

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

P- MEDYAN TESİS YERİ SEÇİM PROBLEMİ: BİR UYGULAMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İSMAİL DURAK

Şubat-2014

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

P- MEDYAN TESİS YERİ SEÇİM PROBLEMİ: BİR UYGULAMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İSMAİL DURAK

Danışman: Doç. Dr. Mehmet Selami YILDIZ

Şubat-2014

Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma jürimiz tarafından Anabilim

Dalında oy birliği / oy çokluğu ile YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak kabul edilmiştir.

Başkan (İmza)

Akademik Unvanı, Adı-Soyadı

Üye (İmza)

Akademik Unvanı, Adı-Soyadı

Üye (İmza)

Akademik Unvanı, Adı-Soyadı

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

.../.../20...

(İmza Yeri)

Akademik Unvanı, Adı-Soyadı

Enstitü Müdürü

ÖZET**P- MEDYAN TESİS YERİ SEÇİM PROBLEMİ: BİR UYGULAMA****İSMAİL DURAK****Yüksek Lisans Tezi****İşletme Anabilim Dalı****Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mehmet Selami YILDIZ****Şubat, 2014, 96 Sayfa**

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 araştırmada bir gıda firmasının Düzce il ve ilçelerindeki optimum depo lokasyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, literatürde sıklıkla kullanılan p-medyan tesis yerleştirme problemi kullanılmıştır.

Firmanın toplam depo sayısı, talep lokasyonları ve talep miktarı bilgileri firmadan edinilmiştir. Daha sonra, bu veriler kullanılarak talep noktaları arasındaki uzaklıklar Google Maps ve Microsoft Excel programı yardımıyla bulunmuştur. Problemin temel modelini oluşturmak için Microsoft Excel programı kullanılmıştır. Modeli çözmek için, başlangıçta Standart Excel programının “Çözücü” eklentisi kullanılmıştır. Fakat değişken sayısının fazla olması nedeniyle modeller çözülememiştir. Daha sonra, Excel programının güçlü versiyonlarından olan Analitik Solver Platform programı kullanılmıştır. Bu program yardımıyla, modeller çözülmüştür.

Temelde, iki ayrı modelin farklı tesis sayıları denenerek optimum yerler araştırılmıştır. Birinci modelde, firmanın mevcut tesis yeri göz önünde bulundurularak farklı tesis sayılarının optimum yerleri test edilmiştir. Bu doğrultuda, oluşan maliyet göz önünde bulundurularak firma için en uygun optimum tesis sayısı belirlenmiştir. İkinci modelde, firmanın mevcut tesis yeri dikkate alınmadan, farklı

tesis sayıları kullanılarak oluşan maliyetler karşılaştırılarak optimum tesis sayısı elde edilmiştir.

Araştırma sonucunda, birinci modelde, elde edilen maliyet eğrisine göre optimum depo sayısının iki olması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu, firmanın optimum sayıda depoya sahip olmadığını göstermektedir. İkinci modelde de, elde edilen maliyet eğrisine göre optimum depo sayısının iki olduğu saptanmıştır. Ancak seçilen depo yerlerinin birinci modele göre farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Son olarak, birinci ve ikinci model karşılaştırıldığında firmanın mevcut depo yerinin ve sayısının optimum olmadığı gözlenmiştir. Optimum depo sayısının sağlanması için depo sayısının ikiye çıkarılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

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

ABSTRACT**P-MEDIAN FACILITY LOCATION PROBLEM: AN APPLICATION****İSMAİL DURAK****MASTER THESIS****Department of Business Administration****Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet Selami YILDIZ****February, 2013, 96 Pages**

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.

Company's total number of depots, customer locations, and demands for information was obtained from the company. Then, using these data, the distance between the demand points were found using the instruments of Google Maps and Microsoft Excel. Microsoft Excel program is used in order to form basic model of the problem. At the beginning, Standard Excel program "Solver" add-in was used to solve the model. However, the models could not be solved due to the large number of variables. After that, Analytic Solver Platform software, which is one of the powerful versions of Excel program, has been used. By using this software, the model is solved.

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 this context, consideration of the costs incurred, optimum number of facilities of the firm has been identified. 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. However, the selected depot locations vary according to the first model. 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.

Key Words: P-median, Facility Location, Excel Solver

Kıymetli Aileme...

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen herkese çok teşekkür ederim. Özellikle, tez danışmanım Doç. Dr. M. Selami Yıldız hocama her zaman olduğu gibi bu tez çalışmamda da yanımda olduğunu, moral ve motivasyonumu sağladığı için çok teşekkür ederim. Ayrıca, Düzce Üniversitesi İşletme Fakültesi'ndeki hocalarımdan Doç. Dr. İzzet Kılınç hocama araştırma yapmama sağladığı katkıdan dolayı teşekkür ederim. Diğer hocalarıma, mesai arkadaşlarıma doktora öğrencisi dostum Fuat Yalman'a ve özellikle Arş. Gör. Engin Sansarcı arkadaşşıma araştırma sürecindeki katkılarından dolayı çok teşekkür ederim. Son olarak, bana güveni sonsuz olan aileme desteklerinden dolayı sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER LİSTESİ

	Sayfa
JÜRİ ÜYELERİNİN İMZA SAYFASI	II
ÖZET	III
ABSTRACT	V
İTHAF	VII
TEŞEKKÜR	VIII
İÇİNDEKİLER	IX
TABLolar LİSTESİ	XI
ŞEKİLLER LİSTESİ	XII
EKLER LİSTESİ	XIII
1. GİRİŞ	1
1.1. Araştırmanın Amacı	3
1.2. Araştırmanın Problemi	3
1.3. Araştırmanın Önemi	4
1.4. Araştırmanın Sayıltıları	4
1.5. Araştırmanın Sınırlılıkları	5
1.6. Tanımlar	5
2. LİTERATÜR TARAMASI	6
2.1. Tesis Yerleştirme	6
2.1.1. Tesis Yerleştirme Kararlarını Etkileyen Faktörler	7
2.2. Tesis Yerleştirme Problemleri	8
2.2.1. Temel Kavramlar	10
2.2.1.1.1. Talep Noktaları	11
2.2.1.1.2. Tesis	11
2.2.1.1.3. Yerleşim Yeri	12
2.2.1.1.4. Mesafe Ölçüsü	12

2.2.2.	Tesis Yerleştirme Problemlerinin Çalışıldığı Bazı Alanlar	13
2.2.3.	Tesis Yerleştirme Problemlerinin Sınıflandırılması	14
2.2.4.	Tesis Yerleştirme Problemleri Yazındaki Çalışmalar	18
2.3.	P-Medyan Problemi	20
2.3.1.	P-medyan Probleminin Tanımı	20
2.3.2.	P-medyan Probleminin Matematiksel Modeli	23
2.3.3.	Bir P-medyan Probleminin Excel Ortamında Gösterimi	25
2.3.4.	P-medyan Problemi Yazındaki Çalışmalar	27
3.	YÖNTEM	31
3.1.	Araştırma Modeli	33
3.2.	Veri Toplama Araçları	34
3.3.	Verilerin Toplanması	35
3.4.	Verilerin Analizi	40
4.	BULGULAR VE YORUMLAR	41
4.1.	Birinci Yol Modelinin Çözümleri (“Ekol Selected Before” Durumu)	41
4.2.	İkinci Yol Modelinin Çözümleri (“Ekol Not Selected Before” Durumu)	49
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER	54
6.	KAYNAKÇA	58
7.	EKLER	64

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Tesis Yerleştirme Kararlarını Etkileyen Faktörler

Tablo 2. Tesis Yerleştirmenin Kullanıldığı Alanlar

Tablo 3. “Ekol Selected Before” modelinde $p=2$ için optimum tesis yerlerine atanan talep noktaları

Tablo 4. “Ekol Selected Before” modelinde $p=3$ için optimum tesis yerlerine atanan talep noktaları

Tablo 5. “Ekol Selected Before” modelinde $p=4$ için optimum tesis yerlerine atanan talep noktaları

Tablo 6. “Ekol Selected Before” modelinde $p=5$ için optimum tesis yerlerine atanan talep noktaları

Tablo 7. Birinci yol ile yapılan $p=1,2,3,4,5$ modellerinin maliyetleri

Tablo 8. İkinci yol ile yapılan $p=1,2,3,4,5$ modellerinin maliyetleri

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Örnek Dağıtım Merkezi Sistemi

Şekil 2. Tesis Yerleşim Problemi Model Örneği

Şekil 3. Ayrık Yerleşim Model Analizi

Şekil 4. Şebeke Örneği

Şekil 5. Örnek P-medyan Problem Gösterimi

Şekil 6. Örnek P-medyan Problem Sonucu

Şekil 7. Talep Noktalarının Dağılımı

Şekil 8. Gerçek Problem Excel Kesiti

Şekil 9. “Ekol Selected Before” modeli $p=1$ için yer belirleme-talep atama sonucu

Şekil 10. “Ekol Selected Before” modeli $p=2$ için seçilen tesis yerleri

Şekil 11. “Ekol Selected Before” modeli $p=2$ için yer belirleme-talep atama sonucu

Şekil 13. “Ekol Selected Before” modeli $p=3$ için yer belirleme-talep atama sonucu

Şekil 14. “Ekol Selected Before” modeli $p=4$ için seçilen tesis yerleri

Şekil 15. “Ekol Selected Before” modeli $p=4$ için yer belirleme-talep atama sonucu

Şekil 16. “Ekol Selected Before” modeli $p=5$ için seçilen tesis yerleri

Şekil 17. “Ekol Selected Before” modeli $p=5$ için yer belirleme-talep atama sonucu

Şekil 18. “Ekol not Selected Before” modeli $p=1$ için yer belirleme-talep atama sonucu

Şekil 19. Birinci Yol için Tesis Sayısı-Maliyet İlişkisi

Şekil 20. İkinci Yol için Tesis Sayısı-Maliyet İlişkisi

EKLER LİSTESİ

Ek-1. Düzce Genel Konum

Ek-2. Düzce İli ve İlçelerin Konumu

Ek-3. Soğuk ve Sıcak Satış Hizmeti Alan Market ve Bölgeler ile Firmaya Sağladıkları Satış Karları

Ek 4. Excel Solver (Çözücü) ve Analitik Solver Platform

Ek 4.1. Standart Excel Solver (Çözücü) Eklentisinin Eklenmesi

Ek 4.2. Analitik Solver Platform Kullanım Kılavuzu

Ek 5. Gerçek Koordinatlar ile Düzeltilmiş Koordinatlar Arası Dönüşüm

Ek 6. Talep Noktaları Arasındaki Uzaklıklar

1.GİRİŞ

Gelişmekte olan ülkelerde şehirleşme oranıyla orantılı olarak artan ulaşım ağları sadece büyük şehirlerle sınırlı kalmayıp aynı zamanda az gelişmiş bölgelere kaymaktadır. Özellikle büyük şehirlere yakın bölgelerde lojistik ağ yapılarının sayısı daha hızlı ve ilerleyen bir ivme kazanmaktadır. Firmaların yirmi birinci yüzyıl rekabet ortamında en çok odaklandığı temel konulardan biri lojistiktir. Ürün veya hizmet dağıtım lojistiği ise özellikle genişleyen talep ağının ortaya çıkmasından dolayı şirketler açısından daha fazla önem arz etmektedir. Şirketler genişleyen talep ağının beraberinde getirdiği artan lojistik maliyetlerini azaltmak için stratejik kararlarında lojistik faaliyetlere verdikleri önemi günümüzde daha da arttırmaktadırlar. Bu nedenle bu faaliyetler özel ve kamusal teşebbüslerde stratejik planın en temel bir parçası durumuna gelmektedir.

Lojistik maliyetlerin belirli dönemlerde hızlı ivme göstererek düşmesi, basit lojistik hatalarının ortadan kaldırılmasıyla sağlanmıştır. Fakat daha iyi iyileştirmelerin ve ilerlemelerin kaydedilebilmesi geleneksel maliyet giderici unsur ve araçları kullanmaktan çok daha öte araç ve yöntemler gerektirmektedir (Nozick ve Turnquist, 2001). Lojistik kavramı geçmişte düşünülen taşıma ve depolamadan farklı olarak günümüzde daha geniş anlam kazanmıştır. Taşıma ve depolamayla beraber stok yönetimi, paketleme, malzeme elleçleme, sipariş takibi vb. alanları da kapsayıp daha geniş boyut kazanmıştır (Kobu, 2003:242).

Lojistik konusunun özellikle yirminci yüzyılın sonlarında daha da önem kazanıp firmaların dikkatini çekmesinde belirli nedenler sıralanmaktadır. En temel nedenler; üretim yapısı değişikliği, tüketici rolünün çok daha önem kazanması, küreselleşme nedeniyle pazar yapılarında meydana gelen değişimler, yeni pazar alanlarının açılması, pazar sayılarının artmasıyla mallarının naklinin ortaya çıkardığı yüksek maliyetler, ürün çeşitliliğinin beraberinde getirdiği çeşitli sorunlar ve artan lojistik faaliyetlere akademisyenlerin de ilgisinin artması ve yapılan çalışma sayılarını arttırmaları şeklinde sıralanabilir (Uludağ ve Erol, 2008).Tedarik Zinciri Yönetimi Profesyonelleri Konseyi'ne (The Council of Supply Chain Management Professionals) göre lojistik; müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için müşteri ile üretim

noktası arasında malların, hizmetlerin ve gerekli bilgilerin planlanması, uygulanması, ve bunların verimli ve etkili bir şekilde ileri-geri akışının olmasını sağlayan tedarik zincirinin bir elemanıdır (http://cscmp.org/sites/default/files/user_uploads/resources/downloads/glossary.pdf). Aynı konsey tarafından yapılan daha kısa bir tanım ise envanter, yani mal stoklarının hareketli ve hareketsiz durumda iken yönetimi şeklinde ifade edilmiştir (Stroh, 2002).

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 bağlamda, 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 aktararak 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. Bu araştırmanın birinci bölümü, araştırmanın amacını, önemini, problemini, kısıtlarını ve kavramların tanımını açıklamaktadır. Araştırmanın ikinci bölümü, tesis yerleştirme, tesis yerleştirme problemleri, tesis yerleştirme problemlerinde yer alan bazı terimler, tesis yerleştirme kararlarını etkileyen faktörler, tesis yerleştirmenin kullanıldığı alanlar, tesis yerleştirme problemlerinin sınıflandırılması, tesis yerleştirme problemleri literatür araştırması, p-medyan probleminin tanımı, p-medyan probleminin matematiksel modeli, bir p-medyan probleminin örnek gösterimi, p-medyan problemi literatür araştırması konularına odaklanmaktadır. Araştırmanın üçüncü bölümü, Problemin Tanımı, Materyal, Yöntem, Model, Çalışma Alanı ve Veri, Analiz ve en son kısımda ise Sonuç ve Değerlendirme şeklindedir.

1.1.Araştırmanın Amacı

Tesis yerleştirme problemleri firmaların lojistik faaliyetlerini doğrudan, diğer faaliyetlerini ise dolaylı olarak etkileyeceğinden yirmi birinci yüzyılda önemi daha da artan bir konu haline gelmektedir. Bu çalışmada bir gıda firmasının Düzce ilindeki optimum depo sayısı ve yerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bununla birlikte araştırmanın alt amaçları;

- Firmanın mevcut durumdaki depo yerinin uygunluğunun araştırılması
- Firmanın depo sayısına bağlı olarak ortaya çıkacak uzaklık maliyetinin hesaplanması
- Firmanın lojistik ağ yapısına öneri sunulması

amaçlanmıştır.

1.2.Araştırmanın Problemi

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 (location) olarak seçmek (selection) ve talep noktalarını kendilerine en yakın olan depo yerinden hizmet alacak şekilde depolara atamaktır (allocation). Araştırmanın uygulandığı firmanın depo sayısı ve yerinin optimum olmadığı düşünülerek, bunun firmanın karlılığını ve devamlılığını olumsuz etkileyeceği düşünülmüştür. Bu düşünceden hareketle, problem p-medyan tesis yeri seçim problemine uyarlanarak çözülmesi için alternatifler sunulacaktır.

1.3.Araştırmanın Önemi

Lojistik kavramının daha da önem kazandığı günümüzde firmaların tesis yerleşim kararlarında çok dikkatli karar vermeleri gerekmektedir. Aksi halde alternatif tedarikçilerin de çok olması nedeniyle firmaların pazardaki müşterilerini kaybetme riski artacak ve müşteri kazanma potansiyeli düşecektir. Bu ise firmanın istikrarlı bir şekilde büyümesini olumsuz etkileyip ciddi zararlara ve firmayı yok olmaya götürecek sonuçlara neden olacaktır. Firmalar tesis yeri seçiminde çoğunlukla ya nitel araştırmalar çerçevesinde ya da bazı uzmanların tecrübelerine dayanarak karar almaktadır. Nitel araştırmalar çerçevesinde alınan kararlar kimi zaman firma açısından olumlu sonuçlar doğururken kimi zamanda araştırmacının şahsi tecrübelerine veya yorumlamasına dayandığı için olumsuz neticelere yol açabilmektedir. Bu bağlamda, teknolojinin gelişmesiyle birlikte firmaların bazı konularda karar almasına yardımcı olacak çeşitli matematiksel teknikler ve optimizasyon yöntemleri geliştirilmiştir. Nicel çerçevede ölçülebilen karar teknikleri kullanmak gelecekte karşılaşılabilecek zararları önlemede firma açısından avantaj sağlayacaktır. Ayrıca, yapılan çalışma firmaların mevcut durumları ile ideal durum arasındaki farkı ortaya koyacağından tesis yerleştirme kararı alırken nicel tekniklerin kullanılmasının firmaya kazanç sağlayacağını göstereceğinden literatüre katkıda bulunacaktır.

1.4.Araştırmanın Sayıtları

Bu çalışmada, firmanın mevcut depo yerinin optimum olmadığı sayıtlısından yola çıkarak araştırma yapılmıştır. Çalışmada, tesis yeri seçim problemlerinde en çok çalışılan ve karar alma sürecinde olumlu sonuçlar elde edilen problem türünün p-medyan olduğu düşünülerek, bu çalışmadaki problemin bu problem türüne

uyarlanması kararlaştırılmıştır. Ayrıca, çalışmada kullanılan Öklid uzaklık bulma tekniğinin, noktalar arasındaki mesafeler tam bilinmediğinde mesafeyi bulmak için kullanılabilecek alternatif bir yol olabileceği düşünülmüştür. Araştırmada, firmadan elde edilen bilgilerin doğru olduğu varsayılmıştır.

1.5.Araştırmanın Sınırlılıkları

Araştırmada veri toplama sürecinin zor olması nedeniyle, çalışmanın sadece nicel çalışma çerçevesinde yapılması çalışmanın en temel sınırlılığı olarak kabul edilmiştir. Bununla beraber, çalışmanın yapıldığı ilde Coğrafi Bilgi Sisteminin olmaması çalışmadan daha net sonuçlar alınmasını etkilemiştir.

1.6.Tanımlar

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.

Analitik Excel Solver Platform, optimizasyon yapılmasını sağlayan geliştirilmiş paket programlardan biridir. Standart Microsoft Excel programından kapsam ve veri sayısını destekleme yönünden çok daha güçlü olan bu program ayrıca çok kısa sürede çözüm vermektedir.

Google Maps, işletmelerin yerleri, iletişim bilgileri ve yol tarifleri hakkında bilgiler sunan bir Google hizmetidir. Bu program ile, kullanıcılar, işletme yerlerini ve iletişim bilgilerini, haritayla bütünleşmiş bir şekilde ve tek bir noktada bulabilir (<http://www.novanetmedya.com/google-haritalar.html>).

Matematiksel model, matematiksel terimler kullanılarak oluşturulan ve problemin analizinin yapıldığı model türüdür (Baker, 2012) .

Optimizasyon, bir sistem veya bir karar hakkında, mümkün olduğunca etkili, mükemmel ve tam doğru karar vermeyi amaçlayan bir yöntem olup genellikle matematiksel modeller kullanılarak yapılır.

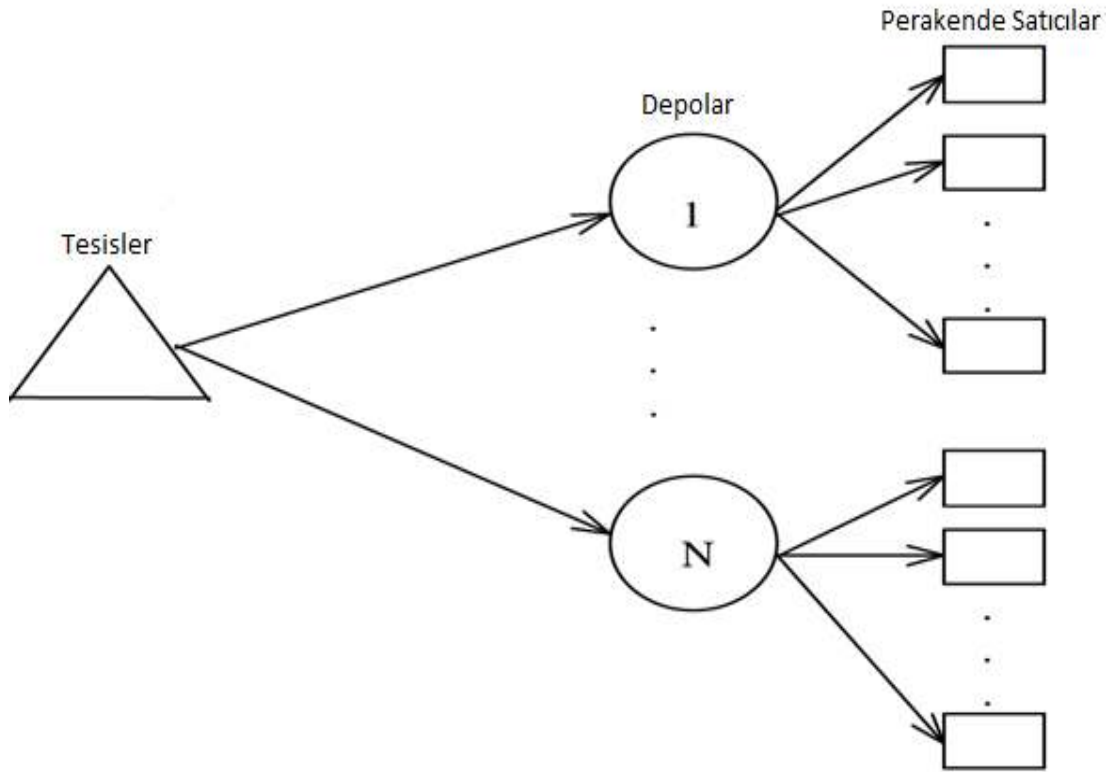
2.LİTERATÜR TARAMASI

2.1.Tesis Yerleştirme

Lojistik işlevinin en önemli parçalarından biri talep edilen hizmeti müşteriye zamanında ve en kısa sürede ulaştırma dır. Ürün veya hizmetin tek bir merkezi tesisten veya hizmet yerinden müşteriye ulaştırılması, dağıtım ağının genişlemesi ve talep miktarının fazlalaşması nedeniyle firmalar için zarara neden olabilir. Bu nedenle, yerel dağıtım tesislerinin açılması ve optimum düzeyde fazlalaştırılması gerekli olmuştur (Hanta, 2002).

