

**T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**ÇOK BAYİLİ BİR ÜRETİM FİRMASININ
DAĞITIM KANALLARININ OPTİMİZASYONU
İÇİN DEPO YERİ SEÇİMİ**

Yüksek Lisans Tezi

AHMET ERSİN EREN

İSTANBUL, 2018

**T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**ÇOK BAYİLİ BİR ÜRETİM FİRMASININ
DAĞITIM KANALLARININ OPTİMİZASYONU
İÇİN DEPO YERİ SEÇİMİ**

Yüksek Lisans Tezi

AHMET ERSİN EREN

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Yavuz GÜNALAY

İSTANBUL, 2018

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

Tezin Adı: Çok Bayili Bir Üretim Firmasının Dağıtım Kanallarının Optimizasyonu için
Depo Yeri Seçimi

Öğrencinin Adı Soyadı: Ahmet Ersin EREN

Tez Savunma Tarihi: 24.05.2018

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu Sosyal Bilimler Enstitüsü tarafından onaylanmıştır.

Doç Dr. Burak KÜNTAY
Enstitü Müdürü
İmza

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu onaylarım.

Doç Dr. Fatma ULUCAN
Program Koordinatörü
İmza

Bu tez tarafımızca okunmuş, nitelik ve içerik açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak yeterli görülmüş ve kabul edilmiştir.

Juri Üyeleri

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Yavuz GÜNALAY

Tez Jurisi
Dr. Öğr. Üyesi Ethem ÇANAKOĞLU

Tez Jurisi
Dr. Öğr. Üyesi Selçuk TUZCUOĞLU

İmzalar

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam ve tüm hayatım boyunca varlığı ve desteği ile bana güç ve ilham veren, sevgili eşim Seda EREN'e, bilgi ve tecrübesi ile yol gösteren, değerli danışman hocam Prof. Dr. Yavuz GÜNALAY'a ve çalışmanın veri toplama kısmında destek olan yöneticilerime sonsuz teşekkürler...



Ahmet Ersin EREN

İstanbul, 2018

ÖZET

ÇOK BAYILI BİR ÜRETİM FİRMASININ DAĞITIM KANALLARININ OPTİMİZASYONU İÇİN DEPO YERİ SEÇİMİ

Ahmet Ersin EREN

İşletme Yüksek Lisans Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Yavuz GÜNALAY

Mayıs, 2018, 52 Sayfa

Depo yer seçimi, günümüzde firmalar için önemli bir lojistik problemidir. Literatürde depo yer seçimi problemlerinin çözümü için kabul görmüş birçok metot bulunmaktadır. Bu çalışmada, çok bayili bir otomotiv firması için lojistik depo yeri seçimi problemi ele alınmıştır. Problemin çözümünde önce ağırlık merkezi metodu kullanılmış ve muhtemel en iyi iki alternatif lokasyon belirlenmiştir. Belirlenen alternatiflerden hangisinin seçileceğine karar vermek için ise faktör puanlama metodu kullanılmıştır. Faktör puanlama metodundaki kriterler belirlenirken depo yer seçimi problemi ile karşı karşıya olan firmanın gereksinimleri göz önünde bulundurulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Depo yer seçimi, ağırlık merkezi, faktör puanlama

ABSTRACT

SELECTION OF WAREHOUSE LOCATION TO OPTIMIZE DISTRIBUTION CHANNELS OF A MULTI-CHANNEL MANUFACTURING COMPANY

Ahmet Ersin EREN

Business Administration Master Programme

Thesis Advisor: Prof. Dr. Yavuz GÜNALAY

May, 2018, 52 Pages

Warehouse location selection, nowadays, has been a important logistics problem for companies. There are several accepted methods to deal with warehouse location selection problems in the literature. In this study, warehouse location selection problem of a multi-channel automotive company is adressed and discussed. In order to solve the problem, two possible best alternative locations have been determined by using the center of gravity method. Following this step, factor rating method is used to make the final decision. Criteria in factor rating method are defined according to requirements of the company dealing with warehouse location selection problem.

Keywords: Warehouse location selection, center of gravity, factor rating,

İÇİNDEKİLER

TABLolar	vii
ŞEKİLLER	viii
KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	4
2.1 YER SEÇİMİ PROBLEMLERİNİN TARİHÇESİ	4
2.2 YER SEÇİMİ LİTERATÜRÜNE GENEL BAKIŞ	5
2.3 DEPO YERİ SEÇİM MODELLERİ	10
2.3.1 Matematiksel Optimizasyon Modelleri	11
2.3.2 Karar Analizi için Yazılım Programları	11
2.3.3 Simülasyon Modelleri	11
2.3.4 Yerleşim Dağıtım Modelleri	11
2.3.5 Ağırlık Merkezi Metodu	12
2.3.6 Çok Kriterli Karar Verme Modelleri	12
3. VERİ VE YÖNTEM	15
3.1 ÇALIŞMANIN MODELİ	15
3.2 VERİ	16
3.3 YÖNTEM	19
3.3.1 Ağırlık Merkezi Metodu	20
3.3.2 Faktör Puanlama Metodu	25
4. BULGULAR	29
4.1 AĞIRLIK MERKEZİ METODU İLE HESAPLAMA	29
4.2 FAKTÖR PUANLAMA METODU İLE HESAPLAMA	38
4.2.1 Faktör Puanlama Metodu Öncesi Gerekli Bilgiler	38
4.2.2 Değerlendirilecek Faktörlerin Ağırlıklandırılması	39
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	44
KAYNAKÇA	46

TABLÖLAR

Tablo 3.1: Bayi konumları ve sevkiyat adetleri	16
Tablo 3.2: Bayi konumları ve koordinatları	18
Tablo 4.1: Ağırlık merkezi hesaplama cetveli	29
Tablo 4.2: Kuş uçuşu mesafe-gerçek mesafe arasındaki katsayı farkının hesaplanması- Bozüyük	34
Tablo 4.3: Kuş uçuşu mesafe-gerçek mesafe arasındaki katsayı farkının hesaplanması- Tavşanlı	36
Tablo 4.4: Depo için gerekli alanın hesaplanması	38
Tablo 4.5: Ağırlık puanları ve katsayı oranlarının hesaplanması	40
Tablo 4.6: Lokasyonların faktör puanları.....	42
Tablo 4.7: Ağırlıklandırılmış faktör puanlarına göre alternatif lokasyonların karşılaştırılması	43

ŞEKİLLER

Şekil 3.1: Çalışmanın modeli	15
Şekil 4.1: Ağırlık merkezinin Türkiye haritasındaki izdüşümü	31
Şekil 4.2: Ağırlık merkezi koordinatlarının kesişim merkezinin uydu görüntüsü	31
Şekil 4.3: Ağırlık merkezine en yakın yerleşim yerlerinin uydu görüntüsü	32
Şekil 4.4: Bozüyük ilçesinin Google Earth üzerinden alınan kuş uçuşu mesafesi	32
Şekil 4.5: Tavşanlı ilçesinin Google Earth üzerinden alınan kuş uçuşu mesafesi.....	33
Şekil 4.6: Depo yerleşim planı	39



KISALTMALAR

AHP	:	Analitik Hiyerarşi Prosesi
ANN	:	Yapay Sinir Ağı
COM	:	Bileşen Nesne Modeli
ELEKTRE	:	Eleme ve Seçim Çevrimi Rejimi
ER	:	Kanıtsal Düşünce
Fuzzy-ANP	:	Bulanık Analitik Ağ Prosesi
GIS	:	Coğrafi Bilgi Sistemi
MADM	:	Çok Nitelikli Karar Verme
MAUT	:	Çok Nitelikli Fayda Teorisi
MCDM	:	Çok Kriterli Karar Verme
MODM	:	Çok Amaçlı Karar Verme
MOORA	:	Oran Analizi ile Çok Amaçlı Optimizasyon
PROMETHEE	:	Tercih Sıralama Organizasyonu Metodu
PSO	:	Parçacık Sürüsü Optimizasyonu
TOPSIS	:	İdeal Çözüme Yakınlık ile Sıralama Tercihi Tekniği
UWLP	:	Kapasitesiz Depo Yer Seçimi
VIKOR	:	Çok Kriter Optimizasyonu ve Uzlaşma Çözümü
WSM	:	Ağırlıklandırılmış Toplam Metodu

1. GİRİŞ

Bu çalışmada 24 bayili bir otomotiv firmasının üretim yeri konumunda bulunan deposunun, bayilere göre yeniden konumlandırılması incelenecektir. Depo yeri seçimi bir kuruluşun vermesi gereken stratejik kararlardan biridir. Bu seçim, kuruluşun müşteri hizmet performansını, operasyon maliyetlerini ve dolayısıyla karlılığını etkiler.

Depolama binlerce yıldır medeniyetin bir parçası olmuştur. Ürünlerin üretildiği andan ihtiyaç olana kadar saklanması fonksiyonuna depolama denir (Creed 1968). Pratikte, ürünler markete ve müşteriye yakın noktalardaki depolama alanlarında stoklanır ve ihtiyaca göre küçük miktarlarda sevk edilir. Başlangıçta depolama sadece yiyecek stoklamak için kullanılsa da günümüzde daha yaygın ve karmaşık bir konu haline gelmiştir (Martin 1999, Ackerman 1990).

Depolar bir nevi dağıtım fabrikalarıdır. Depolar sadece ürünleri korumaya yarayan binalar olmanın ötesinde sürekli değişen beklentileri karşılayabilecek ve bunu etkin maliyetler ile gerçekleştirebilecek, değişime ayak uydurabilen karmaşık yapılar haline almıştır. Depo tasarımının ilk adımı en iyi depo yerinin seçilmesidir.

Depo yeri seçimi bir kuruluş için en önemli ve zorlayıcı görevlerden biridir. Depo yeri seçimi lojistik maliyetlerinin düşmesi ve operasyon etkinliğinin artmasında önemli bir etkidir. Fonksiyonel dağıtım merkezi konumu kuruluşlarının teslim alma ve sevkiyat sürelerinin kısılmasını sağlayabilir. Teslim sürelerin kısaltılması sonuç olarak envanter kontrolünü kolaylaştırır ve böylece hizmet kalitesini artırır. (Gallmann ve Belvedere 2010)

Yeni bir depo için yer seçimi aşamasında, bayi ağı dikkate alınarak kat edilecek mesafeyi, müşteri maliyetini, operasyon masraflarını ve en nihayetinde karlılığı, hizmet kalitesini ve taleplere cevap verme hızını optimize edecek yöntem araştırmak hedeflenmektedir.

Bu çalışmanın konusu çok bayili bir üretim firmasının dağıtım kanallarının optimizasyonu için depo yer seçimi yapılması ile optimum depo yerinin belirlenmesidir. Çalışma konusu belirlenirken motivasyon kaynağı çalışmaya konu olan üretim lokasyonunun mevcut koşullarda yeterli depo alanına sahip olamaması ve yeni depo yeri seçme aşamasında firmaya yeni bir yaklaşım kazandırarak bayi ağına dağıtımını iyileştirecek optimum noktanın bulunmak istenmesidir.

Bu çalışmaya konu olan üretim firması otomotiv alanında faaliyet göstermektedir. Üretim lokasyonu Bursa'nın Nilüfer ilçesine bağlı Bursa Organize Sanayi Bölgesi'nde bulunmaktadır. Üretim firması direkt olarak ana otomotiv üreticileri ile çalışmakla beraber, satış sonrası piyasaya yedek parça desteği de sağlamaktadır. Yedek parça satışı yıllık olarak 15.416 palet olup satış oranının yaklaşık yüzde 28'lik kısmını oluşturmaktadır. Üretici firma faaliyet konusunda Türkiye pazarının yüzde 65'lik kısmına hakim durumdadır. Bu satış adedinde piyasadaki araç sayısına bağlı olarak doğru orantılı bir artış öngörülmektedir. Bu nedenle, mevcut durumda üretim alanı içinde kısıtlı alana sahip olunması ve bayi taleplerine daha hızlı cevap verebilmek adına yeni bir depo lokasyonu seçimi ihtiyacı doğmaktadır.

Yedek parça sektörü doğası gereği hem depolamada hem de yer seçiminde kendine özgü karakteristikleri barındırır. Yedek parça talebindeki anlık değişimler beraberinde etkin operasyon yönetimi ihtiyacı da doğurur (Huiskonen 2001).

Çalışma için araştırma yapılırken çok bayili bir firma için depo yerinin yeniden konumlandırılması ile ilgili özel bir çalışmaya rastlanamamış olsa da çalışmada izlenecek metot için genel bir kanı oluşturacak makalelerden yararlanılmış ve ileriki bölümlerde kaynak olarak bildirilmiştir.

Çalışmada birbirini izleyen ve bütünleyen iki farklı metodun birleşimi kullanılmıştır. Depo yer seçiminde tüm bayilere en iyi hizmeti sunabilmek adına sevkiyat yoğunluklarına göre en uygun noktayı belirleyebilmek için Ağırlık Merkezi Metodu kullanılmış sonrasında elde edilen matematiksel konuma dayanarak gerçek operasyon şartları değerlendirilmiş ve en iyi çözüme alternatif yerleşimler belirlenmiştir. Belirlenen

alternatifler arasından optimum depo yerini seçmek için ise çalışmaya konu olan firma açısından ve işin doğası gereği kritik öneme sahip kriterlerin değerlendirildiği Faktör Puanlama Metodu kullanılmıştır.

Çalışma konusunun ve kullanılan metotların bundan sonra yapılacak çalışmalarda ve farklı sektörlerdeki çok bayili firmaların depo yeri seçimi problemlerinde ışık tutması amaçlanmaktadır.

Tezin literatür taraması bölümünde yer seçimi probleminin ve geliştirilen metotların tarihçesi kronolojik olarak verilmiştir. Veri ve yöntem bölümünde çalışmanın modeli, problemin detaylandırılması için gerekli ön bilgiler ve kullanılacak metotlar detaylı olarak anlatılmıştır. Bulgular bölümünde toplanan verilerin çalışma yöntemine uygun olarak derlemesi ve hesaplaması yapılmıştır. Tartışma bölümünde, elde edilen bulguların çalışmanın yapılmasındaki amaca ulaşmada etkili olup olmadığı değerlendirilmiştir. Sonuç bölümünde ise tez çalışmasının giriş kısmında ulaşılması hedeflenen sonuçlara ne ölçüde ulaşılabildiği ve bu çalışmanın sonraki araştırmacılar için arz ettiği önemden bahsedilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Literatür yer seçimi problemi ile ilgili geniş bir çeşitlilik mevcuttur. Yer seçimi problemlerinde genellikle dağıtım, taşıma ve iletişim en önemli konu başlıkları olarak öne çıkmaktadır. Tesislerin konumlandırılması ihtiyacı hem özel sektörde hem de kamu sektöründe popüler hale gelmektedir. Özel sektörde sanayi kuruluşları, perakendeciler ya da bankalar tesisleri için konum belirlemek zorundadır. Kamu sektöründe ise devlet daireleri, okul, hastane, itfaiye ve acil müdahale merkezlerinin konumu özenle seçilmelidir.

2.1 YER SEÇİMİ PROBLEMLERİNİN TARİHÇESİ

Yer seçimi probleminin tarihi incelendiğinde kökeninin antik döneme kadar uzandığı görülebilir. Antik Mısır’ da tarlalar için yer seçilirken ürünleri hem verimli yetiştirmek hem de olası taşkınlardan korumak amacıyla, Nil nehrinin akım yönü ve taşma rejiminin göz önünde bulundurulması yer seçimi probleminin çözülmesinde bilinen ilk uygulama olarak sayılabilir. Yer seçimi problemleri bu ve benzeri sorunların çözülmesi ihtiyacı doğrultusunda ortaya çıkmaktadır.

