

## P- Medyan Tesis Yeri Seçim Problemi: Bir Uygulama\*

### P-Median Facility Location Problem: An Application

**İsmail Durak**

Araş. Gör., Düzce Üniversitesi, İşletme Fakültesi (ismaildurak@duzce.edu.tr)

**Mehmet Selami Yıldız**

Prof. Dr., Düzce Üniversitesi, İşletme Fakültesi selamiyildiz@duzce.edu.tr

#### ÖZ

**Anahtar Kelimeler:** P-medyan, Tesis Yerleştirme, Excel Solver

*P-medyan problemleri; bir ağdaki (şebekedeki) n adet düğüm kullanılarak p adet tesisin yerini, talep ile tesis arasındaki toplam ortalama ağırlıklandırılmış mesafeyi en azaltacak şekilde bulmayı amaçlayan yer seçim problemlerinden biridir. Bu çalışmada bir gıda firmasının Düzce il ve ilçelerindeki optimum depo sayısı ve yerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, yazında sıklıkla kullanılan p-medyan tesis yerleştirme problemi kullanılmıştır. Modeli çözmek için Excel programının güçlü versiyonlarından olan Analitik Solver Platform programı kullanılmıştır. Temelde, iki ayrı modelin farklı tesis sayıları denenerek optimum yerler araştırılmıştır. Birinci modelde firmanın mevcut tesis yeri göz önünde bulundurularak, ikinci modelde ise firmanın mevcut tesis yeri dikkate alınmadan farklı tesis sayılarının denemesi sonucu oluşan maliyetler karşılaştırılmıştır. Araştırma sonucunda, birinci modelde, elde edilen maliyet eğrisine göre optimum depo sayısı belirlenmiş ve firmanın optimum sayıda depoya sahip olmadığı görülmüştür. İkinci modelde ise, elde edilen maliyet eğrisine göre optimum depo sayısının iki olması gerektiği saptanmıştır. Son olarak, birinci ve ikinci model beraber karşılaştırıldığında firmanın mevcut depo yerinin ve sayısının optimum olmadığı gözlenmiştir. Optimum depo sayısının sağlanması için depo sayısının ikiye çıkarılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.*

#### ABSTRACT

**Key words:** P-median, Facility Location, Excel Solver

*P-median problems are one of the facility location problems that aim to find the locations for p number facilities by using n nodes in a network such that the total average weighted distance is minimized. In this study, it is aimed to determine the depot locations of a food company in the province of Düzce by p-median facility location problems. For this purpose, p-median facility location problem is frequently used in the literature. Analytic Solver Platform software, which is one of the powerful versions of Excel program, has been used to solve the model. Basically, optimal location was investigated by testing two different models for different number of facilities. In the first model, considering the company's existing facilities, optimal locations of facilities with different numbers were tested. In the second model, without taking into consideration the company's existing facility location, optimal number of facilities were obtained by comparing the costs resulting from using different number of facilities. In research result, to the first model, it is concluded that the optimum depot number required being two obtained by the cost curve. This shows that the firm does not have the optimum number of depots. In the second model, the optimum depot number is also concluded to be two obtained by the cost curve. Finally, compared the first and second models, it is shown that the firm's current depot location and number are not optimum. It is concluded that depot numbers need to be two in order to ensure optimum depot numbers.*

\* Bu çalışma Düzce Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı (DÜBAP) tarafından desteklenen 2013.8.1.150 numaralı "P- Medyan Tesis Yeri Seçim Problemi: Bir Uygulama" isimli yüksek lisans tez projesinden üretilmiştir.

## 1.GİRİŞ

Firmaların yirmi birinci yüzyıl rekabet ortamında en çok odaklandığı temel konulardan biri lojistikdir. Ürün dağıtım lojistiği, özellikle genişleyen talep ağının ortaya çıkmasından dolayı şirketler açısından daha çok önemli hale gelmiştir. Lojistik maliyetleri etkileyen temel unsurlardan biri hizmet alınan tesis yerinin konumu ve talep noktalarına yakınlığıdır. Bununla beraber, kurulacak tesis yerlerinin ve sayılarının firmaların müşteri memnuniyetini sağlaması ve talebe hızlı bir şekilde cevap verebilmesi açısından önem arz etmektedir. Tesis yerleştirme konusunda yapılan çalışmalar en kapsamlı olarak iki şekilde değerlendirilebilir. Bunlar nitel çalışmalar ve nicel çalışmalar. Nitel çalışmalar daha çok tesis yeri seçiminde dikkate alınan temel faktörlerin neler olduğu ve bu faktörlerden elde edilen veriler doğrultusunda nerelere tesis kurulacağını araştıran çalışmaları içermektedir. Nicel çalışmalar ise genel olarak matematiksel programlama ve optimizasyon ağırlıklı çalışmaların olduğu araştırmalardır (Uludağ ve Deveci, 2013). Nicel çalışmaların olduğu matematiksel programlama ve optimizasyon türü çalışmalarda, genellikle problem türünün ne olduğu ve problemin çözümünün elde edildiği çözüm yöntemi tesis yerleştirme kararını önemli ölçüde belirlemektedir.

Bu çalışmada bir firmanın Düzce ilindeki optimum depo sayısı ve yerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada tesis yerleşim problemlerinin özel ve en çok çalışılan bir türü olan bir p-medyan probleminin çözümü araştırılmıştır. Problemin çözümü için farklı algoritmalar kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları parçacık sürü algoritması, simpleks algoritması, genetik algoritma, gevşetme algoritmaları ve dal-sınır algoritmalarıdır. Bu algoritmalar genellikle geliştirilen ticari programlara aktarılarak programın çözümü elde edilmektedir. Çalışmada kullanılan ticari programlardan biri olan Analitik Solver Platform programı, simpleks algoritmasını kullanarak optimizasyon yapmaktadır. Problemin çözümü için, farklı modeller oluşturulmuş ve modellere optimizasyon testi yapılmıştır. Analitik Solver Platform programıyla denenen farklı modellerden elde edilen sonuçlar, tesis sayısı ve maliyet ilişkisi dikkate alınarak en uygun sayıda kaç tesis kurulması gerektiği ve kurulacak tesislerin nerelere yerleştirilmesi gerektiği araştırılmıştır. Araştırma bu yönüyle literatüre ve uygulamaya katkı yapmaktadır.

## 2.TESİS YERLEŞTİRME

Tesis yerleştirme, yönelem araştırmalarının bir konusu olup genel olarak ulaşım maliyetlerini minimize edecek şekilde belirli sayıda tesisin yerleştirilmesi ve talep noktalarının en yakın tesise atanması ya da en yakın tesisten hizmet alacak şekilde ilişkilendirilmesi olarak ifade edilebilir. Tesis yerleştirmede genel amaç çoğunlukla, maliyeti azaltma ve ağırlıklı talep noktası ile talebe hizmet verecek tesis arasındaki mesafeyi azaltmaktır (Caccetta ve Dzator, 2005; Ruslim ve Ghani, 2006; Pizzolato, 1994; Serra ve Marianov, 1998). Diğer bir ifadeyle, müşterinin talep ettiği ürünün miktarı (ağırlığı) göz önünde bulundurularak müşteri ile müşteriye en yakın olan/olacak tesisin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Depo yeri ve dağıtım merkezi problemleri tesis yerleştirme problemlerinin özel bir türüdür. Bu çalışma, bir firmanın depo yerleri veya dağıtım merkezi yerlerinin belirlenmesi ile ilişkili olduğundan tanımlanması faydalı olacaktır. Depo yeri veya dağıtım merkezi; tedarik ağ yapısının önemli bir unsuru olup, malzeme depolanması (uzun veya kısa süreleri), ürünlerin araçlara yüklenmesi, ürünlerin müşterilere ulaştırılması gibi malzeme hareketinin sağlanmasını destekleyen faaliyetlerinin yapıldığı yerdir (Langevin ve Riopel, 2005).

Tesis yerleşim yerinin belirlenmesini etkileyen birçok faktör sayılabilir. Bu faktörler; firmaların mevcut finansal durumu, hammaddeye yakınlık, pazara yakınlık, yerleşim yerinin alt yapısı, bölgenin coğrafi konumu, ulaşım imkânları, su, elektrik, enerji gibi temel etmenlerin bulunabilirliği, rakip firmalar arasındaki rekabet ve mevcut tesis sayısı, arazi fiyatı, işgücü temini, tedarikçiler, firmaya ait diğer tesislere olan yakınlığı, bölge sakinlerinin ve yetkililerinin tesisin kurulumuna yönelik tavırları, vergi ve diğer yasal ücretler, bölgesel güvenlik şeklinde sıralanabilir (Sule, 2001).

Bu faktörlerin bir kısmı birbiriyle ilişkili olup bunların dışında firmaların beklentilerine göre farklı faktörlerde tesis kararlarını etkileyebilir. Bu kararlar çerçevesinde yerleştirilecek tesis veya depo yeri, firmanın lojistik fonksiyonunu, tedarik zincirindeki diğer faaliyetlerini ve bir bütün olarak diğer tüm birimlerini etkileyecektir.

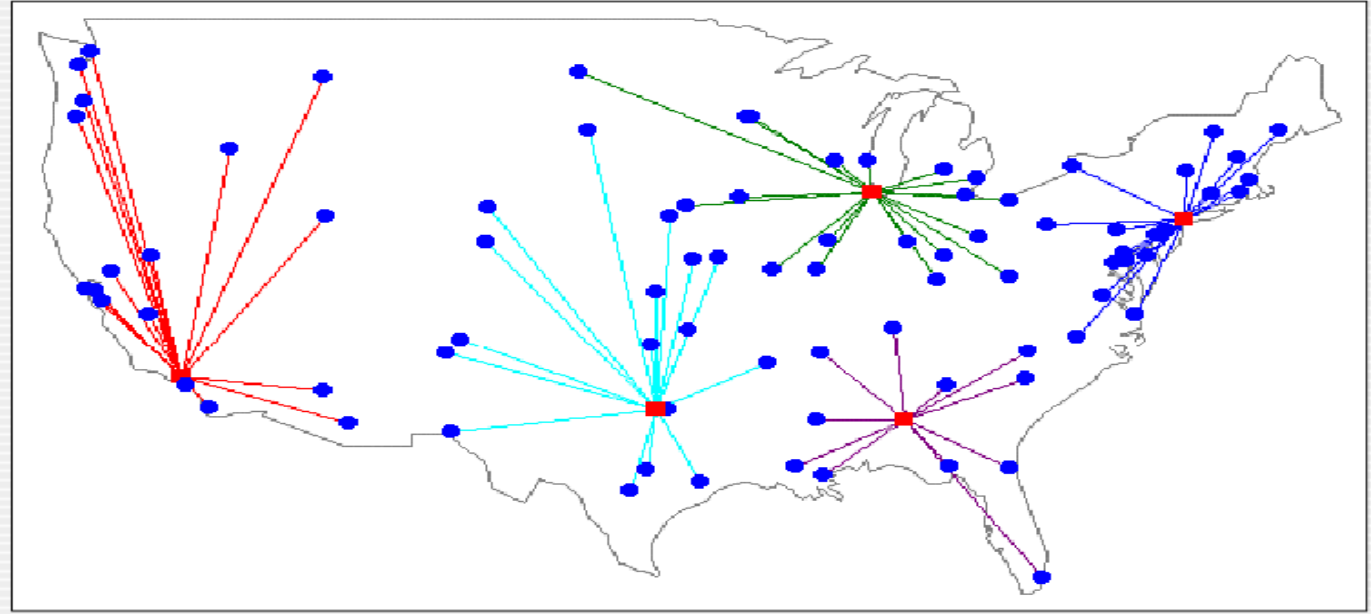
### 2.1.Tesis yerleştirme problemleri

Tesis yerleşim problemleri tedarik zincirinde yer alan uzun dönemli stratejik planlamanın bir parçasıdır (Daskin, 2008). Tesis yerleştirme kararları firmalar için çağdaş ve küresel dünyada çok önem arz etmektedir. Müşteri odaklılığın göz önünde bulundurulması ve rekabet alanının küresel düzeyde olması gerekliliğinden dolayı zaman unsuru rekabet edebilme düzeyini etkileyen önemli etkenler arasında yer almıştır. Talep noktasına yakınlık sunulan hizmetinin hızını ve kalitesini pozitif yönde etkileyecektir. Diğer taraftan, çok ciddi maliyetlere katlanarak tesis yerleştirme kararı alan firmalar muhtemel her türlü değişkeni göz önünde bulundurmak zorunda kalmışlardır. Çünkü yerleştirilen bir hizmet alanının veya tesisin sonradan değiştirilmesi katlanılan önemli düzeyde maliyeti israf etmek demektir. Aynı şekilde, mevcut tesisle beraber istenilen birçok yere yeni tesis yerleri açmak sermaye kısıtından dolayı imkânsızdır (Caccetta ve Dzator, 2005). Ayrıca, hizmet merkezinin veya tesisin birçok değişkeni göz önünde bulundurarak optimum veya optimuma yakın düzeyde yerleştirilmesi sadece katlanılan ve katlanılacak maliyeti azaltmak ile kalmayıp elde edilen kar düzeyini de olumlu yönde etkileyecektir. Bu gibi nedenlerden dolayı, firmalar tesis yeri seçiminin etkili ve verimli bir şekilde olması için çok dikkatli olmak zorundadırlar. Amaçlarına göre incelendiğinde yerleşim yeri problemleri en genel olarak iki sınıfa ayrılır (Watson-Gandy, 1985, Pereira ve Lorena, 2007; Lee ve Yang, 2009):

**P-medyan problemleri:** Talep noktası ile tesisler arasındaki ortalama veya toplam mesafeyi azaltmaya odaklanan çalışmalardır. P-medyan problemleri bu çalışmanın konusu olduğundan detaylı açıklamalara çalışmanın ileriki bölümlerinde yer verilecektir.