Tesis yerleştirme, yöneylem 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). 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 belirli bir şekilde 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). Şekil 1’de basit bir dağıtım merkezi sistemi verilmiştir.

Şekil 1. Örnek Dağıtım Merkezi Sistemi



(Kaynak: Nozick ve Turnquist, 2001)

Çalışmada depo yeri, dağıtım merkezi, tesis ve yerleştirme kavramlarının, birbirine yakın ifadeler olması ve konu bütünlüğünün sağlanması açısından iç içe ve birbiriyle eş anlamlı olarak kullanılacaktır.

2.1.1. Tesis Yerleştirme Kararlarını Etkileyen Faktörler

Tedarik zincirinin köşe taşı konumunda olan lojistik biriminin önemli bir görevi gerek sosyal ve beşeri açıdan gerekse iktisadi ve siyasi yönden tesisin yerleştirileceği alanın iyi bilinmesidir. Yeterince araştırma yapmadan ve bölgenin kendine özgü karakteristiklerini bilmeden yerleştirilen yapılar firmanın kısa ve uzun dönemli hedeflerine zarar verecektir. Tesis yerleşim yerinin belirlenmesi etkileyen birçok faktör sayılabilir. Daha önce ifade edildiği gibi başta firmaların mevcut finansal durumu olmak üzere yerleşim yerinin alt yapısı, bölgenin coğrafi konumu, pazara yakınlık durumu, tedarikçiler gibi etkenler firmanın tesis yerleşim kararlarını etkileyen bazı unsurlardır. Tesis yerleşim yerinin belirlenmesi etkileyen faktörler Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo 1. Tesis Yerleştirme Kararlarını Etkileyen Faktörler

1.Ulaşım imkânları
2.İşgücü temini
3. Arazi fiyatı
4. Rakip firmalar arasındaki rekabet ve mevcut tesis sayısı
5. Pazara yakınlık
6. Su, elektrik, enerji gibi temel etmenlerin bulunabilirliği
7. Hammaddeye yakınlık
8.Hava ve coğrafi şartların uygunluğu
9. Vergi ve diğer yasal ücretler
10. Bölge sakinlerinin ve yetkililerinin tesisin kurulumuna yönelik tavırları
11. Bölgesel güvenlik
12. Firmanın ait diğer tesislerle olan yakınlığı

(Kaynak: Sule, 2001)

Bu etmenlerin 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 olumlu etkileyecektir.

Bu çalışma, daha çok nicel faktörlerden talep noktası-tesis arasındaki uzaklık mesafesi ile talep ağırlığı dikkate alınarak yapılan çalışma türünden olduğundan matematiksel modeller yardımıyla çözüm yapılmıştır. P-medyan probleminin Excel ortamında çözümüne bir ticari program kullanılarak ulaşılmasına ağırlık verilmiştir. Bu nedenle tesis yeri seçim kararlarını etkileyen Tablo 1’de açıklanan ve çoğunlukla nitel faktörleri içeren değişkenlerle ilgili ayrıntılı bilgiye yer verilmemiştir.

2.2.Tesis Yerleştirme Problemleri

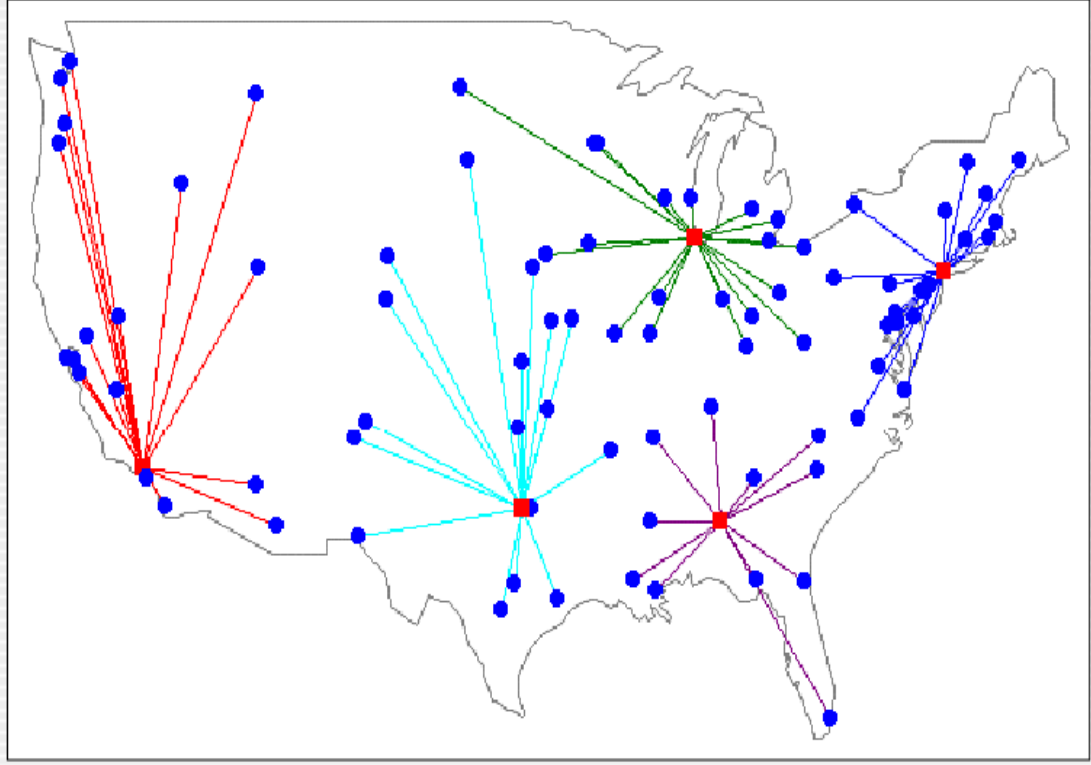
Tesis yerleşim problemleri tedarik zincirinde yer alan uzun dönemli stratejik planlamanın bir parçasıdır (Daskin, 2008). Tesis yerleştirme kararları firmalar için çağdaş ve küresel dünyada çok önem arz etmektedir. Müşteri odaklılığın göz önünde

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 (Pereira ve Lorena, 2007; Lee ve Yang, 2009; Watson-Gandy, 1985). Bunlardan biri talep noktası ile tesisler arasındaki ortalama veya toplam mesafeyi azaltmaya odaklanan çalışmalardır. Bu grupta yer alan yerleşim problemleri literatürde p-medyan problemleri olarak adlandırılmaktadır. P-medyan problemleri aynı zamanda bu çalışmanın konusu olduğundan, p-medyan problemleri ile ilgili ayrıntılı bilgiye ileriki bölümlerde yer verilecektir. Diğer kategori ise, 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. Bu çalışma, birinci grup amaç çerçevesinde ele alındığından ikinci grupla ilgili örnek çalışmalar ve detaylı bilgi almak için Toregas (1971), Daskin (1995) ve Rawls ve Turnquist (2010) çalışmaları incelenebilir.

Tesis yerleştirme problemleri matematiksel modellemeler çerçevesinde ele alınır. Şekil 2’de bir tesis yerleşim probleminde talep noktalarının en yakın tesise atanma modeli görülmektedir (Snyder, 2010).

Şekil 2. 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 yazılım programlarıdır.

2.2.1.Temel Kavramlar

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. Yapılan çalışma türüne bu bileşenler farklılık gösterir ve yerleşim problemlerinin ifade edilmesinde değişik roller üstlenir.

2.2.1.1.Talep Noktaları

Talep noktaları; ihtiyacı olan bir ürün veya hizmeti 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 dağılımı, talep miktarı ve müşteri davranışları hizmet verecek olan tesis yerinin belirlenmesinde yer alan önemli faktörlerdir. Talep noktası dağılımında kriter 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. Klasik tesis yerleştirme problemlerinde talep miktarı genel olarak ağırlıklandırılmış olarak yer alır (Arifin, 2011). Ağırlıklandırılmış değerden anlatılmak istenen belirli bölgede toplanmış müşteri sayısı veya talep miktarıdır (Eiselt ve Sandblom, 2012: 223). Müşteri davranışlarının tesis yerleşim yerini etkileme kararları ise müşterinin kendisine en yakın olan hizmet noktasından ya da tesisten mi yoksa istediği herhangi bir tesisten mi hizmet almasıyla ilişkilidir. Fakat genel olarak yerleşim problemlerinde müşteriler kendilerine en yakın olan tesisten hizmet almak isteyeceği düşüncesiyle kendilerine en yakın olan tesise atanır yani hizmet alır.

2.2.1.2.Tesis

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). Tesislerin genel karakteristik özellikleri sayı, çeşit ve maliyet unsuruna göre değişkenlik gösterir. Sayı bakımından tek, iki, çok şeklinde sınıflandırılabilen tesisler, çeşit bakımından kapasite kısıtlı veya kapasite kısıtsız olarak ayrılmaktadır. Kapasite kısıtlı tesis, belirli bir miktar veya sayıdan fazla kişiye hizmet veren ve sınırlı sayıda hizmet etme yeteneğine sahip tesislerdir. Bu tür tesislerde hizmet sınırı aşıldığında müşteri kendisine en yakın tesis bile olsa kapasitesi dolduğunda başka bir tesise atanır. Kapasite kısıtsız tesis ise sınırsız sayıda veya miktarda hizmet edebilme özelliğine sahiptir. Tesis maliyet

unsuru açısından ise, sabit maliyetli tesis veya değişken maliyetli tesis olarak ikiye ayrılır (Scaparra ve Scutellà, 2001). Sabit maliyet kuruluş masraflarını ifade ederken değişken maliyet hizmet taşıma esnasında meydana gelen harcamaları göstermektedir.

2.2.1.3.Yerleşim Yeri

Tesis yerleşim problemlerinin bir diğer temel bileşeni yerleşim yeridir. Yerleşim yeri, tesisin üzerine bina edildiği fiziksel alan olarak tanımlanabilir (Scaparra ve Scutellà, 2001). Yerleşim alanlarının gösterimi ve sınıflandırılması sürekli (continous), ayırık (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).

2.2.1.4.Mesafe Ölçüsü

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, 2005).

Doğrusal (Rectilinear) veya Manhatann uzaklığı; dik eksen boyunca ölçülen iki nokta arasındaki mesafedir. Düzlemde verilen $p_1 = (x_1, y_1)$ ve $p_2 = (x_2, y_2)$ noktaları olmak üzere, iki nokta arasındaki doğrusal uzaklık $= |x_1 - x_2| + |y_1 - y_2|$ (Tompkins, 2005).

Düz-çizgi (Straight-line) veya 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, iki nokta arasındaki Öklid uzaklığı $= \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$.

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 $= \text{Max}(|x_2 - x_1|, |y_2 - y_1|)$.

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

2.2.2. Tesis Yerleştirme Problemlerinin Çalışıldığı Bazı Alanlar

Özel sektör ve kamu kuruluşlarının yerleştirilmesinde, birçok alanda farklı örnekleriyle karşılaşan tesis yerleştirme problemi çalışmaları yapılmaktadır. Özel sektörde; fabrika çalışma alanları, market yerleri, dağıtım merkezleri ve banka yerlerinin belirlenmesi ile ilgili çalışmaların ağırlıklı olması dikkat çekerken, kamu yerleşim yerlerinin belirlenmesi için yapılan çalışmalarda ise; ilk yardım tesisleri ve sağlık merkezleri, okul yerlerinin belirlenmesi ve kan bankalarının yerleştirilmesi gibi çalışmaların daha fazla olduğu yapılan literatür araştırması sonucu gözlemlenmiştir. Tesis yerleştirmenin yapıldığı özel ve kamu sektörü uygulama alanlarına, Tablo 2’de daha geniş kapsamlı olarak yer verilmiştir.

Tablo 2. Tesis Yerleştirmenin Kullanıldığı Alanlar

Özel Sektör Uygulama Alanları	Kamu Sektörü Uygulama Alanları:
• Depo yeri • Üretim merkezi/Kuruluş yeri • İletişim Ağı Tasarımı • Elektrik İstasyonları • Özel Servis Araçları (örneğin, taksi filoları, kan merkezleri)	• Acil Servis Araçları / Tesisleri • Kamu Hizmeti Merkezleri (örneğin, sağlık merkezleri, kan bankaları, atık arıtma tesisleri) • Kamu Ağ Tasarım (örneğin, su arıtma ağlar)

(Kaynak: Uluğ, 2003)

Tablo 2. Tesis Yerleştirmenin Kullanıldığı Alanlar (Devam)

Özel Sektör Uygulama Alanları	Kamu Sektörü Uygulama Alanları:
• Depo yeri • Üretim merkezi/Kuruluş yeri • İletişim Ağı Tasarımı • Elektrik İstasyonları • Özel Servis Araçları (örneğin, taksi filoları, kan merkezleri)	• Acil Servis Araçları / Tesisleri • Kamu Hizmeti Merkezleri (örneğin, sağlık merkezleri, kan bankaları, atık arıtma tesisleri) • Kamu Ağ Tasarım (örneğin, su arıtma ağlar

(Kaynak: Uluğ, 2003)

Yapılan uygulama örnekleri her geçen gün artmakta ve çeşitlenmekte olan tesis yerleştirme problemlerinin diğer bazı örnek türleri ise kütüphane, itfaiye merkezleri, havayolu merkezleri ve soyu tükenmekte olan türler için yer belirleme şeklinde sıralanabilir.

2.2.3.Tesis Yerleştirme Problemlerinin Sınıflandırılması

Tesis yerleştirme problemleri birçok araştırmacı tarafından farklı şekillerde sınıflandırmıştır. Problemin amaçları, karar değişkenleri, kısıtları, çözüm yöntemleri ve problemin uygulandığı sektöre kadar yapılan birçok sınıflandırma çeşidi literatürde mevcuttur. Jia, Ordóñez, ve Dessouky tarafından yapılan sınıflandırmada, en çok yapılan 8 sınıflandırma çeşidinden bahsedilmiştir. Araştırmacıların bu çerçeve doğrultusunda yaptıkları sınıflandırma çeşitlerine ve kısa açıklamalarına aşağıda yer verilmiştir (Jia, Ordóñez, ve Dessouky; 2007).

- 1- Topolojik özelliklerine göre: Sürekli (Hansen ve Labbe, 1989), ayırık (Daskin, 1995), ağ (Kim ve Soh, 2012) ve merkez bağlantı modeli (Campbell, 1996) olması
- 2- Amaçlarına göre: Minisum (talep noktası ile tesisler arasındaki ortalama veya toplam mesafeyi azaltmak) ve minimax (müşteri ile tesis arasındaki mesafenin her talep noktasının talebine cevap verecek şekilde en fazla yapmak) olması
- 3- Çözüm yöntemlerine göre: Optimizasyon modeli ve tanımlayıcı model olmasına göre çözüm yaklaşımları farklılık gösterir. Optimizasyon modelleri genellikle

matematiksel yaklaşımlar (Örneğin lineer programlama, tam sayılı programlama) kullanır. Tanımlayıcı modeller ise simülasyon veya diğer yaklaşımları kullanır. Her iki modelin entegre edildiği çalışmalarda ise çözüm yaklaşımlarında iki modelde uygulanan çözümlerin birleşik bulunduğu çalışmalarda mevcuttur (Larson, 1974).

- 4- Tesis yapısına göre: Tesisin kapasite kısıtlı ve kapasite kısıtsız olması başta olmak üzere diğer bazı özelliklerine göre yerleşim modelleri farklı gruplara ayrılır.
- 5- Talep biçimine göre: Talebin esnek (talebin değişken olması) olup olmamasına göre yerleşim modelleri farklı kategorilere göre ayrılır (Plastria, 1997).
- 6- Tedarik zinciri çeşidine göre: tedarik zincirinin tek aşamalı (hizmet dağıtımının tek aşama olması) veya çok aşamalı olmasına göre de yerleşim modelleri sınıflandırılır.
- 7- Zaman faktörüne göre: Yerleşim modelleri zaman faktörüne göre statik ve dinamik olmak üzere iki grupta incelenir. Statik model, sistem performansını optimize etmek için tüm değişkenlerin eş anlı düşünüldüğü modellerdir. Dinamik model, farklı zaman periyotlarında veri değişimlerinin olduğu modellerdir.
- 8- Giriş parametrelerinin özelliklerine göre: Sınıflandırmanın yapıldığı bir diğer kıstas ise giriş parametresinin özellikleridir. Deterministik modeller, parametrelerin belirli ölçülerde tahmin edilebildiği modeller olup problemler kolay şekilde çözülebilir. Olasılıklı modeller, giriş parametrelerinin bilinmediği problem türüdür.

Bir diğer sınıflandırma, alanın önde gelenlerinden biri olan Daskin tarafından ayrıntılı biçimde tanımlanmıştır (Daskin, 1995:10-18). Buna göre, Daskin (1995) tesis yerleşim problemlerini;

- Düzlem (sürekli), ağ veya ayrık olmasına göre
- Ağaç problemi veya genel grafik problemi olmasına göre
- Kullanılan uzaklık hesaplama yöntemine göre
- Yerleştirilecek tesis sayısına göre
- Sabit veya hareketli yerleşim problemi olmasına göre
- Verilerin belirli (deterministic) veya belirli olmamasına (probabilistic) göre

- Tek ya da çoklu sayıda ürün veya hizmet sağlamasına göre
- Özel sektör veya Kamu sektörü problemi olmasına göre
- Tek veya çok amaçlı olmasına göre
- Esnek veya esnek olmayan talep istemine göre
- Kapasite kısıtlı veya kapasite kısıtsız problem olmasına göre
- Talebin en yakın tesisten ya da dağıtılarak karşılanma modeli olmasına göre
- Hiyerarşik veya tek aşamalı olmasına göre
- İstenen veya istenmeyen tesisler olmasına göre

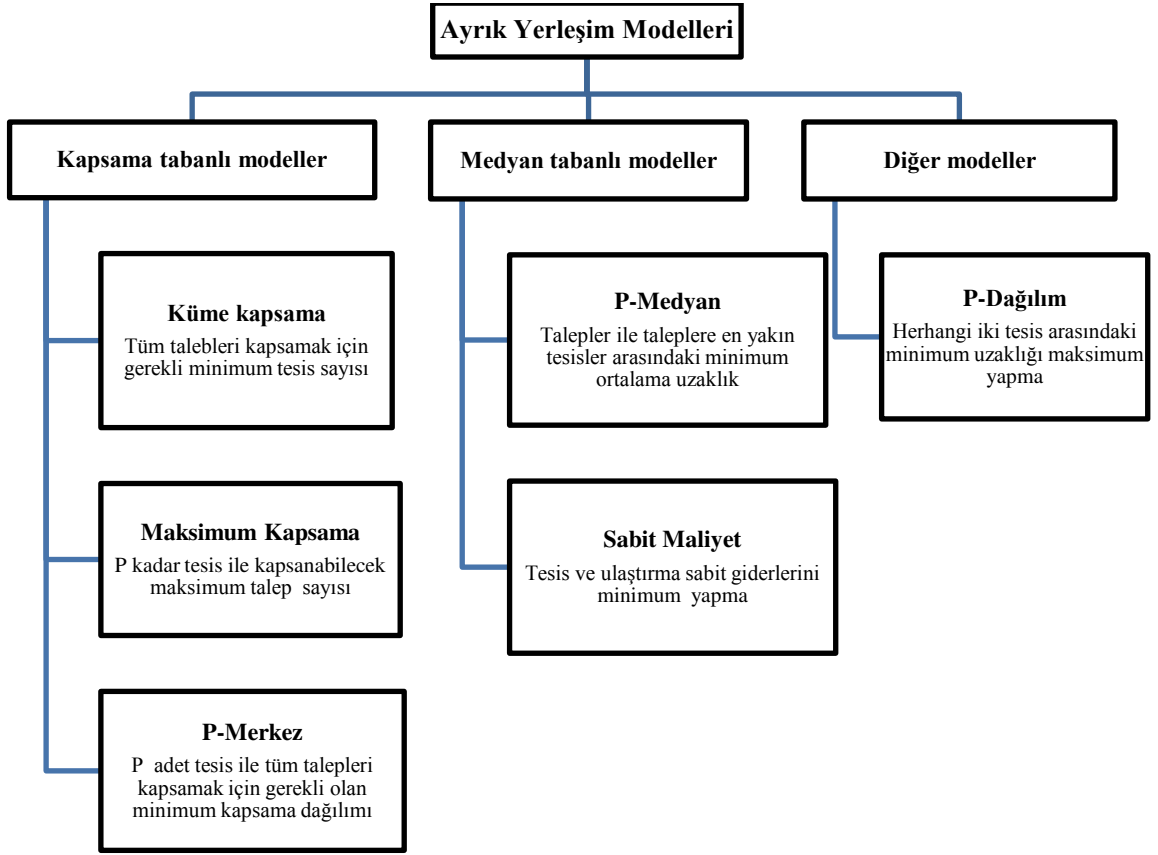
geniş bir şekilde sınıflandırmıştır.

Tompkins (2010) yerleşim problemlerini yerleştirilen tesis sayısı, çözüm uzayı (sürekli veya ayrık yapıda) olması, yerleşim yerini belirlemek için kullanılan kriter (minisum veya minimax problemi olması), kullanılan mesafe ölçüsünün (doğrusal uzaklık, düz çizgi mesafesi, Chebyshev uzaklığı, gerçek uzaklık) ne kadar olduğunu dikkate alarak sınıflandırma yapmıştır.

Yapılan sınıflandırma kriterlerinden biri sürekli (continous), ayrık (discrete) ve ağ (network) tesis yeri seçim problemleridir. Sürekli tesis yeri seçim problemleri hizmet sağlayan tesislerin ve hizmet alan talep noktalarının düzlem üzerinde herhangi bir noktaya yerleştirilebildiği yaklaşımlardır. Ayrık tesis yeri seçim problemlerinde, tesis ve talep noktalarının her ikisinin de sadece şebeke üzerinde yer alan düğümlere yerleştirilebildiği problemlerdir. Ağ modeli yaklaşımında ise, talep noktaları sadece şebekede yer alan düğümlere yerleştirilirken tesisler düğümlere veya şebeke üzerindeki düğümlerin arasına yerleştirilebilmektedir (Daskin, 1995: 10-11; 2008:284).

Bu çalışmadaki problem çeşidi ayrık tesis yeri seçim problemidir. Ayrık tesis yeri seçim problemleri yerleşim problemlerinde yer alan bir sınıflandırma çeşidi olduğu gibi kendisi de kendi içerisinde Şekil 3'te gösterildiği gibi 3 ana grubu ayrılmaktadır.

Şekil 3. Ayrık Yerleşim Model Analizi



(Kaynak: Daskin, 2008)

Kapsama tabanlı modeller, bir talep noktasının kendisine en yakın olan bir tesisten daha önce belirlenen bir süre veya uzaklıktan fazla olmayacak şekilde hizmet almasını sağlamak için yerleştirilebilecek en az sayıdaki tesis sayısını ve yerini bulmayı amaçlayan modellerdir. Bu modellerde, kapsama ile amaçlanan her talebin belirli bir süre veya uzaklık standardı içinde hizmet alması veya kapsama alanına girmesini sağlamaktır (Chuch ve Gerrard, 2003). Kapsama tabanlı model uygulama örnekleri; itfaiye istasyonları, otobüs durakları, ilkyardım servisleri, bilgisayar hizmet merkezleri, havaalanı ve askeri yerleşke yerlerinin belirlenmesi çalışmalarında görülmektedir (Karakaneva, 2003). Uygulama örnekleri için Seargeant (2012), Daskin (2011), Drezner (2004) kaynaklarına bakılabilir. Bu modeller, Küme Kapsama, Maksimum Kapsama ve P-Merkez modelleri olarak sınıflara ayrılır.

