yapısı GA'nın performansını önemli derecede etkilemektedir. Kötü bir genetik kodlama kötü bir GA performansı anlamına gelebilmektedir. GA performansını etkileyen diğer faktörler ise, bir nesildeki popülasyon büyüklüğü, çaprazlamaya tabi tutulacak bireylerin seçimi, çaprazlama operatörü (yöntemi), bir nesilden diğerine geçerken uygulanan seçme yöntemi, mutasyon yöntemi ve sıklığı ve iterasyon (nesil sayısı) sayısıdır (Alp vd., 2003).

Bu çalışmada klasik GA yapısına uygun olarak genetik algoritmaya yerel arama yapan bir komşuluk yapısı eklenmiştir. Ayrıca komşuluk yapısından sonra tekrar seleksiyon işlemi uygulanmaktadır. Çözümde kullanılan genetik algoritmanın yapısı aşağıda özetlenmektedir:

- Adım 1. Başlangıç popülasyonu m adet tesise toplam n adet noktadan yaklaşık olarak aynı sayıda nokta atama yapılarak seçilir.
- Adım 2. Popülasyon uygunluk fonksiyonu yardımıyla tabi seleksiyon işlemine tabi tutulur.
- Adım 3. Seçilen popülasyona komşuluk yapısı uygulanır. Bu komşuluk yapısı, belirli olasılıklarla seçime tabi tutulan popülasyona uygulanan üç tane değiştirme operatörü içermektedir. İlk değiştirme prosedürü, bir tesis yerinin herhangi bir talep noktasıyla yer değiştirmesidir. İkinci değiştirme operatörü, tesis yerlerinin kendi arasında yer değiştirmesidir. Üçüncü değiştirme operatörü ise, talep noktalarının kendi aralarında yer değiştirmesidir.

- Adım 4. Değiştirme operatörleri uygulanan popülasyona tekrar tabi seleksiyon işlemi uygulanmaktadır.
- Adım 5. Çaprazlama için ebeveyn bireyler seçilir ve çaprazlama işlemine tabi tutulur.
- Adım 6. Popülasyona mutasyon işlemi uygulanır.
- Adım 7. Eğer iterasyon sayısı maksimum iterasyon sayısından daha az ise Adım 2'ye gidilir. Aksi takdirde bir sonraki adıma geçilir.
- Adım 8. O ana kadar bulunmuş en iyi kromozom optimum sonuç olarak değerlendirilir.

Çaprazlama Operatörü

Bu çalışmada tek nokta çaprazlama işlemi uygulanmıştır. Uygulanan çaprazlama işleminde rassal olarak üretilen kromozomlardaki “k” adet gen birbiriyle eşlenmektedir. Aşağıdaki örnekte $k=3$ alınmış olup baştan üç gen birbiriyle yer değiştirmiştir.

Ebeveyn Bireyler					Yeni Çözümler				
3	5	8	15	24	56	43	23	15	24
56	43	23	12	30	3	5	8	12	30

Şekil 1. Çaprazlama Operatörü için Bir Örnek

Mutasyon Operatörü

Bu çalışmada tek nokta mutasyon işlemi uygulanmıştır. Çalışmada uygulanan mutasyon operatöründe rassal olarak üretilen kromozomlardaki “k” adet gen mutasyona uğramaktadır. Aşağıdaki örnekte $k=2$ alınmış olup ortadaki iki gen mutasyona uğramıştır.

Normal Bireyler				
3	5	8	15	24
Mutasyonlu Birey				
5	15	3	8	24

Şekil 2. Mutasyon Operatörü için Bir Örnek

Uygulanan GA algoritmada tabi seleksiyon sürecinde “Rulet tekerleği” yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada parametre araştırmasına yönelik ayrıca bir çalışma yapılmamıştır. Bu durumun varlığı algoritmanın performansı üzerinde olumsuz bir etki yapmaktadır.

Burada unutulmaması gereken önemli bir nokta, birinci bölümde de bahsedildiği üzere bu çalışmanın amacı, algoritmanın performansının araştırılması olmayıp, mo-

delde kurgulanan ve çözümde bulunan değişken ve sabit maliyetlerin kuruluş kararı üzerindeki etkisinin literatürdeki bir p-medyan veri seti üzerinde araştırılmasıdır.