**Kapsama problemleri:** Talep noktası ile tesis arasındaki mesafenin, her talep noktasının talebine cevap verecek şekilde en fazla ne kadar olabileceğini inceleyen çalışmalardır. Bir diğer ifadeyle, belirli bir tesisten mümkün olan en fazla sayıda talep noktasını kapsayacak şekilde hizmet vermektir. Bu amaçla yapılan çalışmalar, kapsama problemleri olarak adlandırılmakta olup genellikle ilk yardım tesislerinin yerleştirilmesinde kullanılmaktadır.

Tesis yerleştirme problemleri matematiksel modellemeler çerçevesinde ele alınır. Şekil 1’de bir tesis yerleşim probleminde talep noktalarının en yakın tesise atanma modeli görülmektedir (Snyder, 2010).



Şekil 1. Tesis Yerleşim Problemi Model Örneği (Kaynak: Snyder, 2010)

Tesis yerleştirme problemlerinin optimizasyonu için çeşitli araçlar ve programlar kullanılmaktadır. Örneğin; bunlardan bazıları i2 Strategies, CAPS, VIP-PLANOPT, LINDO, MATLAB, SAS, Solver Platform, CPLEX kullanılan bazı programlardır.

Tesis yerleştirme problemlerinde geçen temel bazı terimlerin incelenmesi çalışmanın anlaşılması açısından önem arz etmektedir. Genel olarak yerleşim modelleri talep noktaları, hizmet tesisleri, yerleşim yeri ve mesafe ölçüsü olmak üzere dört temel bileşenden meydana gelir.

Talep noktaları; ihtiyacı olan bir ürünü belirli bir tedarik noktasından veya hizmet tesisinden alacak somut bir varlık (insan gibi) olabileceği gibi soyut bir şey (iletişim ağında yer alan uzak bağlantı noktaları) de olabilir (Scaparra ve Scutellà, 2001). Talep noktası dağılımında ölçüt olarak talep noktaları seçilen alanda herhangi bir yere yerleştirilebileceği (Klose ve Drexl, 2004) gibi, oluşturulan belirli bir ağ üzerinde (Kariv ve Hakimi, 1979) ağırlık merkezinde (Neema ve Ohgai, 2010) veya belirli coğrafi koordinatlar göz önünde bulundurularak (Ling ve Smersh, 1996) da yerleştirilebilir.

Tesis, önceden var olan yapılar da dikkate alınarak bir alana yerleştirilen ve genellikle büyük olan bir yerleşkeyi temsil eden yapıdır (Scaparra ve Scutellà, 2001). Bazı tesis çeşitleri depo, okul, kütüphane, banka, sağlık ocağı, itfaiye alanı vs. şeklinde sıralanabilir (Brandeau ve Chiu, 1989).

Yerleşim yeri, tesisin üzerine bina edildiği fiziksel alan olarak tanımlanabilir (Scaparra ve Scutellà, 2001). Yerleşim alanlarının gösterimi ve sınıflandırılması sürekli (continuous), ayrık (discrete) ve ağ (network) şeklinde de olmaktadır. Eğer hizmet tesisleri ve talep noktaları düzlem üzerinde herhangi bir yere yerleştirilebiliyorsa sürekli tesis alanını ifade eder. Ayrık tesis yerleşim alanları, açılacak tesis alanları ve talep noktalarının her ikisinin de sadece belirli bir şebeke üzerinde yerleştirilme zorunluluğunu taşıyan yerleşim yeri gösterimidir. Ağ modeli ise hizmet tesisleri şebeke üzerindeki düğümlere veya düğümler arasına yerleştirilebilirken talep noktaları, sadece şebekede yer alan düğümlere yerleştirilme özelliğini taşır (Bastı, 2012).

Model oluşturulurken kullanılan mesafe ölçüsü yerleştirme problemlerinin bir diğer temel bileşenidir (Revelle ve Eiselt, 2005). Kullanılan mesafe ölçüsü doğrusal mesafe, düz çizgi mesafesi, Chebysev mesafesi ve gerçek mesafe olmak üzere dört gruba ayrılır (Tompkins vd. 2010).

## DURAK-YILDIZ

Doğrusal (Rectilinear) veya Manhatann uzaklığı; dik eksen boyunca ölçülen iki nokta arasındaki mesafedir. Düzlemde verilen  $p1=(x1, y1)$  ve  $p2=(x2, y2)$  noktaları olmak üzere, iki nokta arasındaki doğrusal uzaklık  $= |x1 - x2| + |y1 - y2|$  (Tompkins vd., 2010).

Düz-çizgi (Straight-line) veya Öklid uzaklığı; iki nokta arasındaki düz çizgi yol uzaklığıdır. Düzlemde verilen  $p1=(x1, y1)$  ve  $p2=(x2, y2)$  olmak üzere, iki nokta arasındaki Öklid uzaklığı  $= \sqrt{(x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2}$ .

Chebyshev uzaklığı; iki boyutlu alanda ölçülen iki nokta arasındaki mesafenin alınan yatay ve dikey yol mesafesinden daha fazla olduğu savı üzerine bulunan uzaklıktır. Chebyshev uzaklığı  $= \text{Max} (|x2-x1|, |y2 - y1|)$ .

Gerçek uzaklık; iki nokta arasında geçen gerçek yol uzunluğunun ölçüsüdür. Bu uzaklık genellikle Coğrafi Bilgi Sistemi programlarından veya Google Maps gibi programlardan elde edilmektedir.

Özel sektör ve kamu kuruluşlarının yerleştirilmesinde, birçok alanda farklı örnekleriyle karşılaşılan tesis yerleştirme problemi çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışmaların yapıldığı özel ve kamu sektörü uygulama alanlarına, Tablo 1’de daha geniş kapsamlı olarak yer verilmiştir.

**Tablo 1.** Tesis Yerleşirmenin Kullanıldığı Alanlar

Özel Sektör Uygulama Alanları	Kamu Sektörü Uygulama Alanları:
<ul style="list-style-type: none"><li>• Depo yeri</li><li>• Üretim merkezi/Kuruluş yeri</li><li>• İletişim Ağı Tasarımı</li><li>• Elektrik İstasyonları</li><li>• Özel Servis Araçları (Örneğin; taksi filoları, kan merkezleri)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Acil Servis Araçları / Tesisleri</li><li>• Kamu Hizmeti Merkezleri (Örneğin; sağlık merkezleri, kan bankaları, atık arıtma tesisleri)</li><li>• Kamu Ağ Tasarım (Örneğin; su arıtma ağları)</li></ul>

(Kaynak: Uluğ, 2003)

### 3.P-MEDYAN PROBLEMİ

Yer seçim kararlarında, çalışılan problem türlerinden en yaygın olanlardan biri p-medyan problemleridir. Bu problemlerin özünü mesafe veya mesafe ile ilişkili olan ölçütler oluşturur. P-medyan problemleri; bir ağda (şebekede) yer alan n adet düğüm kullanılarak p adet tesisin yerini, talep ile tesis arasındaki toplam ortalama ağırlıklandırılmış mesafeyi en azaltacak şekilde bulmayı amaçlayan yer seçim problemlerinden biridir. Bir diğer ifadeyle, şebeke ya da ağ (Şekil 1) adı verilen yapı üzerinde, n adet düğüm ya da noktanın olduğu varsayıldığında, bu n adet noktadan p adedinin tesis yeri olarak belirlenmesi ve geri kalan düğüm ya da talep noktalarının hizmet almak için belirlenen tesislerden kendilerine en yakın olana atanması problemi bir p-medyan problemini ifade eder. Toplam ortalama ağırlıklandırılmış mesafenin minimum yapılmasıyla anlatılmak istenen, talep ağırlık miktarlarının göz önünde bulundurularak tesis ile talep noktaları arasındaki toplam mesafenin minimum yapılmasıdır (Hakimi, 1964; Church ve Reville, 1976). P adet tesisin yerini talep noktaları ile onların atanacağı tesisler arasındaki talep ağırlıklı toplam mesafeyi en azaltmaya dayanan bu problem türü dolayısı ile ortalama ulaştırma maliyetini veya toplam teslim zamanını azaltmaya odaklanır.

P-medyan probleminde n adet düğüm ve açılacak p adet tesisten oluşan bir problemin muhtemel çözüm sayısı;

$$\binom{n}{p} = \frac{n!}{p! \cdot (n-p)!}$$

formülü ile bulunur (Teitz ve Bart, 1968). Fakat p sayısının artması ile muhtemel çözüm sayısı da artar. Bu ise, çözüm süresinin çok uzamasına neden olur. Örneğin; n=45, p=2 için çözüm sayısı;

$$\binom{45}{2} = \frac{45!}{2! \cdot (45-2)!} = 990 \text{ olarak bulunur. Fakat n=45 ve p=5 olduğu durumda ise çözüm sayısı;}$$

$$\binom{45}{5} = \frac{45!}{5! \cdot (45-5)!} = 29322216 \text{ olarak elde edilir.}$$

Bu kadar fazla sayıda çözümün hesaplanması, çözüm süresinin uzunluğuyla beraber bilgisayar kapasitesinin kısıtlı olmasından dolayı çözümün zor elde edilmesine veya çözüm elde edilememesine neden olmaktadır. Fakat geliştirilen bilgisayar destekli programlar ile verilen problem çok kısa bir sürede çözülebilmektedir. Bu çalışmada kullanılan bilgisayar destekli yazılım Analitik Solver Platform programıdır.

Minisum network location olarak da geçen p-medyan problemlerinin kökeni Hakimi (1964)'nin çalışmalarına dayanmaktadır. Ağ (network) üzerinde optimum sonucun olamayacağı düşüncesine karşı, Hakimi yaptığı çalışmayla bir ağda mutlaka en az bir optimum çözümün olduğunu ispat etmiştir (Hakimi, 1965). Bu özellikten dolayı, açılacak olan tesis veya hizmet yerlerini belirlemek için sadece oluşturulan şebeke üzerinde optimum sonuç aranabilir.

Revelle ve Swain (1970) p-medyan problemlerini, doğrusal tam sayılı programlama şeklinde formüle ederek dal-sınır algoritması yoluyla bu tür problemlerinin çözümünü sağlamıştır. Her ne kadar, Hakimi (1965), "bir ağda mutlaka en az bir optimum çözümün olduğu" teorisini ispat ederek çözüm bulma aralığını daha daraltarak problemin çözümünü kolaylaştırırsa da, Kariv ve Hakimi (1979) bir şebeke veya ağ üzerindeki p-medyan problemlerinin çözülmesi zor (NP-hard) olan problemler sınıfında olduğunu göstermişlerdir. p sınıfına dahil olan bir problem polinom zamanı denilen kabul edilebilir çözüm süresi içinde çözülebilirken, NP (non-deterministic polynomial-time) yani çözülmesi zor sınıfına dahil olan problemler ise makul sürede çözülemeyen problemler olarak ifade edilebilir.

Genellikle en iyi optimum çözüme ulaşmak zorunda olunmayabilir. Çünkü çözmek istenilen problemin büyüklüğü işlem yapılan bilgisayarın etkin çözüm süresinin üzerinde olabilir. Bununla beraber, çözüm elde etmek için harcanacak süre ve maliyet bulunan sonucunun getirisinden daha az olabilir. Bu gibi nedenlerden dolayı ilerde anlatılacağı üzere sezgisel çözümlere başvurmak daha doğru olacaktır (Serra ve Marianov, 1998). Bu konuyla ilgili yapılan çalışmaların artmasıyla beraber, p-medyan problemlerinin çözümüyle ilgili geliştirilen ve bazıları problem türüne has olan çeşitli sezgisel ve meta sezgisel algoritmalar geliştirilmiştir.

### 3.1. P-medyan Problemi Yazındaki Çalışmalar

P-medyan problemleri konusunda birçok alan ve sektörde yapılan teorik ve uygulama örnekli çalışmalar mevcuttur. Bu nedenle, bu çalışmada konuyla daha çok ilişkili olabilecek çalışmaların bazılarına öncelik verilmiştir.