Bazı araştırmacılara göre, yer seçimi probleminin tarihçesini 17. Yüzyılın başlarına, Galileo’nun öğrencileri Evangelisce Toricelli ve Battista Caliveri’nin ortaya attığı orijinal adı ‘euclidean spatial median problem’ olan, öklidyen düzlemsel orta nokta problemine dayandırmaktadır (Trevor ve Moberg 2003). Ancak sonraki dönemde yapılan araştırmalarda bu eski örneklerin yer seçimi problemini analiz etmekte ve çözüm getirme noktasında yetersiz kalması nedeni ile yer seçimi problemine ilk bilimsel yaklaşım olarak Alfred Weber’in 1909 yılında yayınladığı Stondort der Industrie kitabında yer alan öklidyen mesafeye dayalı Weber Üçgeni yaklaşımı kabul edilmektedir (Farahani vd. 2010).

Weber, uçak yolcularının yürüyüş mesafesini minimize etmek için uçaktaki deponun konumlandırılması problemi üzerine çalışmıştır (Alfred Weber 1909). Weber’ in bu

alışması sanayi devriminin gerekleştii 19. yüzyılda endüstriyel konum arayışı çok yoğun olduğu için, yer seçim problemlerinden dönem içinde en yaygın olanına bir çözüm yaklaşımı getirmiştir. Bu yaklaşımda maliyetin en aza indirilmesi amaçlanmış olup taşıma ve işçilik maliyetleri dikkate alınmıştır. Weber geni yaklaşımında üçgenin köşeleri, hammadde, yakıt ve tüketim konularını temsil etmektedir (Alfred Weber 1909). Bu gene göre ulaşım maliyetlerin en düşük olduğu nokta ideal konum olarak belirlenmektedir.

Weber bu çalışmaları ile yer seçimi konusunda modern bilimin temellerini atmıştır. Weber' in çalışmaları 1929 yılında Carl Frederich tarafından “Theory of the Location of Industries” adı ile İngilizceye evrilmiştir. Ancak daha gerçekçi modeller ve algoritmaların geliştirilmesi 1960'ların ortalarında mümkün olmuştur.

Literatürde yer seçimi ile ilgili önemli birçok çalışma bulunmaktadır. Weiszfeld (1937), klidiyen orta nokta probleminin çözümü için kendi adı ile anılan bir algoritma geliştirmiştir. Chrystal (1885), ağırlıklandırılmamış düzlemsel 1-merkez probleminin grafiksel çözümünü geliştirmiştir. Hotelling (1929), yer seçimi problemini rekabet durumu açısından inceleyen ilk çalışmayı yapmıştır. Hakimi (1964), ağ üzerinde p-medyan probleminin çözümlenmesini gerçekleştiren ilk çalışmayı literatüre kazandırmıştır. Cooper (1963), yerleşim dağıtım problemini inceleyen ilk araştırmacı olmuştur.

2.2 YER SEÇİMİ LİTERATÜRÜNE GENEL BAKIş

Yer seçimi konusu, uygulama çeşitliliği açısından çok geniş bir yelpazeye sahip olmakla birlikte istenilen ölçüde derinleşme potansiyeli barındıran bir bilim olarak kabul görmektedir. Bu yönüyle özel sektör, kamu, askeri, acil durum ve insani yardım konuları başta olmak üzere birçok alanda ulusal ve uluslararası düzeyde literatür araştırmaları barındırmaktadır.

Yer seçimi literatürde fazlaca araştırmaya konu olmuş karmaşık bir problemdir. Konunun karmaşık olmasının asıl nedeni çok sayıda değişkeni bir arada bulundurması ve yer seçimi

problemine konu olan alandaki ihtiyaçların, dolayısı ile de stratejilerin farklılık göstermesidir.

Yer seçimi problemlerinde, sektör bazlı önceliklere göre, çok kriterli karar verme ve matematiksel modeller yardımı ile muhtemel en iyi konumunun bulunması hedeflenmektedir.

Kuehn ve Hamburger (1963), büyük ölçekli depoların mekânsal konumlarının belirlenmesi için heuristic bir yöntem ortaya çıkarmışlardır. Bu yöntem temelinde lineer programlama ve optimizasyona dayanmakta olup sonrasında yapılacak yöntem araştırmaları için temel oluşturmuştur.

Scott (1971), yer seçimi problemlerinde, birden çok tesis için eşit aralıklarla ayrılmış zaman dilimlerinde birbirinden ayrı bulunmalarının dinamik uzantılarını incelemiştir. Tesisin konumu belirlendiğinde, belirlenen bölgede operasyonların sürdürülmesi üzerine optimal miyopik yaklaşım ile çözüm getirmeye çalışmıştır.

Elson (1972), karışık tamsayı programlama metodunu kullanarak yer seçimi problemlerine başarılı bir çözüm getirilebileceğini gösteren bir çalışma yapmıştır. Bu tip modellerin deneyleri, hesaplama performansı örnekleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada karmaşık tamsayı modellerinin esnekliği ve karar verme yaklaşımlarında yardımcı bir metot olarak kullanılabileceği tartışılmıştır.

Khumawala (1972), şube ve sınır algoritmasını kullanarak, matematiksel bir metot geliştirmiş ve kapasitesiz depo yer seçimi (UWLP) problemi için çözüm getirmiştir.

Saaty (1980), Analitik hiyerarşi prosesi adlı çalışmasında literatüre yeni bir yöntem kazandırmıştır. Bu metot genel olarak, planlama ve karar verme sürecinde çoklu kriterlerin ve ağırlıklarının belirlenmesine yapısal bir yaklaşım kazandırmayı hedeflemiştir. Saaty çalışmasında AHP yönteminin aşamalarını, problemin tanımlanması, kriterlerin belirlenmesi, alternatiflerin ortaya konulması, hiyerarşik ağaç diyagramının oluşturulması, kriterlerin ağırlıklandırılması, alternatiflerin puanlanması, seçilen

alternatiflere göre toplam puanın belirlenmesi, puanların karşılaştırılması ve sıralama yoluyla en iyi alternatifin seçilmesi olarak dokuz ana başlık altında toplamıştır.

Erlenkotter (1981), birçok heuristik çözüm yaklaşımını tek bir problemin formüle edilmesinde kıyaslamıştır. Bazı yararlı metotları değerlendirme girişiminde, heuristik çözüm metotlarının bir kısmını tek bir problemde formüle ederek performanslarını karşılaştırmıştır. Statik basit lokasyon probleminde farklı zaman aralıklarında dinamik, sabit yüklü, kapasiteli, maliyet en azlama konularını ele almıştır. Yaptığı hesaplamalarda çok fazlı çözüm süreçlerinde heuristik yaklaşımların kombinasyonlarının en etkili yöntem olduğunu öne sürmüştür.

Pearl ve Daskin (1994), yer seçimi problemi için 1960' lı yıllarda geliştirilen heuristic yaklaşımı tekrar çözümleyerek kesin bir metot önermişlerdir. Problemi 3 kısıma ayıran bu yöntemde kesin metot ve heuristic metot ardı ardına kullanılmıştır.

Drezner (1995), P adet tesisin, T zamanda planlama periyotlarını göz önünde bulundurarak ilerlemeli P-medyan metodunu formüle etmiştir. P-medyan metodunun girdileri olarak bilinen talepler ve tesisin konumlandırılacağı zaman ele alınmıştır. Çalışmanın amacı toplam taşıma maliyetini ya da mesafesini en azlamaktır. Problemin genel yapısı doğrusal olmadığı için yer seçimi kararı için heuristik çözüm yaklaşımı kullanılmıştır.

Hidaka ve Okano (1997), 6800' den fazla müşterinin söz konusu olduğu geniş ölçekli depo yer seçimi problemleri için çözüm sunmuşlardır. Kapasitesiz depo yeri seçimi problemi için geliştirdikleri simülasyon sayesinde optimale yakın bir sonuç elde etmişlerdir.

Current vd. (1998), dinamik tesis yeri seçimi konusunda, tesis yeri ve sayısının problemin çözümü noktasında önemli olduğunun altını çizen bir çalışma yapmışlardır. Çalışmanın ilk aşamasında fayda kaybını en aza indiren p-medyan modeli kullanılmıştır. İkinci aşamada ise fayda kayıplarını hesaplayabilmek adına muhtemel tüm başlangıç yerlerine

numara verilerek analizler gerçekleştirilmiş ve sonuç bölümünde iki teknik karşılaştırılmıştır.

Krativa vd. (1998), Yer seçimi problem çözümü için genetik algoritma olarak adlandırılan metodu sunmuşlardır. Bu algoritmalar kullanıldığı takdirde kısa sürede iyi sonuçlar elde edilebileceğini kanıtlamışlardır.

Owen ve Daskin (1998), tesis yer seçimi problemlerinde literatür, statik ve deterministik, dinamik ve stokastik olarak iki ana başlıkta sınıflandırılmış ve çözüm noktasında tam sayılı programlama, senaryo planlama, dinamik ve stokastik programlama modelleri önerilmiştir.

Badri (1999), petrokimya endüstrisinde tesis yeri seçimi yapmak için analitik hiyerarşi prosesi metodunu kullanmıştır. Sektörel öncelikler göz önünde bulundurularak ağırlık faktörleri hesaplanmış ve sapmaları en aza indirecek bir amaç fonksiyonu yardımı ile alternatif konumlar belirlenmiştir.

Vlachapoulou vd. (2001), depo yer seçimi probleminde karar verme aşamasında değerlendirilmesi gereken koşulların sadece bölge ya da arazi seçimi olmadığını bunun yanında çevresindeki pazar ve firma hedeflerinin de göz önünde bulundurmak gerektiğini savunmuşlardır. Bu sebeple yer seçimi problemi çözümüne coğrafi bilgi sistemlerini de (GIS) dâhil etmişlerdir. Oluşturdukları modelde daha önceki yapılan çalışmalarda elde edilen bulgular, profesyonellerin sektör tecrübesi ile harmanlanarak önem derecelerine göre önceliklendirilmiş ve puanlanmıştır. Puanlamaya dâhil edilen kriterler, pazar büyüklüğü, satın alma gücü, ulaşım imkânları, rekabet ortamı ve altyapı imkânları olarak belirlenmiştir.

Eldrandaly vd. (2003), sanayi ve depolama tesislerinin yer seçimini parçacıklı nesne modeli (Component Object Model- COM) teknolojisini kullanarak gerçekleştirmiştir. Çalışmalarında coğrafi bilgi sistemleri (GIS), uzman sistemler ve analitik hiyerarşi süreci (AHP) teknolojisinin bir arada kullanarak etkin bir model önerisinde bulunmuşlardır. Çalışmanın amacı ise arazi özellikleri, mevcut imar koşulları ve erişilebilirlik seçecekleri

göz önünde bulundurularak yer seçimi problemi ile uğraşan danışman ve planlamacılara kolaylık sağlamak olarak belirtilmiştir.

Klose ve Drexl (2005), tesis yeri seçiminde depolama ve dağıtım konularını merkezinde firmaların problemlerini boyutsal gerçek alan, dağıtım ağı alanı, kapsama alanı ve karın en üst düzeye çıkarılması, ürün tipi, talep tipi, planlama periyodu, rotalama, kapasite kısıtları ve hiyerarşik bölümler olarak dokuz ana başlık toplamışlardır.

Dupont (2006), konum belirlemek için, taşıma ve depolama maliyetlerinin, taşınan miktar ile ilgisinin içbükey bir fonksiyon ile ilişkili olduğunu düşünerek depo yerlerini analiz etmiştir. Bu analizde kesin metotların bazılarını kullanarak heuristic bir metot önerisinde bulunmuştur.

Farahani ve Asgari (2007), tesis yeri seçiminde TOPSİS ve ELEKTRE metotlarını incelemiş ve askeri alanda depolama konusunda modelleme yaparak optimum konumlar ve adetleri belirlemiştir.

Güneri vd. (2009), Bulanık Analitik Ağ Prosesi (Fuzzy-ANP) metodunu tersane yeri seçiminde kullanmışlardır. Çalışmanın temelinde Saaty' in AHP yaklaşımında literatüre kazandırdığı dokuz adım metodu ile altı farklı faktörü değerlendirerek ağırlıklandırmışlardır. Altı faktörün her birinin puanları ikili olarak kıyaslanmış ve Chang' in mertebe analizi ile sıralanmıştır. Sonuç olarak tesis kurulum yeri için dört farklı alternatif belirlenmiştir.

Kayıkçı (2010), etkili bir lojistik merkezi yapısının, önemli karlılık ve yatırım dönüşlerinde artışa yol açarak pazarda rekabet gücünü arttıracaklarını savunmuştur. Bu bağlamda konum seçiminin şehir içi ve şehirlerarası taşıma sistemlerinde anahtar öneme sahip olduğu anlatılmıştır. Çalışmada en uygun konum seçimine karar verme sürecinde karmaşık-analitik hiyerarşi süreci (AHP) ve yapay sinir ağı (ANN) metodu birleştirilerek kullanılmıştır.

Farahani vd. (2010), Çok Kriterli Karar Verme (MCDM) metodunu yer seçimi probleminde kullanmışlardır. Çok kriterli yer seçimi; maliyet, çevresel riskler, kapsama alanı, hizmet seviyesi ve etkinliği, karlılık ve diğer kriterler olarak altı kategoriye ayrılmıştır. Literatürde tesis yeri seçimi konusu incelenmiş ve çalışmalar çok amaçlı karar verme (MODM), çok nitelikli karar verme (MADM) ve çok kriterli karar verme (MCDM) problemleri olarak üç kategoriye ayrılmış ve çözüm metotları sunulmuştur.

Özsoydan ve Saraç (2011), kapasitesiz depo yeri belirleme problemini, açılacak “w” adet deponun toplam açma maliyetlerinin ve düğümlerde bulunan müşteriler ile açılan depolar arasındaki uzaklıklardan kaynaklanan maliyetlerin toplamının optimize edildiği, literatürde yaygınca bilinen bir kesikli yer belirleme problemi olarak tanımlamıştır. Çalışmasında iki kriterli kapasitesiz depo yeri belirleme probleminin çözümü için bir Parçacık Sürüsü Optimizasyonu (PSO) Algoritması önerilmiştir.

Aktepe ve Ersöz (2012), çalışmalarında ürünlerin dağıtım ağı verimliliğini arttırmak ve lojistik maliyetlerini azaltmak amacıyla depo yeri seçim modeli geliştirmişlerdir. Çalışmada, depo seçim probleminin çözümüne yönelik 3 farklı yöntemin sentezlenmesi yapılmış olup, bunlardan birincisi, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP); ikincisi, “Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje” (VIKOR); üçüncüsü ise “Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis” (MOORA) yöntemidir. Kriterlerin ağırlıklandırılmasında AHP yöntemini, alternatiflerin sıralanmasında ise VIKOR ve MOORA yöntemlerini kullanmışlardır.

2.3 DEPO YERİ SEÇİM MODELLERİ

Yer seçimi problemi geçmişten bu güne pek çok farklı alanda uzmanlaşmış araştırmacının dikkatini çeken bir konu olmuştur. Bu sebeple yer seçimi problemlerinin çözümü için de çok sayıda farklı yöntem literatüre girmiştir. Karar vericiler, yer seçimi kararı alırken alternatif lokasyon sayısı ve en iyi konumu seçme isteklerine bağlı olarak ciddi zamanlar harcamaktadırlar. Bu noktada literatürdeki zenginlikten yararlanarak, çözülmeye çalışılan problemin tipi, işletmenin kısıtları, kritik konular ve beklentilere göre birçok farklı yöntemi kullanma şansına sahiplerdir. Çalışmanın bu bölümünde yer seçimi problemleri

için literatürde en yaygın olarak kullanılan yer seçimi metotlarının bazıları hakkında bilgi verilmektedir.