Medyan tabanlı modeller, bir talep noktası ile talebin atandığı tesis arasındaki ortalama ağırlıklandırılmış talep uzaklığını en az yapmayı amaçlar. İlk defa Hakimi (1964) tarafından polis merkezi istasyonlarının yerleştirilmesi çalışmasıyla yazında yer almıştır. Özel ve kamu sektöründe uygulamaları çoğalan bu modele örnek olarak okul, park ve dağıtım merkezi yerleşim yerlerinin belirlenmesi verilebilir. En kısa ağırlıklandırılmış mesafe miktarını bulmayı hedefleyen medyan tabanlı modeller çoğunlukla özel sektörde kullanılırken, farklı amaçlar için yapılan diğer ayrık yerleşim problemleri ise genel olarak kamu sektörü ağırlıklı uygulama çalışmalarında uygulanmaktadır (Tshebaeva ve Jain, 2007).

Bu modelde, kendi içinde p-medyan ve sabit maliyet giderlerinin göz önünde bulundurulduğu modeller olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır. Bu çalışma, p-medyan tabanlı modelin birinci türü olan p-medyan problemi olduğundan konuyla ilgili ayrıntılara ileriki bölümlerde yer verilecektir.

Bir diğer ayrık yerleşim modeli ise diğer modeller diye ifade edilen ve kapsama ve medyan tabanlı modellerden herhangi birisine girmeyen modellerdir. Örneğin p-dağılım modeli herhangi iki tesis arasındaki minimum uzaklığı maksimum yapmayı amaçlayan model örneklerinden biridir. Bu model türüne, telekomünikasyon, alışveriş merkezleri ve hizmet istasyonlarıyla ilgili yapılan çalışmalarda başvurulmaktadır (Pisinger, 2006).

2.2.4.Tesis Yerleştirme Problemleri Yazındaki Çalışmalar

Yerleşim problemleriyle ilgili kavramsal olarak incelenmiş ve farklı alanlarda vaka analizi tarzında yapılmış birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışma, temel olarak p-medyan problemleri ile ilgili olduğundan bu bölümde sadece yerleşim ve tesis yerleştirme problemleri ile ilgili yapılan bazı çalışmalara yer verilecektir.

Revelle vd. (1970), özel ve kamu sektöründe yerleşim modellerini analiz etmiştir. Her iki sektör için oluşturulan yerleşim problemleri temelde ve kavramsal olarak aynı olmalarına karşın biçimsel olarak, özel sektörün en önemli hedefi ulaşım ve tesis maliyetlerini en aza indirmek iken kamu sektörü problem örneklerinin ise sosyal faydanın arttırılmasına yoğunlaştığı ifade edilmiştir.

Love (1976), dinamik programlama kullanarak talep ile tesis arasındaki ağırlıklandırılmış toplam mesafeyi minimum yapmayı amaçlamıştır.

Aikens (1985), depo yeri yerleşim problemlerinin oluşturulan matematiksel model formülasyonu ve çözüm yaklaşımlarına göre çeşitlilik gösterdiği ve konuyla ilgili alana yapılan önemli katkıları incelemiştir.

Drezner ve Guyse (1999), gelecekteki belirsizlik durumunda meydana gelebilecek bazı senaryolar oluşturarak bu senaryolara göre optimum tesislerin nerelere yerleştirilebileceği üzerine çalışmışlardır. Çalışmalarını uygulamalı olarak desteklemek için karar analizi tekniği kullanılmıştır. Bu teknikte kullanılan amaçlardan beklenen, iyimser, kötümser ve en küçük-en büyük zarar ilkeleri incelenmiş, gelecekte meydana gelebilecek üç farklı senaryo son ilkedeki amaç doğrultusunda uygulamalı olarak ele alınıp sonuçları değerlendirilmiştir.

Uluğ (2003), doğal afet arama ve kurtarma yerlerinin belirlenmesini konu edinmiştir. Daha önceden tek bir merkezden tüm nüfusa hizmet veren afet kurtarma birimine ek olarak dört yeni tesis açarak hem merkezin yükünü azaltmayı hem de diğer şehirlere hizmet götürme süresini azaltmayı amaçlamıştır. Yeni açılacak tesis yerlerinin optimum yapılması ve her tesise atanacak şehir veya talep noktası sayısını maksimum yapmak bir diğer hedef olarak belirlenmiştir.

Daskin (2008) yerleşim problemleri alanında yapılan çalışmaları modelin incelendiği uzay türüne göre sınıflandırarak ayrık tesis yerleşim problem modelini ayrıntılı olarak ele almıştır.

Nehzati vd. (2010) bir tesis içi yerleşim problemini çözmek için Excel tabanlı karar destek sistemi oluşturarak hangi ürünün depoda nereye yerleştirileceği, yerleştirilmesi için gerekli alanın ne kadar olması gerektiğini incelemişlerdir. Böylece depolama maliyetini minimum düzeyde tutmak amaçlanmıştır.

Barutçuoğlu vd. (2010) bir otomotiv firması için araç sevkiyat ve dağıtım için yer seçimi çalışmalarında, dağıtım merkezleri yer seçimleri için karışık tamsayı programlama modelleri oluşturularak çözüm alternatifleri üretmişlerdir. Sonuç olarak, oluşturulan dağıtım merkezi yer seçim modeli için, talebin yeterli seviyeye

çıkmadığı veya taşıma fiyatlarının yeteri kadar düşük olmadığı sürece dağıtım merkezi açmanın kârlı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

2.3.P-Medyan Problemi

2.3.1.P-medyan Probleminin Tanımı

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 4) 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 (Church ve Reville, 1976). p adet tesisin yerini talep noktaları ile onların atanacağı tesisler arasındaki talep ağırlıklı toplam mesafeyi en azlamaya 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

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

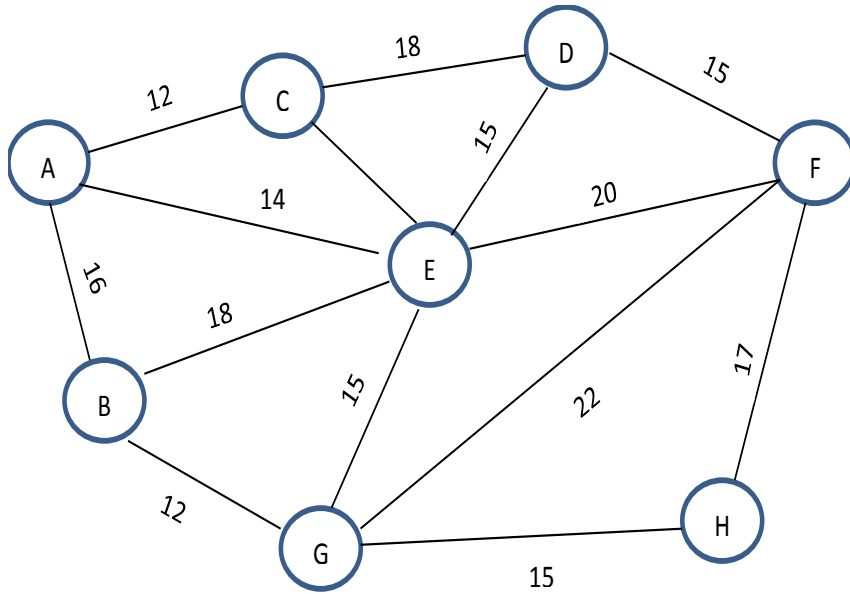
formülü ile bulunabilir (Teitz ve Bart, 1968). Fakat p sayısının artması ile muhtemel çözüm sayısı da artar. Bu ise, çözüm süresinin çok uzamasına neden olur. Örneğin; n=45, p=2 için çözüm sayısı;

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

$\binom{45}{5} = \frac{45!}{5!(45-5)!} = 29322216$ 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 yazılım programları ile verilen problem çok kısa bir sürede çözülebilmektedir. Bu çalışmada kullanılan bilgisayar destekli yazılı programı Analitik Solver Platform programıdır. Bu programın tercih edilmesinin nedeni ileriki bölümlerde açıklanmıştır.

Şekil 4. Şebeke Örneği



(Kaynak: Bastı, 2012)

Şekil 4'te yer alan şebeke örneğinde, noktalar arasındaki mesafeler iki noktayı birbirine bağlayan çizgiler üzerinde yer almaktadır.

p-medyan problemi aşağıda ifade edildiği gibi bazı varsayımlara sahiptir (Farahani ve Hekmatfar, 2009);

- Maliyet ve uzaklık arasında doğrusal ilişkinin olması
- İyi hesaplanmış olması

- Sonsuz zaman dilimine sahip olması
- Sonsuz tesis kapasitesinin olması
- Başlangıç kuruluş maliyetinin olmaması
- Dış kaynaklı bir problem olması
- Benzer özellikteki tesisler
- Hareketsiz tesis olması
- Düğüm taleplerinin sabit olması
- Ayrık problem türünde olması.

Yukarıda yer alan maddelerin bazılarını ayrıca açıklamak yarar olacaktır. Öncelikle, başlangıç kuruluş maliyetinin olmamasıyla ifade edilmek istenen, her aday tesis yerinin eşit sabit maliyetle kurulabileceğini varsayar ve problem çözülürken bu maliyet dikkate alınmaz.. İkinci olarak, sonsuz tesis kapasitesinin olması ile kastedilen, tesislerin hizmet verecekleri taleplere ilişkin kapasite sınırlamasına sahip olmadıkları varsayılır. Son olarak, ayrık problem türünde olması ile kastedilen daha önce de ifade edildiği gibi hem kurulacak tesislerin hem de talep noktalarının şebeke üzerinde yer aldığı problem olduğunu göstermektedir. Bu varsayım, optimum noktanın şebeke üzerinde olamayacağı savını ortaya çıkarmasına karşın, yapılan ispat sonucu Hakimi (1964-1965) bir şebeke de mutlaka bir optimum çözümün olduğunu göstermiştir.

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.

Daha sonra 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, 1996). 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. Genelde veri setinin büyüklüğü nedeniyle bu tür problemler için geliştirilen algoritmalar ise çeşitli yazılım programlarına aktararak problemin çözümü sağlanmaktadır. Yazılım programlarından bazılarında Cplex, Lindo ve Solver Platform örnek verilebilir.

2.3.2.P-Medyan Probleminin Matematiksel İfadesi

p-medyan probleminin amacı talep ağırlıklı toplam mesafeyi minimum yapacak şekilde açılacak olan p adet tesisin en uygun yerlerinin (şebeke üzerindeki düğümler) belirlenmesi ve talep noktalarının bu tesislere atanmasıdır. Bir şebekedeki nokta sayısı n ve $D = [d_{ij}]_{n \times n}$ simetrik uzaklık matrisi olmak üzere, p-medyan problemi aşağıda verilen doğrusal tam sayılı programlama problemi şeklinde gösterilebilir (Daskin, 2011: 221-222):

Amaç Fonksiyonu:

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} d_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Kısıtlar:

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

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

$$\sum_i^n y_j = p \quad (4)$$

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

Karar Değişkenleri:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{Eğer } i \text{ talep noktası } j \text{ tesisine} \\ 0 & \text{Diğer durumda} \end{cases}$$

$$y_j = \begin{cases} 1 & \text{Eğer } i \text{ talep noktası } j \text{ tesisine} \\ 0 & \text{Diğer durumda} \end{cases}$$

İfadelerin tanımı:

p = yerleştirilecek olan hizmet verecek tesis (medyan) sayısı

n = toplam talep noktası sayısı

w_i = i noktasındaki talep

d_{ij} = i noktası ile j noktası arasındaki uzaklık

Eşitlik 1 de verilen amaç fonksiyonunda, hizmet veren tesisler ile talep noktaları arasında oluşan toplam talep ağırlıklı uzaklığı minimize etmek amaçlanmaktadır. Eşitlik 2 ile her bir talep noktasının tüm taleplerinin sadece bir tesisten karşılanması kısıtı verilmiştir. Eşitlik 3 sadece açık olan tesislere talep noktası atanması şartını göstermektedir. Eşitlik 4 te açılacak olan tesis sayısının p adet olması kısıtı yer almaktadır. Eşitlik 5 ise değişkenlerin sadece 0 ve 1 olabileceği kısıtını ifade etmektedir (Lee ve Yang 2009).

2.3.3. Bir P-medyan Probleminin Excel Ortamında Gösterimi

p-medyan problemlerinin çözümünde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada yer alan problem Solver Platform’da çözüldüğü için bu yöntemle ilgili Lee ve Yani (2009)’ın çalışmalarında yer verdiği küçük bir örneğe yer verilecektir.

Genel olarak, $D[n \times n]$ simetrik matrisi i ve j gibi iki nokta arasındaki uzaklık matrisi ve $W[n \times n]$ ise $W[n \times i]$ matrisinden genişletilmiş olan toplam noktalardan i noktasının talebini göstermek üzere, i ve $j = \{1, \dots, n\}$ şebekedeki noktaların indisleri olsun. Ayrıca, karar değişkenlerinin matrisi $U[n \times n]$ şeklinde tanımlanarak, $X_{ij}=1$ eğer her hangi bir tesis j gibi bir düğüm veya noktaya yerleştirilirse ifadesini, yoksa $X_{ij}=0$ ifadesi verilmiş olsun. Bunlarla beraber, eğer i gibi bir nokta j gibi bir tesise atanırsa $X_{ij}=1$ ($i \neq j$), yoksa $X_{ij}=0$. Bu durumda, Eşitlik 1’de amaç fonksiyonunu bulmak için verilen formülün farklı bir şekilde gösterilmesi ile toplam ağırlıklandırılmış talep mesafesi aşağıda ifade edildiği gibi daha basit bir şekilde gösterilebilir:

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

$$= \text{TOPLAÇARPIM (W.D.U)} \quad (1)$$

Yukarıdaki formül p-medyan probleminin ikili gösterimini ifade etmektedir. Eşitlik 1 de gösterilen amaç fonksiyonunun çözümü için Solver Platform programı kullanılmıştır. Ayrıca, Solver yani çözücü ayarları Şekil 5’te verilmiştir. U matrisi null matris diye ifade edilen ve başlangıçta tüm değerleri sıfır olan bir matrisle başlatılmıştır.

Solver Platform’da kullanılan “TOPLAÇARPIM” fonksiyonu W,D,U matrislerinin çarpımlarının hesaplanması için kullanılan ve çok tercih edilen bir fonksiyondur. En temel olarak ifade edilecek olursa, “TOPLAÇARPIM” fonksiyonu, verilen dizilerde birbirine karşılık gelen sayısal bileşenleri çarpar ve bu çarpımların toplamını verir. Bu formül sadece aynı genişlikteki dizilerle ilişkili olduğundan talep W matrisine dönüştürülmüştür.

Şekil 5. Örnek P-medyan Problem Gösterimi

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																

Distance						
D	1	2	3	4	5	
1	0	5	7	6	4	
2	5	0	2	4	6	
3	7	2	0	6	8	
4	6	4	6	0	2	
5	4	6	8	2	0	

Demand						
W	1	2	3	4	5	
1	60	60	60	60	60	
2	20	20	20	20	20	
3	50	50	50	50	50	
4	70	70	70	70	70	
5	40	40	40	40	40	

Locations						
U	1	2	3	4	5	Total
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0

Name	Range
D	=C3:G7
W	=C11:G15
U	=K3:O7

Costs:	0
--------	---

Cell	Formulas	Copied to
P16	=SUMPRODUCT(D,W,U)	
P3	=SUM(K3:O3)	P4:P7
K11	=K3	
L11	=L4	
M11	=M5	
N11	=N6	
O11	=O7	
P11	=SUM(K11:O11)	

Solver settings:
Min: P16
By changing: U
Subject to:
U = Binary
P3:P7 = 1
K3:K7 <= K3
L3:L7 <= L4
M3:M7 <= M5
N3:N7 <= N6
O3:O7 <= O7
P11 = p

Elde edilen sonuç, Şekil 6'da görülmektedir. Minimum toplam ağırlıklandırılmış talep uzaklığı 120 olarak elde edilmiştir. Bununla beraber, tesis noktaları 1,3 ve 4 olarak belirlenip 2 ve 5 noktaları sırasıyla tesis 3 ve 4'e atanmıştır.

Şekil 6. Örnek P-medyan Problem Sonucu

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Distance																
2		D	1	2	3	4	5										
3		1	0	5	7	6	4										
4		2	5	0	2	4	6										
5		3	7	2	0	6	8										
6		4	6	4	6	0	2										
7		5	4	6	8	2	0										
8																	
9	Demand							Locations									
10		W															
11		1	60	60	60	60	60										
12		2	20	20	20	20	20										
13		3	50	50	50	50	50										
14		4	70	70	70	70	70										
15		5	40	40	40	40	40										
16																	
17																	
		U	1	2	3	4	5	Total									
		1	1	0	0	0	0	1									
		2	0	0	1	0	0	1									
		3	0	0	1	0	0	1									
		4	0	0	0	1	0	1									
		5	0	0	0	1	0	1									

2.3.4.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. Meta sezgisel algoritmalar ile ilgili çalışmalar detaya inilmeden ele alınıp daha çok sezgisel ve Solver Platform yaklaşımıyla ilgili uygulamalı çalışmaların ifade edilmesine ağırlık verilmiştir. Bu konuyla ilgili yapılan bazı çalışmalar Berlin (1976), Mirchandani (1980), Carson ve Batta (1990), Pizzolato (1994), Serra ve Marinov (1998), Fiedrich, Gehbauer ve Rickers (2000), Caccetta ve Dzator (2005), Ruslim ve Ghani (2006), Rawls ve Turnquist (2010), Kim ve Soh (2012), Ndiaye ve Ndiaye (2012) şeklinde sıralanabilir.

Ruslim ve Ghani (2005) 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 ulaşılmış. Talep ağırlıklarının belirsizliği durumunda, elde edilen p-medyan problem çözümünün doğru olmayacağı değerlendirilmiştir.

Caccetta ve Dzator (2005) p-medyan problemlerinin çözümünde kullanılan bazı sezgisel yaklaşımlardan yola çıkarak üç yeni sezgisel çözüm yöntemi sunmuşlardır. Bu üç yeni sezgisel yöntemin temelinde; aykırı (extreme) veya uç değerlerinin problemde çıkarılmasıyla daha gerçekçi bir çözüme ulaşılabileceği mantığı gözlemlenmektedir.

Yaptıkları çalışma ilk yardım tesislerinin yerleşimi alanında olması ve amaç fonksiyonunun hesaplanmasının temelinde uzaklık ile beraber talep miktarı veya sayısı referans alındığından aykırı değerlerin çıkarılması optimuma daha yakın değerler verebilir. Ancak bu çalışmada, çalışma alanının depo yerleşim yeri olması ve p-medyan yaklaşımında ise amaç fonksiyonunun uzaklık ile beraber talep miktarı veya sayısından ziyade uzaklık ile beraber müşteriden elde edilen ciro (kar) oranıdır. Bu nedenle, aykırı veya uç değerlerin çıkarıldığı bir sezgisel yöntem kullanmak elde edilen karın çoğu bir talep noktasından sağlansa bile o talep noktasını ihmal etmek demektir. Bu yaklaşım ise, amaç fonksiyonundan uzak bir çözüm sunacağından bu çalışmada ve benzeri alanlarda kullanılması doğru olmayacaktır. Bununla beraber çalışmada, talep miktarı olarak müşterilerden elde edilen kar oranının alınmasının nedeni firmadan gerçek talep miktarlarının alınamamasıdır. Bunun paralelinde olarak, müşterilerden elde edilen kar oranı ile müşterinin talep miktarı birbiriyle orantılı olma düşüncesiyle gerçek talep ağırlığı/miktarı yerine müşteriden elde edilen kar oranı talep ağırlığı/oranı olarak alınmıştır.

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.

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, diğerk algoritmalardan daha iyi sonuca ulaşıldığı görülmüştür.

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.

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 diğerk çalışmalarda kullanılan yöntemlere göre belirli açıdan üstünlük sağladığı görülmüştür. Solver Platform ile optimizasyon yapılmasının sağladığı diğerk avantajlar; diğerk kompleks optimizasyon araçlarına göre daha basit, kullanışlı, bir çok yerleşim problemlerinin kolaylıkla ifade edilebilmesi ve hızlı sonuçlar vermesi şeklinde ifade edilmiştir. Bu alışmada, 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.

Smith (2003), tedarik zinciri analizinde elektronik tablo modeli oluşturulması adlı çalışmasında üç çeşit uygulamaya yer vermiştir. Bunlar; bir yemek üreticisi için doğrudan talep noktasına ulaştırma rneği, depo yeri belirlemek isteyen bir ecza firması, bir de büyük bir marketler zincirinin yeni açılacak bir marketi için dağıtım merkezi atama örneğidir. Tüm uygulama örnekleri elektronik tablo ile modellenerek analiz edilmiştir.

Ipsilandis (2008), bir tedarik zinciri probleminde kütüphaneye alınacak kitaplar için tedarikçi seçimini ele almıştır. Problemin matematiksel ifadesinin diğerk 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.

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 kaldırılabileceğini bir örnek çalışma üzerinde test etmişlerdir.

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. Araştırmacı çalışmasında, alanın önde gelenlerinden biri olan Daskin’in de içinde bulunduğu bir başka önemli çalışmada tesis yerleştirme modeliyle ilgili yapılan çalışmalara yer vermekle beraber özellikle ayırık yerleşim problemlerinin iki dalı olan medyan ve kapsama tabanlı modeller ile ilgili son zamanlarda yapılan çalışma ve katkılara geniş anlamda yer vermiştir (Reese vd.,2008).

Rosing ve Hodgson (2002), p-medyan probleminin kombinatoryal yani çözülmesi zor problemler olduğunu bazı açılardan analiz ederek “p” yani oluşturulacak tesis sayısının büyük olduğu durumlarda düğüm değişimi sezgisel çözüm yönteminin oluşturabileceği sorunlara karşılık sezgisel konsantrasyon (concentration) yönteminin sorunları giderebileceğini test etmiştir.

Alba ve Dominguez (2006), p- medyan problemlerini çözmek için kullanılan bazı evrimsel algoritma çeşitlerinin performansını karşılaştırmışlardır. Hücre tipi evrimsel algorithmadan elde edilen sonuçların diğerlerine nispeten üstünlük sağladığı sonucuna ulaşılmış ve bu algoritma çeşidinin uygulanabilirliğinin kolaylığı, yüksek doğruluk oranı ve birçok alanda kullanılabileceği gibi avantajlarına vurgu yapılmıştır.

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.

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

3.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. Talep noktasına yakın olmanın firmanın karlılığı açısından önemli bir kriter olmasının yanı sıra tesis sayısının optimum olması maliyet dengesi açısından dikkate alınması gereken kritik bir unsurdur.