Ruslim ve Ghani (2006) ilk yardım tesislerinin yerleşimi ile ilgili çalışmalarında belirsizlik durumu göz önünde bulundurularak sınırlı sayıda ambulansların yerleştirilmesini ele almışlardır. Bu çalışmada belirli ve belirsiz talep koşulları olmak üzere iki çeşit senaryo oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda, talep ağırlıklarının belirli olduğu durumda elde edilen p-medyan problem çözümünün talep ağırlıklarının belirsiz olduğu durumlardan farklı olduğuna ulaşılmıştır. Talep ağırlıklarının belirsizliği durumunda, elde edilen p-medyan problem çözümünün optimum sonuç vermeyeceği değerlendirilmiştir. Çalışmamızda ise, Ruslim ve Ghani (2006) ile paralel olarak mevcut talep doğrultusunda önceden var olan belirli bir tesisin olduğu model ve önceden var olan tesisin değiştirilmesi halinde oluşan model diye iki farklı model oluşturularak probleme iki farklı açıdan yaklaşılmış ve optimum çözüm bulunmaya çalışılmıştır.

Kim ve Soh (2012) üniversite yerleşimi ile ilgili çalışmalarında, Wonkwang Üniversitesi'nde okuyan ve bölgede dağınık bir şekilde yerleşen öğrencileri, okula taşıyan otobüs ulaşım hattının düzenlenmesi ve yolculuk süresinin azaltılması amacıyla p-medyan optimizasyon modelini kullanmışlardır. Elde edilen verileri, kullanılabilirliğin sağlanması açısından Excel ortamında modelleyen araştırmacılar oluşturulan modeli, başlangıçta test ederek ve gelecekte kullanma durumu halinde bir ön çalışma olarak yetkililere sunmuşlardır. Çalışmamızda ise, araştırmacılarla benzer şekilde Excel Analitik Solver kullanarak modelleme yapılmış ve farklı senaryo durumunda optimum sonuç araştırılmıştır.

Özçakar ve Bastı (2012), p-medyan kuruluş yeri seçiminde parçacık sürü algoritması yaklaşımını çalışmışlardır. Bu algoritmayı, yazında yaygın olarak kullanılan iki test problemine uygulayan araştırmacılar, elde edilen sonuçları daha önce aynı test problemleri ile yapılan farklı çözüm algoritmalarından elde edilen sonuçlar ile karşılaştırmışlardır. Sonuçta, aynı test problemleri ile yapılan çalışmalardan sadece biri dışında, diğer algoritmalarından daha iyi sonuca ulaşıldığı görülmüştür.

Ipsilandis (2008), bir tedarik zinciri probleminde kütüphaneye alınacak kitaplar için tedarikçi seçimini ele almıştır. Problemin matematiksel ifadesinin diğer karmaşık yazılımlar yerine Excel Solver programında kolaylıkla modellenebileceğine vurgu yapılmıştır. Ayrıca operasyonel araştırmalar için takip edilen standart prosedürler yerine Solver Platform'ın sağladığı esneklikten dolayı problemin istenildiği gibi ifade edilip çözülebileceğini göstermiştir. Araştırmacının, Kim ve Soh (2012) ve çalışmamızla benzer şekilde Excel Solver'ı basit ve güçlü olmasından dolayı çalışmalarında kullandığı belirtilmiştir.

LeBlanc ve Galbreth (2007), optimizasyon modellemesinde elektronik tabloların önemini büyük ölçekli problemleri de göz önünde bulundurarak incelemişlerdir. Elektronik tabloların avantajlarıyla beraber özellikle büyük ölçekli problemler de oluşabilecek dezavantajların nasıl ortadan kaldırılabilirliğini bir örnek çalışma üzerinde test etmişlerdir. Bu çalışmaları, Ipsilandis (2008), Kim ve Soh (2012) ve çalışmamızla paralel olarak elektronik tablolarının optimizasyon problemlerini çözme de güçlü yanlarını kullanmakla beraber ortaya çıkabilecek sorunların nasıl giderilebileceğini gösterme açısından önem arz etmektedir.

Reese (2005), p-medyan problemlerini çözmek için kullanılan metotların neler olduğunu daha önceden yapılan çalışmaların ışığında irdeleyip konuyla ilgili kapsamlı bir kaynakça çalışmasına yer vermiştir.

Ndiaye vd. (2012), p-medyan problemi kullanılarak orta okuldan liseye geçen öğrencilerin, ev ile okul arasındaki uzaklık ve öğrenci sayısı göz önünde bulundurulmak koşulu ile en uygun okula atama modeli oluşturup CPLEX çözücü yardımıyla çözüm alternatifleri sunmuşlardır. Bu çalışma konu içeriği olarak Kim ve Soh (2012)' un çalışmasıyla benzerlik göstermesiyle beraber p-medyan problemlerini çözmek için Excel Solver programına alternatif olarak CPLEX programının da kullanılabilceğini gösteren bir çalışma olması açısından örnek teşkil etmektedir.

Densham ve Rushton (1992), vertex düğüm değişim sezgiselini sunan Teitz ve Bart (1968)'ın yöntemini kullanarak daha genel bir algoritma sunmuşlardır. Problem boyutunun artmasıyla, bu yöntemin sağladığı maliyetteki düşüşten elde edilecek kârın da artacağı ifade edilmiştir.

Fo ve Silva Mota (2012) sağlık tesislerinin yer seçim problemleri ile ilgili yaptıkları çalışmada Brezilya'da bir ilin sağlık tesis yerlerini optimum yapmak için dört farklı tesis yerleşim modeli kullanmışlardır. P-medyan, küme kapsama, maksimum kapsama ve p-merkez modelleriyle ifade edilen problem, model sonuçlarının karşılaştırılması yoluyla analiz edilmiştir. Ruslim ve Ghani (2006)'nin çalışmasına benzer bir konu içeren bu çalışma küme kapsama, maksimum kapsama ve p-merkez modelleriyle ifade edilen farklı tekniklerle karşılaştırarak hangi modelin daha iyi sonuç verdiğini göstermek açısından daha kapsamlı bir çalışma olduğu ifade edilebilir.

Lee ve Yang (2009) benzer bir çalışmada, yaygın olarak kullanılan üç temel tesis yerleşim problemlerini elektronik tablo (spreadsheet) kullanma yaklaşımıyla incelemişlerdir. Elektronik tablolardan biri olan Solver Platform kullanılarak p-medyan, kapasite kısıtlı p-medyan ve maksimum yer kapsama problemleri literatürde kullanılan bazı problem verileriyle ifade edilmiştir. Solver Platform yaklaşımıyla analiz edilen sonuçların diğer çalışmalarda kullanılan yöntemlere göre belirli açıdan üstünlük sağladığı görülmüştür. Solver Platform ile optimizasyon yapılmasının sağladığı diğer avantajlar; diğer kompleks optimizasyon araçlarına göre daha basit, kullanışlı, bir çok yerleşim problemlerinin kolaylıkla ifade edilebilmesi ve hızlı sonuçlar vermesi şeklinde ifade edilmiştir. Bu çalışmada, Lee ve Yang (2009)'ın kullandığı elektronik tablo (spreadsheet) kullanma yaklaşımından yola çıkarak bu çalışmanın problemi ifade edilmiş ve çözüm alternatifleri sunulmuştur. Bu yaklaşım tarzı ileriki bölümlerde ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

#### 4.YÖNTEM

Bu çalışma bir gıda firmasının Düzce distribütörlüğünü yapan Acarsoy firmasının, Düzce ilindeki depo/depolarının, talep miktarının belli olduğu durumdaki yeri/yerlerinin belirlenmesine veya seçilmesine odaklanmaktadır. Temel problem, bir ağda yer alan n adet nokta içerisinde en uygun p adedini ortalama toplam ağırlıklandırılmış mesafeyi minimum yapmak koşulu göz önünde bulundurularak depo yeri olacak şekilde seçmek (location) ve talep noktalarını kendilerine en yakın olan depo yerinden hizmet alacak şekilde depolara atamaktır (allocation).

##### 4.1. Problemin Matematiksel İfadesi

###### a. İndisler :

Talep noktaları kümesi (müşteriler) : I=1,2, ....., m adet

Aday depo yeri kümesi: J=1,2, ....., n adet

###### b. Parametreler:

w<sub>i</sub>: i noktasında bulunan talep noktasının talep ağırlığı

d<sub>ij</sub>: i noktasında bulunan talep noktası ile j noktasında yer alan depo yeri arasındaki en kısa uzaklık

###### c. Değişkenler:

X<sub>ij</sub>=1, eğer i talep noktası j tesisine atanmışsa; X<sub>ij</sub>=0, diğer durumda

Y<sub>j</sub>:1, eğer j noktasında bir tesis açılmışsa; Y<sub>j</sub>=0 diğer durumda

###### d. Amaç Fonksiyonu:

$$\min C = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i d_{ij} x_{ij}$$

=TOPLAÇARPIM (W.D.U)

(1)

Problemin matematiksel ifadesinin amaç fonksiyonunda görüldüğü gibi problemde üç değişkenin çarpılmasıyla çözülmektedir. Problemimiz Excel ortamında çözüleceği için amaç fonksiyonu Excel ortamına uygun olacak şekilde ifade edilmiştir. “TOPLAÇARPIM” ifadesi, Excel programında sıklıkla kullanılan bir fonksiyon olup amaç fonksiyonunda yer alan talep miktarı ve mesafe parametrelerinin birbirine karşılık gelen değerlerinin çarpımlarının toplamına eşittir. Denklemden yer alan W sembolü talep miktarına karşılık gelen matris, D sembolü mesafeye karşılık gelen matris ve U sembolü ikili atama değişkenine karşılık gelen matrisi temsil etmektedir (Lee ve Yang, 2009). Bu dönüşümün problemde kullanılmasının sebebi, denklemin hesaplanmasını Excel programında yer alan “TOPLAÇARPIM” formülüyle sağlamaktır. Bu formül sadece aynı boyuttaki ifadelerin toplanıp çarpılmasına izin verdiğinden değişkenleri aynı boyuttaki matrise dönüştürüp amaç fonksiyonu hesaplanmıştır (Microsoft, 2014).

#### e. Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad \text{için} \quad \forall i,j \quad i,j=1,2,\dots,n \quad (2)$$

$$x_{ij} \leq y_j \quad \text{için} \quad \forall i,j \quad i,j=1,2,\dots,n \quad (3)$$

$$\sum_i y_j = p \quad \text{için} \quad (4)$$

$$x_{ij}, y_j \in \{0,1\} \quad \text{için} \quad i,j=1,2,\dots,n \quad (5)$$

Bu model bir doğrusal-tam sayılı programlama problemi olup genellikle tam sayılı-doğrusal programlama problemleri çözen birçok optimizasyon programlarıyla çözülebilir.

Acarsoy firmasının mevcut durumunda 1 depo yeri bulunmaktadır. Bu depo yeri, şebekede yer alan toplam 44 adet düğümden birinde bulunmaktadır. Firmanın öncelikle, mevcut depo yerinin optimum olup olmadığı araştırılmıştır. Ardından, mevcut veriler yoluyla optimum depo sayısı ve yerlerinin bulunup bu depolara, maliyetin en az olmak koşulu göz önünde bulundurularak, en yakın talep noktalarının atanması amaçlanmaktadır. Optimum depo sayısının bulunması için çeşitli tesis sayısı (p=1,2,3,4,5...) denemeleri yapılarak uzaklık maliyeti (cost)-tesis sayısı (p) grafiği oluşturulacaktır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda optimum p sayısı belirlenecektir.

#### 4.2. Araştırma Modeli

Firmanın mevcut durumda bir tesis yeri olduğu dikkate alınarak, optimum tesis sayısını belirlemek için genel olarak 2 yol izlenmiştir.

**Birinci Yol Modeli (“ekol marketin önceden seçildiği” Durumu):** Birinci yol modeli, mevcut tesis yerinin dikkate alınarak optimum tesis yerinin ve sayısının belirlenmesidir. Bu yol, mevcut tesis yerinin adı ekol olduğundan “ekol marketin önceden seçildiği” model olarak adlandırılmıştır. Diğer bir ifadeyle, birinci yolda p=1 değerinin yerinin belli olduğu düşünülerek doğrudan null matriste kullanılan atama değerlerinin tümünün 0 olması yerine, firmanın mevcut birinci tesis yeri belli olduğundan 1 olarak seçilmiştir. Buna beraber, “yerler” değerlerinde tüm değerlerin henüz atanmadığını ifade eden 0 yerine, mevcut tesis yerinin değeri null matriste yer alan 1 değerine eşitlenmiştir.

**İkinci Yol Modeli (“ekol marketin önceden seçilmediği” Durumu):** İkinci yol modeli, mevcut tesis yerini dikkate alınmadan en uygun tesis yerinin ve sayısının belirlenmesidir. Bu yol ise, mevcut tesis yeri başlangıçta seçilmediği için “ekol marketin önceden seçilmediği” modeli olarak isimlendirilmiştir. Bu yolda, her hangi bir tesis yerinin başlangıçta var olmadığı düşünülerek en genel haliyle sıfırdan kurulması planlanan depo yerleri için optimum nokta ve yerlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Diğer bir ifadeyle, bu modelde p=1 değerinin de belli olmadığı ve bu yüzden null matriste kullanılan atama değerlerinin tümü 0 olarak alınmıştır.