2.3.1 Matematiksel Optimizasyon Modelleri

Lineer tamsayı programlama modelleri bu kategoriye girmektedir. Her bir modelde hedef bir fonksiyon ve kısıtlar bulunur. Değişkenler her kararı temsil edecek şekilde belirlenir. Modeller kısaca, cebirsel ifadeler ile alt değişkenleri vurgulayabilir. Genellikle çözücü bir yazılım programı en optimal çözüm elde edebilir.

2.3.2 Karar Analizi için Yazılım Programları

Karar vermede yardımcı olmak için tasarlanan bazı özel yazılım programları bulunmaktadır. Bu tür programlar, farklı değişkenlerin bulunduğu yer seçimi problemlerinde karar verme amacı ile kullanılabilir.

2.3.3 Simülasyon Modelleri

Simülasyon, belirli koşullar altında bir sistemin nasıl hareket edeceğini daha iyi anlayabilmek için belirli denemelerin yapılabilmesi amacı ile gerçek sistemin bir modelinin tasarlanması ve yaratılması prosesidir. Simülasyonlar günümüzde genellikle uygun yazılımlar kullanılarak bilgisayar destekli olarak yaratılmaktadır (Kelton vd., 2002). Simülasyon modelleri mantıksız yatırımlardan kaçınmaya yardımcı olduğu için oldukça ekonomiktir fakat geliştirme süreci pahalı olabilmektedir.

2.3.4 Yerleşim Dağıtım Modelleri

Yerleşim dağıtım modelleri ilk olarak okul, itfaiye ve hastane gibi kamu kuruluşlarının yer seçimi problemleri için geliştirilmiştir. Bu model oldukça esnek olmakla birlikte karar almada genellikle zaman ve hesaplama maliyeti kısıtı ile karşılaşılmaktadır (Lea ve Simmons, 1995).

2.3.5 Ağırlık Merkezi Metodu

Dağıtım mesafelerini ve dolayısı ile dağıtım maliyetlerin azaltılması depo, lojistik merkezi ya da askeri üs yeri seçme projelerinde oldukça önemli bir husustur. Ağırlık merkezi metodu dağıtım maliyetlerine odaklanmaktadır. Yer seçimi süreci boyunca göz önünde bulundurulması gereken birçok farklı faktörün bulunduğu da aşikârdır. Ağırlık merkezi metodu yer seçimi problemleri için temel bir çözüm sunmaktadır. Bu metodun çıktıları hala daha oldukça geçerlidir.¹ Aynı zamanda minisum yöntemi olarak adlandırılan bu metod bu çalışmada da yer seçimi problemi için kullanılmıştır.

2.3.6 Çok Kriterli Karar Verme Modelleri

Karar vericilerin bir proje üzerinde birçok bileşenle karşı karşıya kalmaları sık yaşanan bir durumdur. Yine de gerçekte, her bileşen sistemin bütünleyici ve ayrılmaz bir unsurudur. Sonuç olarak sistemdeki her bileşen değerlendirilmeye dâhil edilmelidir. Bu görev birçok mesleki disiplini bir arada bulundurmaya gerektirir. Bu yüzden herhangi bir konuda karar vermek disiplinler arası bir yaklaşım gerektirir.²

Temelinde karar vermek problem çözmek anlamına gelmektedir. Diğer bir deyişle karar verici sürekli bir çelişki içerisinde. Bazen basit bilimsel yöntemler sayısız çelişkileri çözmek için yeterli iken bazı zamanlarda ise olaya çok boyut ile yaklaşmak gerekli olmaktadır.³

Karar verme problemlerinde karar vericiler genellikle alternatifleri değerlendirebilmek için birden fazla kriter kullanırlar. Genellikle bu kriterler birbirleri ile çelişir konumdadır. Çok kriterli problemlerin birçok tipi bulunmaktadır ve günlük hayatta da oldukça sık karşımıza çıkmaktadır.

Örneğin, çok kriterli karar verme (MCDM) metotları devlet projeleri seçiminde, yeni ürün seçiminde, önemli bir pozisyon için aday seçiminde, ekipman planlarının hazırlanmasında, çeşitli tesislerin yer seçiminde kolaylıkla kullanılabilir. Çok kriterli

¹ Course Handbook, *Warehouse Site Selection Models*, Istanbul Technical University (ITU), 2000.

² Course Handbook, a.g.e.

³ Course Handbook, a.g.e.

karar verme, problemin birden fazla kriterli olduğu durumlarda karar vermeye yardımcı olur. MCDM metotları birden fazla boyutu ve disiplinler arası yaklaşımları bir arada bulundurmaktadır (Ragsdale, 2001).⁴

Çok kriterli karar verme metotları birçok farklı şekilde kategorize edilmektedir. Sıklıkla kullanılan MCDM metotlarının bazıları aşağıda sıralanmıştır:

Elektré karar verme sürecinin belirsiz ve kesin olmayan doğasını bir araya getirmek amacıyla B. Roy tarafından geliştirilmiştir. Sıralama ve seçme projelerinde, her bir projenin etkisini ölçen birden fazla boyuta sahip olması ve yine birden fazla karar verici olması sebebiyle zor ve karmaşık görevlerdir. Elektré metodu derece yükseltme, alaka göstermeme ve tercih etme aşamalarında bir kısım eşsiz özelliği çok boyutlu problemler ile başa çıkmada bir takım eşsiz özelliklere sahiptir (Buchanan vd., 1998).

Hwang ve Yoon (1981), ağırlıklandırılmış toplam metodunu (WSM) kullanarak her bir kriterin alternatifleri için performanslarının ağırlıklandırılmış toplamalarını hesaplamışlar, en iyi alternatifi seçmede ve en iyi küresel performansı sağlayan fikirleri belirtmede kullanılabilecek bir prosedür tanımlamışlardır.

Çok nitelikli fayda teorisi (MAUT), karar verme ağacındaki paradigmaya ve risk analizini temel alan ana faydaya dayalı bir yöntemdir. Çok nitelikli fayda teorisi birçok bakış açısını bünyesinde toplamaktadır.⁵

Saaty (2002), hedef ya da alternatifler için karşılaştırmalı bir liste yapmaya dayalı sistematik bir metot olan analitik hiyerarşi prosesini (AHP) sunmuştur. Analitik hiyerarşi prosesi nitelendirmesi zor olan karar verme bileşenlerinin karşılaştırılmasını içeren karmaşık kararlar için bilhassa uygundur. Analitik hiyerarşi prosesi karmaşık bir kararlar karşı karşıya kalındığında insan doğasının karar bileşenleri genel karakteristiklerine göre ayırmaya eğilimli olduğunu varsaymaktadır.

⁴ Course Handbook, a.g.e.

⁵ *Multi-Attribute Utility Theory*, Colombia University, 2002

Tercih sıralama organizasyonu metodu (PROMETHEE) elektré ile aynı prensibe dayalıdır ve karar vericinin her bir kritere bağı tercihinin tanımlar. Bu prosedür alternatiflerin kısmen düzenlenmesini sağlamaktadır (Fontana ve Cavalcante, 2014).

İdeal çözüme yakınlık ile sıralama tercihi tekniğı (TOPSİS) prosedürü ideal çözüme en yakın ve en kötü çözüme en uzak seçeneğı en iyi alternatif olarak belirlemektedir. (Yong, 2006)

Kanıtsal düşünce (ER) yaklaşımı sadece niteliksel ve niceliksel değlendirmelerin bir birleşimi değı aynı zamanda bilgi ve verilerin belirsiz ve kesin olmaması ile de başa çıkan bir yaklaşımdır. Bir kriterin durumu daha düşük seviyedeki faktörler (alt kriterler) ile belirlenmektedir.

Faktör puanlama metodu çoğunlukla diğr faktörler ile birlikte nümerik olarak değlendirilemeyen faktörlerin değlendirilmesi için kullanılır. Bu metodun uygulanması her bir faktör için en yüksek skorun hesaplanmasını, her bir faktörün çeşitli seviyelerinin belirlenmesini ve bu seviyeler için uygun puanların belirlenmesini içermektedir. Bu çalışmada kullanılacak metotlardan biri olarak seçildiğı için ilerleyen bölümlerde detaylı olarak tariflenecektir.

Ayıklama ve maliyet uygunluğu metodu her faktörün ağırlıklarının ve puanlarının atanması, daha sonra alternatif lokasyonların toplam puanlarının hesaplanarak önem derecesinin bulunmasını içerir.⁶

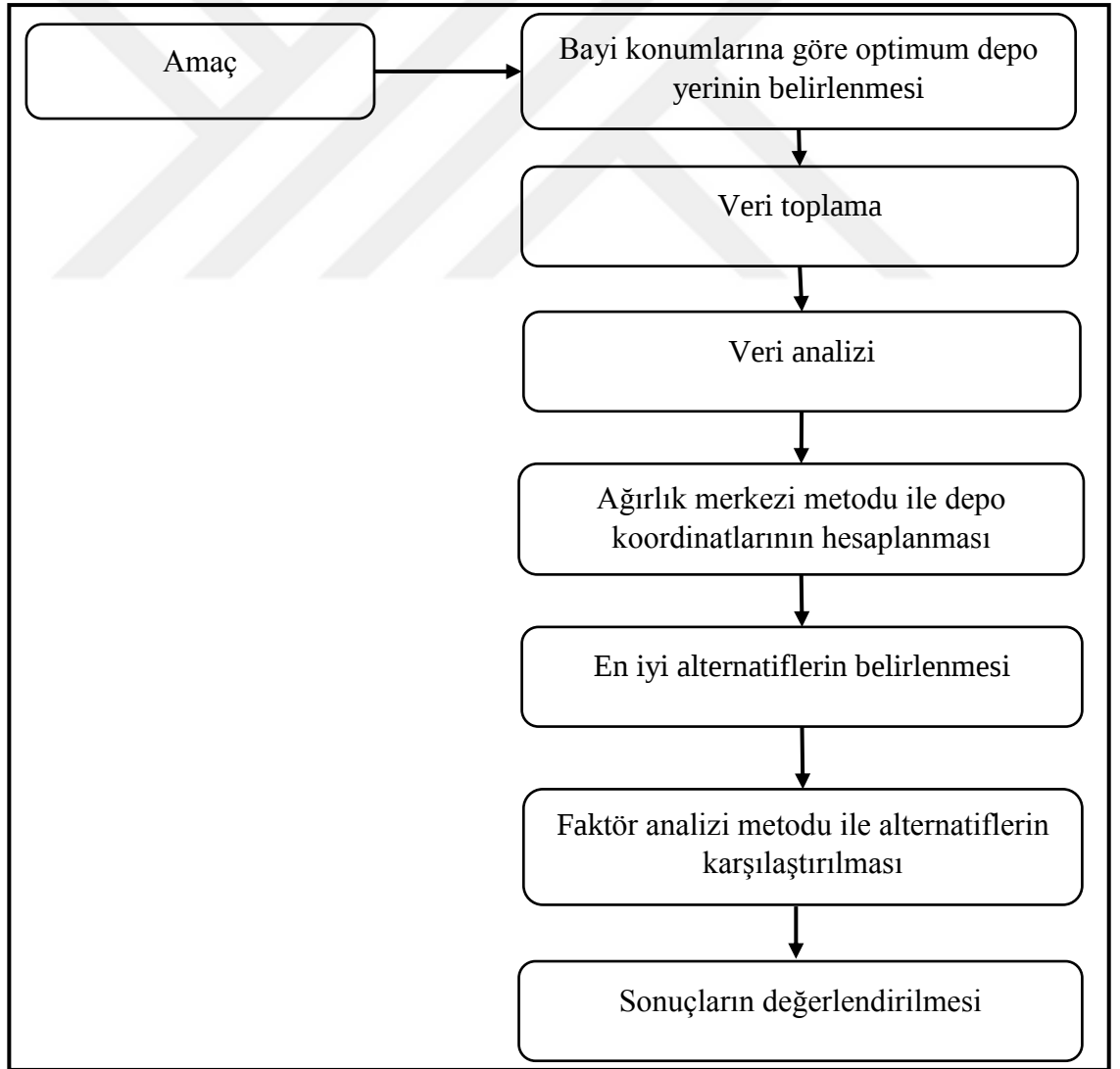
⁶ Course Handbook, a.g.e.

3. VERİ VE YÖNTEM

3.1 ÇALIŞMANIN MODELİ

Çalışmaya başlamadan önce ilk adım depo yer seçimi probleminin neden ortaya atıldığını belirlemektir. Bu çalışmada amaç bayi konumlarına göre optimum depo yerinin belirlenmesi, böylece bayilere yapılacak olan sevkiyatların optimize edilmesi olarak belirlenmiştir. Çalışma aşağıdaki şekil 3,1’de verilen çalışma modeline göre ilerletilecektir.

Şekil 3.1: Çalışmanın modeli



3.2 VERİ

Bu çalışmaya konu olan çok bayili bir üretim firmasının dağıtım kanallarının optimizasyonu için depo yer seçimi, mevcut durumda üretim lokasyonundan yapılan dağıtımın, bayi konumlarına göre yeniden düzenlenerek yeni bir lokasyon üzerinden yapılmasını ve bayi ağı dikkate alınarak kat edilecek mesafeyi, müşteri maliyetini, operasyon masraflarını ve en nihayetinde karlılığı, hizmet kalitesini ve taleplere cevap verme hızını optimize edecek yöntem araştırmayı hedeflemektedir.

Bu çalışmada 24 bayili bir otomotiv firmasının üretim yeri konumunda bulunan deposunun, bayilere göre yeniden konumlandırılması incelenecektir. Söz konusu olan 24 bayinin bir kısmı birden fazla lokasyona sahip olup alt lokasyonlar ile birlikte toplam 63 adet sevkiyat noktası bulunmaktadır.

Bayilerin isimleri ticari gizlilik sözleşmeleri gereği saklanmış ve alfabetik olarak kodlama gerçekleştirilmiştir. Bir bayinin alt lokasyonları için aynı harf kodunun yanına lokasyon numaraları ilave edilmiştir (Ör. A, A-1).

Bayilere ve alt lokasyonlarına yapılan sevkiyat yoğunluğunun belirlenmesi için son 1 yılın sevkiyat verileri toplanmıştır. Bu veriler doğrultusunda bayi kodlarına gerçekleştirilen sevkiyat adetleri aşağıdaki tablo 3,1’de verilmiştir. Tabloda sevkiyat sayılar, bayiye yapılan yıllık tam kapasite sevkiyatı ifade eder.