Temel problem, bir ağda yer alan n adet nokta içerisinde en uygun p adedini ortalama toplam ağırlıklandırılmış mesafeyi minimum yapmak koşulu göz önünde bulundurarak depo yeri olacak şekilde seçmek (location) ve talep noktalarını kendilerine en yakın olan depo yerinden hizmet alacak şekilde depolara atamaktır (allocation). Bu düşünce Hakimi (1965)'nin ispat ettiği “bir şebekede en az bir optimum nokta yer alır” düşüncesinden yola çıkarak p -medyan problemlerinin çözülmesi, gerçek problemin makul sürede çözülebilmesi ve optimumluğu açısından kolaylık sağlamıştır.

Problemin anlaşılması için daha önce ifade edilen p -medyan probleminin matematiksel gösterimine burada tekrar yer verilecektir.

Problemin Matematiksel İfadesi

a. İndisler :

Talep noktaları kümesi (müşteriler) : $I=1,2, \dots, m$

Aday depo yeri kümesi: $J=1,2, \dots, n$

b.Parametreler:

w_i : i noktasında bulunan talep noktasının talep ağırlığı

d_{ij} : i noktasında bulunan talep noktası ile j noktasında yer alan depo yeri arasındaki en kısa uzaklık

c.Değişkenler:

X_{ij} : 1, Eğer i talep noktası j tesisine atanmışsa; 0 Diğer durumda

Y_j : 1, Eğer j noktasında bir tesis açılmışsa; 0 Diğer durumda

d.Amaç Fonksiyonu:

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

$$= \text{TOPLAÇARPIM (W.D.U)} \quad (1)$$

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. 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.

e.Kısıtlar:

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

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

$$\sum_j y_j = p \quad (4)$$

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

Bu model bir doğrusal-tam sayılı programlama problemi olup genellikle tam sayılı-doğrusal programlama problemleri çözen birçok optimizasyon yazılım programlarıyla çözülebilir. Problemin büyüklüğü ve kısıtları nedeniyle bazı büyük denilebilecek problemlerin çözümü için daha gelişmiş yazılımların kullanılması gerekmektedir.

Ülker 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 ($p=1,2,3,4,5,\dots$) denemeleri yapılarak uzaklık maliyeti(cost)-tesis sayısı(p) grafiği oluşturulacaktır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda optimum p sayısı belirlenecektir.

3.1.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 Selected Before” Durumu): Birinci yol modeli, mevcut tesis yerinin dikkate alınarak optimum tesis yerinin ve sayısının

belirlenmesidir. Bu yol, mevcut tesis yerinin adı Ekol olduğundan “Ekol Selected Before” modeli olarak adlandırılmıştır. Diğer bir ifadeyle, birinci yolda $p=1$ değerinin yerinin belli olduğu düşünülerek doğrudan null matris’te kullanılan atama değerlerinin tümünün 0 olması yerine, firmanın mevcut birinci tesis yeri belli olduğundan 1 olarak seçilmiştir. Bunla 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 Not Selected Before” 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 Not Selected Before” 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.

Karışıklığın oluşmaması için şunu belirtmekte fayda vardır; bu iki yol farklı iki çözüm metodu olarak anlaşılmamalıdır. Sadece iki farklı model olarak görülmelidir. Çünkü her iki genel modelde Analitik Solver Platform programında Exact (kesin) çözüm yöntemiyle çözülmüştür. Bu programın, simpleks ve dal sınır algoritmalarını kullanarak çözüm bulduğu daha önce ifade edilmişti. Amaç fonksiyonumuzun sonucunu belirlemek için kullanılan veriler sabit olup birinci yolda optimum tesis yeri ve sayısını belirlemek için firmanın mevcut durumdaki tesis yerinin optimum olduğu varsayılarak kurulacak diğer tesisler ikinci, üçüncü,..tesis olacak şekilde düşünülmüştür.

3.2.Veritoplama Aracı

Verilerin elde edilmesi için birincil verilerden mülakat tekniğinden ve ikincil verilerden yararlanılmıştır. Bir araştırmada, ihtiyaç duyulan verileri araştırmacının kendisinin değişik veri araçları kullanarak elde etmesiyle oluşan verilere birincil veri, önceden derlenmiş verilere ise ikincil veri denir (Altunışık vd., 2010:73-77). İlk olarak firmanın talep noktalarının yerleri, talep noktalarının ağırlıkları ve firma ile

ilgili genel bilgilere ulaşmak için firma yöneticileri ile mülakat yapılmıştır. Mülakat iki veya daha fazla sayıda insan arasında belli bir amaç etrafında yapılan konuşmadır (Altunışık vd., 2010:91-92). Mülakat vasıtasıyla, anket gibi bazı veri toplama araçlarından elde edilemeyecek bilgiler öğrenilebilir. Mülakat esnasında konuyla ilgili olabilecek farklı sorular akla gelebilir. Böylece daha geniş cevaplar edinilebilir. Ayrıca, diğer veri toplama araçlarına nispeten soruları cevaplayan kişinin anlamadığı veya yanlış anladığı yerler izah edilebilir. Fakat mülakatta dikkat edilmesi gereken konulardan biri araştırmacı sorulara cevap veren kişiyi yönlendirici konuşmalar yapmamasıdır.

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. “TOPLAÇARPIM” ifadesi, Excel programında sıklıkla kullanılan bir fonksiyon olup verilen aralık ya da dizilerde birbirine karşılık gelen sayısal bileşenleri çarpar ve bu çarpımların toplam sonucunu verir (<http://office.microsoft.com/tr-tr/excel-help/HP005209293.aspx>).

3.3. Verilerin Toplanması

Firma yöneticileri ile yapılan iki saatlik mülakat sonucu firma müdürüne sorulan sorular yoluyla, ilk aşamada problemin çözümü için gerekli olan talep noktalarının yerleri ve ağırlıkları ile ilgili bilgiler elde edilmiştir. 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 7’de verilmiştir.

kullanarak analiz, yorum, problem çözümü yapılmasını sağlar (http://www.esri.com/what-is-gis/overview#overview_panel).

Bazı çalışmalarda Coğrafi Bilgi Sistemi yoluyla veya Google Maps gibi daha doğru sonuçlar veren programlarla noktalar arasındaki uzaklık bulunmuştur. Çalışmanın yapıldığı Düzce ilinde, İl Belediye Başkanlığı ve Özel idaresinden yapılan görüşmeler sonucunda ilde henüz Coğrafi Bilgi Sisteminin mevcut olmadığı bilgisi edinilmiştir.

Daha sonra 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 Google Maps ile de yapılamamıştır. Ardından, Öklid uzaklık hesaplama formülüne başvurulmuştur. Fakat şunu ifade etmek gerekir ki; uzaklık hesaplama yöntemlerinde, hangi formül kullanılırsa kullanılsın sonuçta formül kullanıldığı için elde edilen uzaklıklar her zaman yaklaşık uzaklık olacaktır. Yaklaşık uzaklıkların tamamen doğru sonuçlar vermesi beklenilmez.

Daha önce bahsedilen 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 içerisinde 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 5’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:

$$=((DÜŞEYARA(\$B3;Sayfa2!$A$2:$C$45;2;YANLIŞ)DÜŞEYARA(C$2;Sayfa2!A2:C45;2;YANLIŞ))^2+(DÜŞEYARA(\$B3;Sayfa2!$A$2:$C$45;3;YANLIŞ)-DÜŞEYARA(C$2;Sayfa2!A2:C45;3;YANLIŞ))^2)^{0,5}$$

Düzeltilmiş enlem ve boylamların Excel’deki konumu Sayfa 2’de yer aldığından formülasyonda Sayfa2 ye başvurulduğu görülmektedir. Hesaplama sonucunda elde edilen noktalar arasındaki uzaklıklar Ek 6’te verilmiştir.

Amaç fonksiyonumuz;

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

$$= \text{TOPLAÇARPIM (W.D.U)} \quad (1)$$

olduğundan problemde talep ağırlık miktarına ihtiyaç vardır. Firmanın hizmet verdiği toplam 44 adet talep noktası mevcut olup Ek 3’te talep ağırlık değerleri verilmiştir. Yüzdelik olarak verilen talep ağırlıkları, firmanın belirtilen düğüm ya da talep noktasından sağladığı kar oranları baz alınarak elde edilmiştir.

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.

Şekil 8.Gerçek Problem Excel Kesiti

UZAKLIK						NULL MATRIX						
D	Kaynaşlı	Konuralp	A.pınar Köyü	Yığılca	Düzce,merkez	U	Kaynaşlı	Konuralp	A.pınar Köyü	Yığılca	Düzce,merkez	Toplam
Kaynaşlı	0	21,39104	17,46851677	23,6316	15,750732	Kaynaşlı	0	0	0	0	0	0
Konuralp	21,391	0	17,72882504	25,7885	7,900917412	Konuralp	0	0	0	0	0	0
A.pınar Köyü	17,4685	17,72883	0	36,2081	10,33821997	A.pınar Köyü	0	0	0	0	0	0
Yığılca	23,6316	25,78847	36,20814204	0	27,71044189	Yığılca	0	0	0	0	0	0
Düzce,merkez	15,7507	7,900917	10,33821997	27,7104	0	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							
A.pınar Köyü	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	İsim	Aralık					
Yığılca	5	5	5	5	5	D	= C3:G7					
Düzce,merkez	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	W	= C11:G15					
						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 8’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 (http://www.yildiz.edu.tr/~tastan/teaching/hipotez_testi_slides.pdf). Bu çalışmada, null hipotezi olarak başlangıçta tesis yerlerinin belli olmadığından null matriste bunlara karşılık gelen değerler 0 olarak kabul edilmiştir. Popülasyon parametresine genellikle bir değer atanır ve bu öne sürülen temel iddia null hipotezidir (<http://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/230/.../8-Hipotez%20Testleri.pdf>). 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. TOPLAÇARPIM formülü Excelde en çok kullanılan formüller arasında yer alıp fonksiyon olarak birbirine karşılık gelen değerlerin çarpımlarının toplamına eşittir.

Aynı şekilde görüldüğü gibi, talep miktarı W matrisine dönüştürülmüştür. Talep matrisinin W matrisine dönüştürülmesinin nedeni TOPLAÇARPIM formülünün sadece aynı boyuttaki ifadelerin toplanıp çarpılmasına izin vermesidir (Lee ve Yang, 2009).

3.4. Verilerin Analizi

P-medyan problemlerini çözmek için kullanılan farklı yazılım problemleri mevcuttur. Bunlardan bazıları Cplex, Lindo, Lingo, Matlab, Open Solver ve Solver Platform şeklinde sıralanabilir. Bu çalışmada kullanımının basit olması, kompleks kod yazımlarının olmaması ve kolaylıkla temin edilebilmesi nedeniyle Analitik Solver Platform programının kullanılması tercih edilmiştir. Analitik Solver Platform programı Frontline Systems adındaki şirketin bir ürünüdür. Standart Excel'e oranla çok daha güçlü olan bu program özellikle optimizasyon problemlerini çözmek için yaygın olarak kullanılır. Geleneksel yöneylem yazılım paketleri (Lindo, Gams, Ampl, Cplex), optimizasyon modelleri oluşturmak için oldukça kısıtlayıcı kurallar ve cebirsel matematik dilini öğrenmeyi zorunlu kılarken, Analitik Solver Platform için

temel optimizasyon bilgileri yeterli olmaktadır (Lee ve Yang, 2009). Bu program, optimizasyon gerektiren doğrusal programlama ve tam sayılı programlama gibi cebirsel ifadeler ile modellemeyi sağlayan grafiksel ara yüzü birleştirmesiyle de avantaj sağlamaktadır. 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). Bu optimizasyon yazılımı, doğrusal ve tam sayılı problemleri çözmek için simpleks algoritmasını kullanırken doğrusal olmayan problemleri çözmek için genetik algoritma kullanmaktadır. Çalışmada oluşturulan p-medyan problemi doğrusal ve tamsayı programlama sınıfına girdiğinden, Excel yazılımı problemin çözümü için simpleks algoritmasını kullanmıştır. Standart Excel Çözücünün Excel’de aktifleştirilmesi ve Analitik Solver Platform programının kullanımı, temel ara yüzleri Ek 4’te verilmiştir.

4.BULGULAR VE YORUMLAR

Analitik Solver Platform programında çözülen modelleri bir bütün olarak tek bir ara yüzde göstermek veri sayısını fazlalığı nedeniyle mümkün olmadığından problemin çözümüyle elde edilen maliyet, seçilen tesis yerleri ve bu tesislere hangi talep noktalarının atandığı gösterilecektir. Oluşturulan modeller, her iki yolda da temel olarak aynı olduğundan ve Şekil 8’de modelin bir kesitine yer verildiğinden burada tekrar gösterilmemiştir. Birinci yol olan mevcut tesis yerinin dikkate alınarak kurulacak diğer tesislerin optimum yerlerinin belirlenmesi daha önce ifade edildiği gibi mevcut tesis yerinin adı Ekol olduğundan “Ekol Selected Before” modeli olarak adlandırılmıştır.

4.1.Birinci Yol Modelinin Çözümleri (“Ekol Selected Before” Durumu)

İlk olarak “Ekol Selected Before” 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 birim’dir. Tüm talep noktaları ise, hizmet

LOCATIONS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
yj	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

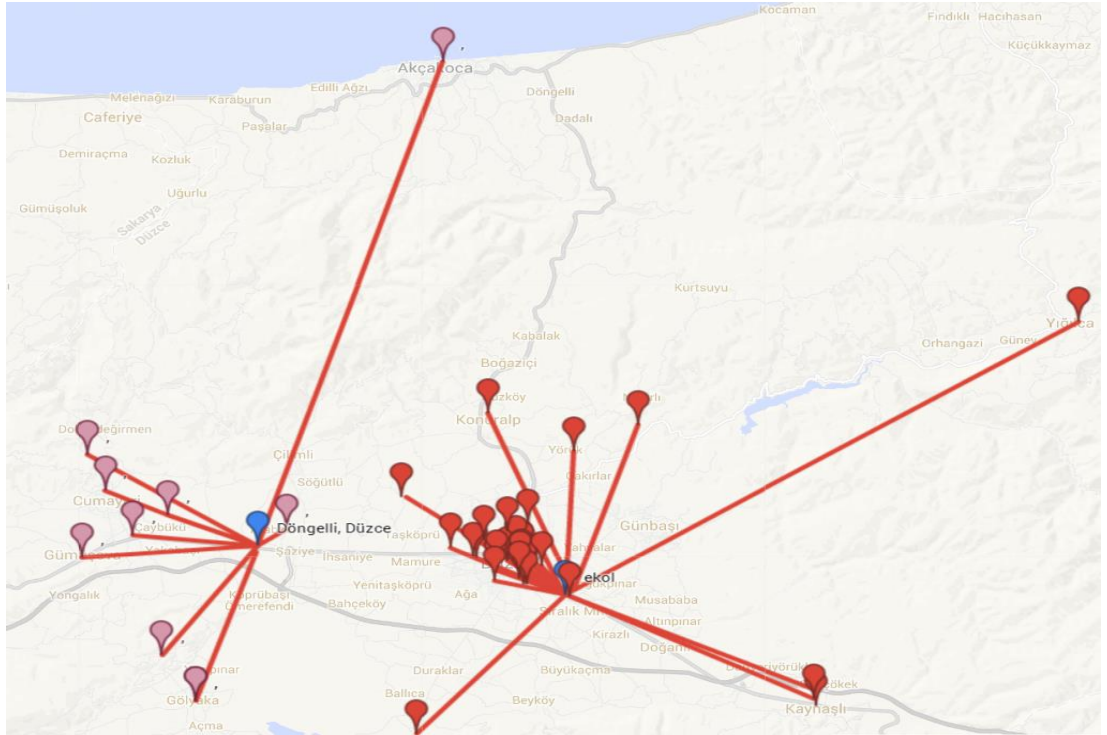
Şekil 10, $p=2$ için tesis yerlerinin 7 (Döngelli, Düzce) ve 10 (ekol) numaralı düğümler üzerinde kurulması gerektiğini göstermektedir. Hangi talep noktasının bu tesislerinin hangisinden hizmet alacağını Tablo 3 ifade etmektedir.

Tablo 3. "Ekol Selected Before" modelinde $p=2$ için optimum tesis yerlerine atanan talep noktaları

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

Bu durumda haritada oluşan yer belirleme-atama sonuçları Şekil 11’de gösterilmiştir.

Şekil 11. "Ekol Selected Before" modelinde $p=2$ için yer belirleme-talep atama sonucu.



“Ekol Selected Before” modelinde, $p=3$ için oluşan maliyet 617,50702 birim olarak bulunmuştur. Modelde, yine mevcut tesis yeri olan ekol noktasıyla beraber kurulacak tesis sayısının 3 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 ise “cimaş3” noktası olarak elde edilmiştir. Aynı şekilde, aşağıdaki şekil matematiksel olarak 44 noktanın atama modelinden elde edilen “0-1” tam sayılı ya da ikili diye ifade edilen durumunu göstermektedir.

Şekil 12. “Ekol Selected Before” modelinde $p=3$ için seçilen tesis yerleri

LOCATIONS																																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	
yj	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

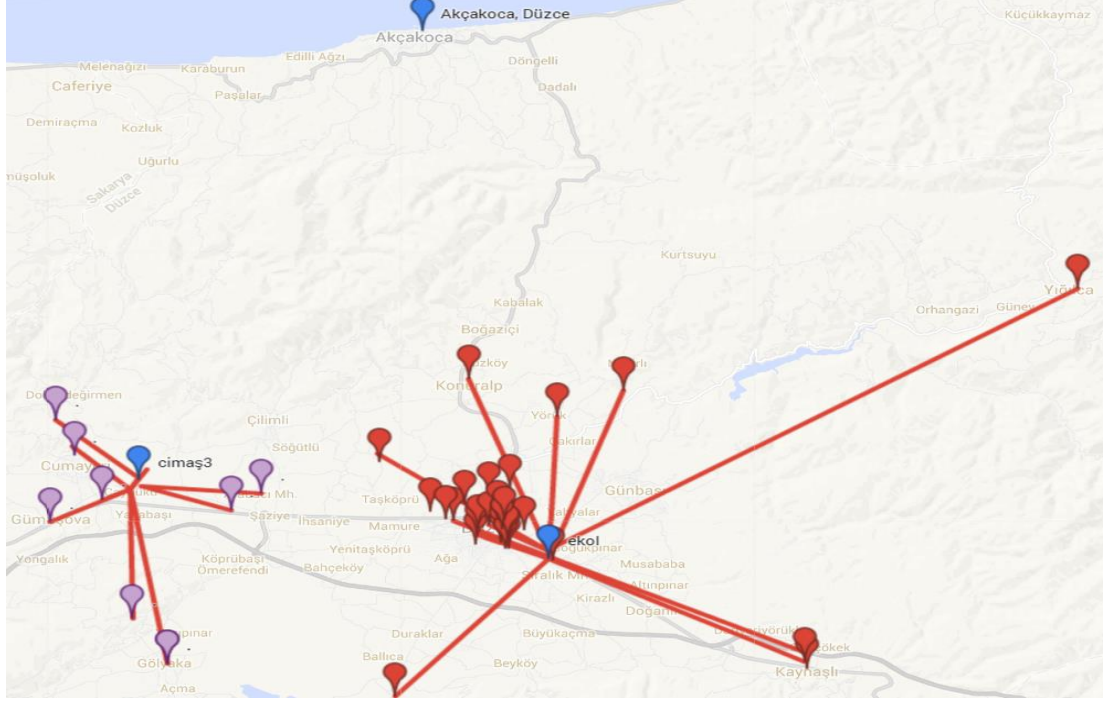
Şekil 12, $p=3$ için tesis yerlerinin 8 (Akçakoca, Düzce), 10 (ekol) ve 23 (cimaş3) numaralı düğümler üzerinde kurulması gerektiğini göstermektedir. Hangi talep noktasının bu tesislerin hangisinden hizmet alacağını Tablo 3 ifade etmektedir.

Tablo 4. “Ekol Selected Before” modelinde $p=3$ için optimum tesis yerlerine atanan talep noktaları.

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

Bu durumda haritada oluşan yer belirleme-atama sonuçları Şekil 13’ de gösterilmiştir.

Şekil 13. “Ekol Selected Before” modelinde $p=3$ için yer belirleme-talep atama sonucu.



Şekil 13'te görüldüğü gibi talep noktalarının neredeyse hepsi cimaş3 ve ekol noktasına atanmıştır. “Akçakoca, Düzce” tesis yerine kendisi dışında ise herhangi bir talep noktası hizmet almak için atanmamıştır.

“Ekol Selected Before” modelinde, $p=4$ için oluşan maliyet 485,02921 birim olarak bulunmuştur. Modelde, yine mevcut tesis yeri olan ekol noktasıyla beraber kurulacak tesis sayısının 4 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 “cimaş3” noktasında ve dördüncü tesis yeri ise “Yığılca” bölgesi olarak elde edilmiştir. Aşağıdaki şekil matematiksel olarak 44 noktanın atama modelinden elde edilen “0-1” tam sayılı ya da ikili diye ifade edilen durumunu göstermektedir.

Şekil 14. “Ekol Selected Before” modelinde $p=4$ için seçilen tesis yerleri.

LOCATIONS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	
yj	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Şekil 14, $p=4$ için tesis yerlerinin 4 (Yığılca), 8 (Akçakoca, Düzce), 10 (ekol) ve 23 (cimaş3) numaralı düğümler üzerinde kurulması gerektiğini göstermektedir.

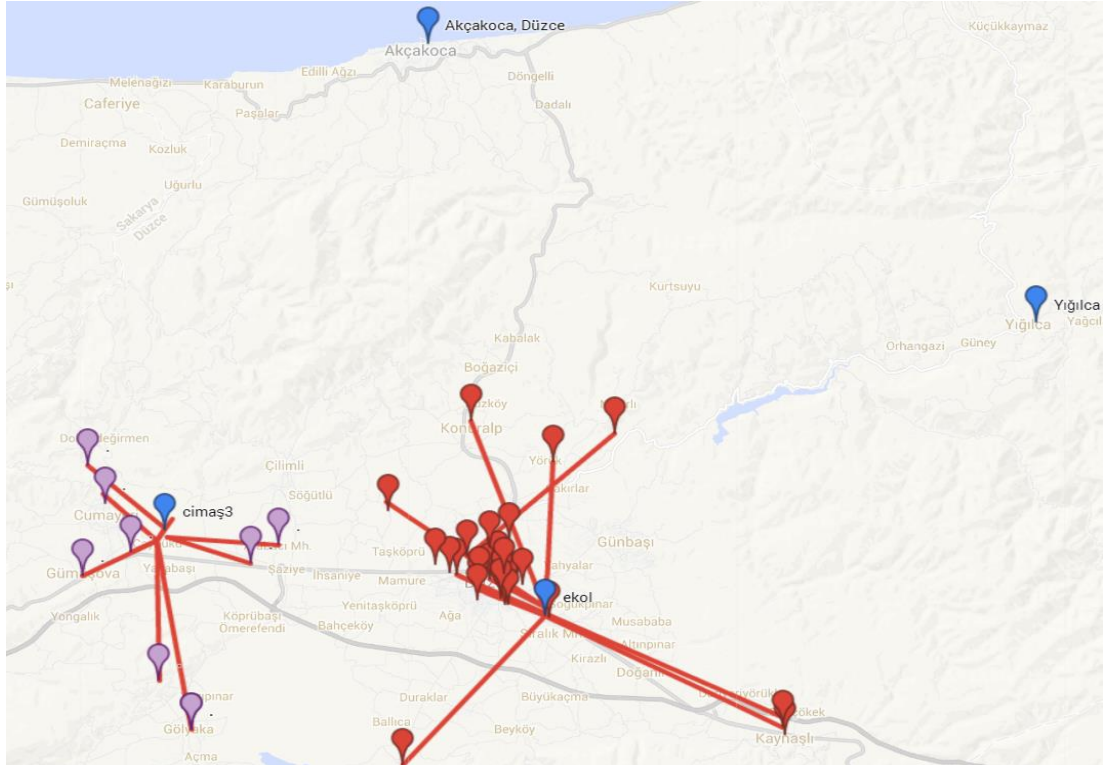
Hangi talep noktasının bu tesislerin hangisinden hizmet alacağını Tablo 5 ifade etmektedir.