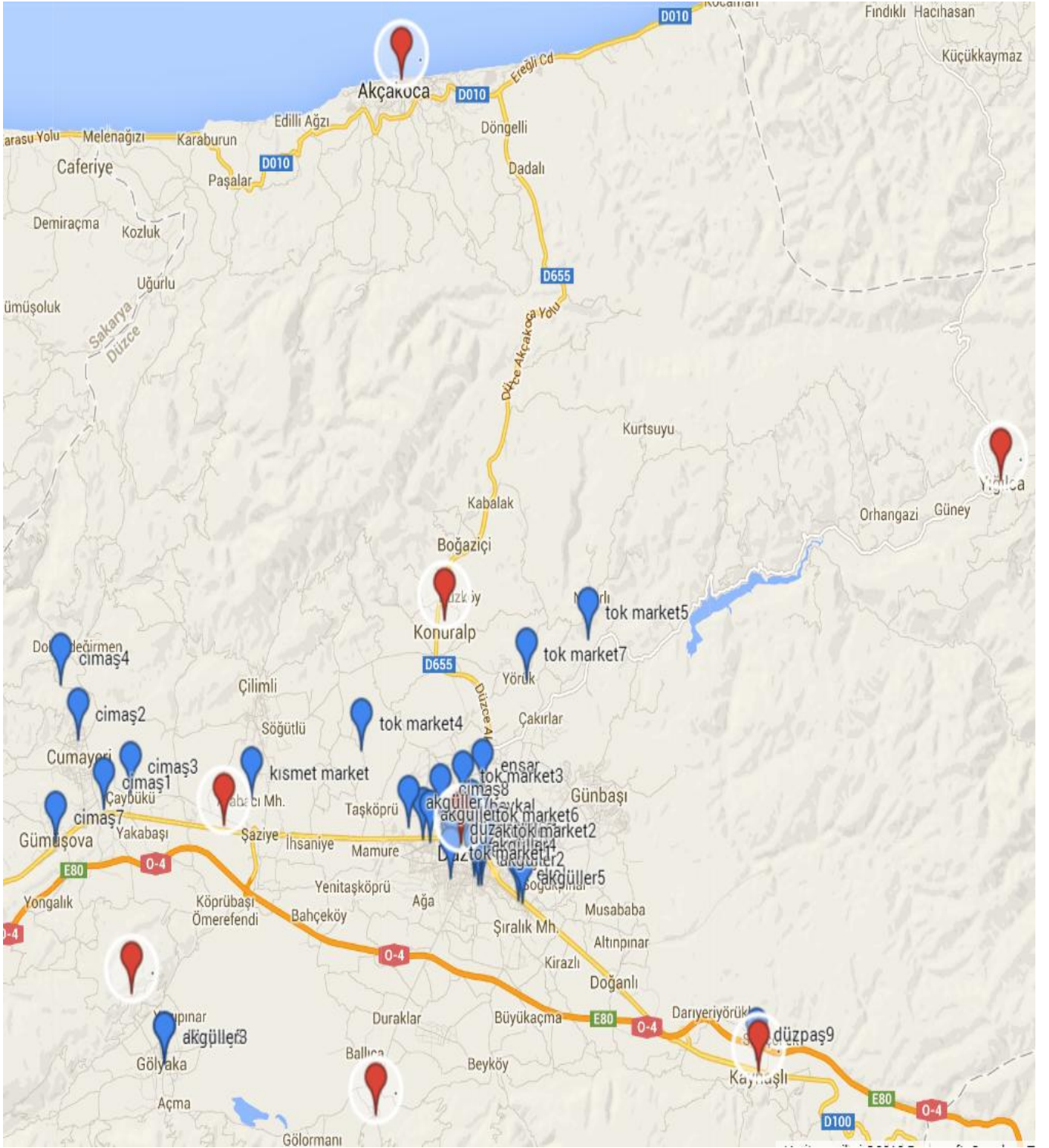
#### 4.3. Veri Toplama Araçları

Verilerin elde edilmesi için birincil verilerden yarı mülakat tekniğinden ve ikincil verilerden yararlanılmıştır. Yarı mülakat görüşmeleri, sabit seçenekli cevaplama, gerektiğinde derinlemesine bilgi elde etme, mülakat yapılan kişiye kendini ifade etme imkanı verme gibi avantajlara sahiptir (Büyüköztürk vd., 2010). Mülakat yoluyla firmanın talep noktalarının yerleri, talep noktalarının ağırlıkları ve firma ile ilgili genel bilgiler firma yöneticilerinden elde edilmiştir. İkincil veri olarak, firmadan alınan talep noktalarının isimlerinden yola çıkarak Google Maps programından talep noktalarının koordinatları (enlem ve boylamları) bulunmuştur. Enlem ve boylamlar kullanılarak Excel programında yer alan TOPLAÇARPIM formülüyle iki mesafe arasındaki uzaklık bulunmuştur.

#### 4.4. Verilerin Toplanması

Firma yöneticileri ile yapılan görüşmeler ile ilk olarak problemin çözümü için gerekli olan talep noktalarının yerleri ve ağırlıkları ile ilgili bilgiler elde edilmiştir. Bu bilgiler Ek 1 ve Ek 2’de verilmiştir. Bu doğrultuda şu bilgilere ulaşılmıştır; Acarsoy firması 8’i sıcak satış, 4’ü soğuk satış olmak üzere toplam 12 araç ile Düzce il ve ilçelerine hizmet vermektedir. Sıcak satış araçları bayilere istekleri doğrultusunda belirli ürünleri satan ve bulunduğu bölgede dolaşarak birçok küçük ve orta büyüklükte bayiye uğrayarak mal dağıtan araçlardır. Soğuk araçlar ise daha büyük marketlere hizmet veren ve anlaşmalı olduğu bu marketlerin raflarına baştan sona ilgili ürünü yerleştirmekle görevlendirilmiş araçlardır. Cironun yüzde 59,4’ü soğuk satışlardan geri kalan 40,6’sı ise sıcak satışlardan elde edilmektedir. Sıcak satış alanı 8 bölgeye ayrılmış olup her bölgeye 1 araç hizmet vermektedir. Soğuk satış içinse 4 adet araç toplam 36 farklı markete hizmet vermektedir. Böylece, toplam 44 adet talep noktası vardır. Talep noktalarının dağılımı Şekil 2’de verilmiştir.





Şekil 2. Talep Noktalarının Dağılımı

Şekil 2’de görüldüğü gibi talep noktalarının çoğu belirli bir alanda diğer bir ifade ile il merkezinin çevresinde bulunmaktadır. Ek 1’de ise, sıcak ve soğuk satışların yapıldığı bölge ve market talep noktalarından elde edilen kar oranları verilmiştir. Talep ağırlıkları bununla orantılı olarak oluşturulmuştur. Belirtilen talep noktalarından elde edilen kar oranlarını kullanarak talep ağırlıkları oluşturulmasının nedeni firmanın mevcut talep miktarı hakkında bilgi vermekten kaçınmasıdır. O nedenle talep ağırlıklarını oluşturmak için alternatif bir yol olarak kar oranları alınmıştır. Bununla beraber literatürde para, zaman gibi değişkenlerin maliyet olarak kullanılabilmesi ifade edildiğinden bununla ilişkili olan kar oranları kullanılmıştır (Bastı,2012).

Problemin ana temasında yer alan bir diğer önemli parametre iki nokta arasındaki mesafenin hesaplanmasıdır. Çalışmanın yapıldığı Düzce ilinde henüz Coğrafi Bilgi Sisteminin mevcut olmadığından talep noktaları arasındaki mesafenin bulunması için Google Maps programına başvurulmuştur. Bu program ise, bir günde kısıtlı sayıda iki nokta arasındaki uzaklığın hesaplanmasına izin vermektedir. Fakat problemimizde hesaplanması gereken iki nokta arasındaki uzaklık sayıca 990 adet gibi yüksek bir değer olması nedeniyle mesafeler arasındaki uzaklık hesaplanması bu program ile de yapılamamıştır. Ardından, Öklid uzaklık hesaplama formülüne başvurulmuştur. Fakat şunu ifade etmek gerekir ki; uzaklık hesaplama yöntemlerinden, hangi formül kullanılırsa kullanılsın sonuçta formül kullanıldığı için elde edilen uzaklıklar her zaman yaklaşık uzaklık olacaktır. Çalışmanın bir kısıtı olarak araştırma bu uzaklıklar çerçevesinde sürdürülmek zorunda kalmıştır. Çeşitli uzaklık belirleme formüllerinden en yaygın kullanıma sahip olan Öklid uzaklık hesaplama formülünden yararlanılmıştır. Öklid uzaklığı; iki nokta arasındaki düz çizgi yol uzaklığıdır. Düzlemde verilen  $p_1=(x_1, y_1)$  ve  $p_2=(x_2, y_2)$  olmak üzere, Öklid uzaklığı  $=\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$  formülüyle hesaplanır (Wang vd., 2005).

Talep noktalarının koordinatları olan enlem ve boylamları Google Maps'ten elde edilmiştir. Bu verilerden yola çıkarak en küçük x (Enlem) ve y (Boylam) koordinatları belirlenmiştir. Tüm koordinatların bir düzlemde olacağı düşünülüp koordinatlar içerisinden orijin belirlemek için en küçük x (Enlem) ve y (Boylam) noktaları bulunup orijin yani (0,0) olarak kabul edilmiştir. Diğer bir ifade ile en batıdaki x ve en güneydeki y noktası orijin olarak referans alınmıştır. Daha sonra düzlemde oluşturulan bu orijine göre tüm noktaların nispi yani göreceli x ve y noktalarını bulmak için, diğer x ve y noktalarından orijin kabul edilen noktanın koordinatları çıkarılmıştır. Göreceli x (enlem) noktalarını düzeltmek için iki enlem arasındaki uzaklık olan 111 km ile göreceli y (boylam) noktalarını düzeltmek için ve konumdan konuma değişen boylamlar arasındaki km farkı dikkate alınarak Türkiye'deki iki boylam arasındaki yaklaşık uzaklık 85 ile çarpılarak düzeltilmiş x ve y noktaları bulunmuştur. Daha sonra düzeltilmiş x ve y noktaları referans alınarak Öklid uzaklık formülüyle iki nokta arasındaki uzaklık hesaplanmıştır. Şebekede yer alan noktaların enlem ve boylamları, göreceli enlem ve boylamları ve düzeltilmiş enlem ve boylamları Ek 2'te verilmiştir.

Daha sonra, Microsoft Excel programı yardımıyla Öklid uzaklık formülü kullanılarak, düzeltilmiş enlem ve boylamlar arasındaki uzaklık bulunmuştur. Excel'de Öklid uzaklık formülünü kullanmak için aşağıda verilen Excel kısa yol formüllerine başvurulmuştur:

$$=((DÜŞEYARA($B3;Sayfa2!$A$2:$C$45;2;YANLIŞ)DÜŞEYARA(C$2;Sayfa2!$A$2:$C$45;2;YANLIŞ))^2+(DÜŞEYARA($B3;Sayfa2!$A$2:$C$45;3;YANLIŞ)-DÜŞEYARA(C$2;Sayfa2!$A$2:$C$45;3;YANLIŞ))^2)^{0,5}$$

Düzeltilmiş enlem ve boylamların Excel'deki konumu Sayfa 2'de yer aldığından formülasyonda Sayfa2 ye başvurulduğu görülmektedir. Hesaplama sonucunda elde edilen noktalar arasındaki uzaklıkların birbirleri arasındaki uzaklıkların bir kısmı Ek 3'te verilmiştir.

Amaç fonksiyonumuz;

$$\min C = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i d_{ij} x_{ij}$$

$$=TOPLAÇARPIM (W.D.U)$$

olduğundan problemde talep ağırlık miktarına ihtiyaç vardır. Firmanın hizmet verdiği toplam 44 adet talep noktası mevcut olup Ek 1'de talep ağırlık değerleri verilmiştir. Yüzdeler olarak verilen talep ağırlıkları, firmanın belirtilen düğüm ya da talep noktasından sağladığı kar oranları baz alınarak elde edilmiştir. Kar oranları değiştiğinde talep ağırlıkları da bununla doğru orantılı olarak değişecektir.

Bunlardan yola çıkarak Microsoft Excel'de raporlanan veri sayısının büyüklüğü (44X44 matris) nedeniyle tüm modeli bir arayüzde göstermek mümkün olmadığından burada her değişkenin Excelde oluşturulan modelinden bir kesite (5X5 matris) aşağıda yer verilmiştir.