Tablo 3.1: Bayi konumları ve sevkiyat adetleri

Bayi Kodu	Konum	Sevkiyat sayısı
A	NILUFER	14
A-1	ADAPAZARI	4
A-2	AKSEHIR	4
A-3	BAYRAKLI	1
A-4	ÇORLU	1
A-5	ESKISEHIR	1
A-6	GEBZE	1
A-7	KARATAY	1
A-8	ONDER	1
A-9	UMRANIYE	1
A-10	ZONGULDAK	3
B	OSMANGAZI	16

C	İZMİR	3
C-1	GAZİEMİR	8
C-2	KEMALPAŞA	52
D	BORNOVA	18
E	YENİMAHALLE	47
F	İKİTELLİ	12
G	BAŞAKŞEHİR	3
G-1	BORNOVA	2
G-2	DENİZLİ	7
G-3	KONYA	2
H	ADAPAZARI	17
H-1	ESENYURT	22
H-2	GAZİANTEP	16
H-3	KEMALPASA	29
H-4	MELİKGAZI	28
H-5	ORHANLI	32
H-6	OSMANGAZI	36
H-7	OSTİM	20
H-8	SELCUKLU	22
H-9	SEYHAN	14
H-10	TEKKEKOY	19
I	KAYISDAGI	16
J	ADANA	1
J-1	ANTAKYA	17
J-3	GAZİANTEP	2
K	BASAKSEHIR	17
L	ANTALYA	34
L-1	BESEVLER	1
L-2	BORNOVA	3
L-3	HONAZ	1
L-4	ISPARTA	1
L-5	KUTLUKENT	3
L-6	MERAM	2
M	UMRANIYE	23
N	SEYHLİ	5
O	BAŞAKŞEHİR	5
O-1	İLKADIM	6
O-2	KÜÇÜKÇEKMECE	14
O-3	OSTİM	8
P	ATASEHIR	25
P-1	GEBZE	12
R	BASAKSEHIR	53
S	SEYHAN	67
S-1	TUZLA	28
T	SELCUKLU	6
U	BASAKSEHIR	13
V	BAŞAKŞEHİR	21
V-1	KONYA	4
X	ESENYURT	8
Y	GAZİANTEP	26
Z	SASMAZ	11

Çalışma yöntemi olarak ağırlık merkezi metodu seçildiği için bayilerin bulunduğu adreslerin koordinatları depo yer seçimi probleminin çözümünde ana girdilerden birini oluşturmaktadır. Buradan yola çıkarak Google Earth programı üzerinden bayi adresleri bulunmuş ve koordinatlar hem enlem hem de boylam olarak derece, dakika, saniye cinsinden belirlenmiştir. Bayi kodlarına göre bulundukları koordinatlar aşağıdaki tablo 3.2’de verilmiştir. Tabloda X koordinatı enlemi, Y koordinatı ise boylamı ifade etmektedir.

Tablo 3.2: Bayi konumları ve koordinatları

Bayi Kodu	Konum	X Koordinatı	Y Koordinatı
A	NILUFER	28,550829	40,122857
A-1	ADAPAZARI	30,224004	40,460033
A-2	AKSEHIR	31,260196	38,210713
A-3	BAYRAKLI	27,030351	38,294335
A-4	ÇORLU	27,501161	41,085039
A-5	ESKISEHIR	30,381031	39,441356
A-6	GEBZE	29,265248	40,502196
A-7	KARATAY	32,525052	37,483806
A-8	ONDER	32,294395	37,541725
A-9	UMRANIYE	29,070504	41,012707
A-10	ZONGULDAK	31,490945	41,270636
B	OSMANGAZI	29,034478	40,125409
C	İZMİR	27,100866	38,254806
C-1	GAZİEMİR	27,081036	38,195933
C-2	KEMALPAŞA	27,240937	38,260351
D	BORNOVA	27,133084	38,284098
E	YENİMAHALLE	32,443338	39,584249
F	İKİTELLİ	28,554116	40,141923
G	BAŞAKŞEHİR	28,473974	41,055973
G-1	BORNOVA	27,144693	38,253156
G-2	DENİZLİ	29,042448	37,481932
G-3	KONYA	32,323692	37,532743
H	ADAPAZARI	30,251423	40,475239
H-1	ESENYURT	28,380638	41,024193
H-2	GAZİANTEP	37,244629	37,031095
H-3	KEMALPASA	27,240629	38,260511
H-4	MELİKGAZI	35,373318	38,421862
H-5	ORHANLI	29,232295	40,524592
H-6	OSMANGAZI	29,034301	40,124864
H-7	OSTİM	32,442532	39,581482
H-8	SELCUKLU	32,305187	37,455138
H-9	SEYHAN	35,144804	36,591848

H-10	TEKKEKOY	36,253465	41,141187
I	KAYISDAGI	29,100986	41,000326
J	ADANA	35,234061	36,584717
J-1	ANTAKYA	36,100086	36,122561
J-3	GAZIANTEP	37,241341	37,034521
K	BASAKSEHIR	28,474353	41,060335
L	ANTALYA	30,464133	36,545919
L-1	BESEVLER	28,552816	40,102418
L-2	BORNOVA	27,132465	38,224394
L-3	HONAZ	29,161507	37,451662
L-4	ISPARTA	30,355372	37,451292
L-5	KUTLUKENT	36,253859	41,140959
L-6	MERAM	32,252123	37,492202
M	UMRANIYE	29,070855	41,013291
N	SEYHLI	29,171796	40,540381
O	BAŞAKŞEHİR	28,473323	41,051217
O-1	İLKADIM	36,144284	41,173506
O-2	KÜÇÜKÇEKMECE	28,474388	41,002891
O-3	OSTİM	32,450173	39,522652
P	ATASEHIR	29,061742	40,583963
P-1	GEBZE	29,275412	40,480942
R	BASAKSEHIR	28,474252	41,060017
S	SEYHAN	35,144754	36,591821
S-1	TUZLA	29,232335	40,524819
T	SELCUKLU	32,311878	37,562581
U	BASAKSEHIR	28,483956	41,043374
V	BAŞAKŞEHİR	28,483288	41,041234
V-1	KONYA	33,332705	37,522931
X	ESENYURT	28,390137	41,045872
Y	GAZIANTEP	37,240011	37,032472
Z	SASMAZ	32,425629	39,562653

3.3 YÖNTEM

Bu çalışmada ağırlık merkezi metodu yöntem olarak seçilmiştir. Bu yöntem “Coğrafi Koordinatlar Yöntemi” olarak da bilinir. Depo, ikmal merkezi, üs, lojistik köy gibi bazı problemlerde taşımacılık maliyetlerinin ya da süresinin en küçüklenmesi, diğer etkenlere göre daha yüksek öneme sahiptir.

Çalışma kapsamında önce ağırlık merkezi metodu hakkında bilgi verilecek ardından ağırlık merkezi hesaplama yöntemleri tanıtılarak çalışmada kullanılacak hesaplama yöntemlerinin detayına inilecektir.

3.3.1 Ağırlık Merkezi Metodu

Daha önce de belirtildiği üzere ağırlık merkezi metodu, toplam taşıma mesafesini dolayısıyla da taşıma maliyetlerini en azlamaya dayanan bir yöntemdir. Bunu yaparken, taşıma mesafeleri hakkında ağırlık merkezi metodunda iki temel varsayımda bulunulur.

- a. Taşıma mesafesinin en aza indirilmesi lokasyon seçimindeki tek faktördür.
- b. Taşıma mesafesi ile taşıma maliyetleri doğru orantılı olarak değişmektedir.

Toplam taşıma mesafesini dolayısıyla da taşıma maliyetlerini minimuma indirerek en iyi lokasyonu hesaplayabilmek için devamında aşağıdaki ek bilgiler de bilinmelidir.¹

- a. Tüm müşteri lokasyonlarına taşınacak kargo miktarı
- b. Belli bir grid sistemindeki tüm konumların coğrafi koordinatları
- c. Birim taşıma maliyeti

Değişkenlerin matematiksel gösterimleri aşağıdaki gibidir (Francis vd., 1992).

$P_i (X_i; Y_i)$: Müşteri lokasyonu koordinatları i.

$T (X; Y)$: En iyi lokasyonun koordinatları.

$d (T-P_i)$: T ve P_i lokasyonları arasındaki mesafe (km).

C_i : T ve P_i arasında bir birim yükü bir birim aralığa taşımak için ulaşım maliyeti (maliyet/kg*km).

Q_i : T ve P_i , arasında taşınan yük miktarı (kg).

n : Müşteri lokasyonu sayısı

TC : Toplam taşıma maliyeti (Türk Lirası= TL).

Amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$TC_{min} = \sum_{i=1}^n [C_i * Q_i * d(T - P_i)] \quad (3.1)$$

Bu yöntemin amacı, toplam ulaşım maliyetlerini en aza indirgeyen T (X; Y) konumunun koordinatlarını bulmaktır. C_i , Q_i ve n sabit değerlerdir. Tek değişken mesafe: $d(T-P_i)$. Mesafe üç farklı yolla hesaplanabilir (Francis vd., 1992) (Chase ve Aquilano, 1995).

i.*Düz Çizgili Mesafe*: Karayolu taşımasında düz hatta sahip sokak ya da koridor yapısındaki ağlarda kullanılması düşünülebilir. Müşteri lokasyonu ile en iyi lokasyon arasındaki düz çizgili mesafe aşağıdaki gibi hesaplanır (Francis vd., 1992).

$$d(T - P_i) = |X - X_i| + |Y - Y_i| \quad (3.2)$$

ii.*Doğrusal (Öklidyen) Mesafe*: Hava taşımalarının yaygınlaşması ile uçuş mesafelerin doğrusal kabul edildiği taşıma tipleri için kullanılabilir. Müşteri lokasyonu ile en iyi lokasyon arasındaki doğrusal mesafe aşağıdaki gibi hesaplanır (Francis vd., 1992).

$$d(T - P_i) = \sqrt{[(X - X_i)^2 + (Y - Y_i)^2]} = [(X - X_i)^2 + (Y - Y_i)^2]^{1/2} \quad (3.3)$$

iii.*Doğrusal Uzaklığın Karesi (Merkezi Yöntem)*: Doğrusal uzaklık problemlerinde konveksin tepe noktası hattın kesintiye uğradığı yerdir. Hattın konveksin tepesi ile kesintiye uğramadığı durumlarda mesafeler öklidyen yöntem ile hesaplanır. Taşıma maliyetlerini en azlamak için kullanılan doğrusal uzaklıkların karesi yöntemi merkezi yöntem olarak adlandırılır. Bu yöntemle ulaşılan merkez, taşıma maliyetlerini en aza indiren yepyeni bir tesis konumu olarak elde edilir. Sınır belirleme olarak da bilinen bu metotla elde edilen disk şeklindeki merkez konumu, optimum noktayı oluşturmakla beraber basit bir fonksiyondur. Belirlenen sınır içindeki diğer muhtemel konumları da değerlendirmek açısından kullanışlı bir yaklaşımdır. Yeni belirlenen konum merkez lokasyona ne kadar yakın ise çözüm o kadar iyi anlamına gelmektedir. Bu yöntem için uzaklıklar aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır (Francis vd., 1992).

$$d(T - P_i) = (X - X_i)^2 + (Y - Y_i)^2 \quad (3.4)$$

Bu çalışmada Bursa'da bulunan 24 bayili bir otomotiv firmasının depo yeri seçimi problemi örnek olarak işlenecektir. Firma bayii sevkiyatlarını karayolu taşımacılığı ile

gerçekleştirdiği için doğrusal (öklidyen) mesafe metodu çalışmanın kapsamı dışında bırakılmıştır. Problemin çözümünde düz çizgili mesafe ve doğrusal uzaklığın karesi metotları kullanılacağından hesaplama yöntemleri aşağıda daha detaylı bahsedilmiştir.

Düz çizgili mesafe yöntemi ile hesaplamada W_i , "i" müşterisinin Q_i yükünün T (en iyi konum) ve P_i (müşteri konumu) arasındaki birim mesafede taşınmasının C_i (taşıma maliyeti) ile çarpımıdır. Kısaca özetlemek gerekirse W_i "ağırlıklandırılmış yük değerleri" olarak adlandırılacaktır ve aşağıdaki formülle hesaplanacaktır (Francis vd., 1992):

$$W_i = C_i * Q_i \quad (3.5)$$

Toplam taşıma maliyetinin formülü aşağıda görüldüğü gibidir (Francis vd., 1992):

$$TC = \sum_{i=1}^n [W_i * (|X - X_i| + |Y - Y_i|)] \quad (3.6)$$

$$TC = \sum_{i=1}^n (W_i * |X - X_i|) + \sum_{i=1}^n (W_i * |Y - Y_i|) \quad (3.7)$$

$$TC = \text{Min } f(x) + \text{Min } f(y) \quad (3.8)$$

$f(x)$, x yönündeki toplam taşıma maliyetini, $f(y)$ ise y yönündeki toplam taşıma maliyetini ifade etmektedir. Bu şekilde birbirinden tamamen bağımsız iki problem olan, x yönündeki taşıma maliyetinin ve y yönündeki taşıma maliyetinin en azlanması problemleri çözülerek minimum toplam maliyet elde edilebilir.

Her iki fonksiyonu da en azlayan X ve Y değerleri aşağıdaki formüller ile elde edilmektedir (Francis vd., 1992).

$$\text{En büyük kümülatif } W_i \text{ toplamı} < \frac{1}{2} * \sum_{i=1}^n W_i \quad (3.9)$$

$$\text{En küçük kümülatif } W_i \text{ toplamı} \geq \frac{1}{2} * \sum_{i=1}^n W_i \quad (3.10)$$

W_m 3.9 ve 3.10 numaralı denklemler arasındaki eşitsizlikleri karşılayan toplam ağırlıklandırılmış yük değeridir (W_i nin kümülatif toplamı).

W_m ortalama $\frac{1}{2} * \sum_{i=1}^n W_i$ değerinden büyük olduğunda en iyi konumun koordinatları W_m değerine ait olan x ve y ortalama değerlerini verir (m'inci X değeri= X_m ve m'inci Y değeri= Y_m). Eğer W_m ortalamaya eşit ise bu koordinatlar X ve Y arasındaki aralığı verir (Francis vd., 1992):
[X_m, X_{m+1}] ya da [Y_m, Y_{m+1}]

En iyi konumu belirlemek için aşağıdaki adımlar izlenir (Francis vd., 1992):

- En iyi konumun apsisini (X) bulmak için bir tablo ve ordinatını (Y) bulmak için de başka bir tablo oluşturulur.
- Talep merkezlerinin apsis ve ordinatları küçükten büyüğe doğru sıralanır.
- Müşteri konumlarının W_i ($C_i * Q_i$) değeri hesaplanır.
- W_i değerlerinin kümülatif toplamı hesaplanır ve veri tablosunda bir sütun halinde listelenir.
- $\sum W_i$ (ağırlıklandırılmış yük değerlerinin toplamı) hesaplanır.
- Orta değer ($1/2 \sum W_i$) hesaplanır.
- W_i sütununun kümülatif toplamından ($1/2 \sum W_i$)' ye eşit olan değer bulunur.

Eğer ($1/2 \sum W_i$) değeri W_i 'nin kümülatif toplamı içerisinde yer almıyorsa, ($1/2 \sum W_i$)' ye en yakın ancak kendisinden büyük değer seçilir. Bu satırlardaki apsis ve ordinat değerleri toplam taşıma maliyetini en azlayan T (X;Y) noktasını verir.

Doğrusal uzaklığın karesi yöntemi ile hesaplama yönteminde W_i ($W_i = C_i * Q_i$) ağırlıklandırılmış yük değerinin ifade etmektedir.

T ve P_i konumları arasındaki uzaklık fonksiyonu (Francis vd., 1992):

$$d(T-P_i) = (X-X_i)^2 + (Y-Y_i)^2. \quad (3.11)$$

Böylece toplam taşıma maliyeti fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$TC = \sum_{i=1}^n \{W_i * [(X - X_i)^2 + (Y - Y_i)^2]\} \quad (3.12)$$

Bu fonksiyonu en azlayan T (X;Y) noktası aşağıdaki şartları karşılamalıdır:

$$\partial TC / \partial X = 0 \text{ ve } \partial TC / \partial Y = 0. \quad (3.13)$$

En iyi konumun koordinatları yukarıdaki kısmi türevleri sıfıra eşitleyerek elde edilmektedir. Sonuç olarak en iyi konumun apsis (X) ve ordinatı (Y) aşağıdaki gibi elde edilmektedir (Francis vd., 1992):

$$\frac{\partial TC}{\partial X} = 2 \sum_{i=1}^n \{W_i * (X - X_i) = 0 \quad (3.14)$$

$$= X \sum_{i=1}^n W_i - \sum_{i=1}^n (W_i * X_i) = 0 \quad (3.15)$$

$$X \sum_{i=1}^n W_i = \sum_{i=1}^n (W_i * X_i) \quad (3.16)$$

ve X şu yöntemle hesaplanır:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n (W_i * X_i)}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (3.17)$$

Y de aynı yöntem ile hesaplanır:

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n (W_i * Y_i)}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (3.18)$$

3.3.2 Faktör Puanlama Metodu

Çalışılan sanayi kolu önemli olmaksızın uygun yer seçiminde birçok analitik yöntem kullanılabilmektedir. Bu yöntemlerden en çok kullanılanı faktör puanlama yöntemidir ve temel adımları şu şekilde sıralanabilir. (Gold ve Marvick, 1997)

Adım 1: İlgili faktörlerin listesi yapılır.