Parametre Değerleri

Daha önce bu bölümde bahsedildiği üzere parametre değerleri üzerinde ayrıca bir hesaplama yapılmamıştır. Bu durum algoritma performansı üzerinde olumsuz bir etki yapmaktadır. Optimum değerler belirli olmamasına karşın, çözümde popülasyon büyüklüğü olarak 150, çaprazlama oranı 0.90, mutasyon oranı 0.01, iterasyon sayısı 10000 ve değiştirme operatörlerinin olasılık değerleri sırasıyla 0.30, 0.20 ve 0.50 olarak alınmıştır. Problem bu parametre değerleri ile çözdürüldüğünde veri setindeki $p=5$ için olan optimum değere ulaşamamaktadır. Diğer tesis sayıları ($p=1,2,\dots,10$) için literatürde optimum değerler belirli olmadığından optimuma yakınsama konusunda bir şey söylenememektedir.

5. UYGULAMA

Çalışmada önerilen genetik algoritma MatlabR2015b programında ve 4 GB RAM li PC Pentium (R) Dual Core CPU 3.33 GHz işlemcili bilgisayarda çalıştırılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde literatürdeki OR-Library den alınan (Beasley veri seti) bir p-medyan veri setinin çözüm sonuçlarına yer verilmektedir. Elde edilen değişken maliyetlerle, sabit maliyetler ve kuruluş yeri toplam maliyetleri de Tablo 1 de sırasıyla “pmed1” problem veri seti için verilmektedir. Bu problemlerde sabit maliyetler her kuruluş yeri için (500,1000) arasında rassal bir sayı olarak alınmıştır. Sabit maliyetlerin bu aralıkta kabul edilmesinin nedeni, değişken maliyetlerle rekabet edebilme gücünün sağlanmasıdır.

Tablo 1. Pmed1 probleminin Çözüm Sonuçları

Problem	N (Talep sayısı)	P (Tesis Sayısı)	Optimum	Sabit Maliyet	Değişken Maliyet	Toplam Maliyet
pmed1	100	1	-	523	12914	13437
pmed1	100	2	-	1014	10585	11599
pmed1	100	3	-	2445	8900	11345
pmed1	100	4	-	2732	8403	11135
pmed1	100	5	5819	4635	7446	12081

Kaynak: Matlab Programlama Sonuçları

Tablo 1. den görüldüğü üzere minimum toplam maliyet “pmed1” problemi için bu çalışmada $p=4$ tesis sayısına karşılık gelmektedir. Kurulacak optimum tesis sayısı “4” olup minimum maliyet “11135” dir.

Sabit maliyetler ise $p=5$ tesis sayısından sonra giderek artış gösterdiğinden $p=6$ ve sonrası tesis sayısı için sabit maliyetlerin etkin olacağı söylenebilir. Nihai kuruluş kararında ise, değişken maliyetlerin daha etkili olduğu görülmektedir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada kuruluş kararı verilirken p-medyan yer seçimi probleminin çözümü iki aşamada kullanılarak yapılmaktadır. Bunun için p-medyan problemine yönelik öncelikli çok amaçlı programlama modeli önerilmektedir. Bu modele göre p-medyan problemi yalnız değişken maliyetler gözetilerek olduğu gibi çözülmekte ve alt optimal (kısmi optimal) sonuçlar bulunmaktadır. Daha sonra bulunan kuruluş yerleri yatırım bölgesi olarak kabul edilmekte ve sabit maliyetler sonradan değişken maliyetlere eklenmektedir. Bu durumun sebebi yatırım kararlarında girişimcinin yatırıma talep odaklı bakış açısıyla bakmasından kaynaklanmaktadır. Yatırım kararlarının talep merkezli alındığı durumlarda öncelikli çok amaçlı programlama modelinin kullanılması uygun olmaktadır.

Bulgulardan görüldüğü üzere yatırım kararlarının alınmasında talep odaklı bakış açısında değişken maliyetlerin daha etkili olduğu görülmektedir. Sabit maliyetler ise $p=5$ tesis sayısından sonra artış göstereceğinden optimal olmayan kuruluş kararlarının alınmasına yol açabilecektir. Toplam maliyetin minimum olduğu noktada $p=4$ için değişken maliyetin çok daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum nihai yatırım kararının değişken maliyetler ön plana alınarak yapılmasına yol açmaktadır.