UZAKLIK						NULL MATRİS						
D	Kaynaşlı	Konuralp	A.pınar Köyü	Yığılca	Düzce,merkez	U	Kaynaşlı	Konuralp	A.pınar Köyü	Yığılca	Düzce,merkez	Toplam
Kaynaşlı	0.00	21.39	17.47	23.63	15.75	Kaynaşlı	0	0	0	0	0	0
Konuralp	21.39	0.00	17.73	25.79	7.90	Konuralp	0	0	0	0	0	0
A.pınar Köyü	17.47	17.73	0	36.21	10.34	A.pınar Köyü	0	0	0	0	0	0
Yığılca	23.63	25.79	36.21	0.00	27.71	Yığılca	0	0	0	0	0	0
Düzce,merkez	15.75	7.90	10.34	27.71	0.00	Düzce,merkez	0	0	0	0	0	0
TALEP MİKTARI						YERLER						
W							1	2	3	4	5	Toplam
Kaynaşlı	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	yj	0	0	0	0	0	0
Konuralp	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	İsim	Aralık					
A.pınar Köyü	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	D	= C3:G7					
Yığılca	5	5	5	5	5	W	= C11:G15					
Düzce,merkez	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	U	= K3:O7					Maliyet: 0
Hücreler	Formüller					Kopyala	Çözücü Ayarları:					
P16	=TOPLA.ÇARPIM (D.W.U)						Min: P16					
P3	=TOPLA (K3:O3)					P4:P7	Hedef Hücreleri Değiştirerek: U					
K11	=K3						Kısıtlar:					
L11	=L4						P3:P7=1					
M11	=M5						K3:K7≤K3					
N11	=N6						L3:L7≤L4					
O11	=O7						M3:M7≤M5					
P11	=TOPLA (K11:O11)						N3:N7≤N6					
							O3:O7≤O7					
							P11=2					

Şekil 3. Gerçek Problem Excel Kesiti

Şekil 3’de görüldüğü üzere, Excel modelinde 5 noktanın D (Uzaklık), W (Talep ağırlığı) ve U (Null Hipotez) değerlerine yer verilmiştir. Null Hipotezi (Sıfır Hipotezi), tersine kanıt bulunmadığı sürece doğruluğu kabul edilen, araştırmacı tarafından ortaya atılan hipotezdir (Yıldız Teknik Üniversitesi, 2013). Bu çalışmada, null hipotezi olarak başlangıçta tesis yerlerinin belli olmadığından null matriste bunlara karşılık gelen değerler 0 olarak kabul edilmiştir. Ayrıca amaç fonksiyonunun bulunmasını sağlayan, formüller ve çözücü ayarları gösterilmiştir. Çözücü ayarlarının en sonunda yer alan p=2 değeri, optimum tesis sayısının 2 kabul edilmesi durumunu ifade etmektedir. Çözücüdeki bu değer araştırılan tesis sayısına göre değişiklik gösterecektir. Null matris olan U matrisinin tüm değerleri başlangıçta 0 olarak ifade edilmiştir.

#### 4. 5. Verilerin Analizi

Bu çalışmada kullanımının basit olması, kompleks kod yazımlarının olmaması ve kolaylıkla temin edilebilmesi nedeniyle Analitik Solver Platform programının kullanılması tercih edilmiştir

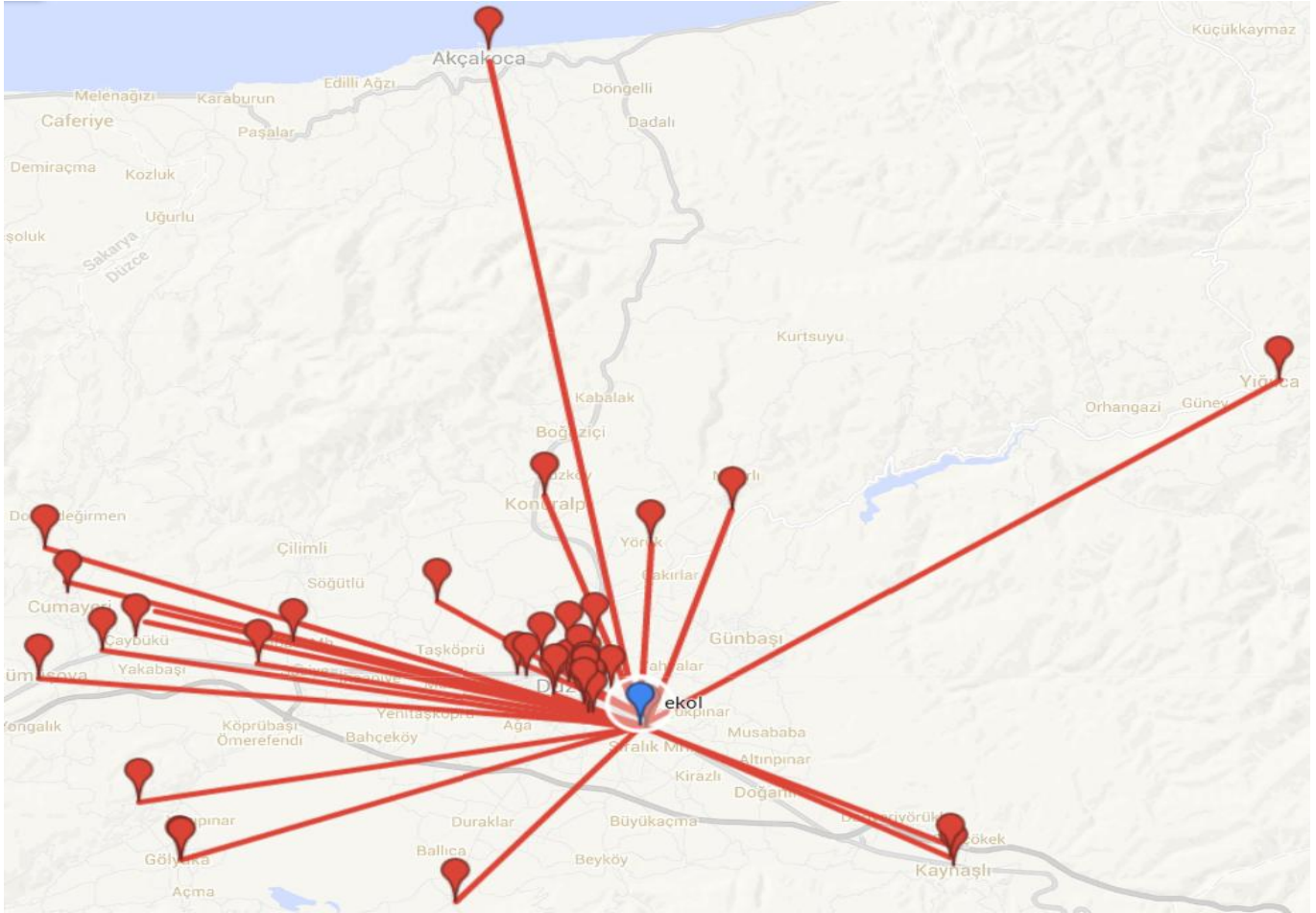
Analitik Solver Platform programının farklı kategorilere ayrılmış problem çözme motorları mevcuttur. Bunlardan en güçlü olanı “Large Scale LP/Quadratic” motoru denilebilir (Lee ve Yang, 2009).

### 5.BULGULAR VE YORUMLAR

#### 5.1.Birinci Yol Modelinin Çözümleri (“ekol marketin önceden seçildiği” Durumu)

Tesis sayısı (p)’ nin tüm durumlarını bu çalışmada şekille göstermek zor olacağından sadece tesis sayısı 1 ve 5 olan durumlar şekiller ile ifade edilip diğer tesis sayıları ve atama yerleri bir bütün olarak tablo halinde verilecektir.

İlk olarak “ekol marketin önceden seçildiği” durumu modelinde  $p=1$  için, firmanın mevcut depo yerinin optimum olduğu kabul edilerek çözülen problemde oluşan maliyet 1037,2236 birim olarak bulunmuştur. Bu değer tüm talep noktaları, “ekol” düğümünde kurulan tesisten hizmet alması durumunda oluşan maliyeti ifade etmektedir. Diğer bir ifade ile firmanın şuan ki tesis yeri “ekol” noktasında bulunduğundan oluşan maliyet 1037,2236 birimdir. Tüm talep noktaları ise, hizmet veren tek bir tesis olduğundan “ekol” noktasına atanmıştır. Bu durumda,  $p=1$  için optimum tesis yeri ve atama modelini gösteren harita Şekil 4’de görülmektedir.



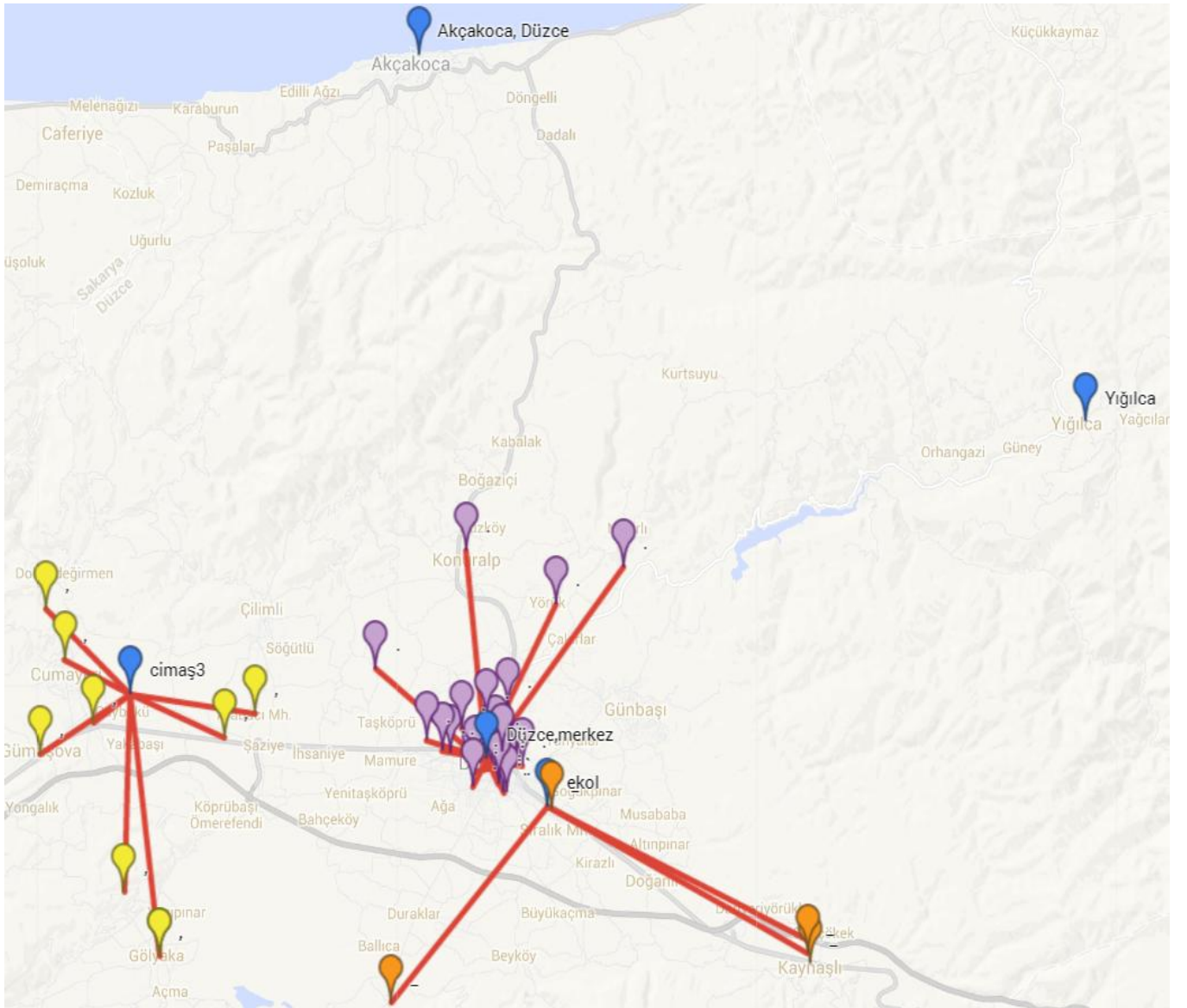
Şekil 4. “ekol marketin önceden seçildiği” Modelinde  $p=1$  İçin Yer Belirleme-Talep Atama Sonucu

“ekol marketin önceden seçildiği” modelinde,  $p=5$  için oluşan maliyet 380,90688 olarak bulunmuştur. Modelde, mevcut tesis yeri olan ekol noktasıyla beraber kurulacak tesis sayısının 5 olması durumunda hangi tesisin nereye kurulacağı ve talep noktalarının hangi tesisten hizmet alacağı belirlenmiştir. Bu durumda, birinci tesis yeri “ekol” noktasında, kurulacak ikinci tesis yeri “Akçakoca, Düzce” bölgesinde üçüncü tesis yeri “çimaş3” noktasında, dördüncü tesis yeri “Yığılca” ve beşinci tesis yeri ise “Düzce, merkez” bölgesi olarak elde edilmiştir. Hangi talep noktasının bu tesislerin hangisinden hizmet alacağını Tablo 2 ifade etmektedir.