Adım 2: Kuruluş için teşkil ettiği öneme göre her bir faktör için ağırlık belirlenir.

Adım 3: Faktörler için puanlama tablosu oluşturulur.

Adım 4: Tabloya dayalı olarak her faktör için alternatif lokasyonları puanlandırılır.

Adım 5: Her faktörün puanı ağırlığı ile çarpılır ve her lokasyon için toplam ağırlıklı puan hesaplanır.

Adım 6: Diğer faktörleri de göz önünde bulundurarak en yüksek puana göre öneride bulunulur.

Faktör puanlama metodunda yeni bir tesis yeri için alternatifler değerlendirilirken ilk olarak en önemli faktörler belirlenmelidir. Sonrasında her bir alternatif bu etkin faktörlere göre 0-100 arasında puanlanacaktır. Puanlamalar bittikten sonra her bir alternatif için ağırlıklı puan ortalaması hesaplanacaktır. Ağırlıklı puan ortalaması en yüksek olan alternatif en iyi alternatif olarak seçilir.

Nihai tesisin coğrafi konumunun sanayi kuruluşunun başarısı üzerinde güçlü bir etkisi vardır. Bu sebeple tesis yeri seçimine azami önem gösterilmeli ve birçok faktör göz önünde bulundurulmalıdır. İlk olarak üretim ve dağıtım maliyetinin en az olabileceği bir yer olmasına dikkat edilmeli fakat operasyon başarısı için büyüme alanı ve güvenli yaşam koşullarının yanı sıra bölge halkı da ayrıca önem taşımaktadır (Sreekantaradhya, 1985).

Nihai yer seçimi çeşitli coğrafi bölgelerin ve mevcut gayrimenkul yapısının avantaj ve dezavantajlarının detaylı bir araştırmasına dayalı olmalıdır. Göz önünde bulundurulması gereken çeşitli faktörler aşağıda sıralanmıştır (Elwood, 1986)

- a. Ham maddeye ulaşılabilirlik: Ham madde kaynağı tesis yeri seçimini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Hammaddenin satın alma fiyatı, tedarik kaynağına olan uzaklık, taşıma masrafları, tedarik sürekliliği, hammaddelerin temizliği ve depolama ihtiyaçları önem verilmesi gereken noktalardır.
- b. Lokasyon: Pazar ve ara dağıtım merkezlerinin lokasyonu ürün dağıtım maliyetini ve sevkiyat süresini etkilemektedir. Ana pazara yakınlık tesis yeri seçiminde göz önünde bulundurulması gereken önemli bir faktördür, çünkü alıcılar genel olarak yakın kaynaklardan satın almayı bir avantaj olarak görmektedir. Örneğin, bir sülfirik asit tesisinde ana tüketiciler gübre sanayii sektörüdür. Bu yüzden de tesisin bu birimlere yakın bir yerde kurulması gerekir.
- c. Uygun yer varlığı: Aranılan yerin karakteristikleri dikkatli bir şekilde incelenmelidir. Arazinin toprak yapısı dikkate alınmalıdır. Çünkü arazi de toprak da inşaat sürecinde ciddi etkiler yaratabilmektedir. Bölgedeki inşaat maliyetleri ve yaşama koşulları kadar arazi maliyeti de önemlidir. Gelecekteki ihtiyaçlar tesisin büyütülmesi isteğini ya da ihtiyacını doğurabilir. Arazinin idealde düz, drenajı kuvvetli ve yük dayanımı iyi bir yapıda olması beklenir. İnşaat temelindeki ihtiyaçların belirlenebilmesi için bir yerin tam anlamı ile değerlendirilmesi gereklidir.
- d. Taşıma: Tesise gelen ve giden ürün ve malzemelerin taşınması yer seçiminde başlıca faktörlerden biri olarak ele alınmalıdır. Eğer uygulanabilirliği var ise seçilecek yer, ana taşıma şekilleri olan kara, demir ya da deniz yollarından en az iki tanesine yakın olmalıdır. Demir yolu taşımacılığı uzak mesafe taşımalarında daha hesaplı bir alternatiftir. Eğer mümkün ise tesis her üç taşıma şekline de erişilebilir olmalıdır. Seçilecek tesis lokasyonu ile ana merkez arasında genellikle uygun bir demir yolu ağı ve hava alanı bulunmasına ve tesis personelinin etkin taşınmasını destekleyecek taşıma kabiliyetine ihtiyaç vardır.
- e. İş gücü potansiyeli: Tesisin kuruluşunda ve işletilmesi iş gücü kritik bir öneme sahiptir. Uсталık gerektiren inşaat işleri genelde taşere edilir fakat bölgede vasıfsız işçi ve tesisin işletilmesi için yetiştirilebilecek işçi havuzu bulunmalıdır. Tesis bakımı için tecrübeli elemanlar gereklidir. İş gücü istihdamı ve eğitimi için imkânlar değerlendirilirken yerel çalışma gelenekleri ve kısıtlayıcı uygulamalar da göz önünde bulundurulmalıdır.

- f. Hizmet sağlayıcılara yakınlık: Üretim prosesi operasyonlarında ihtiyaç duyulan hizmetler genel olarak yardımcı hizmetler olarak tanımlanır. Su, yakıt ve elektriğin de içinde bulunduğu bu hizmetler ana hizmet sağlayıcısından temin edilmektedir. (Kumar vd., 2003)
- g. Su: Sanayi kuruluşlarında genel kullanım, soğutma suyu, yıkama, buhar üretimi ve ham madde olarak suya ihtiyaç vardır. Bu sebeple tesis göl, nehir, kuyu ve deniz gibi su kaynaklarına yakın bir yerde konumlandırılmalıdır. Su temini mevsimsel dalgalanma gösteriyor ise bir su deposu inşa edilmeli ya da yedek kuyu açılmalıdır. Sıcaklık, mineral yapısı, kum içeriği, temin ve arıtma maliyeti su kaynağı seçilirken göz önünde bulundurulması gereken faktörlerdir.
- h. Elektrik: Çoğu sanayi kuruluşunda güç ve iletim ihtiyacı yüksektir. Bazı durumlarda alternatif güç ihtiyacını karşılamak adına yakıt kullanımı da gerekmektedir. Jeneratör, motor, türbin, tesis ışıklandırması ve genel kullanım için güç, iletim ve bazı durumlarda yakıt gereklidir. Bu yüzden tesis yeri seçiminde ana faktörlerden biri olarak ele alınmalıdır.
- i. Yerel halkın yapısı: Önerilen tesis yeri bölgeye uyumlu ve bölge halkı tarafından kabul edilebilir olmalıdır. Bölgedeki halk için risk oluşturmayacak güvenli bir tesis yeri seçilmelidir.
- j. İklim: Kötü iklim koşulları operasyon maliyetlerini arttırma etkisine sahiptir. Aşırı düşük sıcaklıklar ek yalıtım ve ekipmanlar için özel ısıtma ihtiyacı doğuracaktır. Benzer bir şekilde aşırı nem ve yüksek sıcaklık da ciddi problemlere sebep olabileceği için tesis yeri seçiminde göz önünde bulundurulmalıdır. Şiddetli rüzgârların ve depremlerin olduğu bilgelere daha güçlü yapılara ihtiyaç olması tahmin edilebilir bir durumdur.
- k. Politik ve stratejik yapı: Sermaye desteği, vergi muafiyeti ve diğer teşvikler işsizlik oranının yüksek olduğu bölgelerde yatırımı arttırma amacıyla hükümet tarafından sağlanan ayrıcalıklardır. Tesis yeri seçilirken bu tür teşviklerin var olup olmadığı dikkate alınmalıdır.
- l. Vergi ve yasal kısıtlamalar: Bölgedeki gelir vergisi oranları, işsizlik sigortaları ve benzer hususlar bölgeden bölgeye değişiklik gösterebilmektedir.

Bu çalışmada öncelikle ağırlık merkezi metodu kullanılarak optimum depo yeri seçim yapılacak, sonrasında tespit edilen koordinatın yakın çevresinde alternatif lokasyonlar belirlenecektir. Alternatif lokasyonlar arasından faktör puanlama yöntemi kullanılarak en iyi alternatif depo yeri seçilecektir. Depo yeri seçiminde göz önünde bulundurulacak faktörler çalışma açısından taşıdığı öneme göre aşağıdaki gibi sıralanarak kısaca açıklanacaktır.

- a. Pazara yakınlık(coğrafi konum): Ana pazara yakınlık alıcılar için ürün fiyatlarının ve talep edilen ürünün sevkiyat süresinin azalması, satıcılar için ise taşıma maliyetlerinin azalması ve müşteri memnuniyetinin artması gibi anlamlar taşımaktadır.
- b. Ana yollara yakınlık: Ana yollara yakınlık ürünün mümkün olan en kısa sürede ve en iyi şartlarda müşteriye ulaştırılması için önemli bir faktördür.
- c. Arazi maliyeti: Arazi maliyeti satın alma veya kiralama açısından en büyük sabit işletme giderlerinden biri olduğu için bir faktör olarak değerlendirilmiştir.
- d. İklim koşulları: Özellikle kış aylarında buzlanma ve don olayları lojistik operasyonlarını olumsuz etkilediğinden dolayı bir faktör olarak ele alınmıştır.
- e. Nitelikli iş gücü: Lojistik operasyonların yönetiminde irsaliye, stok ve FIFO takibi, reachtruck ve forklift kullanımı gibi işlemler için nitelikli iş gücü ihtiyacı bulunmasından dolayı bir faktör olarak değerlendirilmiştir.
- f. Niteliksiz iş gücü: Lojistik operasyonlarının işletilmesinde taşıma, elleçleme, sevkiyata hazırlama, barkod alma ve el terminali kullanımı işlemleri için niteliksiz iş gücü ihtiyacı bulunmasından dolayı bir faktör olarak değerlendirilmiştir.
- g. Yerleşim alanına uzaklık: Seçilen bölgenin yerleşim alanına olan uzaklığı, ulaşım imkânları iş gücünün işe olan katılımında bir tercih sebebi olmasından dolayı bir faktör olarak ele alınmıştır.
- h. Enerji kaynaklarının sürekliliği: Lojistik operasyonlarında kısmi ve/veya sürekli duruşa sebep olabilecek enerji kesintileri bir faktör olarak ele alınmıştır.

Görüldüğü üzere bu faktörler nitel (iş gücü potansiyeli) olabildiği gibi nicel (yerleşim alanına uzaklık) parametreler de olabilir. Nicel parametreler için veri analizi yapılarak bir puan belirlenirken, nitel parametreler için uzman görüşü, yönetici tercihi gibi puanlama kaynakları kullanılır.

4. BULGULAR

4.1 AĞIRLIK MERKEZİ METODU İLE HESAPLAMA

Ağırlık merkezi metodu ile hesaplamanın yapılabilmesi için daha önce 3. bölümde veri başlığı altında paylaşılan bayi konumları, koordinatları ve sevkiyat adetleri ile 3. bölümde yöntem başlığı altında tarif edilen ağırlık merkezi hesaplama formülleri Excel programına aktarılmış ve sonuçları aşağıdaki tablo 4.1’de verilmiştir. Ağırlık merkezinin koordinatları hesaplanırken doğrusal uzaklığın karesi yöntemi ile hesaplama yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem için kullanılan formüller 3. bölümde yöntem başlığı altında verilen 3.17 ve 3.18 numaralı formüllerdir.

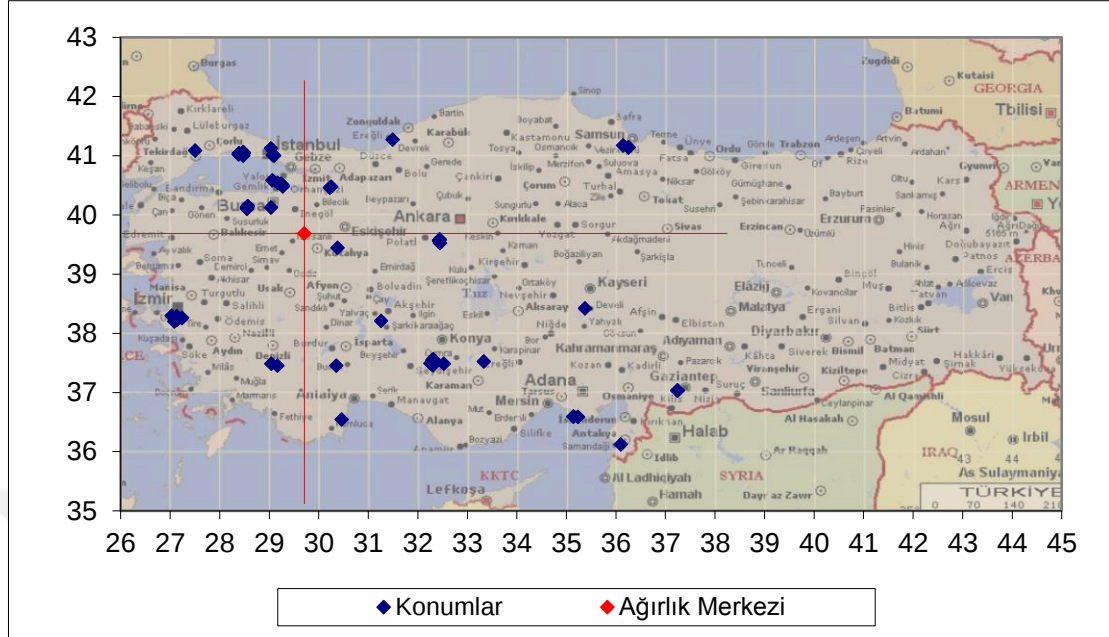
Tablo 4.1: Ağırlık merkezi hesaplama cetveli

Bayi Kodu	X Koordinatı	Y Koordinatı	Sevkiyat Adedi
A	28,550829	40,122857	14
A-1	30,224004	40,460033	4
A-2	31,260196	38,210713	4
A-3	27,030351	38,294335	1
A-4	27,501161	41,085039	1
A-5	30,381031	39,441356	1
A-6	29,265248	40,502196	1
A-7	32,525052	37,483806	1
A-8	32,294395	37,541725	1
A-9	29,070504	41,012707	1
A-10	31,490945	41,270636	3
B	29,034478	41,125409	16
C	27,100866	38,254806	3
C-1	27,081036	38,195933	8
C-2	27,240937	38,26035	52
D	27,133084	38,284098	18
E	32,443338	39,584249	47
F	28,554116	40,141923	12
G	28,473974	41,055973	3
G-1	27,144693	38,253156	2
G-2	29,042448	37,481932	7
G-3	32,323692	37,532743	2
H	30,251423	40,475239	17
H-1	28,380638	41,024193	22
H-2	37,244629	37,031095	16
H-3	27,240629	38,260511	29
H-4	35,373318	38,42186	28

H-5	29,232295	40,524592	32
H-6	29,034301	40,124864	36
H-7	32,442532	39,581482	20
H-8	32,305187	37,455138	22
H-9	35,144804	36,591848	14
H-10	36,253465	41,141187	19
I	29,100986	41,000326	16
J	35,234061	36,584717	1
J-1	36,100086	36,122561	17
J-3	37,241341	37,034521	2
K	28,474353	41,060335	17
L	30,464133	36,545919	34
L-1	28,552816	40,102418	1
L-2	27,132465	38,224394	3
L-3	29,161507	37,451662	1
L-4	30,355372	37,451292	1
L-5	36,253859	41,140959	3
L-6	32,252123	37,492202	2
M	29,070855	41,013291	23
N	29,171796	40,540381	5
O	28,473323	41,051217	5
O-1	36,144284	41,173506	6
O-2	28,474388	41,002891	14
O-3	32,450173	39,522652	8
P	29,061742	40,583963	25
P-1	29,275412	40,480942	12
R	28,474252	41,060017	53
S	35,144754	36,591821	67
S-1	29,232335	40,524819	28
T	32,311878	37,562581	6
U	28,483956	41,043374	13
V	28,483288	41,041234	21
V-1	33,332705	37,522931	4
X	28,390137	41,045872	8
Y	37,240011	37,032472	26
Z	32,425629	39,562653	11
QW	28,570039	40,144963	857

Tablo 4.1’de bayi kodları dışında görünen QW konumu fabrika lokasyonunu belirlemekte, sevkiyat sayısı ise belirlenecek alternatif lokasyona fabrikadan yapılacak sevkiyatları ifade etmektedir. En çok sevkiyat fabrikadan alternatif lokasyona yapılacağı için depo yeri belirlenirken fabrika konumu ve koordinatları da hesaplamaya dâhil edilmiştir. Tablo 4.1’deki veriler analiz edildiğinde ortaya çıkan ağırlık merkezi koordinatları, X: 29,709673, Y:39,687225 olarak belirlenmiştir. Bu koordinatların Türkiye haritası üzerinde işaretlenmesi ile elde edilen bölge şekil 4.1’de verilmiştir.