Tablo 5. “Ekol Selected Before” modelinde $p=4$ için optimum tesis yerlerine atanan talep noktaları.

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

Bu durumda haritada oluşan yer belirleme-atama sonuçları Şekil 15’te görülmektedir.

Şekil 15. “Ekol Selected Before” modelinde $p=4$ için yer belirleme-talep atama sonucu.



Şekilde 15’te görüldüğü gibi tesis sayısının artmasıyla talep noktalarının atandığı tesisler fazla bir değişiklik göstermemektedir. Kurulacak tesis sayısı 4 olduğunda, kurulan bu tesislerden “Akçakoca, Düzce” bölgesi ile “Yığılca” bölgesine kendileri dışında herhangi bir talep noktası ataması yapılmamıştır.

Son olarak, “Ekol Selected Before” 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 “cimaş3” noktasında, dördüncü tesis yeri “Yığılca” ve beşinci tesis yeri ise “Düzce, merkez” bölgesi olarak elde edilmiştir. Aşağıdaki şekil matematiksel olarak 44 noktanın atama modelinden elde edilen “0-1” tam sayılı ya da ikili diye ifade edilen durumunu göstermektedir.

Şekil 16. “Ekol Selected Before” modelinde $p=5$ için seçilen tesis yerleri.

LOCATIONS																																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	
yj	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

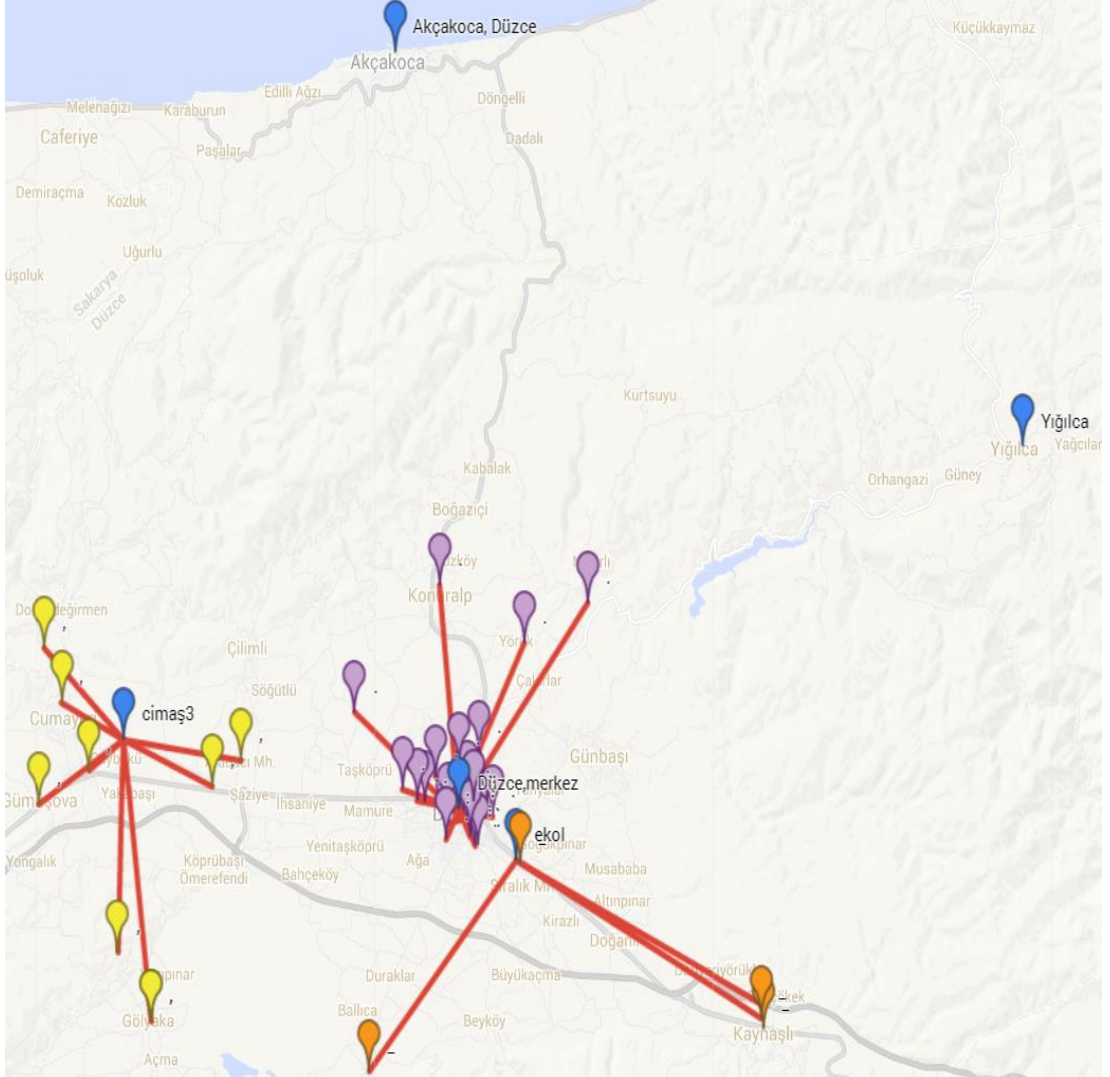
Şekil 16, $p=5$ için tesis yerlerinin 4 (Yığılca), 5 (Düzce, merkez), 8 (Akçakoca, Düzce), 10 (ekol) ve 23 (cimaş3) numaralı düğümler üzerinde kurulması gerektiğini göstermektedir. Hangi talep noktasının bu tesislerin hangisinden hizmet alacağını Tablo 6 ifade etmektedir.

Tablo 6. “Ekol Selected Before” modelinde $p=5$ için 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 17’de görülmektedir.

Şekil 17. “Ekol Selected Before” modelinde $p=5$ için yer belirleme-talep atama sonucu



Kurulacak tesis sayısı 5 olduğunda, kurulan bu tesislerden “Akçakoca, Düzce” bölgesi ile “Yığılca” bölgesine $p=4$ ’te olduğu gibi yine kendileri dışında herhangi bir talep noktası ataması yapılmamıştır. Kurulacak tesis sayısının beş olma durumunda ise, beşinci tesis “Düzce, merkez” bölgesine atanıp, daha önce çoğunlukla “ekol” tesisinden hizmet alan bir çok talep noktası “Düzce, merkez” tesisinden hizmet almaya başlamıştır. Genel olarak birinci yol ile edilen maliyetlerin karşılaştırılması Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Birinci yol ile yapılan p=1,2,3,4,5 modellerinin maliyetleri

Tesis sayısı	Maliyet	Tesis Yeri
1	1037,2236	Düğüm 10 (Ekol)
2	767,69259	Düğüm 7 (Döngelli, Düzce) Düğüm 10 (Ekol)
3	617,50702	Düğüm 8 (Akçakoca, Düzce) Düğüm 10 (Ekol) Düğüm 23 (cimaş3)
4	485,02921	Düğüm 4 (Yığılca) Düğüm 8 (Akçakoca, Düzce) Düğüm 10 (Ekol) Düğüm 23 (cimaş3)
5	380,90688	Düğüm 4 (Yığılca) Düğüm5 (Düzce, merkez) Düğüm8 (Akçakoca, Düzce) Düğüm 10 (Ekol) Düğüm 23 (cimaş3)

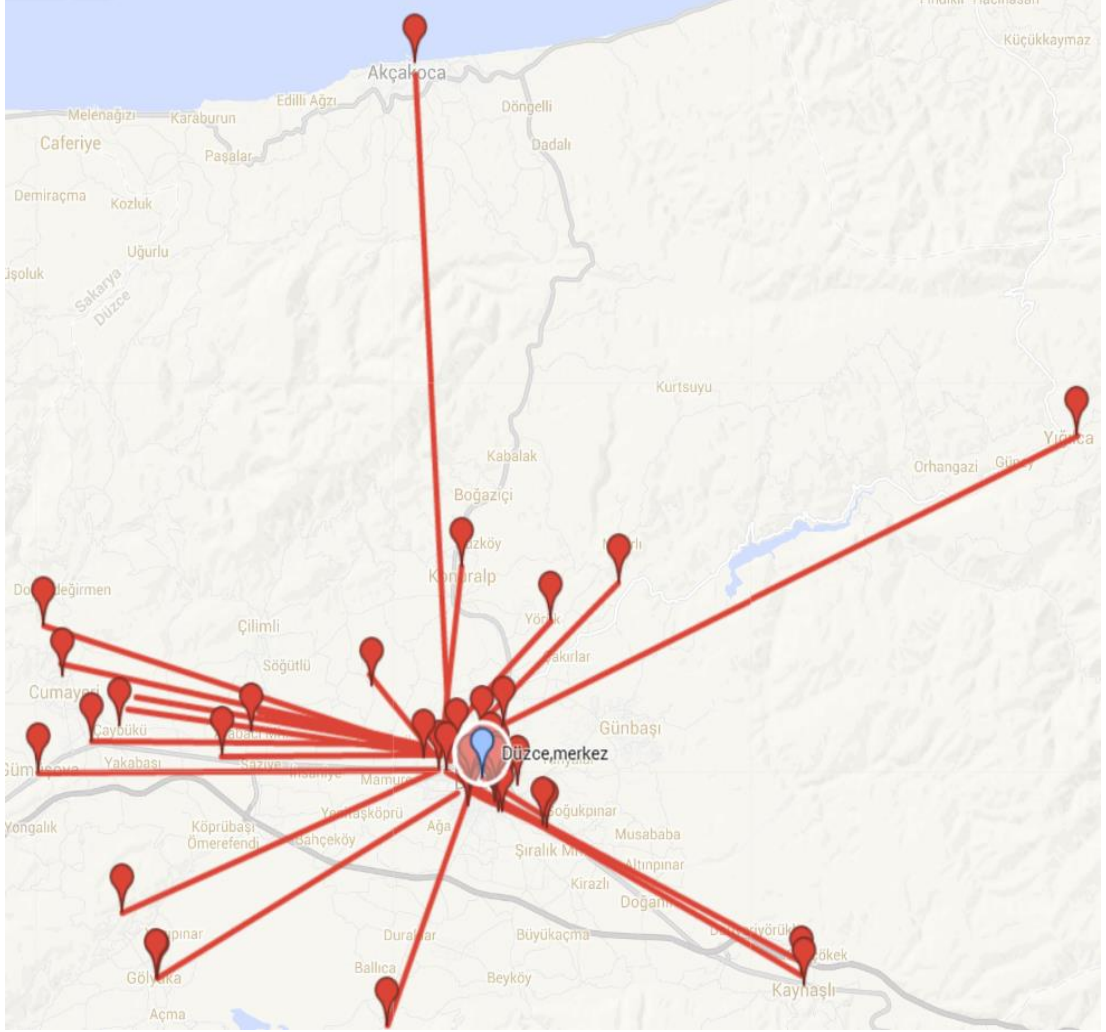
Tesis sayısını belirlemek için kullanılan ikinci yolda, mevcut tesis yeri dikkate alınmadan optimum tesis yeri ve sayısının belirlenmesine odaklanılmıştır. Bu yol daha önce ifade edildiği gibi “Ekol not Selected Before” modeli olarak adlandırılmıştır.

4.2.İkinci Yol Modelinin Çözümleri (“Ekol Not Selected Before”) Durumu

İkinci yolda, p=1 değeri için optimum tesis yeri Solver Platform programının çalıştırılmasıyla “Düzce, merkez” noktası olarak bulunmuştur. Bu durumda oluşan

maliyet ise 909,66954 birim olarak elde edilmiştir. Harita üzerinde “Ekol Selected after” modelinin $p=1$ için gösterimi Şekil 18’de verilmiştir.

Şekil 18. “Ekol not Selected Before” modelinde $p=1$ için yer belirleme-talep atama sonucu.



İkinci yol ile araştırılan diğer tesis sayısı (p) değerlerinin seçimi ve atamasına gerek duyulmamıştır. Çünkü firma ek tesis yeri açmak istediğinde mevcut durumda var olan “ekol” tesisini göz önünde bulundurarak ona yer belirleyeceğinden ikinci yol ile p sayısının diğer yer belirlemelerine ve belirlenen yerlere talep atamalarına ihtiyaç yoktur. Sadece, bu yol ile belirlenen tesis maliyetlerinin ne kadar olduğuna bakılmıştır. İkinci yol ile araştırılan $p=1,2,3,4,5$ tesis sayısı için, modellerden elde edilen maliyetler Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. İkinci yol ile yapılan p=1,2,3,4,5 modellerinin maliyetleri

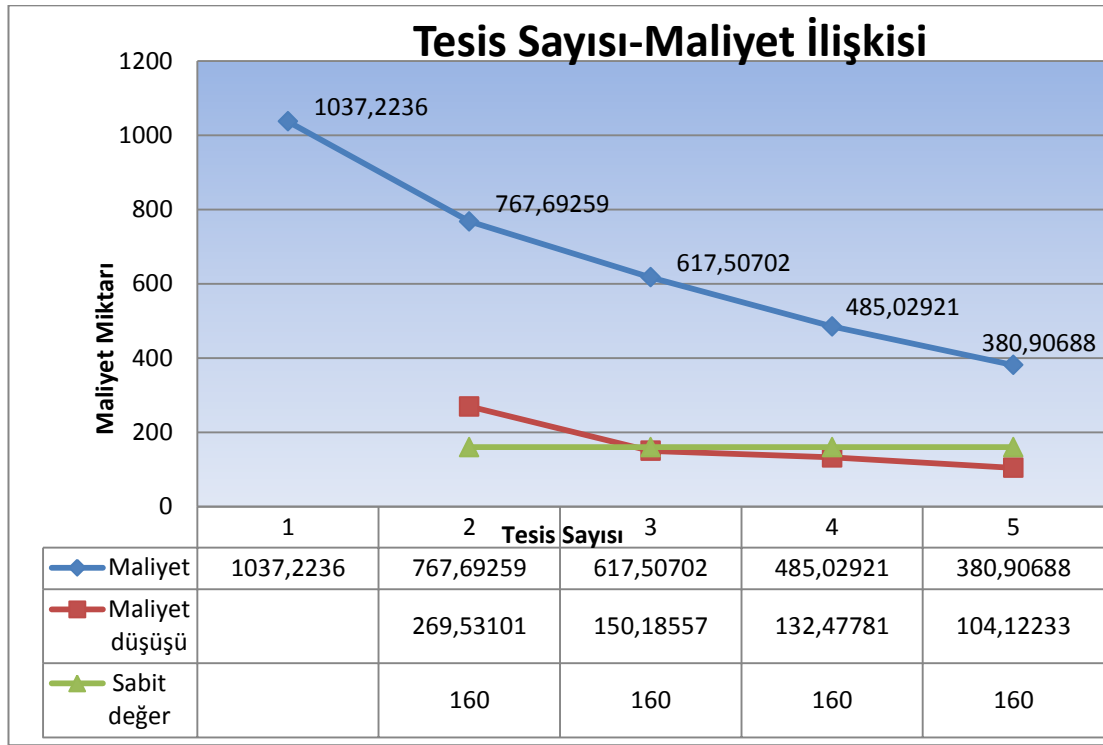
Tesis Sayısı	Maliyet (Cost)	Tesis Yeri
1	909,66954	Düğüm 5 (Düzce, Merkez)
2	697,39658	Düğüm 13 (düzpaş2) Düğüm 23 (cimaş3)
3	548,88578	Düğüm 8 (Akçakoca, Düzce) Düğüm 23 (cimaş3) Düğüm 31 (akgüller1)
4	412,16616	Düğüm 4 (Yığılca) Düğüm 8 (Akçakoca, Düzce) Düğüm 17 (düzpaş6) Düğüm 23 (cimaş3)
5	311,57429	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 19. Birinci Yol İçin Tesis Sayısı-Maliyet İlişkisi

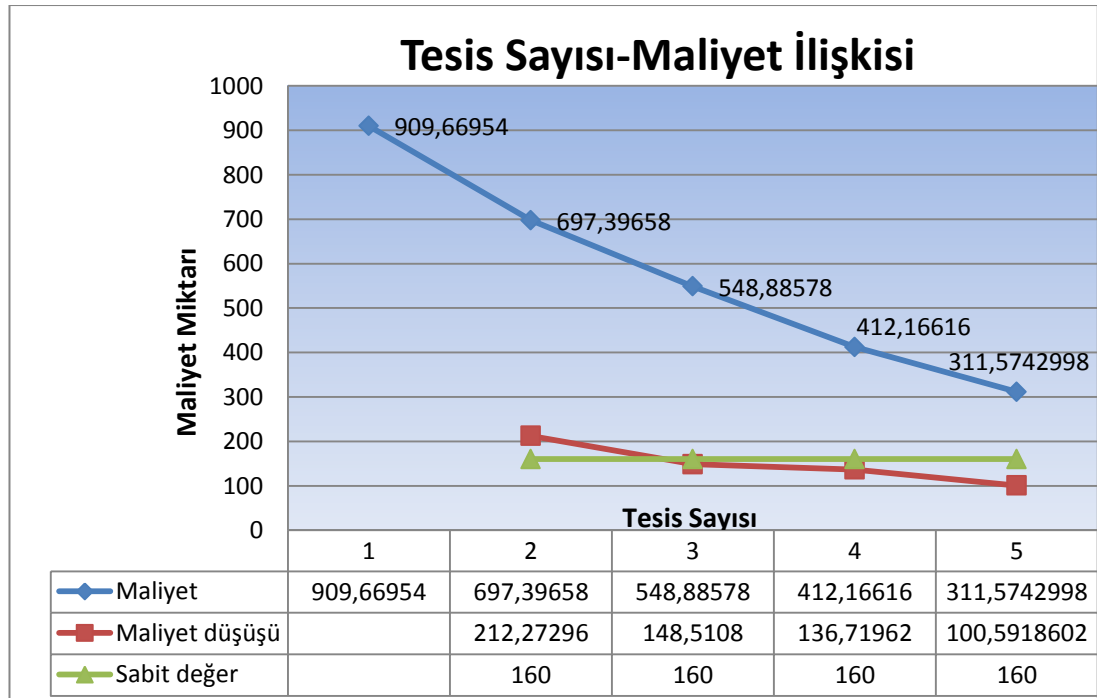


Şekil 19’da görüldüğü gibi, maliyet ve tesis sayısı faktörleri dışında optimum tesis sayısının netlik kazanması açısından maliyet düşüşü ve sabit değer faktörlerine yer verilmiştir. Düşey eksen maliyet miktarını yatay eksen ise tesis sayısını ifade etmektedir. Grafiğin altında verilen maliyet faktörü, tesis sayısı (p)’nın 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. Grafiğin altındaki bir diğer faktör olan sabit değer faktörü ise

maliyetteki düşüşün net olarak görülmesi için grafiğe ilave edilen referans bir sabit sayı olarak kabul edilmiştir. 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. Daha açıklayıcı olunursa, iki tesis açılması durumunda maliyette 269,53101 düşüş olurken üç tesis açılması durumunda maliyette daha az 150,18557 miktarında bir düşüş olmuştur. Dört ve beş tesis açılması durumlarında ise yine birbirine yakın ve iki tesis açılmasına oranla daha az düşüş değerlerinin olduğu görülmektedir. Ayrıca, maliyet ve maliyet düşüş çizgi eğrilerinde de görüldüğü gibi en büyük maliyet düşüşü iki tesis açılması durumunda olmuştur. 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 20’de çizilmiştir.

Şekil 20. 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. Düşey eksen maliyet miktarını yatay eksen ise tesis sayısını ifade etmektedir. Grafiğin altında verilen maliyet faktörü, tesis sayısı (p)'nın 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. Grafiğin altındaki bir diğer faktör olan sabit değer faktörü ise maliyetteki düşüşün net olarak görülmesi için grafiğe ilave edilen referans bir sabit sayı olarak kabul edilmiştir. Bu sayının seçilmesinin nedeni, maliyet düşüşünün en fazla olduğu aralıkta olmasıdır. Böylece, düşüş daha iyi bir şekilde görülecektir. 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. Daha açıklayıcı olunursa, iki tesis açılması durumunda maliyette 212,27296 düşüş olurken üç tesis açılması durumunda maliyette daha az 148,5108 miktarında bir düşüş olmuştur. Dört ve beş tesis açılması durumlarında ise yine birbirine yakın düşüş değerlerinin olduğu görülmektedir. Ayrıca, maliyet ve maliyet düşüş çizgi eğrilerinde de görüldüğü gibi en büyük maliyet düşüşü iki tesis açılması durumunda olmuştur. 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.

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Tesis yerleştirme alanında yapılan birçok çalışma aynı zamanda p-medyan problemi olarak ele alınmıştır. Hakimi (1964) tarafından ilk olarak formüle edilen p-medyan problemleri, depo lokasyon problemlerinin optimizasyonunda kullanılmaya elverişlidir. Ancak, değişken ve kısıt (constraint) sayısının fazlalığının problemin matematiksel olarak çözüm süresini çok fazla arttırması nedeniyle bu problem yaklaşımında daha çok sezgisel yöntemlere başvurulmaktadır (Caccetta ve Dzator, 2005).

Bu çalışmada, Ülker 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 gözlenmiştir. 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 tesisi 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. Fakat firmanın mevcut depo sayısı bir olduğundan, mevcut durumda depo sayısının optimum olmadığı 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.

Çalışmanın bulguları genel olarak değerlendirildiğinde, birinci yolun maliyetinin, birinci yol ile ikinci yolun tesis sayılarının eşit olduğu tüm modellerde her zaman daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bunun sonucu olarak, firmanın mevcut depo yerinin optimum bir yerde olmadığı vurgusu yapılabilir. Fakat bu çalışmada yer alan tesis yerleştirme problemi, sadece matematiksel olarak talep noktaları arasındaki uzaklık göz önünde bulundurularak oluşturulmuştur. Bir başka ifade ile tesis kararlarını etkileyen ve çoğunlukla nitel araştırma çerçevesinde değerlendirilen faktörlere yer verilmemiştir. Tesis yerleştirme kararlarını etkileyen

diğer faktörler bir başka çalışma konusu olduğundan, bu çalışmanın önceki bölümlerinde bu faktörlere sadece kısmen değinilmiş ve bu çalışmadaki modeller oluşturulurken bu faktörler dikkate alınmamıştır. Çalışma sonucunda, firmanın tesis yerinin ve sayısının optimum olmadığından dolayı yüksek maliyet ödediği saptanmıştır. Çalışmanın amacı doğrultusunda, çalışmada kullanılan p-medyan problemi yoluyla Analitik Solver Platform kullanılarak firma için optimum tesis yeri ve sayısı bulunmuştur. Ayrıca, bazı modeller geliştirilerek muhtemel sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışmada kullanılan Analitik Solver Platform programı kullanışlı olması, ara yüzünün iyi hazırlanmış olması ve diğer çözümleyici programlarının karmaşıklığına nispeten basit olması dolayısıyla optimizasyon problemlerinde kullanılmaktadır. Bu çalışmanın daha kapsamlı boyutla ele almak için, Xpress-MP, CPLEX gibi yazılımlar kullanılarak yapılabilir.