**Tablo 2.** “ekol marketin önceden seçildiği” Modelinde  $p=5$  İçin Optimum Tesis Yerlerine Atanan Talep Noktaları

Optimum Tesis Yerleri	Hizmet Verilen Talep Noktası
Düğüm 4 (Yığılca)	Düğüm 4
Düğüm 5 (Düzce, merkez)	Düğüm 2, 5, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 25, 26, 28, 29, 31, 32, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44
Düğüm 8 (Akçakoca, Düzce)	Düğüm 8
Düğüm 10 (ekol)	Düğüm 1, 2, 3, 10, 20,35
Düğüm 23 (cimaş3)	Düğüm 6, 7, 16, 21, 22, 23, 24, 27, 30, 33

Bu durumda haritada oluşan yer belirleme-atama sonuçları Şekil 5’de görülmektedir.



**Şekil 5.** “ekol marketin önceden seçildiği” Modelinde  $p=5$  İçin Yer Belirleme-Talep Atama Sonucu

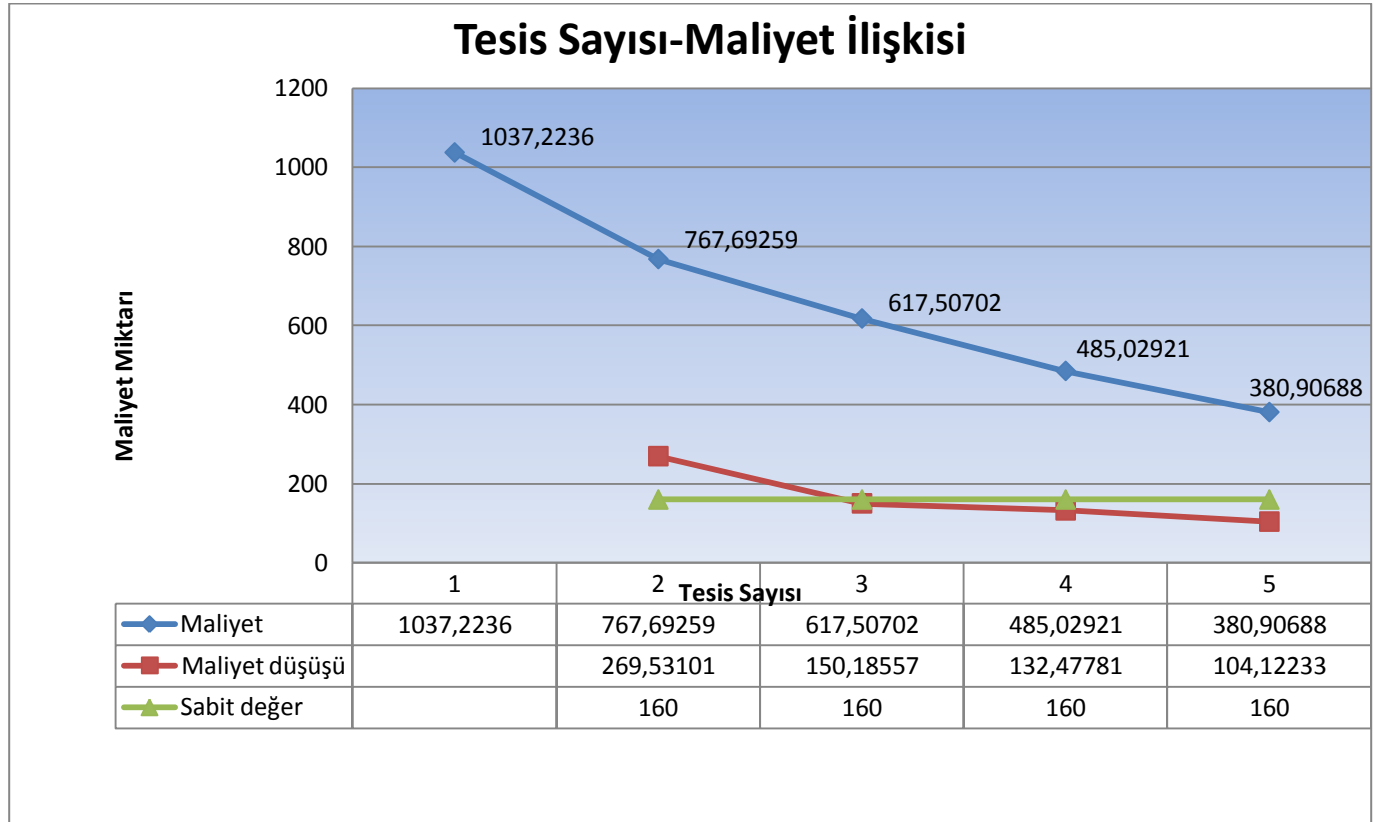
Genel olarak birinci yol ile edilen maliyetlerin karşılaştırılması Tablo 3’de verilmiştir.



**Tablo 4.** İkinci Yol İle Yapılan p=1,2,3,4,5 Modellerinin Maliyetleri

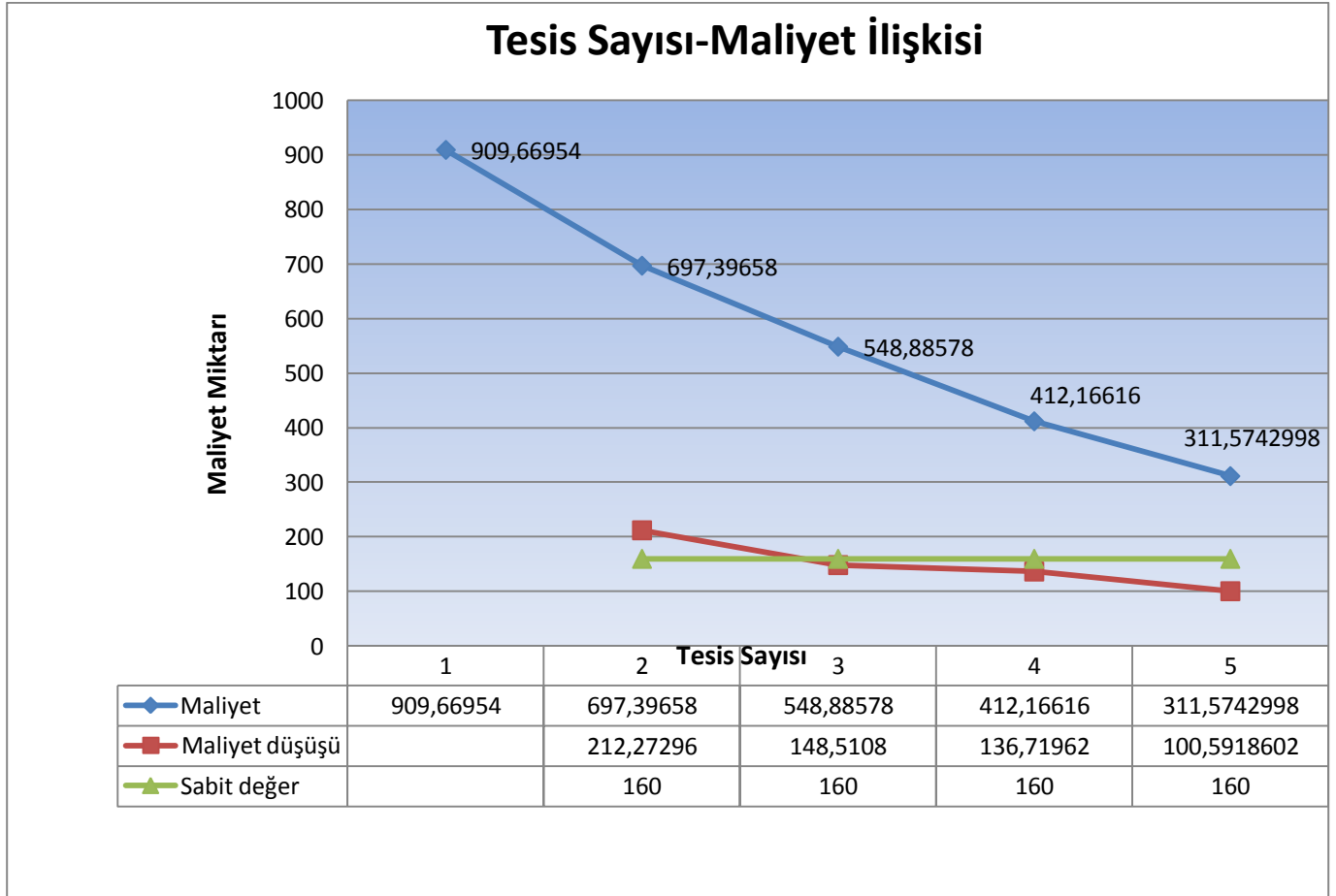
Tesis Sayısı	Maliyet	Tesis Yeri
1	909,67	Düğüm 5 (Düzce, Merkez)
2	697,40	Düğüm 13 (düzpaş2) Düğüm 23 (cimaş3)
3	548,89	Düğüm 8 (Akçakoca, Düzce) Düğüm 23 (cimaş3) Düğüm 31 (akgüller1)
4	412,17	Düğüm 4 (Yığılca) Düğüm 8 (Akçakoca, Düzce) Düğüm 17 (düzpaş6) Düğüm 23 (cimaş3)
5	311,58	Düğüm 1 (Kaynaşlı) Düğüm 4 (Yığılca) Düğüm 8 (Akçakoca, Düzce) Düğüm 17 (düzpaş6) Düğüm 23 (cimaş3)

Birinci yol ile ikinci yolda  $p=1$  için elde edilen maliyetler karşılaştırıldığında, firmanın şuanda mevcut bulunan tesis yerinin maliyeti (1037,2236 birim), optimizasyon sonucu elde edilen ikinci yoldan elde edilen maliyetten (909,66954 birim) çok daha yüksek çıkmıştır. Bu durum gösteriyor ki, firma mevcut depo yerini “ekol” yerine “Düzce, merkez” noktasına açmış olsaydı maliyetten 127,55406 miktarında tasarruf etmiş olacaktı. Elde edilen maliyet değerleri, talep miktarı yıllık kar oranı olarak ele alındığından yıllık bazda oluşan maliyet olarak düşünülebilir. Fakat nihayetinde, gerçek değerlerle problem çözülmediğinden ulaşılan maliyetler göreceli maliyet miktarları olarak düşünülmelidir. Sonuç olarak, firmanın mevcut durumdaki depo yeri problemimizden elde edilen verilere göre optimum değildir. Bununla beraber bir diğer amaç optimum depo yeri sayısının ne kadar olduğunun bulunmasıdır. Optimum depo yeri sayısını belirlemek için birinci yoldan elde edilen maliyet verileri doğrultusunda tesis sayısı-maliyet grafiği çizilmiştir.


**Şekil 7.** Birinci Yol İçin Tesis Sayısı-Maliyet İlişkisi

Şekil 7’de görüldüğü gibi, maliyet ve tesis sayısı faktörleri dışında optimum tesis sayısının netlik kazanması açısından maliyet düşüşü ve sabit değer faktörlerine yer verilmiştir. Grafiğin altında verilen maliyet faktörü, tesis sayısı (p)’nin değişimine göre birinci yolda oluşan maliyet değerlerini ifade etmektedir. Grafiğin altında yer alan bir diğer faktör olan maliyet düşüş faktörü firmanın ek olarak ikinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci tesisleri açması durumunda meydana gelen maliyet düşüşünü ifade etmektedir. Maliyet eğrisi ve maliyet düşüş eğrisi beraber incelendiğinde, en çok maliyet düşüşünün birinci tesisten ikinci tesise geçiş aşamasında olduğu görülmektedir. Sonraki artan tesis sayısı, maliyette daha az ve birbirine yakın maliyet düşüşü olduğunu ifade etmektedir. Bu nedenle firma için optimum tesis sayısı iki olarak belirlenmiştir. Optimizasyon sonucunda bulunan değerlere göre ise bu iki tesisin yerleri ise “ekol” ve “Döngelli, Düzce” olarak belirlenmiştir.

İkinci yolda optimum depo yeri sayısını belirlemek için elde edilen maliyet verileri doğrultusunda tesis sayısı-maliyet grafiği Şekil 8’de çizilmiştir.