Şekil 4.1: Ağırlık merkezinin Türkiye haritasındaki izdüşümü



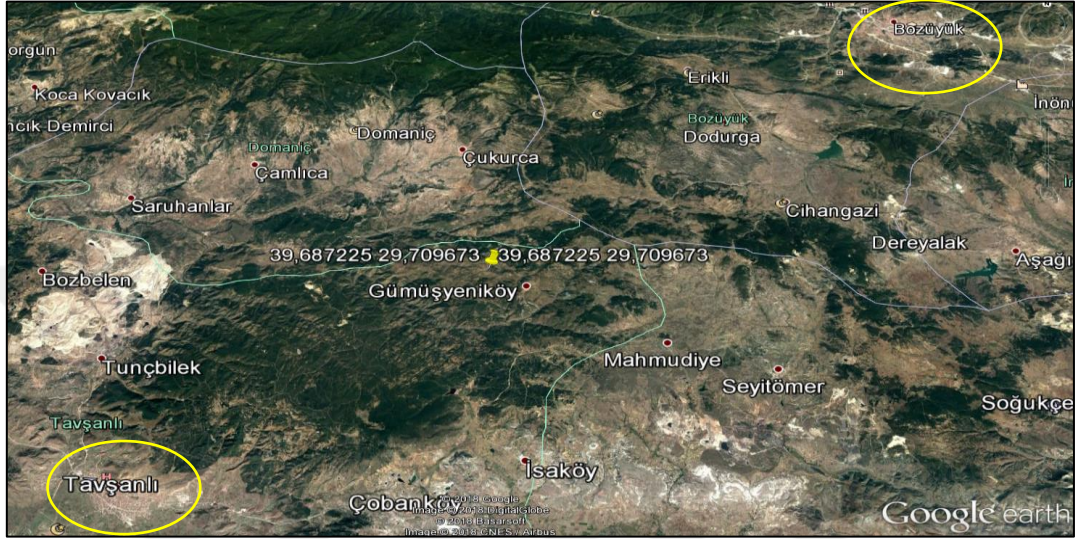
Şekil 4.1’ de harita üzerinde gösterilen koordinatlar Google Earth programına yazıldığında şekil 4.2’ de görülen uydu görüntüsü elde edilmiş ve koordinatların kesiştiği nokta Kütahya’nın Tavşanlı ilçesine bağlı Arifler köyü yakınlarında çıkmış ve sarı pin ile işaretlenmiştir.

Şekil 4.2: Ağırlık merkezi koordinatlarının kesişim merkezinin uydu görüntüsü



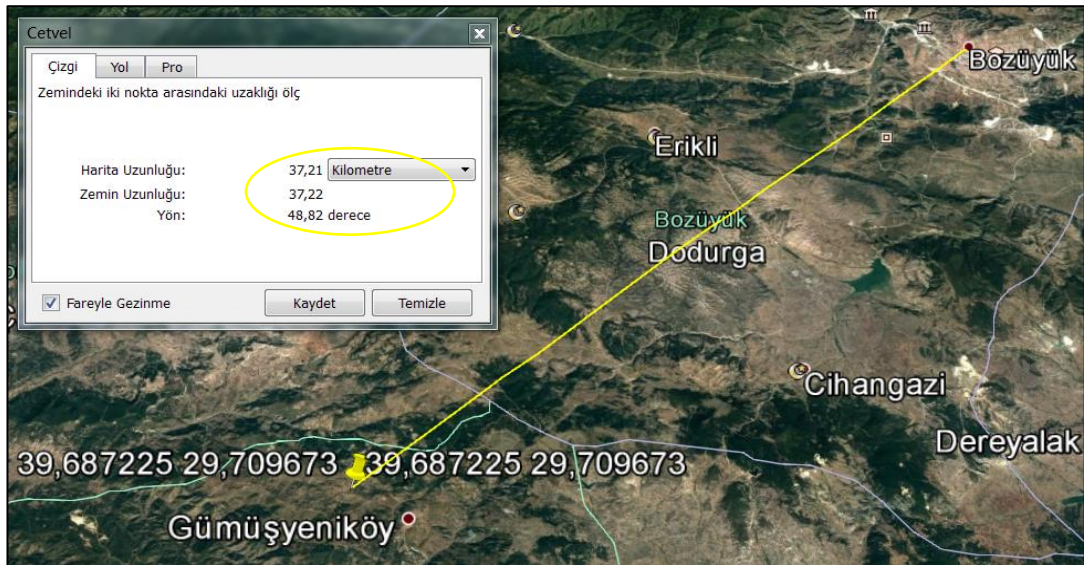
Şekil 4.2’de görüleceği üzere ağırlık merkezinden elde edilen koordinatlar depo kurulumu için elverişli şartlara sahip değildir. Bu nedenle ağırlık merkezine en yakın ve elverişli şartlara sahip yerleşim yerleri tespit edilerek Şekil 4.3’te paylaşılmıştır.

Şekil 4.3Ağırlık merkezine en yakın yerleşim yerlerinin uydu görüntüsü



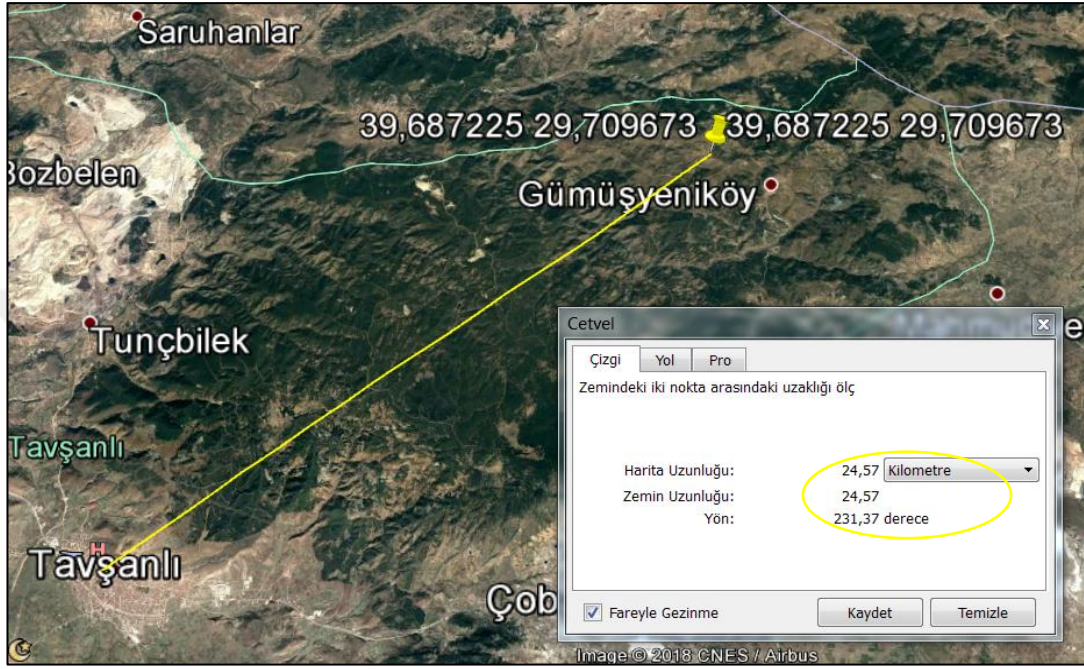
Şekil 4.3’te görüleceği üzere ağırlık merkezine en yakın konumda iki yerleşim yerine rastlanmaktadır. Bu bölgeler Bozüyük ve Tavşanlı ilçeleri olarak görülmekle birlikte harita üzerinde sarı daire içerisine alınmıştır.

Şekil 4.4: Bozüyük ilçesinin Google Earth üzerinden alınan kuş uçuşu mesafesi



Şekil 4.4'te Google Earth cetvel uygulaması kullanılarak ağırlık merkezi noktasının Bozüyük ilçesine olan kuş uçuşu mesafesi 37,21 km olarak hesaplanmıştır.

Şekil 4.5: Tavşanlı ilçesinin Google Earth üzerinden alınan kuş uçuşu mesafesi



Şekil 4.5'te Google Earth cetvel uygulaması kullanılarak ağırlık merkezi noktasının Tavşanlı ilçesine olan kuş uçuşu mesafesi 24,57 km olarak hesaplanmıştır.

Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'te görüleceği üzere ağırlık merkezine neredeyse eşit mesafede bulunduğundan dolayı iki ilçenin bayi ağına olan uzaklığının yeniden hesap edilmesi ihtiyacı doğmuştur.

Bu sebeple Bozüyük ve Tavşanlı ilçelerinde bulunan sanayi bölgelerinden birer konum seçilerek X ve Y koordinatları belirlenmiştir. Bozüyük ilçesinde seçilen konumun X koordinatı: 30,024511, Y koordinatı: 39,534991 olarak belirlenmiştir. Tavşanlı ilçesinde seçilen konumun X koordinatı: 29,333175, Y koordinatı: 39,322665 olarak belirlenmiştir.

Bu koordinatların bayi konumlarına olan kuş uçuşu mesafelerini hesaplamak için Excel programı üzerinde formül kurulmuştur. Kurulan formül seçilen nokta ile bayi koordinatları arasındaki farkı X ve Y koordinatları için ayrı ayrı hesaplamakta, elde edilen

değerleri, mutlak değer içerisinde vermektedir. X ve Y koordinat farkları Türkiye'nin coğrafi konum koordinatları (26°-45° derece doğu boylamları(meridyenleri) ile 36°-42° kuzey enlemleri(paralelleri)) göz önünde bulundurularak hesaplanmış ve km cinsinden mesafe birimlerine dönüştürülmüştür. Sonrasında seçilen konum ile bayi konumları arasında belirlen X ve Y koordinatları farkları km cinsinden hipotenüs uzaklığı hesaplanarak kuş uçuşu mesafeler elde edilmiştir.

Bir sonraki aşamada ise Google Haritalar uygulaması üzerinden belirlen lokasyon ile bayi lokasyonları arasındaki gerçek karayolu mesafeleri belirlenmiş ve kuş uçuşu mesafe değeri ile gerçek karayolu mesafe değeri arasındaki oran belirlenmiştir. Bu veri belirlenen iki alternatif lokasyonun (Bozüyük ve Tavşanlı) pratikte taşıma yapılırken yüzey şekillerinden dolayı taşıma performanslarının ne kadar etkileneceğini anlamak için hesaplanmıştır.

Tablo 4.2: Kuş uçuşu mesafe-gerçek mesafe arasındaki katsayı farkının hesaplanması-Bozüyük

ALTERNATİF 1: BOZÜYÜK								
Bayi Kodu	X Enlem Farkı	Y Boylam Farkı	X'ler arası mesafe (km)	Y'ler arası mesafe (km)	Kuş Uçuşu Mesafe (km)	Toplam Kuş Uçuşu Mesafe (km)	Gerçek Mesafe (km)	Toplam Gerçek Mesafe (km)
A	1,071695	0,587866	91,09	65,25	112,05	1568,76	128	1792
A-1	0,199493	0,925042	16,96	102,68	104,07	416,28	143	572
A-2	1,235685	1,324278	106,89	146,99	181,75	726,99	257	1028
A-3	2,99416	1,240656	258,99	137,71	293,33	293,33	418	418
A-4	2,52335	1,550048	214,48	172,06	274,97	274,97	369	369
A-5	0,35652	0,093635	30,66	10,39	32,37	32,37	50	50
A-6	0,759263	0,967205	64,54	107,36	125,26	125,26	228	228
A-7	2,500541	2,051185	217,55	227,68	314,91	314,91	423	423
A-8	2,269884	1,993266	197,48	221,25	296,57	296,57	370	370
A-9	0,954007	1,477716	81,09	164,03	182,98	182,98	242	242
A-10	1,466434	1,735645	124,65	192,66	229,46	688,39	309	927
B	0,990033	0,590418	84,15	65,54	106,66	1706,59	114	1824
C	2,923645	1,280185	252,90	142,10	290,08	870,25	411	1233
C-1	2,943475	1,339058	254,61	148,64	294,82	2358,56	426	3408
C-2	2,783574	1,274641	240,78	141,49	279,27	14522,13	385	20020
D	2,891427	1,250893	250,11	138,85	286,07	5149,17	404	7272
E	2,418827	0,049258	208,02	5,47	208,09	9780,28	288	13536
F	1,470395	0,606932	124,98	67,37	141,98	1703,81	275	3300
G	1,550537	1,520982	131,80	168,83	214,18	642,54	276	828
G-1	2,879818	1,281835	249,10	142,28	286,88	573,75	404	808