Çalışmadan elde edilen veriler doğrultusunda, firmaların tesis yeri seçimi yaparken birçok faktörü dikkate almalarının gerekliliğiyle beraber matematiksel modeller oluşturarak olası maliyetleri önceden hesaplamaları firma karlılığı açısından önem arz etmektedir. Bu çalışmada, Acarsoy firmasının yapılan mülakat sonucunda ve yapılan araştırma sonuçları neticesinde mevcut bulunan bir depo yerinin herhangi bir matematiksel model çerçevesi dikkate alınarak tesis yeri seçim kararı almadığı belirlenmiştir. Bundan dolayı, mevcut tesis yerinin ve sayısının yapılan araştırma neticesinde optimum olmadığı ve bunun firmayı maliyet yönünden olumsuz etkilediği ifade edilebilir.

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. Çalışmada göz önüne alınmayan diğer bir husus ise, Düzce ilinde Coğrafi Bilgi Sisteminin olmaması nedeniyle talep noktaları arasında mesafeler yaklaşık olarak hesaplanmıştır. Bu nedenle, konuyla ilgili yapılacak diğer çalışmalarda Coğrafi Bilgi Sisteminin olduğu yerlerde çalışmanın yapılması optimum tesis sayısı ve yerinin belirlenmesine katkı sağlayacaktır.

6.KAYNAKÇA

- 1- Alba, E., ve Domínguez, E. (2006). Comparative analysis of modern optimization tools for the p-median problem. *Statistics and Computing*, 16(3), 251-260.
- 2- Altunışık vd., (2010). *Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri* (6.Baskı).Sakarya Kitabevi.
- 3- Arifin, S. (2010). *Location allocation problem using genetic algorithm and simulating annealing: A case study based on school in enschede*. Master's thesis, University of Twente.
- 4- Baker, K. R. (2012). *Optimization modeling with spreadsheets*. Wiley. com.
- 5- Barutçuoğlu A.,D. Demirtaş, B.Dilan, R.Düzgün, M.Köksalan, S.Savaşaneril (2010). Bir Otomotiv Firması için Araç Sevkiyatı ve Dağıtım Merkezi Yer Seçimi Problemi. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 21, 1, 4-16.
- 6- Bastı, M., (2012). P-medyan Tesis Yeri Seçim Problemi ve Çözüm Yaklaşımları *AJIT-e: Online Academic Journal of Information Technology*, 3(7): 47-75.
- 7- Berlin, G., C. Revelle, and J. Elzinga (1976), Determining ambulance-hospital locations for on-scene and hospital services, *Environment and Planning A*, 8, 553-561.
- 8- Brandeau, ML, and Chiu, SS (1989). An overview of representative problems in location research.*Management Science*, 35, 645-674.
- 9- Caccetta, L.,& Dzator, M. (2005). Heuristic methods for locating emergency facilities. In Proceeding of 16th international congress on modelling and simulation (pp. 1744-1750).
- 10- Campbell, J. F. (1996). Hub location and the p-hub median problem. *Operations Research*, 44(6), 923-935.
- 11- Carson, Y. and R. Batta, (1990) Locating an ambulance on Amherst campus of State University of New York at Buffalo, *Interfaces*, 20, 43-49.
- 12- Church, R. L.,& 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.
- 13- Church, R. L.,& Gerrard, R. A. (2003). The Multi-level Location Set Covering Model. *Geographical Analysis*, 35(4), 277-289.

- 14- Daskin, M. S. (1995). *Network and discrete location: models, algorithms, and applications*. Wiley-Interscience.
- 15- Daskin, M. S. (2008). What you should know about location modeling. *Naval Research Logistics (NRL)*, 55(4), 283-294.
- 16- Daskin, M.S. (1995). *Network and discrete location: Models, algorithms, and applications*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- 17- Daskin, Mark S. (2011). *Network and discrete location: models, algorithms, and applications*. John Wiley & Sons,.
- 18- Densham PJ, Rushton G. A more efficient heuristic for solving large p-median problems. *Papers in Regional Science* 1992;71:307–29.
- 19- Drezner, Z. and Guyse, J. (1999). Application of Decision Analysis Techniques To The Weber Facility Location Problem. *European Journal of Operational Research*, Vol.116, pp. 69-79.
- 20- Drezner, Z.,& Hamacher, H. W. (Eds.) (2004). *Facility location: applications and theory*. Springer.
- 21- Eiselt, H. A.,& Sandblom, C. L. (2012). *Operations research: a model-based approach*. Springer.
- 22- Farahani, R. Z.,& Hekmatfar, M. (Eds.). (2009). *Facility location: concepts, models, algorithms and case studies*. Springer.
- 23-** Fiedich, F., Gehbauer, F., Rickers, U.: Optimized resource allocation for emergency response after earthquake disasters. *Safety Science* 35, 41–57.
- 24- Fo, A. R. D. A. V.,&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.
- 25- Hakimi, S. L. (1964). Optimization locations of switching centers and the absolute centers and medians of a graph, *Operations Research*, 12, 450-459.
- 26- 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.
- 27- Hansen, P.,& Labbé, M. (1989). The continuous p-median of a network. *Networks*, 19(5), 595-606.

- 28- Hanta, V. (2002). Planar Multifacility Location–The Location–Allocation Problem. In Proceedings of Algoritmy, Conference on Scientific Computing (pp. 260-267).
- 29- Ipsilandis, P. G. (2008). Spreadsheet modelling for solving combinatorial problems: The vendor selection problem. *arXiv preprint arXiv:0809.3574*.
- 30- J.Reese,Methods for Solving the p-Median Problem: An Annotated Bibliography Technical report,Department ofMathematics, Trinity University, August 11, 2005.
- 31- Jia, H., Ordóñez, F., & Dessouky, M. (2007). A modeling framework for facility location of medical services for large-scale emergencies. *IIIE transactions*,39(1), 41-55.
- 32- Karakaneva, J, (2003). A Location Problem Modeling And Solving .*Trakia Journal of Sciences*, 1(4), 1-7.
- 33- Kariv, O.,& Hakimi, S. L. (1979). An algorithmic approach to network location problems. II: The p-medians. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 37(3), 539-560.
- 34- 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.
- 35- Klose, A. and Drexl, A. 2004. Facility location models for distribution system design. *European Journal of Operational Research*, 162: 4–29.
- 36- Kobu, B, (2003). *Üretim Yönetimi*(11.Baskı).İstanbul:Avcıol Basım Yayın,
- 37- L. Caccetta and M. Dzator,.Heuristic Methods for Locating Emergency Facilities in Proc. ofInternational Congress on Modelling and Simulation 2005, pp. 1744-1750, 2005.
- 38- Langevin, A.,& Riopel, D. (2005). Logistics systems: design and optimization. Springer Science+ Business Media
- 39- 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.

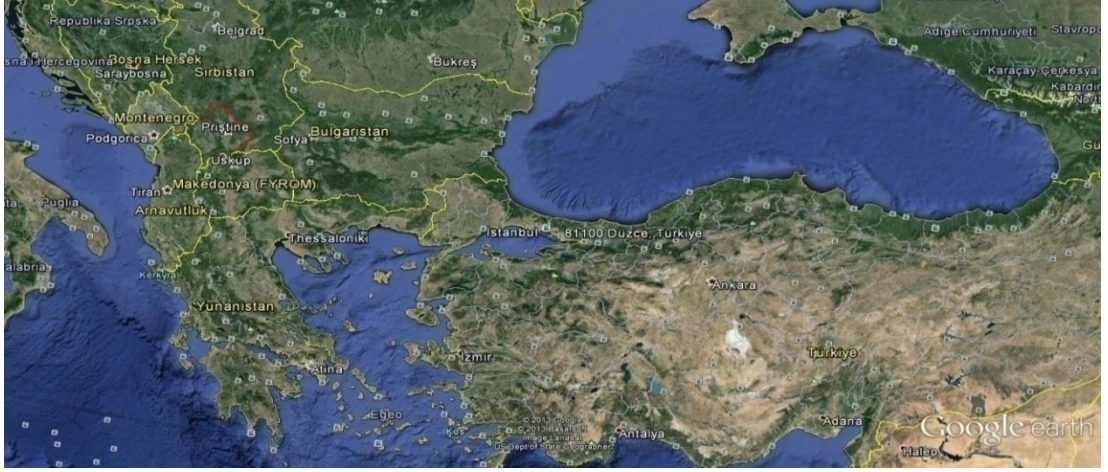
- 40- Larson, R.C. (1974) A hypercube queuing model for facility location and redistricting in urban emergency services. *Computers & Operations Research*, 1, 67-95.
- 41- LeBlanc, L. J., & Galbreth, M. R. (2007). Implementing large-scale optimization models in Excel using VBA. *Interfaces*, 37(4), 370-382.
- 42- Lee, W. and N. Yang (2009). Location problems solving by spreadsheets. *WSEAS Transactions on Business and Economics*, 6(8), 469-480.
- 43- Ling, D. C., & Smersh, G. T. (1996). Retail site selection using GIS. In *Megatrends in Retail Real Estate* (pp. 13-26). Springer Netherlands.
- 44- Love, R.F., "One-dimensional facility location-allocation using dynamic programming," *Management Science* 22 (1976) 614-617.
- 45- Mirchandani, P.B. (1980), Locational decisions on stochastic networks, *Geographical Analysis*, 12, 172-183.
- 46- 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.
- 47- Neema, M. N., & Ohgai, A. (2010). Multi-objective location modeling of urban parks and open spaces: Continuous optimization. *Computers, Environment and Urban Systems*, 34(5), 359-376.
- 48- Nehzati, T., Ismail, N., & Rashidi-Bajgan, H. (2010). Developing Spreadsheet Based Decision Support System to Solve Warehouse Layout Problem.
- 49- NM Ruslim and NA Ghani. An Application of the p- Median Problem with Uncertainty in Demand in Emergency Medical Services. University Sains Malaysia, Penang. June 2006.
- 50- Nozick, L. K., & Turnquist, M. A. (2001). A two-echelon inventory allocation and distribution center location analysis. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 37(6), 425-441.
- 51- Ozcakar, N., & 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.
- 52- Paluzzi, M. (2004), Testing a heuristic p-median location allocation model for siting emergency service facilities, Paper presented at annual meeting of association of American Geographers, Philadelphia, PA.

- 53- Pereira MA, Lorena LAN, Senne ELF, A column generation approach for the maximal covering location problem, *International Transactions in Operations Research*, Vol.14, No.4, 2007, pp. 349-364.
- 54- Pisinger, D. (2006). Upper bounds and exact algorithms for p-dispersion problems. *Computers & operations research*, 33(5), 1380-1398.
- 55- Pizzolato,N.D.,(1994). A heuristic for large-size p median location problems with application to school location. *Annals of Operations Research* 50, 473-485.
- 56- Plastria, F. (1997) Profit maximising single competitive facility location in the plane. *Studies in Locational Analysis*, 11, 115–126.
- 57- Rawls CG, Turnquist MA (2010). Pre-positioning of emergency supplies for disaster response. *Transp Res Part B* 44:521-534.
- 58- Revelle, C., Marks, D., & Liebman, J. C. (1970). An analysis of private and public sector location models. *Management Science*, 16(11), 692-707.
- 59- ReVelle, C. S., & Eiselt, H. A. (2005). Location analysis: A synthesis and survey. *European Journal of Operational Research*, 165(1), 1-19.
- 60- ReVelle CS, Eiselt HA, Daskin MS (2008). A bibliography for some fundamental problem categories in discrete location science. *European Journal of Operational Research*, 184: 817–848.
- 61- Rosing, K.E, Hodgson, M.J., (2002). Heuristic concentration for the p-median: an example demonstrating how and why it works. *Computers and Operations Research*; 29:1317–30.
- 62- Scaparra, M. P., & Scutellà, M. G. (2001). Facilities, locations, customers: building blocks of location models. A survey.
- 63- Seargeant, D. B. (2012). The Maximal Covering Location Problem: An Application in Reproductive Health Services.
- 64- Serra D., and V. Marianov (1996), The p-median problem in a changing network: the case of Barcelona, *Location Science*, 6, 383-394.
- 65- Smith, Gary (2003), “Using Integrated Spreadsheet Modeling for Supply Chain Analysis,” *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 8, No. 4, pp. 285-290.
- 66- Stroh, M. B., (2002). *What is Logistics*. Dumont: Logistics Network Inc
- 67- Sule, D. R. (2001). *Logistics of facility location and allocation*. CRC Press.

- 68- Teitz MB, Bart P (1968). Heuristic methods for estimating the generalized vertex median of a weighted graph. *Eur J Oper Res* 16(5):955–961.
- 69- Teshebaeva, K. O., & Jain, S. (2007). Optimization of health facility locations in Osh City, Kyrgyzstan. *Applied GIS*, 3(6), 1-11.
- 70- Tompkins, J.A. White, J.A. Bozer, Y.A. & Tanchoco, J.M.A., 2010. *Facilities planning* . Fourth ed., Hoboken, N.J : John Wiley & Sons.
- 71- Toregas, C., Swain, R., ReVelle, C. and Bergman, L., The location of emergency service facilities. *Operations Research*, 1971, 19, 1363-1373.
- 72- Uludağ A. S., & Erol, İ., (2008). Tedarik zinciri ağ tasarımı ve bir uygulama. *İktisat İşletme ve Finans*, 23(267), 89-115.
- 73- Uluğ, M., (2003). Location of Natural Disasters Search and Rescue (SAR) Units in Sectors (Doctoral dissertation, Bilkent University).
- 74- Wang, L., Zhang, Y., & Feng, J. (2005). On the Euclidean distance of images. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, 27(8), 1334-1339.
- 75- <http://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/230/.../8-Hipotez%20Testleri.pdf>
- 76- http://cscmp.org/sites/default/files/user_uploads/resources/download/glossary.pdf
- 77- http://www.esri.com/what-is-gis/overview#overview_panel
- 78- <http://www.novanetmedya.com/google-haritalar.html>
- 79- <http://office.microsoft.com/tr-tr/excel-help/HP005209293.aspx>
- 80- http://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:LatransTurkey_locationD%C3%BCzce.svg
- 81- <http://www.solver.com/>
- 82- <http://www.solver.com/analytic-solver-platform>
- 83- http://www.yildiz.edu.tr/~tastan/teaching/hipotez_testi_slides.pdf

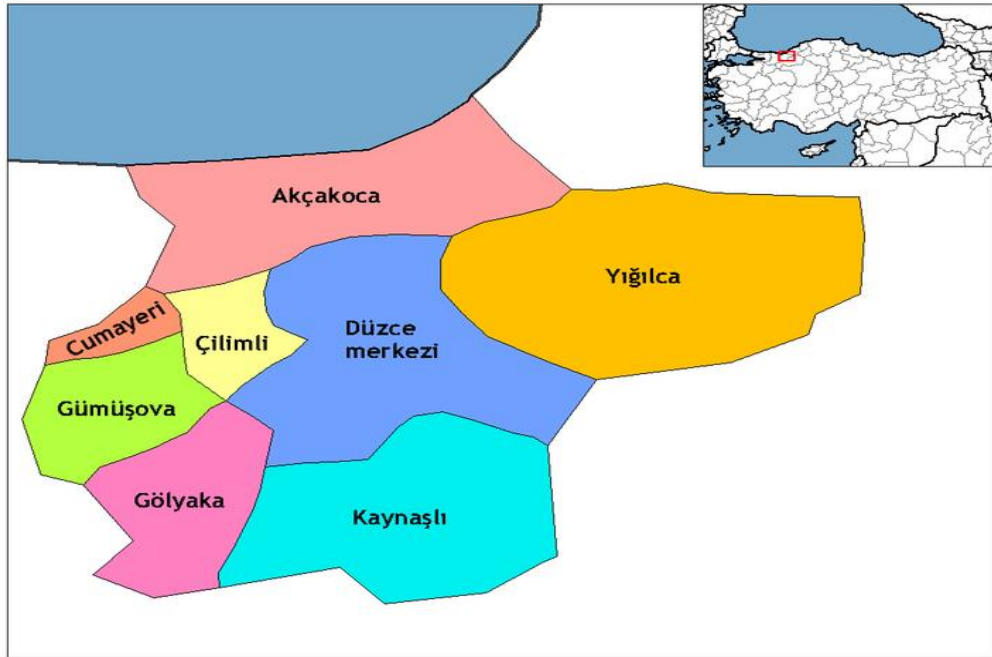
7.EKLER

Ek 1. Düzce genel konum



(Kaynak: Google Earth)

Ek 2. Düzce ili ve ilçelerin konumu



(Kaynak:<http://tr.wikipedia.org/wiki/DosyaLatransTurkeylocationD%C3%BCzce.svg>)

Ek-3. Soğuk ve Sıcak Satış Hizmeti Alan Market ve Bölgeler ile Firmaya Sağladıkları Satış Karları

Sıcak satış müşteri bölgeleri	Talep
Kaynaşlı	5,1
Konuralp	5,6
A.pınar Köyü Yolu	5,6
Yığılca	5
Düzce,merkez	5,2
Kuyudüzü, Düzc	4,6
Döngelli, Düzce	4,1
Akçakoca, Düzce	5,4
TOPLAM	40,6
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
TOPLAM	59,4

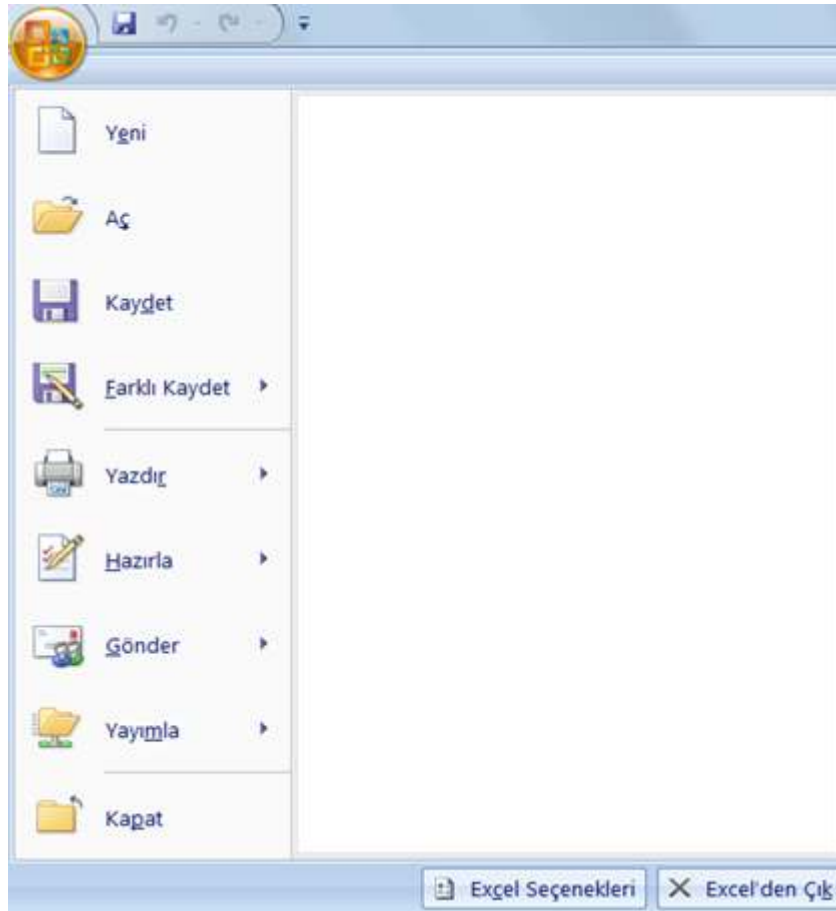
Ek 4. Excel Solver (Çözücü) ve Analitik Solver Platform

Standart Excel Solver (Çözücü) programı, Microsoft Office programlarında yer alan Microsoft Excel programında mevcut olan bir eklentidir. Genel modele önce Standart Excel tablosuna verilerin yazılması ve bu veriler için formülasyonların ifade edilmesiyle başlanılmıştır. Ardından, Standart Excel programındaki Çözücü eklentisine amaç, değişken hücrelerin tanımı ve kısıtların yazılması ile devam edilmiştir. Çözücü eklentisinde tanımlanan ifadeler daha önceden bilgisayara yüklenen AnalitikSolver Platform programına doğrudan aktarılmaktadır.

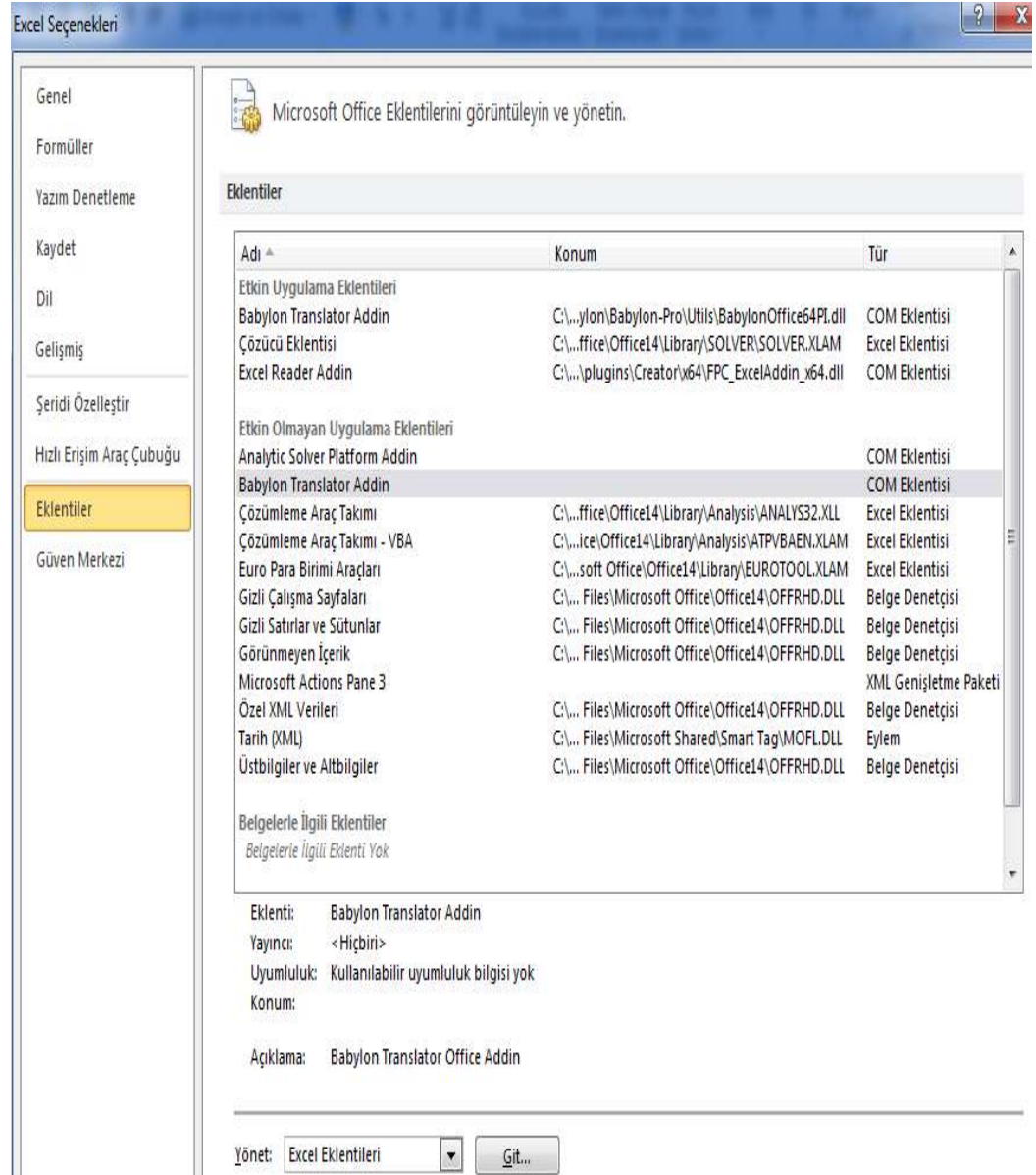
Ek 4.1. Standart Excel Solver (Çözücü) Eklentisinin Eklenmesi:

Çözücü eklentisinin Excel programına aktarımının ekran görüntüsüyle anlatımı aşağıdaki süreçlerin takip edilmesiyle yapılmaktadır.