Aksi düşünüldüğünde, yatırım odaklı bakış açısında öncelikli çok amaçlı programlama modeli 3. bölümde verilen matematiksel modelin P2 amacı, $P2 \gg P1$ olacak şekilde öncelikli olarak çözdürülür. Daha sonra P1 amacı düşünülür. Bu durum, yatırım odaklı bakış açısında yatırım maliyetlerinin daha etkili olmasına yol açar. P2'nin öncelikli amaç olması, nihai yatırım kararlarının yatırım maliyetleri ön plana alınarak yapılmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada görüldüğü üzere, her iki açıdan da bakıldığında her iki maliyet türünün de P1 ve P2 amaçlarının öncelikli olmasına göre nihai yatırım kararlarının alınmasında kritik olabileceği ortaya çıkmaktadır. P1 amacı öncelikli olarak çözdürülürse değişken maliyetler, P2 amacı öncelikli olarak çözdürülürse yatırım maliyetleri yatırım kararında kritik rol oynamaktadır. Bu yönleriyle çalışmadaki öncelikli programlama modeli literatürde yer alan diğer p-medyan çok amaçlı programlama modellerine alternatif teşkil etmektedir.

KAYNAKÇA

- ALP, O., ERKUT, E. ve Z.DREZNER (2003), "An Efficient Genetic Algorithm for the P-Median Problem", *Annals of Operations Research*, 122(1-4), 21-42.
- BHATTACHARYA, R. ve S. BANDYOPADHYAY (2010), "Solving Conflicting Bi-Objective Facility Location Problem by NSGA II Evolutionary Algorithm", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 51(1-4), 397-414.
- DASKIN, M.S. ve MAASS, K.L. (2015), "The P-Median Problem", *Location Science*, (Editörler: G. LA-PORTE, S.NICKEL, F.G. DA SALDANHA), Springer, İsviçre, 21-45.
- DZATOR, M. ve J. DZATOR (2013), "An Effective Heuristic for the P-Median Problem with Application to Ambulance Location", *Operations Research & Decision Theory*, 50(1), 60-74.
- FATHALI, J. (2006), "A Genetic Algorithm for the P-median Problem with Pos/Neg Weights", *Applied Mathematics and Computation*, 183(2), 1071-1083.
- HAKIMI, S.L. (1964), "Optimization Locations of Switching Centers and the Absolute Centers and Medians of a Graph", *Operations Research*, 12(3), 450-459.

- HAKIMI, S.L. (1965), "Optimum Distribution of Switching Centers in a Communication Network and Some Related Graph Theoretic Problems", *Operations Research*, 13(3), 462-475.
- KLAMROTH, K. ve M.M.WIECEK (2002), "A Bi-Objective Median Location Problem with a Line Barrier", *Operations Research*, 50(4), 670-679.
- MYUNG, Y.S., KIM, H.G. ve D.W. TCHA (1997), "A Bi-Objective Uncapacitated Facility Location Problem", *European Journal of Operational Research*, 100(3), 608-616.
- OKSUZ, M.K., SATOGLU, S.I., KAYAKUTLU, G. ve K. BUYUKOZKAN (2016), "A Genetic Algorithm for the P-Median Facility Location Problem", *Global Joint Conference on Industrial Engineering and Its Application*, İstanbul Teknik Üniversitesi, 14-15 Temmuz, İstanbul, 382-389.
- ÖZÇAKAR, N. ve M. BASTI (2012), "P-Medyan Kuruluş Yeri Seçim Probleminin Çözümünde Parçacık Sürü Optimizasyonu Algoritması Yaklaşımı", *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 41(2), 241-257.
- TANGPATTANAKUL, P. (2015), "Genetic Algorithm and Local Search Comparison for Solving Bi-Objective P-Median Problem", *International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV)*, 15-18 Haziran, Fukuoka, Japan, 1-5.
- VILLEGAS, J.G., PALACIOS, F. ve A.L. Medaglia (2006), "Solution Methods for the Bi-Objective (Cost Coverage) Unconstrained Facility Location Problem with an Illustrative Example", *Annals of Operations Research*, 147(1), 109-141.