G-2	0,982063	2,053059	85,44	227,89	243,38	1703,66	332	2324
G-3	2,299181	2,002248	200,03	222,25	299,01	598,02	377	754
H	0,226912	0,940248	19,29	104,37	106,13	1804,29	143	2431
H-1	1,643873	1,489202	139,73	165,30	216,45	4761,81	287	6314
H-2	7,220118	2,503896	628,15	277,93	686,89	10990,26	916	14656
H-3	2,783882	1,27448	240,81	141,47	279,29	8099,28	385	11165
H-4	5,348807	1,113131	462,67	123,56	478,89	13408,80	588	16464
H-5	0,792216	0,989601	67,34	109,85	128,84	4122,98	218	6976
H-6	0,99021	0,589873	84,17	65,48	106,64	3838,91	114	4104
H-7	2,418021	0,046491	207,95	5,16	208,01	4160,28	276	5520
H-8	2,280676	2,079853	198,42	230,86	304,41	6697,11	364	8008
H-9	5,120293	2,943143	448,03	326,69	554,48	7762,78	698	9772
H-10	6,228954	1,606196	529,46	178,29	558,67	10614,79	717	13623
I	0,923525	1,465335	78,50	162,65	180,60	2889,67	235	3760
J	5,20955	2,950274	455,84	327,48	561,27	561,27	702	702
J-1	6,075575	3,41243	531,61	378,78	652,75	11096,80	887	15079
J-3	7,21683	2,50047	627,86	277,55	686,48	1372,95	916	1832
K	1,550158	1,525344	131,76	169,31	214,54	3647,23	279	4743
L	0,439622	2,989072	38,47	331,79	334,01	11356,32	443	15062
L-1	1,071695	0,567427	91,09	62,98	110,75	110,75	116	116
L-2	2,892046	1,310597	250,16	145,48	289,39	868,16	404	1212
L-3	0,863004	2,083329	75,08	231,25	243,13	243,13	319	319
L-4	0,330861	2,083699	28,78	231,29	233,07	233,07	319	319
L-5	6,229348	1,605968	529,49	178,26	558,70	1676,09	715	2145
L-6	2,227612	2,042789	193,80	226,75	298,29	596,57	401	802
M	0,953656	1,4783	81,06	164,09	183,02	4209,49	242	5566
N	0,852715	1,00539	72,48	111,60	133,07	665,35	221	1105
O	1,551188	1,516226	131,85	168,30	213,80	1068,99	276	1380
O-1	6,119773	1,638515	520,18	181,88	551,06	3306,36	693	4158
O-2	1,550123	1,4679	131,76	162,94	209,55	2933,63	281	3934
O-3	2,425662	0,012339	208,61	1,37	208,61	1668,89	276	2208
P	0,962769	1,048972	81,84	116,44	142,32	3557,94	235	5875
P-1	0,749099	0,945951	63,67	105,00	122,80	1473,58	200	2400
R	1,550259	1,525026	131,77	169,28	214,52	11369,56	279	14787
S	5,120243	2,94317	448,02	326,69	554,48	37150,31	698	46766
S-1	0,792176	0,989828	67,33	109,87	128,86	3608,16	218	6104
T	2,287367	1,97241	199,00	218,94	295,86	1775,18	377	2262
U	1,540555	1,508383	130,95	167,43	212,56	2763,23	279	3627
V	1,541223	1,506243	131,00	167,19	212,40	4460,49	279	5859
V-1	3,308194	2,01206	287,81	223,34	364,30	1457,21	377	1508
X	1,634374	1,510881	138,92	167,71	217,77	1742,19	287	2296
Y	7,2155	2,502519	627,75	277,78	686,46	17848,00	916	23816
Z	2,401118	0,027662	206,50	3,07	206,52	2271,71	267	2937
QW	1,054472	0,609972	89,63	67,71	112,33	96265,87	125	107125
Genel Toplam					258773,14		343438	
Karayolu- Kuş Uçuşu Değişim Yüzdesi					33%			

Tablo 4.2’de görüleceği üzere alternatiflerden biri olan Bozüyük ilçesinde belirlenen konumun (X koordinatı: 30,024511, Y koordinatı: 39,53499) tablo 3.1’de belirlenen bayi koordinatlarına olan koordinat farkları enlem ve boylam farkı sütununda verilmiştir. Toplam kuş uçuşu ve toplam gerçek mesafe değeri ise tablo 3.1’de verilen sevkiyat sayıları ile kuş uçuşu ve gerçek mesafelerin çarpılması ile elde edilmiştir. Yapılan hesaplamalarda yıllık sevkiyat adetlerine göre yıllık toplam 258.773 km’lik kuş uçuşu

mesafe için gerçekte 343.438 km'lik yol kat edilmesi gerekmektedir. Bu da gerçek değer ile kuş uçuşu değer arasında yüzde 33 lük bir fark bulunduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 4.3: Kuş uçuşu mesafe-gerçek mesafe arasındaki katsayı farkının hesaplanması-Tavşanlı

ALTERNATİF 2: TAVŞANLI								
Bayi Kodu	X Enlem Farkı	Y Boylam Farkı	X'ler arası mesafe (km)	Y'ler arası mesafe (km)	Kuş Uçuşu Mesafe (km)	Toplam Kuş Uçuşu Mesafe (km)	Gerçek Mesafe (km)	Toplam Gerçek Mesafe (km)
A	0,782346	0,800192	66,50	88,82	110,96	1553,39	160	2240
A-1	0,890829	1,137368	75,72	126,25	147,21	588,86	228	912
A-2	1,927021	1,111952	166,69	123,43	207,41	829,64	244	976
A-3	2,302824	1,02833	199,19	114,14	229,58	229,58	345	345
A-4	1,832014	1,762374	155,72	195,62	250,04	250,04	339	339
A-5	1,047856	0,118691	90,12	13,17	91,07	91,07	124	124
A-6	0,067927	1,179531	5,77	130,93	131,06	131,06	252	252
A-7	3,191877	1,838859	277,69	204,11	344,64	344,64	420	420
A-8	2,96122	1,78094	257,63	197,68	324,73	324,73	368	368
A-9	0,262671	1,690042	22,33	187,59	188,92	188,92	265	265
A-10	2,15777	1,947971	183,41	216,22	283,54	850,61	401	1203
B	0,298697	0,802744	25,39	89,10	92,65	1482,42	127	2032
C	2,232309	1,067859	193,09	118,53	226,57	679,72	338	1014
C-1	2,252139	1,126732	194,81	125,07	231,50	1852,01	353	2824
C-2	2,092238	1,062315	180,98	117,92	216,00	11232,20	314	16328
D	2,200091	1,038567	190,31	115,28	222,50	4005,02	332	5976
E	3,110163	0,261584	267,47	29,04	269,05	12645,13	367	17249
F	0,779059	0,819258	66,22	90,94	112,49	1349,92	299	3588
G	0,859201	1,733308	73,03	192,40	205,79	617,38	303	909
G-1	2,188482	1,069509	189,30	118,72	223,45	446,90	332	664
G-2	0,290727	1,840733	25,29	204,32	205,88	1441,17	295	2065
G-3	2,990517	1,789922	260,17	198,68	327,36	654,72	375	750
H	0,918248	1,152574	78,05	127,94	149,86	2547,70	228	3876
H-1	0,952537	1,701528	80,97	188,87	205,49	4520,83	310	6820
H-2	7,911454	2,29157	688,30	254,36	733,79	11740,70	930	14880
H-3	2,092546	1,062154	181,01	117,90	216,02	6264,48	314	9106
H-4	6,040143	0,900805	522,47	99,99	531,95	14894,72	666	18648
H-5	0,10088	1,201927	8,57	133,41	133,69	4278,05	237	7584
H-6	0,298874	0,802199	25,40	89,04	92,60	3333,50	134	4824
H-7	3,109357	0,258817	267,40	28,73	268,94	5378,87	354	7080
H-8	2,972012	1,867527	258,57	207,30	331,40	7290,84	363	7986
H-9	5,811629	2,730817	508,52	303,12	592,01	8288,10	713	9982
H-10	6,92029	1,818522	588,22	201,86	621,90	11816,02	795	15105
I	0,232189	1,677661	19,74	186,22	187,26	2996,21	258	4128
J	5,900886	2,737948	516,33	303,91	599,13	599,13	715	715
J-1	6,766911	3,200104	592,10	355,21	690,48	11738,17	901	15317
J-3	7,908166	2,288144	688,01	253,98	733,39	1466,79	930	1860
K	0,858822	1,73767	73,00	192,88	206,23	3505,97	303	5151
L	1,130958	2,776746	98,96	308,22	323,72	11006,32	416	14144
L-1	0,780359	0,779753	66,33	86,55	109,05	109,05	125	125

L-2	2,20071	1,098271	190,36	121,91	226,05	678,15	332	996
L-3	0,171668	1,871003	14,94	207,68	208,22	208,22	288	288
L-4	1,022197	1,871373	88,93	207,72	225,96	225,96	292	292
L-5	6,920684	1,818294	588,26	201,83	621,92	1865,76	793	2379
L-6	2,918948	1,830463	253,95	203,18	325,23	650,45	388	776
M	0,26232	1,690626	22,30	187,66	188,98	4346,53	265	6095
N	0,161379	1,217716	13,72	135,17	135,86	679,30	244	1220
O	0,859852	1,728552	73,09	191,87	205,32	1026,59	303	1515
O-1	6,811109	1,850841	578,94	205,44	614,32	3685,89	771	4626
O-2	0,858787	1,680226	73,00	186,51	200,28	2803,94	305	4270
O-3	3,116998	0,199987	268,06	22,20	268,98	2151,84	354	2832
P	0,271433	1,261298	23,07	140,00	141,89	3547,31	259	6475
P-1	0,057763	1,158277	4,91	128,57	128,66	1543,95	223	2676
R	0,858923	1,737352	73,01	192,85	206,20	10928,78	303	16059
S	5,811579	2,730844	508,51	303,12	592,00	39664,32	712	47704
S-1	0,10084	1,202154	8,57	133,44	133,71	3743,99	242	6776
T	2,978703	1,760084	259,15	195,37	324,54	1947,24	363	2178
U	0,849219	1,720709	72,18	191,00	204,18	2654,39	303	3939
V	0,849887	1,718569	72,24	190,76	203,98	4283,61	303	6363
V-1	3,99953	1,799734	347,96	199,77	401,23	1604,91	375	1500
X	0,943038	1,723207	80,16	191,28	207,39	1659,14	310	2480
Y	7,906836	2,290193	687,89	254,21	733,36	19067,46	930	24180
Z	3,092454	0,239988	265,95	26,64	267,28	2940,10	346	3806
QW	0,763136	0,822298	64,87	91,28	111,98	95964,14	131	112267
Genel Toplam					265472,41		357599	
Karayolu- Kuş Uçuşu Değişim Yüzdesi					35%			

Tablo 4.3'te görüleceği üzere alternatiflerden biri olan Tavşanlı ilçesinde belirlenen konumun (X koordinatı: 29,333175, Y koordinatı: 39,322665) tablo 3.1'de belirlenen bayi koordinatlarına olan koordinat farkları enlem ve boylam farkı sütununda verilmiştir. Toplam kuş uçuşu ve toplam gerçek mesafe değeri ise tablo 3.1'de verilen sevkiyat sayıları ile kuş uçuşu ve gerçek mesafelerin çarpılması ile elde edilmiştir. Yapılan hesaplamalarda yıllık sevkiyat adetlerine göre yıllık toplam 265.472 km'lik kuş uçuşu mesafe için gerçekte 357.599 km'lik yol kat edilmesi gerekmektedir. Bu da gerçek değer ile kuş uçuşu değer arasında yüzde 35'lik bir fark bulunduğunu ortaya koymaktadır.

Gerçek karayolu mesafeleri ve gerçek değer ile kuş uçuşu değer arasında meydana gelen yakınlığı daha net bir şekilde analiz edip birbirinden ayırmak ve optimum lokasyonu belirlemek adına çalışmanın devamında 3. bölümde açıklanan faktör analizi metodu uygulaması ile devam edilecektir.

4.2 FAKTÖR PUANLAMA METODU İLE HESAPLAMA

Ağırlık Merkezi Metodu ile yapılan hesaplamalar ile 2 alternatif lokasyon belirlenmiş olup bu noktalardan hangisinin seçileceğine karar vermek için Faktör Puanlama Metodu kullanılacaktır.

4.2.1 Faktör Puanlama Metodu Öncesi Gerekli Bilgiler

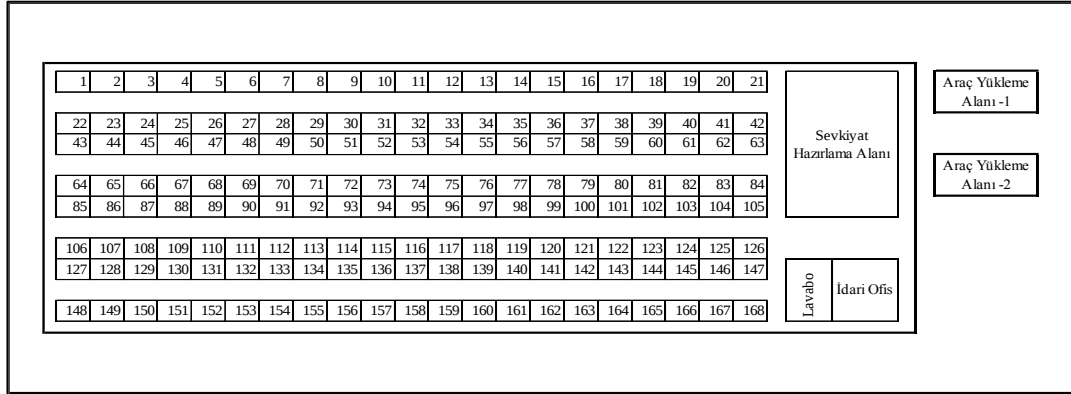
Alternatif 2 depo yeri belirledikten sonra ihtiyaç duyulan deponun kaç palet malzemeyi stoklayacak kapasiteye sahip olması gerektiği hesap edilmiştir. Bu hesabı yapabilmek için bir yılda kaç palet ürün satıldığı, depoda ne kadar stok tutulacağı, öngörülere bağlı olarak kapasitede gerçekleşecek artış, gerekli raf sayısı, bir rafta kaç palet depolanabileceği ve bir raf için gerekli yüzey alanı gibi bilgiler derlenerek Tablo 4.4'te görüldüğü gibi açık alanlar da dâhil olmak üzere depo için 2800m² alana ihtiyaç duyulacağı tespit edilmiştir.

Tablo 4.4: Depo için gerekli alanın hesaplanması

Yıllık toplam satış	15416	Palet
Stok devir hızı	1	Ay
Öngörülen ek kapasite	30%	
Depoda stoklanacak palet miktarı	1675	Adet
1 göz raf palet sayısı	2	Adet
Üst üste raf sayısı	5	Kat
1 rafın yüzey alanı	3,08	m ²
Gerekli raf sayısı	168	Adet
Gerekli raf alanı	531	m ²
Depo Boyu	50	m
Depo Eni	23	m
Açık Alanlar Dahil Boy	80	m
Açık Alanlar Dahil En	35	m
Depo alanı	2800	m ²

Depo alanı hesap edildikten sonra yerleşim planı üzerine gerekli olan 168 raf, sevkiyat hazırlama alanı, araç yükleme alanları, idari ofisler ve lavabolar da göz önünde bulundurularak şekil 4.6'da görüleceği gibi yerleştirilmiştir.

Şekil 4.6: Depo yerleşim planı



Kurulacak olan lojistik depoda operasyonların yürütülebilmesi için taşıma, elleçleme, barkod alma, el terminali kullanma ve sevkiyatı hazırlama için 4 adet ve kuruluştaki temizlik ihtiyaçların giderilmesi için 1 adet olmak üzere toplam 5 kişilik niteliksiz iş gücü ihtiyacı bulunmaktadır.

Bunun yanı sıra raflardaki ürünlerin stoklanması, sevkiyat hazırlama alanına indirilmesi için 2 adet reachtruck operatörü, sevkiyata hazırlanan ürünlerin kamyonu yüklenmesi için ise 2 adet forklift operatörü, depodaki saha operasyonlarının takibi için 1 adet ekip lideri ve stok-fifo takibi için 1 adet beyaz yaka ofis çalışanı olmak üzere toplam 6 kişilik nitelikli iş gücü ihtiyacı bulunmaktadır.

4.2.2 Değerlendirilecek Faktörlerin Ağırlıklandırılması

Çalışmanın önceki bölümlerinde faktör puanlama metodu açıklanırken yer seçimini etkileyen faktörler kısaca açıklanmış ve bu faktörlerin önem sırasına göre verildiğinden bahsedilmişti. Bu bölümde söz konusu faktörlere önem derecelerine göre ağırlık puanları verilmiş ve toplam ağırlık içindeki oranları hesaplanarak tablo 4.5'te verilmiştir.