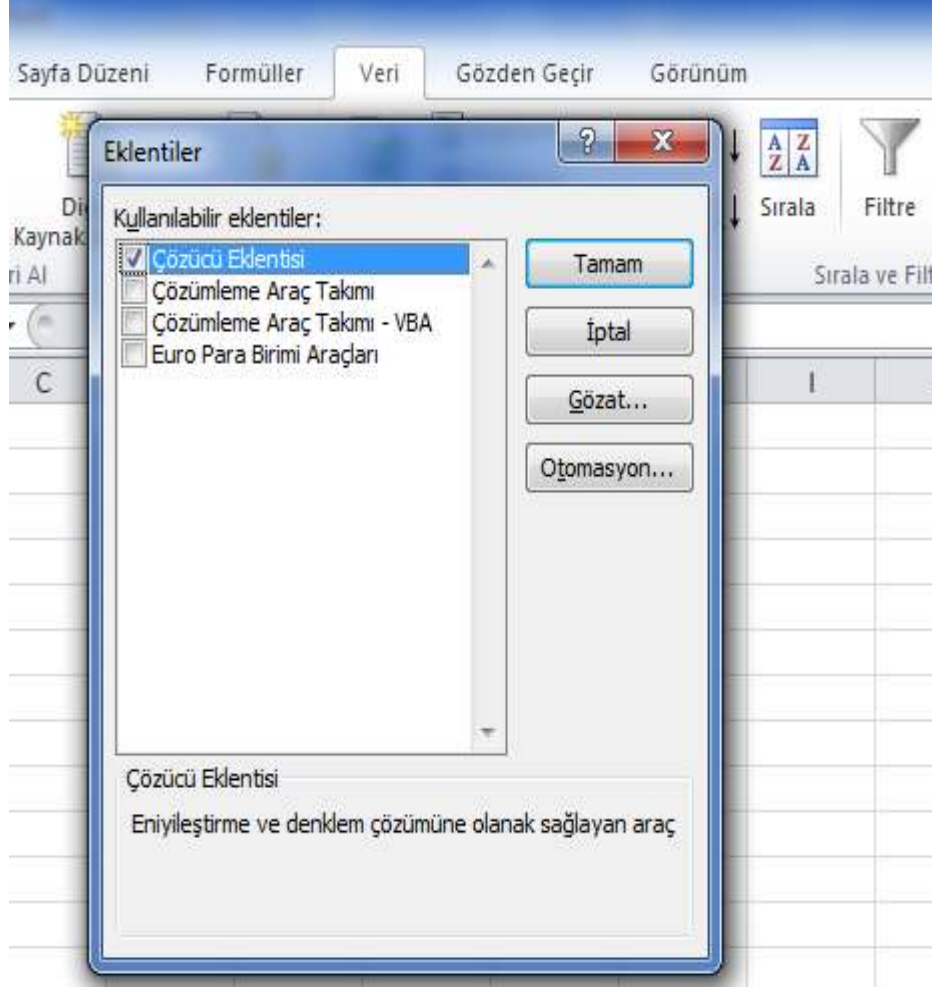
- 1- Microsoft Excel programında “Dosya” menüsü altında, “Excel Seçenekleri” yazan kısma tıklanır (Bazı bilgisayarlarda “Seçenekler” diye geçmektedir).



- 2- “Excel Seçenekleri” kısmından sol tarafta yer alan “Eklentiler” menüsüne basılır ve alt tarafta yer alan “Git” menüsünün “Excel Eklentileri” olarak seçilmesi sağlanıp “Git” seçeneğine tıklanır.



- 3- “Git” seçeneğine basınca son bir sorgu ekranı kullanılabilir eklentilerin neler olduğunu sıralayacaktır. Bu kısımda, “Çözücü Eklentisi” seçilir.



- 4- Daha sonra arama kutusu kaybolacaktır. Veri menüsüne basıldığında ise, en sağ kısımda “Çözücü” eklentisinin eklendiği görülecektir.



Çözücü Eklentisindeki Fonksiyonlar: Çözücü parametrelerinde yer alan fonksiyonların gösterimi için problemimizde, birinci yol ile elde edilen modellerden $p=1$ modeli için çözücü değerlerine aşağıdaki resimde görüldüğü gibi yer verilmiştir.

Bu eklentide; “Hedef hücre fonksiyonu”, amacın Excel tablosunda hangi hücre ile temsil edildiğini gösterir. “Değişen hücreleri değiştirerek” fonksiyonu Excel tablosunda fonksiyonlardan değişecek hücre aralıklarının neler olduğunu temsil etmektedir. Kısıtlamalar bölümünde ise modelimizle ilgi kısıtların hangi hücre ve hücre aralıklarıyla ne tür kısıtlar altında oluşturulduğunu ifade etmektedir.

Çözücü Parametreleri

Hedef Ayarla:

Hedef: ☐ En Büyük ☒ En Küçük ☐ Değeri:

Değişken Hücreleri Değiştirerek:

Kısıtlamalara Bağlıdır:

- \$AB\$50:\$AB\$93 <= \$AB\$75
- \$M\$50:\$M\$93 <= \$M\$60
- \$AD\$50:\$AD\$93 <= \$AD\$77
- \$AK\$50:\$AK\$93 <= \$AK\$84
- \$AC\$50:\$AC\$93 <= \$AC\$76
- \$S\$50:\$S\$93 <= \$S\$66
- \$AI\$50:\$AI\$93 <= \$AI\$82
- \$AO\$50:\$AO\$93 <= \$AO\$88
- \$AQ\$50:\$AQ\$93 <= \$AQ\$90
- \$AU\$50:\$AU\$93 = 1
- OpenSolverModelParameters = ikili düzen
- \$C\$50:\$C\$93 <= \$C\$50
- \$AM\$50:\$AM\$93 <= \$AM\$86

☐ Kısıtlanmamış Değişkenleri Pozitif Yap

Çözme Yöntemi Seçin:

Çözüm Yöntemi

Düzgün doğrusal olmayan Çözücü Problemleri için GRG Doğrusal Olmayan altyapısını seçin. Doğrusal Çözücü Problemleri için Basit LP altyapısını seçin ve düzgün olmayan Çözücü problemleri için Ağırlım altyapısını seçin.

Yardım Çöz Kapat

Microsoft Excel Standart Çözücü Eklentisine gerekli fonksiyonlar eklenip “Çöz” seçeneğine basıldığında, “çok fazla sayıda değişken hücresi” uyarısı

verecektir. Bu durumda, problemin çok fazla sayıda değişken hücresine sahip olması nedeniyle çözülemediği ifade edilmektedir. Bunu gidermek için, AnalitikSolver Platform programının deneme sürümü indirilip problem çözülmüştür.

Ek 4.2. Analitik Solver Platform Kullanım Kılavuzu:

Standart Excel Solver programında hazırlanan modelin doğrudan AnalitikSolver Platform programına aktarıldığı ifade edilmiştir. AnalitikSolver Platform'unun kullanım kılavuzu ve Excel'de oluşturulan bir modelinAnalitikSolver Platform programındaki arayüzlerine aşağıda verilmiştir. Daha fazla bilgi için <http://www.solver.com/> sitesi ziyaret edilebilir.

- 1- <http://www.solver.com/analytic-solver-platform> adresinden Analitik Solver platform indirilip program yüklenmeli. Yüklenen program Excel'e aşağıda görüldüğü gibi eklenecektir.



Analitik Solver Platform kısmında geçen menülerden en solda yer alan “Model” seçeneğine basıldığında problemin temelinde yer alan yer alan girdiler, çıkan sonuçlar, kullanılan çözüm motoru ve çözüm süresi gibi değerlerin olduğu ara yüzler görülecektir.

- 2- Program temelde model, platform, engine ve output olmak üzere 4 ara yüzden oluşur.

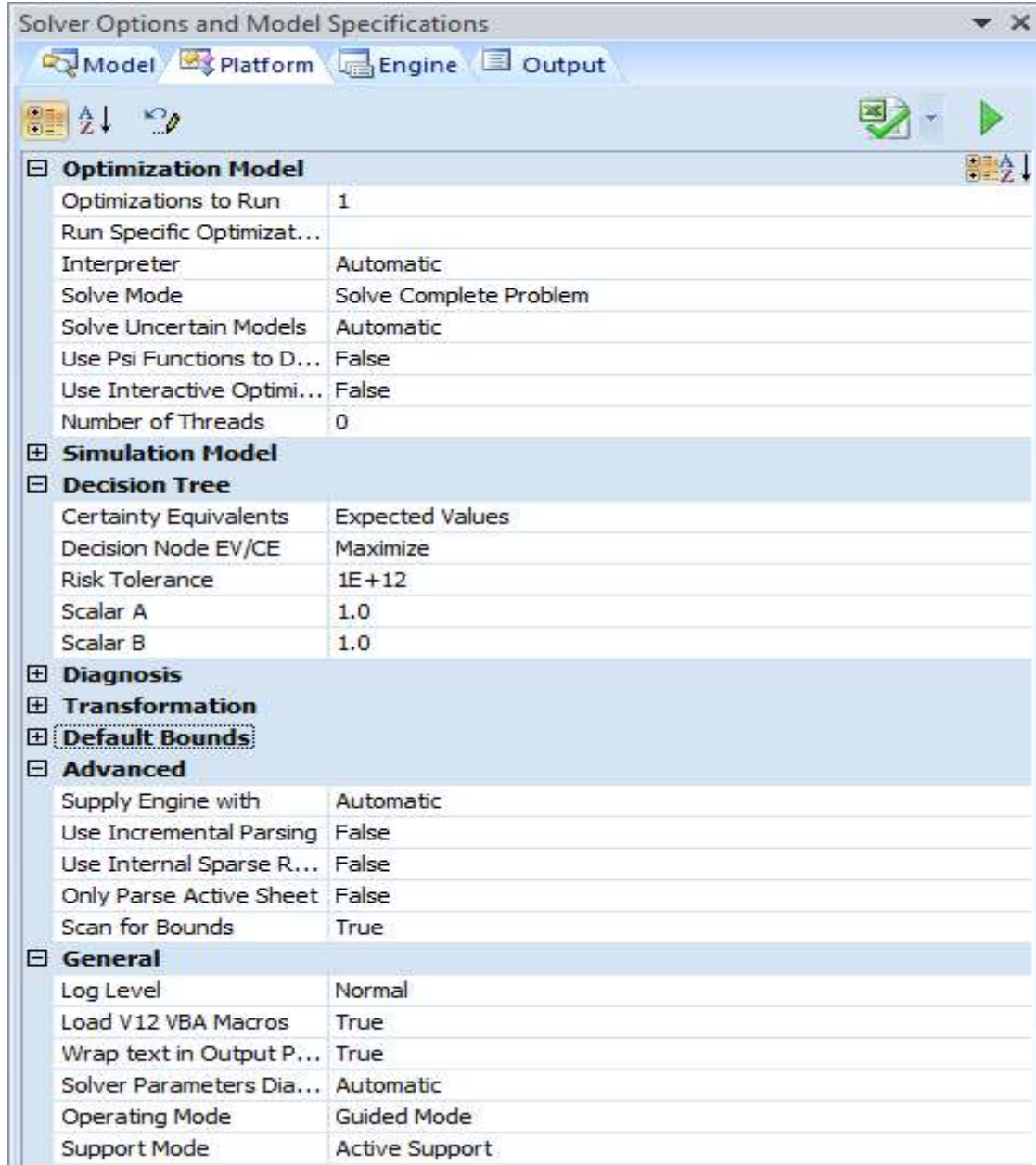
“Model” kısmında; aşağıdaki resimde görüldüğü gibi modelin en temel elemanları yer alır. Bunlar amaç, değişkenler, kısıtlar başta olmak üzere diğer temel elemanları içerir. Burada, istenildiğinde temel elemanların değişkenleri üzerinde değişiklik yapılabilir. Sağ en köşede bulunan yeşil fonksiyon ise programın çözümleme yapması için basılması gereken fonksiyondur.

Model Diagnosis

Model Type	LP/MIP
Variables - Functions - Dependencies	
	Vars Fcns Dpns
All	1936 1982 7700
Smooth	1936 1982 7700
Linear	1936 1982 7700
Recourse	0 0 0
Uncertain	0 0 0
Other Model Elements	
Bounds	3784
Integers	1892
Chance Constraints	0
Sparsity	0,20

Structure Check and Convexity Test Completed

- 3- “Platform” kısmında; model ile ilgili bazı ayrıntılı bilgiler yer alır. Aşağıda görüldüğü gibi bunlar program tarafından veriler eklendikten sonra otomatik olarak bu ara yüze eklenir.



- 4- “Engine” kısmında; bu programda yer alan çözüm motorları bulunmaktadır. Genel modelimiz doğrusal-tam sayılı programlama türünde olduğundan Standart Lp/Quadratic motoru seçilebilir.

Solver Options and Model Specifications

Model Platform Engine Output

Standard LP/Quadratic Engine

☐ Automatically Select Engine

General

Max Time	
Iterations	
Primal Tolerance	1e-007
Dual Tolerance	1e-007
Show Iterations	False
Use Automatic Scaling	False
Assume Non-Negative	False
Bypass Solver Reports	False
Presolve	True
Derivatives	Central

Integer

Maximum Subproblems	
Maximum Feasible Sol...	
Integer Tolerance	0,01
Integer Cutoff	
PreProcessing	Automatic
Cuts	Automatic
Heuristics	Automatic

Stochastic Decomposition

Tau	2
Tolerance	0,001
Compute Confidence I...	False
Objective Error	0,01
Objective Improvement	0,2
Compute Recourse St...	True

Current Problem

Variables	1936
Constraints	1982
Bounds	1
Integers	1936

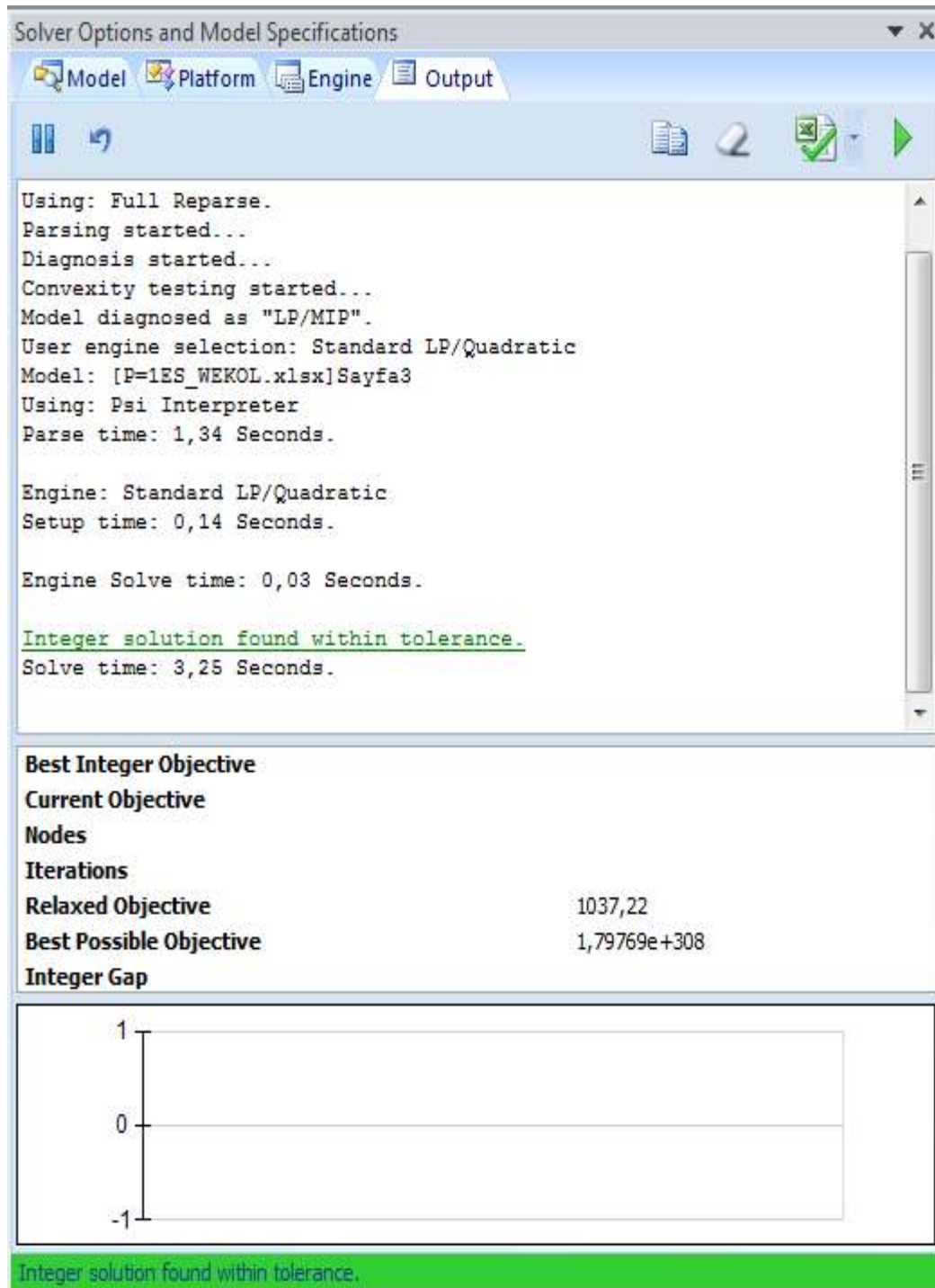
Engine Limits

Variables	8000
Constraints	8000
Bounds	16000
Integers	2000

License

License	17 days remaining.
---------	--------------------

- 5- “Output” ara yüzünde ise; çözüm süresi, modelde hangi programlama hangi çözüm motoru kullanıldığı gibi bilgiler yer alır.



Ek 5. Gerçek Koordinatlar ile Düzeltilmiş Koordinatlar Arası Dönüşüm

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

Ek 6. Talep Noktaları Arasındaki Uzaklıklar

UZAKLIK	Kaynaşlı	Konuralp	A.pınar Köyü Yolu	Yığılca	Düzce,merkez	Kuyudüzü 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
kismet 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

Ek 6. Talep Noktaları Arasındaki Uzaklıklar (Devam)

	<u>Döngelli,Düzce</u>	<u>Akcakoca,Düzce</u>	<u>ensar</u>	<u>ekol</u>	<u>baykal</u>	<u>düzpaş1</u>
<u>Kaynaşlı</u>	25,82318386	38,57731646	15,9988	12,49495	15,57804	14,68726
<u>Konuralp</u>	12,36323385	19,15309245	6,265576	10,4189	7,53558	9,081405
<u>A.pınar Köyü Yolu</u>	12,34336335	36,51786664	12,40495	9,975604	10,91569	9,572059
<u>Yığılca</u>	37,38353314	30,7141256	26,03201	26,49556	27,09517	27,73428
<u>Düzce,merkez</u>	10,80027479	27,05375404	2,075184	3,284136	0,63675	1,262992
<u>Kuyudüzü,Düzce</u>	7,273100287	34,45816201	17,46535	17,88996	16,47557	16,11883
<u>Döngelli,Düzce</u>	0	27,47471925	11,80526	13,64484	11,25373	11,50597
<u>Akcakoca,Düzce</u>	27,47471925	0	25,3487	29,40391	26,67957	28,22868
<u>ensar</u>	11,80525755	25,34870072	0	4,173778	1,492722	2,978534
<u>ekol</u>	13,6448448	29,40390627	4,173778	0	3,233281	2,200614
<u>baykal</u>	11,25373175	26,67956557	1,492722	3,233281	0	1,550529
<u>düzpaş1</u>	11,50596688	28,22868327	2,978534	2,200614	1,550529	0
<u>düzpaş2</u>	11,50475754	27,41580357	2,142238	2,572668	0,746961	0,836356
<u>düzpaş3</u>	11,46299633	27,92447208	2,674891	2,340426	1,245282	0,30636
<u>düzpaş4</u>	10,43907614	27,6927071	2,877168	3,305934	1,427264	1,105339
<u>düzpaş5</u>	8,847137444	36,32100784	17,37042	17,11415	16,2052	15,58752
<u>düzpaş6</u>	11,47925899	27,55404873	2,290143	2,508747	0,877395	0,689146
<u>düzpaş7</u>	9,396179265	26,87817901	2,953667	4,510454	1,907149	2,318628
<u>düzpaş8</u>	10,43507266	27,38650918	2,593772	3,41405	1,179183	1,235345
<u>düzpaş9</u>	25,59893304	38,15438324	15,66837	12,21537	15,2749	14,41176
<u>cimaş1</u>	5,508066479	29,05484	17,23658	19,13558	16,74941	17,00886
<u>cimaş2</u>	7,313758689	27,52941184	18,50231	20,83491	18,20722	18,65774
<u>cimaş3</u>	4,423672328	27,99550257	16,02124	18,06172	15,58638	15,912
<u>cimaş4</u>	8,956985856	26,35722139	19,57059	22,18916	19,41389	19,99339
<u>cimaş5</u>	11,7704135	28,60615292	3,314005	1,883072	1,928818	0,411512
<u>cimaş6</u>	11,83040261	28,14639263	2,828757	1,950527	1,493966	0,368811
<u>cimaş7</u>	7,700662363	31,1541735	19,50501	21,1577	18,93124	19,07921
<u>cimaş8</u>	9,834625587	25,99639365	2,099187	4,640289	1,525743	2,602581
<u>cimaş9</u>	11,74964502	28,03346383	2,72518	2,063188	1,373501	0,362664
<u>kısmet market</u>	1,544120039	26,24029427	10,51536	12,66809	10,08421	10,48879
<u>akgüller1</u>	11,49094837	27,54492966	2,277745	2,505591	0,869544	0,701058
<u>akgüller2</u>	11,8967191	28,62742924	3,315362	1,759541	1,959607	0,492376
<u>akgüller3</u>	8,859786844	36,33393246	17,36466	17,10195	16,19792	15,57783
<u>akgüller4</u>	11,49080262	28,06509395	2,812889	2,264099	1,386051	0,166088
<u>akgüller5</u>	13,84072193	29,53278066	4,336029	0,204888	3,426143	2,404869
<u>akgüller6</u>	9,057207409	26,80067483	3,194935	4,838752	2,228655	2,641996
<u>akgüller7</u>	8,40293182	26,35586064	3,577636	5,603306	2,852232	3,40966
<u>tok market1</u>	10,4552928	28,2367141	3,399639	3,19425	1,922081	1,091053
<u>tok market2</u>	12,3949816	27,70474833	2,369189	1,863149	1,406115	1,180002
<u>tok market3</u>	10,87773658	25,62572547	0,979453	4,277067	1,09147	2,612875
<u>tok market4</u>	6,799481078	23,68150189	5,677474	8,882127	5,759736	6,756015
<u>tok market5</u>	17,82662856	21,46174169	7,227766	9,753064	8,625037	9,824893
<u>tok market6</u>	11,53645683	27,04220098	1,75432	2,804963	0,428604	1,224214
<u>tok market7</u>	14,6631148	21,88915115	4,414652	7,785883	5,897808	7,289684