Şekil 8. İkinci Yol İçin Tesis Sayısı-Maliyet İlişkisi

Grafiğe bakıldığında, maliyet ve tesis sayısı faktörleri dışında optimum tesis sayısının netlik kazanması açısından maliyet düşüşü ve sabit değer faktörlerine yer verilmiştir. Grafiğin altında verilen maliyet faktörü, tesis sayısı (p)’nin değişimine göre birinci yolda oluşan maliyet değerlerini ifade etmektedir. Grafiğin altındaki bir diğer faktör olan maliyet düşüş faktörü firmanın ek olarak ikinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci tesisleri açması durumunda meydana gelen maliyet düşüşünü ifade etmektedir. Maliyet eğrisi ve maliyet düşüş eğrisi beraber incelendiğinde, en çok maliyet düşüşünün birinci tesisten ikinci tesise geçiş aşamasında olduğu görülmektedir. Sonraki artan tesis sayısı, maliyette daha az ve birbirine yakın maliyet düşüşü olduğunu ifade etmektedir. Bu nedenle firma için optimum tesis sayısı 2 olarak belirlenmiştir. Optimizasyon sonucunda bulunan değerlere göre ise bu iki tesisin yerleri Düğüm 13 (düzpaş2) ve Düğüm 23 (cimaş3) noktaları olmalıdır.

## 6.SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, p-medyan tesis yeri seçim problemlerinin karmaşık yazılımlar yerine Microsoft Excel programına bir eklenti olarak aktarılabilen Analitik Excel Solver programı ile çözüm yolları araştırılmıştır. (Lee ve Yang, 2009)’ in yaptığı benzer çalışmada da p-medyan problemi uygulamalarının Excel Solver ile çözümünde başarılı sonuçlara ulaşıldığı görülmüştür. Yapılan bu çalışmada, bir gıda firmasının ürünlerinin Düzce ilinde distribütörlüğünü yapan Acarsoy firmasının, talep noktaları doğrultusunda depo yerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bununla beraber, firmanın mevcut durumdaki depo yerinin



uygunluğu, depo sayısına bağlı olarak ortaya çıkacak uzaklık maliyetinin hesaplanması ve firmanın lojistik ağ yapısına öneri sunulması amaçlanmıştır.

Toplam 44 adet talep noktası ve firmanın mevcut bir adet depo yeri göz önünde bulundurularak 2 çeşit yol ile modeller oluşturulmuştur. Modeller Analitik Solver Platform programının LP/Quadratic motoruyla optimize edilmiştir. Birinci yolda firmanın mevcut depo yeri dikkate alınarak modeller oluşturulmuş, modellere göre depo yerleri belirlenmiş ve depo sayısına göre tesis kurma maliyetleri hesaplanmıştır. İkinci yolda, firmanın mevcut depo yeri göz önünde bulundurulmadan talep noktaları için optimum tesis sayısının ne olabileceği ve optimum tesis yerlerinin nereler olabileceği araştırılmıştır. Her iki modelde de tesis sayısı beşe kadar ( $p=5$ ) denenmiş ve elde edilen maliyetler grafik oluşturularak ve tesis yerleri Google Maps uygulaması kullanılarak ve şekiller ile gösterilmiştir. Tesis sayısının en son 5'e kadar denenmesinin nedeni belirli bir tesisten sonra maliyette kayda değer yüksek bir düşüşün olmamasıdır. Hangi talep noktasının belirlenen hangi tesisten hizmet alacağı Analitik Solver programı yardımıyla elde edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, birinci yol ile ikinci yolun tesis sayılarının eşit olduğu durumlarda maliyet miktarlarının beklenildiği gibi farklı olduğu elde edilmiştir. Buna göre, birinci yol modeli olan firmanın mevcut tesis yeri dikkate alınarak oluşturulan modelde, tesis sayısının ( $p$ ) artmasıyla beklenildiği gibi uzaklık maliyetinin düştüğü gözlemlenmiştir. Uzaklık maliyet miktarının düşüşünün beklenilmesinin nedeni tesis sayısının artmasıyla bazı müşterilerin tesislerden herhangi birine olan uzaklığı azalacaktır. Örneğin 10 müşteri varsa ve her müşterinin hemen yanında bir depo yeri tesis açılmışsa uzaklık maliyeti çok az olur. Yalnız fazladan ve kontrolsüz tesis açmak kuruluş yeri maliyeti ve diğer bazı maliyetleri (insan kaynakları maliyeti, vergi maliyeti vs.) arttıracığından, firmalar her zaman optimum sayıda tesis kurmaya çalışırlar. Bu nedenle, optimum depo sayısının belirlenmesi için birinci yol için oluşturulan maliyet tablosunda, en yüksek maliyet düşüşünün birinci tesisten ikinci tesise geçişte olduğu gözlemlendiği için optimum depo sayısının iki olması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Bununla beraber, birinci yol modelinde tesis sayısının bir olduğu durum ( $p=1$ ) ile ikinci yol modelinde tesis sayısının bir olduğu ( $p=1$ ) durumları karşılaştırıldığında firmanın olması gerektiğinden fazla miktarda uzaklık maliyeti ödediği sonucuna ulaşılmıştır. Tesis sayısının iki olduğu durumda, birinci yol modeli için başta belirlenen birinci tesis yeri olan "Düğüm 10 (ekol)" dışında, diğer tesisin kurulması gereken ikinci yer ise "Düğüm 7 (Döngelli, Düzce) olarak bulunmuştur. Böylece, firma ikinci bir tesis yerini Düğüm 7'de açarsa maliyetten tasarruf etmekle beraber talep noktalarına daha kısa sürede hizmet götüreceğinden müşteri memnuniyetini arttırmış olacaktır.

İkinci yol modeli olan mevcut tesis yeri dikkate alınmayarak optimum tesis yerlerinin bulunması modelinde, birinci yol modeli ile paralel olarak tesis sayısının artması ile uzaklık maliyetinin düştüğü ve oluşturulan maliyet tablosundan elde edilen sonuçlar doğrultusunda optimum tesis sayısının iki olması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Bulunan optimum tesis yerlerinin ise beklenildiği gibi talep noktalarının yoğun olduğu noktalarda çıktığı gözlemlenmiştir. Bu sonuçta, birinci yol modeli ile paralellik göstermektedir. İkinci yolda  $p=2$  için elde edilen optimum tesis yerleri Düğüm 13 (düzpaş2) ve Düğüm 23 (cimaş3) olmuştur. Mevcut tesis yerinden vazgeçilirse, yeniden kurulacak optimum tesis sayısı iki olup ve tesis yerleri "düzpaş2" ve "cimaş3" olacaktır. Bu nedenle, firmanın kuracağı tesisleri talep noktalarının kümeleştiği yerlerin merkezine yakın yerlere koymak firma açısından avantaj sağlayacaktır.

Bu çalışmada göz önüne alınmayan bir husus, tesis kararlarını etkileyen diğer bazı faktörlere gerekli bilgilere ulaşamadığından yer verilmemesidir. Örneğin, tesis kararlarını etkileyen arsa maliyetleri, kuruluş giderleri vs. gibi değişkenler dikkate alınmamıştır. İleride konuyla ilgili yapılacak çalışmalarda, çalışmayı etkileyen diğer nitel ve nicel faktörlerin birlikte değerlendirmesi optimum tesis yerlerinin belirlenmesini olumlu etkileyecektir. Çalışmadaki diğer bir husus ise, Düzce ilinde Coğrafi Bilgi Sisteminin olmaması nedeniyle talep noktaları Öklid uzaklık formülü arasında mesafeler yaklaşık olarak hesaplanmıştır. Bu nedenle, konuyla ilgili yapılacak diğer çalışmalarda bu sistemin olduğu yerlerde çalışmanın yapılması optimum tesis sayısı ve yerinin belirlenmesine katkı sağlayacaktır. Fakat literatürde Öklid uzaklığı, Manhattan uzaklığı ve ulaşma süreleri kullanılarak yapılan çalışmalarda da bu farklı uzaklıkların kullanılması ile de aynı çözüme ulaşıldığı görülmektedir (Hodgson ve Storrier, 1995). Bu doğrultuda çalışmada kullanılan Öklid uzaklığıyla çözüm bulma kabul edilebilir bir yöntem olarak değerlendirilebilir. Yapılan literatür taraması sonucu konuyla ilgili (Uluğ, 2003), (Bastı, 2012), (Özçakar ve Bastı, 2012), (Uludağ ve Deveci, 2013) gibi bazı araştırmacılar dışında yerel yazında fazla çalışma olmamasından dolayı bu çalışmanın literatüre katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

**KAYNAKÇA**

- Bastı, M., (2012). P-medyan Tesis Yeri Seçim Problemi ve Çözüm Yaklaşımları AJIT-e: Online Academic Journal of Information Technology, 3(7): 47-75.
- Brandeau, ML, and Chiu, SS (1989). An overview of representative problems in location research. *Management Science*, 35, 645-674.
- Büyüköztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö.E., Karadeniz, Ş. ve Demirel, F. (2010). *Bilimsel Araştırma Yöntemleri* (6.baskı). Ankara: Pegem Yayınları
- Caccetta, L., ve Dzator, M. (2005). Heuristic methods for locating emergency facilities. In *Proceeding of 16th international congress on modelling and simulation*, 1744-1750.
- Church, R. L., ve ReVelle, C. S. (1976). Theoretical and Computational Links between the p-Median, Location Set-covering, and the Maximal Covering Location Problem. *Geographical Analysis*, 8(4), 406-415.
- Daskin, M. S. (2008). What you should know about location modeling. *Naval Research Logistics (NRL)*,55(4),283-294.
- Densham, P. J., ve Rushton, G. (1992). A more efficient heuristic for solving large p-median problems. *Papers in Regional Science*, 71(3), 307-329.
- Fo, A. R. D. A. V., ve Iara da Silva Mota, I. (2012). Optimization models in the location of healthcare facilities: a real case in Brazil. *Journal of Applied Operational Research*, 4(1), 37-50.
- Frontline Solvers Developers of the Excel Solver, <http://www.solver.com/analytic-solver-platform>.
- Google, “Google Maps”, <https://maps.google.com/>, 13.04.2013.
- Hakimi, S. L. (1964). Optimization locations of switching centers and the absolute centers and medians of a graph. *Operations Research*, 12, 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.
- Hodgson, M.J., ve Storier, A.L.G., (1995). Functional Error in Geographical Analysis: the Case of Spatial Separation in Location-allocation. *Geographical Systems* 2, 59-82.
- Ipsilandis, P. G. (2008). Spreadsheet modelling for solving combinatorial problems: The vendor selection problem. arXiv preprint arXiv:0809.3574.
- Kariv, O., ve Hakimi, S. L. (1979). An algorithmic approach to network location problems. II: The p-medians. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 37(3), 539-560.
- Kim, J., ve Soh,S., (2012). Designing Hub-and-Spoke School Bus Transportation Network: A Case Study of Wonkwang University. *Traffic&Transportation*, 24 (5) 389-394.
- Klose, A., ve Drexl, A. (2004). Facility location models for distribution system design. *European Journal of Operational Research*, 162: 4–29.
- Langevin, A. ve Riopel, D. (2005). *Logistics systems: design and optimization*. Springer Science and Business Media.
- Larry Snyder. *Facility Location Models: An Overview*. Dept. of Industrial And Systems Engineering Center For Value Chain Research. Lehigh University Ewo Seminar Series April Ewo Seminar Series –April 21, 2010.
- Lee, W. ve N. Yang (2009). Location problems solving by spreadsheets. *WSEASTransactions on Business and Economics*, 6(8), 469-480.
- LeBlanc, L. J.,ve Galbreth, M. R. (2007). Implementing large-scale optimization models in Excel using VBA. *Interfaces*, 37(4), 370-382.
- Ling, D. C.,ve Smersh, G. T. (1996). Retail site selection using GIS. In *Megatrends in Retail Real Estate* (pp. 13-26). Springer Netherlands.
- Microsoft, “Topla Çarpım İşlevi”, <http://office.microsoft.com/tr-tr/excel-help/HP010062466.aspx>, 05.02.2013.
- Ndiaye, F., Ndiaye, B.M., ve Ly, I., (2012) Application of the p-Median Problem in School Allocation. *American Journal of Operations Research*, 2, 253-259.
- Neema, M. N.,ve Ohgai, A. (2010). Multi-objective location modeling of urban parks and open spaces: Continuous optimization. *Computers, Environment and Urban Systems*, 34(5), 359-376.
- Özcarar, N., ve Bastı, M.,(2012).P-Medyan kuruluş yeri seçim probleminin çözümünde parçacık sürü optimizasyonu algoritması yaklaşımı. *Journal of the School of Business Administration, Istanbul University* 41(2) 241-257.
- Pereira, M. A., Lorena, L. A. N., ve Senne, E. L. F. (2007). A column generation approach for the maximal covering location problem. *International Transactions in Operational Research*, 14(4), 349-364.
- Pizzoloto, N.D.,(1994). A heuristic for large-size p median location problems with application to school location. *Annals of Operations Research* 50, 473-485.
- Reese, J. (2005). *Methods for Solving the p-Median Problem: An Annotated Bibliography*, Trinity University,

- Mathematics Faculty Research, Paper 28. Available in [http://digitalcommons.trinity.edu/math\\_faculty/28](http://digitalcommons.trinity.edu/math_faculty/28).
- ReVelle, C. S., ve Eiselt, H. A. (2005). Location analysis: A synthesis and survey. *European Journal of Operational Research*, 165(1), 1-19.
- Ruslim, N.M., ve Ghani (2006). An Application of the p-Median Problem with Uncertainty in Demand in Emergency Medical Services. University Sains Malaysia, Penang.
- Scaparra, MP., ve Scutella, MG: Facilities, Locations, Customers: Building Blocks of Location Models. A Survey. Technical report, University of Pisa (2001).
- Serra D., ve V. Marianov (1998). The p-median problem a changing network: the case of Barcelona. *Location Science*, 6, 383-394
- Sule, D. R. (2001). Logistics of facility location and allocation. CRC Press.
- Taştan, H., Yıldız Teknik Üniversitesi, Ekonometri I, [http://www.yildiz.edu.tr/~tastan/teaching/hipoteztesti\\_slides.pdf](http://www.yildiz.edu.tr/~tastan/teaching/hipoteztesti_slides.pdf), 11.23.2013.
- Teitz MB, ve Bart P (1968). Heuristic methods for estimating the generalized vertex median of a weighted graph. *Eur J Oper Res* 16(5):955–961
- Tompkins, J.A. White, J.A. Bozer, Y.A. & Tanchoco, J.M.A., 2010. Facilities planning . Fourth ed., Hoboken, N.J : John Wiley & Sons.
- Uludağ, AS ve Deveci, ME (2013). Using the multi-criteria decision making methods in facility location selection problems and an application. *AİBÜ Journal of Social Science Institute*, 13(1), 257-287.
- Uluğ, M., (2003). Location of Natural Disasters Search and Rescue (SAR) Units in Sectors (Doctoral dissertation, Bilkent University).
- Wang, L., Zhang, Y., ve Feng, J. (2005). On the Euclidean distance of images. *Pattern Analysis and Machine Intelligence. IEEE Transactions on*, 27(8), 1334-1339.
- Watson-Gandy, C. D. T. (1985). The solution of distance constrained mini-sum location problems. *Operations research*, 33(4), 784-802.