Ek 6. Talep Noktaları Arasındaki Uzaklıklar (Devam)

	düzpaş2	düzpaş3	düzpaş4	düzpaş5	düzpaş6	düzpaş7	düzpaş8
Kaynaşlı	15,01523	14,834712	15,78867	27,03633	14,97395	17,00389	15,90887
Konuralp	8,276774	8,7784799	8,552786	20,18348	8,412309	7,823271	8,24435
A.pınar Köyü Yolu	10,35648	9,8440909	9,547894	9,801473	10,21032	9,966294	9,848437
Yığılca	27,24104	27,581507	28,4068	43,28497	27,34414	28,92976	28,2333
Düzce,merkez	0,743374	1,0022304	0,803674	15,58278	0,777756	1,404174	0,542466
Kuyudüzü,Düzce	16,44595	16,200872	15,26611	2,882209	16,36614	14,59786	15,39194
Döngelli,Düzce	11,50476	11,462996	10,43908	8,847137	11,47926	9,396179	10,43507
Akçakoca,Düzce	27,4158	27,924472	27,69271	36,32101	27,55405	26,87818	27,38651
ensar	2,142238	2,6748914	2,877168	17,37042	2,290143	2,953667	2,593772
ekol	2,572668	2,3404263	3,305934	17,11415	2,508747	4,510454	3,41405
baykal	0,746961	1,2452818	1,427264	16,2052	0,877395	1,907149	1,179183
düzpaş1	0,836356	0,30636	1,105339	15,58752	0,689146	2,318628	1,235345
düzpaş2	0	0,5332422	1,180472	16,0454	0,149069	2,118618	1,084851
düzpaş3	0,533242	0	1,02392	15,72071	0,384782	2,177683	1,078344
düzpaş4	1,180472	1,0239203	0	14,87818	1,103139	1,231554	0,311461
düzpaş5	16,0454	15,720711	14,87818	0	15,94475	14,42221	15,05531
düzpaş6	0,149069	0,3847821	1,103139	15,94475	0	2,110404	1,044979
düzpaş7	2,118618	2,1776827	1,231554	14,42221	2,110404	0	1,099351
düzpaş8	1,084851	1,0783443	0,311461	15,05531	1,044979	1,099351	0
düzpaş9	14,72246	14,553053	15,51497	26,9464	14,6843	16,72581	15,62903
cimaş1	17,01208	16,969779	15,94589	9,385994	16,98723	14,90149	15,94312
cimaş2	18,55759	18,581805	17,56509	12,08189	18,55138	16,44135	17,52143
cimaş3	15,87797	15,859078	14,83591	9,674426	15,85948	13,76118	14,81835
cimaş4	19,82211	19,892483	18,89035	14,18731	19,82897	17,72429	18,81891
cimaş5	1,190911	0,6933258	1,457256	15,62965	1,0523	2,686548	1,62327
cimaş6	0,74744	0,3905746	1,397019	15,95482	0,63006	2,567603	1,468413
cimaş7	19,14456	19,063371	18,04321	9,229978	19,10919	17,05379	18,06482
cimaş8	2,07049	2,3626681	1,742301	15,30373	2,132801	1,015287	1,461351
cimaş9	0,626541	0,2892135	1,311069	15,93909	0,505973	2,463869	1,364732
kısmet market	10,40209	10,414325	9,396564	10,15028	10,39132	8,283628	9,357304
akgüller1	0,135728	0,3975178	1,118027	15,96102	0,016688	2,120277	1,057159
akgüller2	1,21471	0,7463628	1,568488	15,74422	1,082958	2,794776	1,722487
akgüller3	16,03689	15,711492	14,86998	0,028156	15,93606	14,41614	15,04758
akgüller4	0,670652	0,1408255	1,059887	15,66728	0,523156	2,246405	1,150785
akgüller5	2,772384	2,5451786	3,510131	17,25174	2,710542	4,715309	3,618938
akgüller6	2,46028	2,5115284	1,543906	14,17656	2,451677	0,341702	1,434312
akgüller7	3,179664	3,2696616	2,314077	13,90244	3,184743	1,092898	2,191461
tok market1	1,513857	1,1640088	0,555782	14,56155	1,396768	1,587165	0,86718
tok market2	0,89499	1,0392097	2,004614	16,75423	0,917707	3,013492	1,962447
tok market3	1,836792	2,3134844	2,180955	16,40619	1,961408	2,011425	1,872503
tok market4	6,323879	6,5597185	5,712294	14,25955	6,375684	4,491172	5,523823
tok market5	9,075883	9,5663627	10,05216	24,43444	9,216658	10,14031	9,79087
tok market6	0,387978	0,9210701	1,404544	16,27743	0,536356	2,145061	1,230737
tok market7	6,474933	7,0006177	7,290653	21,32034	6,623295	7,180837	7,002672

Ek 6. Talep Noktaları Arasındaki Uzaklıklar (Devam)

	düzpaş9	cimaş1	cimaş2	cimaş3	cimaş4	cimaş5	cimaş6
Kaynaşlı	0,434476	31,19756	33,11914	30,23314	34,58527	14,33747	14,44434
Konuralp	21,01623	16,88641	17,22833	15,55297	17,6417	9,464347	9,014685
A.pınar Köyü Yolu	17,42253	16,42463	18,95834	15,94266	20,90601	9,361686	9,848449
Yığılca	23,29846	42,44594	43,00202	41,13095	43,40795	27,73588	27,37135
Düzce,merkez	15,46008	16,30523	17,82697	15,16182	19,08213	1,674188	1,362877
Kuyudüzü,Düzce	28,51543	6,620381	9,277678	7,07212	11,37413	16,2328	16,48626
Döngelli,Düzce	25,59893	5,508066	7,313759	4,423672	8,956986	11,77041	11,8304
Akçakoca,Düzce	38,15438	29,05484	27,52941	27,9955	26,35722	28,60615	28,14639
ensar	15,66837	17,23658	18,50231	16,02124	19,57059	3,314005	2,828757
ekol	12,21537	19,13558	20,83491	18,06172	22,18916	1,883072	1,950527
baykal	15,2749	16,74941	18,20722	15,58638	19,41389	1,928818	1,493966
düzpaş1	14,41176	17,00886	18,65774	15,912	19,99339	0,411512	0,368811
düzpaş2	14,72246	17,01208	18,55759	15,87797	19,82211	1,190911	0,74744
düzpaş3	14,55305	16,96978	18,5818	15,85908	19,89248	0,693326	0,390575
düzpaş4	15,51497	15,94589	17,56509	14,83591	18,89035	1,457256	1,397019
düzpaş5	26,9464	9,385994	12,08189	9,674426	14,18731	15,62965	15,95482
düzpaş6	14,6843	16,98723	18,55138	15,85948	19,82897	1,0523	0,63006
düzpaş7	16,72581	14,90149	16,44135	13,76118	17,72429	2,686548	2,567603
düzpaş8	15,62903	15,94312	17,52143	14,81835	18,81891	1,62327	1,468413
düzpaş9	0	30,9889	32,88782	30,01316	34,33759	14,06717	14,1625
cimaş1	30,9889	0	2,720964	1,334663	4,826186	17,26654	17,33581
cimaş2	32,88782	2,720964	0	3,037095	2,107895	18,95194	18,96169
cimaş3	30,01316	1,334663	3,037095	0	4,976469	16,1843	16,23085
cimaş4	34,33759	4,826186	2,107895	4,976469	0	20,31051	20,2787
cimaş5	14,06717	17,26654	18,95194	16,1843	20,31051	0	0,500688
cimaş6	14,1625	17,33581	18,96169	16,23085	20,2787	0,500688	0
cimaş7	32,80274	2,493268	3,766713	3,826961	5,587466	19,31122	19,41815
cimaş8	16,77642	15,31047	16,71198	14,12772	17,89639	3,012199	2,729117
cimaş9	14,27136	17,25607	18,87096	16,14692	20,18108	0,590603	0,12478
kısmet market	24,76654	6,723143	8,16897	5,512776	9,58058	10,78503	10,79336
akgüller1	14,67849	16,99889	18,56145	15,87061	19,83784	1,061241	0,63402
akgüller2	13,95043	17,39325	19,07607	16,3102	20,43184	0,127526	0,486637
akgüller3	26,92644	9,410776	12,10712	9,697156	14,21263	15,61928	15,94508
akgüller4	14,47947	16,99614	18,62494	15,89168	19,94692	0,55753	0,339684
akgüller5	12,0105	19,32973	21,03489	18,25848	22,3919	2,083862	2,155195
akgüller6	17,05316	14,56188	16,09985	13,42013	17,38562	3,001037	2,90061
akgüller7	17,81862	13,89718	15,38401	12,73695	16,64434	3,771313	3,659866
tok market1	15,33837	15,95196	17,64259	14,86944	19,01628	1,315124	1,451719
tok market2	13,8803	17,90276	19,4523	16,77154	20,7116	1,275212	0,827377
tok market3	16,16611	16,33017	17,65534	15,12839	18,77515	3,005203	2,58423
tok market4	21,03214	11,9256	12,93254	10,64512	13,91113	7,14689	6,943068
tok market5	16,71373	22,85671	23,51161	21,54501	24,08493	10,02247	9,537065
tok market6	14,86968	17,03917	18,53542	15,8888	19,76571	1,570494	1,105356
tok market7	17,03015	19,7529	20,51476	18,45052	21,1963	7,564316	7,063651

Ek 6. Talep Noktaları Arasındaki Uzaklıklar (Devam)

	cimaş7	cimaş8	cimaş9	kısmet market	akgüller1	akgüller2
Kaynaşlı	32,99059	17,07403	14,55458	25,00971087	14,96849	14,222
Konuralp	19,37122	6,888796	8,899002	10,81956126	8,403812	9,491176
A.pınar Köyü Yolu	17,46044	10,96152	9,907934	12,5194893	10,22563	9,421346
Yığılca	44,88424	28,13097	27,3766	35,9181528	27,32777	27,62955
Düzce,merkez	18,45615	1,366308	1,240505	9,67722801	0,782578	1,742989
Kuyudüzü,Düzce	6,349623	15,36616	16,44921	8,756571906	16,38152	16,35542
Döngelli,Düzce	7,700662	9,834626	11,74965	1,544120039	11,49095	11,89672
Akçakoca,Düzce	31,15417	25,99639	28,03346	26,24029427	27,54493	28,62743
ensar	19,50501	2,099187	2,72518	10,51536416	2,277745	3,315362
ekol	21,1577	4,640289	2,063188	12,66809405	2,505591	1,759541
baykal	18,93124	1,525743	1,373501	10,08421052	0,869544	1,959607
düzpaş1	19,07921	2,602581	0,362664	10,4887918	0,701058	0,492376
düzpaş2	19,14456	2,07049	0,626541	10,40208926	0,135728	1,21471
düzpaş3	19,06337	2,362668	0,289214	10,41432497	0,397518	0,746363
düzpaş4	18,04321	1,742301	1,311069	9,396563911	1,118027	1,568488
düzpaş5	9,229978	15,30373	15,93909	10,15027726	15,96102	15,74422
düzpaş6	19,10919	2,132801	0,505973	10,39132319	0,016688	1,082958
düzpaş7	17,05379	1,015287	2,463869	8,283628416	2,120277	2,794776
düzpaş8	18,06482	1,461351	1,364732	9,357303953	1,057159	1,722487
düzpaş9	32,80274	16,77642	14,27136	24,76654498	14,67849	13,95043
cimaş1	2,493268	15,31047	17,25607	6,723142773	16,99889	17,39325
cimaş2	3,766713	16,71198	18,87096	8,168969826	18,56145	19,07607
cimaş3	3,826961	14,12772	16,14692	5,512775939	15,87061	16,3102
cimaş4	5,587466	17,89639	20,18108	9,580579874	19,83784	20,43184
cimaş5	19,31122	3,012199	0,590603	10,78502678	1,061241	0,127526
cimaş6	19,41815	2,729117	0,12478	10,79336496	0,63402	0,486637
cimaş7	0	17,53044	19,34579	9,042832757	19,12168	19,43866
cimaş8	17,53044	0	2,606806	8,616707013	2,135306	3,092163
cimaş9	19,34579	2,606806	0	10,70340188	0,510358	0,5943
kısmet market	9,042833	8,616707	10,7034	0	10,40176	10,9088
akgüller1	19,12168	2,135306	0,510358	10,40176173	0	1,090211
akgüller2	19,43866	3,092163	0,5943	10,90879525	1,090211	0
akgüller3	9,257413	15,2986	15,92956	10,16067816	15,95234	15,73375
akgüller4	19,07919	2,476628	0,277955	10,45634071	0,535208	0,619161
akgüller5	21,34661	4,841171	2,267546	12,86859889	2,70716	1,961001
akgüller6	16,71826	1,155606	2,798783	7,941927835	2,461645	3,112187
akgüller7	16,08683	1,48646	3,555002	7,240974961	3,193534	3,882007
tok market1	18,00398	2,259178	1,407603	9,477887518	1,41339	1,441489
tok market2	20,02689	2,896965	0,819693	11,29705043	0,905305	1,20731
tok market3	18,57825	1,11977	2,462797	9,616549067	1,954954	3,043762
tok market4	14,31578	4,258021	6,825355	5,314635217	6,379738	7,245721
tok market5	25,29196	9,185268	9,481467	16,34298761	9,20061	9,964254
tok market6	19,19876	1,910566	0,991264	10,39619249	0,523614	1,585367
tok market7	22,17156	6,187316	6,982785	13,19016117	6,608765	7,534087

Ek 6. Talep Noktaları Arasındaki Uzaklıklar (Devam)

	akgüller3	akgüller4	akgüller5	akgüller6	akgüller7	tok market1
Kaynaşlı	27,01606	14,75843	12,29008	17,32925	18,09625	15,60053
Konuralp	20,18612	8,918778	10,56995	7,796118	7,484285	9,101724
A.pınar Köyü Yolu	9,778115	9,723278	10,02071	9,949876	10,25627	9,009662
Yığılca	43,27674	27,64331	26,40126	29,20409	29,60165	28,73354
Düzce,merkez	15,57527	1,123835	3,486567	1,743354	2,443906	1,32856
Kuyudüzü,Düzce	2,90945	16,17141	18,04972	14,30981	13,89475	15,04199
Döngelli,Düzce	8,859787	11,4908	13,84072	9,057207	8,402932	10,45529
Akçakoca,Düzce	36,33393	28,06509	29,53278	26,80067	26,35586	28,23671
ensar	17,36466	2,812889	4,336029	3,194935	3,577636	3,399639
ekol	17,10195	2,264099	0,204888	4,838752	5,603306	3,19425
baykal	16,19792	1,386051	3,426143	2,228655	2,852232	1,922081
düzpaş1	15,57783	0,166088	2,404869	2,641996	3,40966	1,091053
düzpaş2	16,03689	0,670652	2,772384	2,46028	3,179664	1,513857
düzpaş3	15,71149	0,140826	2,545179	2,511528	3,269662	1,164009
düzpaş4	14,86998	1,059887	3,510131	1,543906	2,314077	0,555782
düzpaş5	0,028156	15,66728	17,25174	14,17656	13,90244	14,56155
düzpaş6	15,93606	0,523156	2,710542	2,451677	3,184743	1,396768
düzpaş7	14,41614	2,246405	4,715309	0,341702	1,092898	1,587165
düzpaş8	15,04758	1,150785	3,618938	1,434312	2,191461	0,86718
düzpaş9	26,92644	14,47947	12,0105	17,05316	17,81862	15,33837
cimaş1	9,410776	16,99614	19,32973	14,56188	13,89718	15,95196
cimaş2	12,10712	18,62494	21,03489	16,09985	15,38401	17,64259
cimaş3	9,697156	15,89168	18,25848	13,42013	12,73695	14,86944
cimaş4	14,21263	19,94692	22,3919	17,38562	16,64434	19,01628
cimaş5	15,61928	0,55753	2,083862	3,001037	3,771313	1,315124
cimaş6	15,94508	0,339684	2,155195	2,90061	3,659866	1,451719
cimaş7	9,257413	19,07919	21,34661	16,71826	16,08683	18,00398
cimaş8	15,2986	2,476628	4,841171	1,155606	1,48646	2,259178
cimaş9	15,92956	0,277955	2,267546	2,798783	3,555002	1,407603
kısmet market	10,16068	10,45634	12,8686	7,941928	7,240975	9,477888
akgüller1	15,95234	0,535208	2,70716	2,461645	3,193534	1,41339
akgüller2	15,73375	0,619161	1,961001	3,112187	3,882007	1,441489
akgüller3	0	15,65784	17,23931	14,17094	13,89825	14,55252
akgüller4	15,65784	0	2,46897	2,575984	3,339292	1,129669
akgüller5	17,23931	2,46897	0	5,043494	5,808154	3,393032
akgüller6	14,17094	2,575984	5,043494	0	0,770478	1,846353
akgüller7	13,89825	3,339292	5,808154	0,770478	0	2,600875
tok market1	14,55252	1,129669	3,393032	1,846353	2,600875	0
tok market2	16,74483	1,08726	2,04675	3,355176	4,072319	2,203106
tok market3	16,40071	2,452569	4,463236	2,230894	2,599867	2,734359
tok market4	14,26228	6,655784	9,084925	4,217235	3,478273	6,063393
tok market5	24,43073	9,679676	9,788272	10,33792	10,53705	10,53223
tok market6	16,26944	1,058601	2,998276	2,480986	3,155276	1,817184
tok market7	21,31742	7,129992	7,877177	7,34087	7,459911	7,813739

Ek 6. Talep Noktaları Arasındaki Uzaklıklar (Devam)

	tok market2	tok market3	tok market4	tok market5	tok market6	tok market7
Kaynaşlı	14,17994	16,48121	21,33149	17,13286	15,17004	17,4209459
Konuralp	8,634432	6,473787	5,924116	6,566671	7,909417	4,2479607
A.pınar Köyü Yolu	10,62833	11,71122	12,90238	19,38415	10,72663	16,8122729
Yığılca	26,55729	27,01125	30,60397	19,59231	27,00848	22,7283125
Düzce,merkez	1,629651	1,444696	5,598591	9,253499	0,748829	6,48967078
Kuyudüzü,Düzce	17,23768	16,48592	13,53639	24,24657	16,62026	21,0760518
Döngelli,Düzce	12,39498	10,87774	6,799481	17,82663	11,53646	14,6631148
Akçakoca,Düzce	27,70475	25,62573	23,6815	21,46174	27,0422	21,8891511
Ensar	2,369189	0,979453	5,677474	7,227766	1,75432	4,41465245
Ekol	1,863149	4,277067	8,882127	9,753064	2,804963	7,78588327
baykal	1,406115	1,09147	5,759736	8,625037	0,428604	5,89780829
düzpaş1	1,180002	2,612875	6,756015	9,824893	1,224214	7,28968366
düzpaş2	0,89499	1,836792	6,323879	9,075883	0,387978	6,4749331
düzpaş3	1,03921	2,313484	6,559718	9,566363	0,92107	7,00061768
düzpaş4	2,004614	2,180955	5,712294	10,05216	1,404544	7,29065256
düzpaş5	16,75423	16,40619	14,25955	24,43444	16,27743	21,3203398
düzpaş6	0,917707	1,961408	6,375684	9,216658	0,536356	6,62329458
düzpaş7	3,013492	2,011425	4,491172	10,14031	2,145061	7,18083727
düzpaş8	1,962447	1,872503	5,523823	9,79087	1,230737	7,00267235
düzpaş9	13,8803	16,16611	21,03214	16,71373	14,86968	17,0301548
cimaş1	17,90276	16,33017	11,9256	22,85671	17,03917	19,7528997
cimaş2	19,4523	17,65534	12,93254	23,51161	18,53542	20,514765
cimaş3	16,77154	15,12839	10,64512	21,54501	15,8888	18,4505211
cimaş4	20,7116	18,77515	13,91113	24,08493	19,76571	21,1963046
cimaş5	1,275212	3,005203	7,14689	10,02247	1,570494	7,56431558
cimaş6	0,827377	2,58423	6,943068	9,537065	1,105356	7,0636511
cimaş7	20,02689	18,57825	14,31578	25,29196	19,19876	22,1715595
cimaş8	2,896965	1,11977	4,258021	9,185268	1,910566	6,18731584
cimaş9	0,819693	2,462797	6,825355	9,481467	0,991264	6,9827849
kısmet market	11,29705	9,616549	5,314635	16,34299	10,39619	13,1901612
akgüller1	0,905305	1,954954	6,379738	9,20061	0,523614	6,60876525
akgüller2	1,20731	3,043762	7,245721	9,964254	1,585367	7,53408725
akgüller3	16,74483	16,40071	14,26228	24,43073	16,26944	21,3174232
akgüller4	1,08726	2,452569	6,655784	9,679676	1,058601	7,12999187
akgüller5	2,04675	4,463236	9,084925	9,788272	2,998276	7,8771773
akgüller6	3,355176	2,230894	4,217235	10,33792	2,480986	7,34086956
akgüller7	4,072319	2,599867	3,478273	10,53705	3,155276	7,45991074
tok market1	2,203106	2,734359	6,063393	10,53223	1,817184	7,81373906
tok market2	0	2,416972	7,152007	8,758594	0,990361	6,38502868
tok market3	2,416972	0	4,951072	8,130093	1,505475	5,20837253
tok market4	7,152007	4,951072	0	11,03022	6,16246	7,87571352
tok market5	8,758594	8,130093	11,03022	0	8,728355	3,18003579
tok market6	0,990361	1,505475	6,16246	8,728355	0	6,09617568
tok market7	6,385029	5,208373	7,875714	3,180036	6,096176	0