## DURAK-YILDIZ

### EKLER

Ek 1. Soğuk Ve Sıcak Satış Hizmeti Alan Market Ve Bölgeler İle Firmaya Sağladıkları Satış Karlar

Sıcak Satış Müşteri Bölgeleri	Talep
Kaynaşlı	5,1
Konuralp	5,6
A.pınar Köyü Yolu	5,6
Yığılca	5
Düzce, merkez	5,2
Kuyudüzü, Düzce	4,6
Döngelli, Düzce	4,1
Akçakoca, Düzce	5,4
<b>TOPLAM</b>	<b>40,6</b>
Soğuk Satış Müşterileri	
ensar	2
ekol	2,4
baykal	1,5
düzpaş1	1,9
düzpaş2	1,6
düzpaş3	1,8
düzpaş4	1,6
düzpaş5	1,8
düzpaş6	1,5
düzpaş7	1,5
düzpaş8	1,5
düzpaş9	1,7
cimaş1	1,4
cimaş2	1,6
cimaş3	1,5
cimaş4	1,8
cimaş5	1,8
cimaş6	1,7
cimaş7	1,5
cimaş8	1,4
cimaş9	1,6
kısmet market	1,8
akgüller1	1,7
akgüller2	1,4
akgüller3	1,3
akgüller4	1,6
akgüller5	1,5
akgüller6	1,7
akgüller7	1,6
tok market1	1,8
tok market2	1,6
tok market3	1,5
tok market4	1,7
tok market5	1,9
tok market6	1,5
tok market7	1,7
<b>TOPLAM</b>	<b>59,4</b>

Ek 2. Gerçek Koordinatlar İle Düzeltilmiş Koordinatlar Arası Dönüşüm

	X (Enlem)	Y (Boylam)	Göreceli X	Göreceli Y	Düzeltilmiş Göreceli X	Düzeltilmiş Göreceli Y
<b>Kaynaşlı</b>	40,77372	31,31514	0,013654	0,376273	1,515594	31,983205
<b>Konuralp</b>	40,917274	31,147243	0,157208	0,208376	17,450088	17,71196
<b>A.pınar Köyü Yolu</b>	40,760066	31,110403	0,000000	0,171536	0	14,58056
<b>Yığılca</b>	40,961979	31,444967	0,201913	0,506100	22,412343	43,0185
<b>Düzce, merkez</b>	40,846411	31,155998	0,086345	0,217131	9,584295	18,456135
<b>Kuyudüzü, Düzce</b>	40,798737	30,979765	0,038671	0,040898	4,292481	3,47633
<b>Döngelli, Düzce</b>	40,852238	31,029164	0,092172	0,090297	10,231092	7,675245
<b>Akçakoca, Düzce</b>	41,088894	31,123875	0,328828	0,185008	36,499908	15,72568
<b>ensar</b>	40,862966	31,167341	0,102900	0,228474	11,4219	19,42029
<b>ekol</b>	40,828391	31,186642	0,068325	0,247775	7,584075	21,060875
<b>baykal</b>	40,850274	31,161536	0,090208	0,222669	10,013088	18,926865
<b>düzpaş1</b>	40,836346	31,162928	0,076280	0,224061	8,46708	19,045185
<b>düzpaş2</b>	40,84383	31,164068	0,083764	0,225201	9,297804	19,142085
<b>düzpaş3</b>	40,839106	31,162928	0,079040	0,224061	8,77344	19,045185
<b>düzpaş4</b>	40,840275	31,150979	0,080209	0,212112	8,903199	18,02952
<b>düzpaş5</b>	40,776414	30,997085	0,016348	0,058218	1,814628	4,94853
<b>düzpaş6</b>	40,842532	31,163618	0,082466	0,224751	9,153726	19,103835
<b>düzpaş7</b>	40,847044	31,139499	0,086978	0,200632	9,654558	17,05372
<b>düzpaş8</b>	40,843067	31,151344	0,083001	0,212477	9,213111	18,060545
<b>düzpaş9</b>	40,777552	31,314098	0,017486	0,375231	1,940946	31,894635
<b>cimaş1</b>	40,857253	30,964695	0,097187	0,025828	10,787757	2,19538
<b>cimaş2</b>	40,879305	30,950715	0,119239	0,011848	13,235529	1,00708
<b>cimaş3</b>	40,862446	30,978857	0,102380	0,039990	11,36418	3,39915
<b>cimaş4</b>	40,896906	30,941405	0,136840	0,002538	15,18924	0,21573
<b>cimaş5</b>	40,833148	31,165377	0,073082	0,226510	8,112102	19,25335
<b>cimaş6</b>	40,837483	31,167005	0,077417	0,228138	8,593287	19,39173
<b>cimaş7</b>	40,846606	30,938867	0,086540	0,000000	9,60594	0
<b>cimaş8</b>	40,855241	31,144799	0,095175	0,205932	10,564425	17,50422
<b>cimaş9</b>	40,83843	31,166214	0,078364	0,227347	8,698404	19,324495
<b>kısmet market</b>	40,860613	31,043669	0,100547	0,104802	11,160717	8,90817
<b>akgüller1</b>	40,842629	31,163768	0,082563	0,224901	9,164493	19,116585
<b>akgüller2</b>	40,8331	31,166876	0,073034	0,228009	8,106774	19,380765
<b>akgüller3</b>	40,776236	30,997321	0,016170	0,058454	1,79487	4,96859
<b>akgüller4</b>	40,83784	31,163036	0,077774	0,224169	8,632914	19,054365
<b>akgüller5</b>	40,827514	31,188763	0,067448	0,249896	7,486728	21,24116
<b>akgüller6</b>	40,847612	31,135548	0,087546	0,196681	9,717606	16,717885
<b>akgüller7</b>	40,851475	31,128017	0,091409	0,189150	10,146399	16,07775
<b>tok market1</b>	40,835307	31,150164	0,075241	0,211297	8,351751	17,960245
<b>tok market2</b>	40,84232	31,174411	0,082254	0,235544	9,130194	20,02124
<b>tok market3</b>	40,859412	31,156794	0,099346	0,217927	11,027406	18,523795
<b>tok market4</b>	40,876158	31,102807	0,116092	0,163940	12,886212	13,9349
<b>tok market5</b>	40,911437	31,224121	0,151371	0,285254	16,802181	24,24659
<b>tok market6</b>	40,847288	31,164733	0,087222	0,225866	9,681642	19,19861
<b>tok market7</b>	40,898463	31,190765	0,138397	0,251898	15,362067	21,41133
<b>Min X and Y</b>	40,760066	30,938867				

DURAK-YILDIZ

Ek 3. Talep Noktaları Arasındaki Uzaklıklar

UZAKLIK	Kaynaşlı	Konuralp	A.pınar Köyü Yolu	Yığılca	Düzce, merkez	Kuyu düzü Düzce
Kaynaşlı	0	21,391039	17,46851677	23,63159	15,750732	28,64181
Konuralp	21,39103861	0	17,72882504	25,78847	7,900917412	19,38494
A.pınar Köyü Yolu	17,46851677	17,728825	0	36,20814	10,33821997	11,90501
Yığılca	23,63158595	25,788465	36,20814204	0	27,71044189	43,49612
Düzce, merkez	15,750732	7,9009174	10,33821997	27,71044	0	15,88703
Kuyudüzü, Düzce	28,64180552	19,384937	11,90501226	43,49612	15,88703412	0
Döngelli, Düzce	25,82318386	12,363234	12,34336335	37,38353	10,80027479	7,2731
Akçakoca, Düzce	38,57731646	19,153092	36,51786664	30,71413	27,05375404	34,45816
ensar	15,99880408	6,2655759	12,40495006	26,03201	2,075183606	17,46535
ekol	12,49494915	10,418898	9,975604047	26,49556	3,28413619	17,88996
baykal	15,57804283	7,5355798	10,91569047	27,09517	0,636749692	16,47557
düzpaş1	14,68725703	9,0814053	9,572059346	27,73428	1,262992185	16,11883
düzpaş2	15,01523078	8,2767742	10,35647959	27,24104	0,743373725	16,44595
düzpaş3	14,83471234	8,7784799	9,844090909	27,58151	1,002230379	16,20087
düzpaş4	15,78866786	8,5527864	9,547893879	28,4068	0,803674138	15,26611
düzpaş5	27,03632878	20,183477	9,80147319	43,28497	15,58278275	2,882209
düzpaş6	14,97395178	8,4123087	10,21032401	27,34414	0,777756359	16,36614
düzpaş7	17,00388948	7,8232709	9,966293722	28,92976	1,404174035	14,59786
düzpaş8	15,90887266	8,2443497	9,848436927	28,2333	0,542465676	15,39194
düzpaş9	0,43447551	21,016226	17,4225275	23,29846	15,46007976	28,51543
cimaş1	31,19755639	16,886412	16,42462738	42,44594	16,30522842	6,620381
cimaş2	33,11913641	17,228335	18,9583382	43,00202	17,82697479	9,277678
cimaş3	30,23314152	15,552968	15,94266341	41,13095	15,16182007	7,07212
cimaş4	34,58527234	17,641698	20,90601236	43,40795	19,08213256	11,37413
cimaş5	14,33747279	9,4643471	9,361686026	27,73588	1,67418756	16,2328
cimaş6	14,44434079	9,0146853	9,848448519	27,37135	1,362877419	16,48626
cimaş7	32,99059109	19,371221	17,46043565	44,88424	18,45614769	6,349623
cimaş8	17,07402557	6,888796	10,96151738	28,13097	1,366307793	15,36616
cimaş9	14,55457654	8,8990023	9,907933762	27,3766	1,240504717	16,44921
kısmet market	25,00971087	10,819561	12,5194893	35,91815	9,67722801	8,756572
akgüller1	14,96848577	8,403812	10,22562735	27,32777	0,782577742	16,38152
akgüller2	14,22199521	9,4911763	9,42134559	27,62955	1,742988509	16,35542
akgüller3	27,01605853	20,186117	9,778114624	43,27674	15,57526924	2,90945
akgüller4	14,75842633	8,9187784	9,723278013	27,64331	1,123834926	16,17141
akgüller5	12,29007616	10,569948	10,02071297	26,40126	3,486567305	18,04972
akgüller6	17,3292526	7,7961185	9,949875604	29,20409	1,743354492	14,30981
akgüller7	18,09625082	7,4842846	10,25626592	29,60165	2,443905914	13,89475
tok market1	15,60052722	9,1017241	9,009662339	28,73354	1,328559974	15,04199
tok market2	14,17994146	8,6344317	10,62833201	26,55729	1,629650692	17,23768
tok market3	16,48121006	6,4737872	11,71122476	27,01125	1,444696243	16,48592
tok market4	21,33148535	5,9241157	12,90237717	30,60397	5,598591055	13,53639
tok market5	17,13286181	6,5666714	19,3841539	19,59231	9,253499198	24,24657
tok market6	15,17004315	7,9094173	10,72662937	27,00848	0,748829463	16,62026
tok market7	17,42094589	4,2479607	16,81227294	22,72831	6,489670775	21,07605