Faktörlere ağırlık puanı verilirken 1-5 arası ölçüt kullanılmış ve toplam ağırlık puanına göre etki yüzdeleri hesap edilmiştir. Bir faktörün alternatif lokasyondaki puanı aşağıdaki kriterlere göre 1-100 arasında ölçeklendirilmiştir:

Tablo 4.5: Ağırlık puanları ve katsayı oranlarının hesaplanması

Faktör	Faktör Adı	Ağırlık	Toplam İçindeki Oranı
1	Pazara yakınlık	5	20%
2	Ana yollara yakınlık	4	16%
3	Arazi maliyeti	4	16%
4	İklim koşulları	3	12%
5	Nitelikli iş gücü potansiyeli	3	12%
6	Niteliksiz iş gücü potansiyeli	2	8%
7	Yerleşim alanlarına yakınlık	2	8%
8	Enerji kaynaklarının sürekliliği	2	8%
Σ 25			

- i. **Pazara yakınlık:** Pazara yakınlık kriteri aynı gün içinde siparişin hazırlanıp müşteriye sevk edilebilmesi olarak baz alınmıştır. Burada deponun saat 8’de açıldığı ve bir sevkiyatı hazırlamanın yaklaşık 2 saat sürdüğü göz önünde bulundurulmuştur. Depoda ve bayilerde 08:00-18:00 saatleri arasında çalışma yapıldığı temel alınarak, 10 saatlik çalışma saatinin 1 saatinin de yemek molası olduğu düşünülerek 9 saat çalışma yapılmaktadır. 2 saat sevkiyat hazırlama sonrası bayiye sevk edilecek ürünler için 7 saatlik karayolu yolculuğu yapılabilmektedir. 7 saatlik kara yolu yolculuğunda da 2 kez 30 dakikalık moladan 1 saat kaybedileceği öngörülmüştür. Kamyon hız sınırının şehir içi 50, şehirlerarası 80 km olduğu gerçeğinden yola çıkarak ortalama 65 km/saatlik hız limiti belirlenmiştir. 65 km hızla 6 saatte maksimum kat edilebilecek mesafe 360 km olarak belirlenmiştir.

Alternatif 1 Bozüyük lokasyonu için 63 dağıtım noktasının 37’si 390 km’nin yani bir günlük mesafenin altında kalmaktadır. Bu nedenle pazara yakınlık kriteri için Bozüyük lokasyonunun puanı 59 olarak hesaplanmıştır.

Alternatif 2 Tavşanlı lokasyonu için 63 dağıtım noktasının 43’ü 390 km’nin yani bir günlük mesafenin altında kalmaktadır. Bu nedenle pazara yakınlık kriteri için Tavşanlı lokasyonunun puanı 68 olarak hesaplanmıştır.

- ii. Ana Yollara Yakınlık: Alternatif 1 ve 2'nin her ikisinin de sanayi bölgesinde bulunması ve ana yol sınırında bulunmaları sebebi ile iki lokasyon için de maksimum puan olan 100 verilmiştir.
- iii. Arazi Maliyeti: Alternatif lokasyonlar için emlak indeksi incelendiğinde kiralama yönteminde m² fiyatları karşılaştırılmıştır. Tavşanlı ilçesi için 6,8 TL/m² yıl ortalaması fiyatı elde edilmiştir. Bozüyük ilçesi için ise 4,9 TL/m² yıl ortalaması fiyatı elde edilmiştir.

Ana fabrika lokasyonu olan Bursa'da m² fiyatları ortalama 20,5 TL olduğu için Bursa'ya oranla fiyatlar göz önünde bulundurularak, Bozüyük 75 puan, Tavşanlı ise 66 puan olarak belirlenmiştir.
- iv. İklim Koşulları: Alternatif lokasyonların iklim koşullarını belirleyebilmek için bağlı bulundukların illerin Meteoroloji Genel Müdürlüğü verileri dikkate alınmıştır. Bozüyük ilçesi için Bilecik ili 1939-2017 ortalama verileri incelendiğinden 12 ayın 2 ayında ortalama sıcaklıkların 0 derece ve altında seyrettiği görülmüştür. Tavşanlı ilçesi için Kütahya ili 1929-2017 ortalama verileri incelendiğinden 12 ayın 4 ayında ortalama sıcaklıkların 0 derece ve altında seyrettiği görülmüştür. Buradan yola çıkarak Bozüyük 83 puan, Tavşanlı ise 67 puan olarak değerlendirilmiştir.
- v. Nitelikli İş Gücü Potansiyeli: Alternatif lokasyonların nitelikli iş gücü potansiyeli ele alındığında Bozüyük ilçesi yüzde 44 üniversite ve lise mezunu profile sahip iken Tavşanlı ilçesi yüzde 32 üniversite ve lise mezunu profile sahiptir. Bu durum göz önüne alındığında Bozüyük ilçesi 44 puan Tavşanlı ilçesi 32 puan olarak değerlendirilmiştir.
- vi. Niteliksiz İş Gücü Potansiyeli: Alternatif lokasyonların niteliksiz iş gücü potansiyeli ele alındığında Bozüyük ilçesi yüzde 39 ilköğretim mezunu profile sahip iken Tavşanlı ilçesi yüzde 50 ilköğretim mezunu profile sahiptir. Bu durum göz önüne alındığında Bozüyük ilçesi 39 puan Tavşanlı ilçesi 50 puan olarak değerlendirilmiştir.
- vii. Yerleşim Alanlarına Yakınlık: Alternatif lokasyonların yerleşim alanlarına yakınlık yönünden değerlendirildiğinde Bozüyük ilçesinde belirlenen lokasyon ilçe merkezine 4,5 km uzaklıkta iken Tavşanlı ilçesinde belirlenen lokasyon ilçe

merkezinine 3,8 km uzaklıkta bulunmaktadır. Bu durum göz önüne alındığında Bozüyük ilçesi 38 puan Tavşanlı ilçesi 45 puan olarak değerlendirilmiştir.

- viii. Enerji Kaynaklarının Sürekliliği: Alternatif lokasyonlar enerji kesintisi yönünden değerlendirildiğinde belirlenen konumlarda, Bozüyük ilçesinde 2018 yılının ilk çeyreğinde 2 kez elektrik kesintisi yaşanmış iken Tavşanlı ilçesinde 2018 yılının ilk çeyreğinde 4 kez elektrik kesintisi yaşanmış bulunmaktadır. Bu durum göz önüne alındığında Bozüyük ilçesi 50 puan Tavşanlı ilçesi 25 puan olarak değerlendirilmiştir.

Tüm faktörlerden alınan puanlar değerlendirildiğinde 1. alternatif Bozüyük ve 2. alternatif Tavşanlı'nın tüm kriterler için puanları tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6: Lokasyonların faktör puanları

Faktör	Faktör Adı	1. Alternatif Bozüyük	2. Alternatif Tavşanlı
i	Pazara yakınlık	59	68
ii	Ana yollara yakınlık	100	100
iii	Arazi maliyeti	75	66
iv	İklim koşulları	83	67
v	Nitelikli iş gücü potansiyeli	44	32
vi	Niteliksiz iş gücü potansiyeli	39	50
vii	Yerleşim alanlarına yakınlık	38	45
viii	Enerji kaynaklarının sürekliliği	50	25

Çalışmanın bu aşamasından sonra faktör puanlama metodu için seçilen 8 faktör için tablo 4.5'de belirlenen faktör ağırlıkları ile tablo 4.6'da alternatif lokasyonların aldığı puanlar birbiri ile çarpılarak elde edilen değerler birbirleri ile toplanacak ve Bozüyük ve Tavşanlı lokasyonlarının 100 üzerinden toplam skorları belirlenecektir. Faktör puanlama metodu sonucunda alternatif lokasyonlar için belirlenmiş nihai skorlar tablo 4.7'de paylaşılmıştır.

Tablo 4.7: Ağırlıklandırılmış faktör puanlarına göre alternatif lokasyonların karşılaştırılması

Faktör	Faktör Adı	1. Alternatif	2. Alternatif
i	Pazara yakınlık	12	14
ii	Ana yollara yakınlık	16	16
iii	Arazi maliyeti	12	11
iv	İklim koşulları	10	8
v	Nitelikli iş gücü potansiyeli	5	4
vi	Niteliksiz iş gücü potansiyeli	3	4
vii	Yerleşim alanlarına yakınlık	3	4
viii	Enerji kaynaklarının sürekliliği	4	2
Faktör puanlama skorları		Σ 65	Σ 62

Tablo 4.7’de faktör puanlama metoduna yapılan hesaplama sonuçlarına göre Bozüyük 65 puan, Tavşanlı 62 puan almıştır. Elde edilen hesaplama bulguları sonucunda Bozüyük ilçesinde belirlenen konum (X koordinatı: 30,024511, Y koordinatı: 39,534991) en iyi alternatif olarak seçilmiştir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Çalışmada çok bayili bir otomotiv firması için optimum depo yeri seçimi problemi ele alınmış ve problemin çözümü için ağırlık merkezi ve faktör puanlama metotları birlikte kullanılmıştır. Depo yeri seçiminde sevkiyat yoğunluğunun da hesaplama dâhil edildiği ağırlık merkezi metodu ile matematiksel bir konum belirlendikten sonra, operasyonun diğer kritik noktalarının da değerlendirildiği faktör analizi metodu kullanılarak hem matematiksel hem de operasyonel anlamda optimum depo yeri seçimi gerçekleştirilmiştir.

Çalışma sonucu Bozüyük ilçesi depo yeri için optimum lokasyon olarak belirlenmiştir. Depolama tesisinin Bursa'da üretim sahası içinde bulunduğu durumda bayilere sevkiyat için kat edilen kuş uçuşu mesafe 269080 km ve kara yolu mesafesi 389442 km iken, Bozüyük lokasyonundan yapılması planlanan sevkiyatlarda yine aynı sayıda paleti taşıyan aynı sayıda aracın sevkiyat için kat ettiği kuş uçuşu mesafe 258773 km ve kara yolu mesafesi 343438 km olarak hesaplanmıştır. Bu veriler göstermektedir ki Bozüyük'ün depo yeri olarak seçilmesi ile kara yolu mesafesi yüzde 13 iyileştirilmiştir.

Depo yer seçimi probleminin çıkış noktası olan mesafe optimizasyonunun yanı sıra depo alanı hesabında stok devir hızının ve sipariş artışları öngörüsünün de göz önünde bulundurulması ile bayi taleplerine daha hızlı ve etkin cevap verilmesi sağlanmıştır. Ayrıca sabit işletme giderlerinden biri olan depo yeri maliyeti de Bozüyük'teki arazi kira maliyetlerinin Bursa'ya oranla yüzde 75 daha düşük olması da çalışmanın ek getirilerinden biri olarak görülmüştür.

Depo yeri seçiminin bir kuruluş için en önemli ve stratejik kararlardan biri olması ve günümüzde depo operasyonlarının gitgide daha da karmaşık hale gelmesi nedeniyle, depo yeri seçimi yapılırken çok disiplinli bir yaklaşım benimsemek gereklidir.

Bu çalışmada elde edilen mesafe iyileştirmesi depo yeri seçiminde ağırlık merkezi metodunun mesafe optimizasyonu için kullanışlı bir model olduğunu göstermektedir.

Depo yeri seçilirken elde edilen matematiksel sonuçlara ek olarak kuruluşun diğer stratejik beklentilerinin de göz önünde bulundurulması ve karşılanması bakımından faktör puanlama metodunun ağırlık merkezi metodunu destekleyici ve tamamlayıcı olduğu görülmüştür.

Çalışmada kısıt olarak, ağırlıklı yer seçimi metodunda, duyarlılık analizi yapılamamıştır. Firmanın teslimat tercihi nedeniyle milkrun türü rotalama modelleri de düşünülmemiştir. Farklı uygulamalarda bu tür metotlar da göz önünde bulundurulmalıdır.

Çalışmanın bilime yapması beklenen katkı ağırlık merkezi metodu ve faktör puanlama metodunun bir birleşiminin kullanılması ile çok bayili otomotiv yedek parça üreticisi firmalar için depo yer seçimi probleminin çözülmesini anlatan örnek bir çalışma olması ve gelecekte benzer problemler ile karşılaşan çok bayili ve yurt içi tek bir merkezi depodan dağıtım yapan firmalara ışık tutmasıdır.

Çalışmada, söz konusu firmanın sevkiyat operasyonunun tek bir depodan yürütülmesi kararından dolayı tüm bayi konumları dikkate alınarak tek bir merkez belirlenmiştir. Araştırmacılar gelecekte, depo yeri seçimi problemi yaşayan firmaların istekleri doğrultusunda bayileri gruplandırarak birden fazla lokasyon belirleyebilir ya da yüksek hacimli operasyonlar için ana depo ve ana depodan sevkiyat yapılacak birden fazla depo yeri belirleme konularında çalışmalar yapabilirler.

Bu çalışmada tüm bayilerin yurt içinde olması ve Türkiye'nin kara yolu ulaşımının kuvvetli olması nedeniyle çalışma kara yolu mesafe hesabı ile ilerletilmiştir. Bundan sonraki çalışmalarda, özellikle yurt dışı bayi ağına sahip firmalar için hava yolu ve deniz yolu taşımacılığı alternatif olarak değerlendirilebilir.

KAYNAKÇA

Kitaplar

Ackerman, Kenneth B., *Practical Handbook of Warehousing*, 3rd ed., Van Nostrand Reinhold, New York, 1990, pp. 3, 91-133.

Chase, B. R., and Aquilano J. N., *Production and Operations Management Manufacturing and Services*, Irwin, Chicago, 1995, pp.380-382.

Course Handbook, *Warehouse Site Selection Models*, Istanbul Technical University (ITU), 2000.

Creed, H. Jenkins, *Modern Warehouse Management*, McGraw Hill, New York, 1968

Dimitris, N. Chorafas, *Warehousing*, The Macmillan Press Ltd, London, 1974.

Francis, L. R., McGinnis, F. L., Jr; White, A. J., *Facility Layout and Location: An Analytical Approach*, 2nd ed., Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1992, pp. 189-209.

Kelton, W.D., Sadowski, P.R., Sadowski, A.D., *Simulation with Arena*, 2nd Edt., McGraw Hill, Boston, 2002, p.7.

Kumar, A., Purnima, S.C., Abraham, M.K., Jayashree, K., *Entrepreneurship Development*, New Age International Private Limited Publisher, 2003.

Lea, A., Simmons, J., *Location-Allocation Models for Retail Site Selection*, CSCA Publications, 1995.

Multi-Attribute Utility Theory, Colombia University, 2002.

Ragsdale, T.C., *Spreadsheet Modelling and Decision Analysis*, 3rd. Edt., South Western College Publishing, 2001, p.764.

Saaty, T. L., *Decision making with the analytic hierarchy process*, McGraw Hill, New York, 2002, p. 215-219.

Skjøtt-Larsen, T., Schary, P. B., Mikkola, J. H. 2007. *Managing the Global Supply Chain*. Frederiksberg, Copenhagen, DNK: Copenhagen Business Scholl Press. 459 p.

Thomas, L. Freese, *Site Selection: How to Choose the Best Location*, Freese & Associates, Chagrin Falls, OH, 1997.

Weber A., *Über den Standort der Industrien*, 1909; translated as *Alfred Weber's Theory of the Location of Industries*, University of Chicago, 1929

Sürekli Yayınlar

- Aktepe, A., Ersöz, S., 2012. Ahp-Viktor Ve Moora Yöntemlerinin Depo Yeri Seçim Probleminde Uygulanması, *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 25: 2-15.
- Ashayeri, J. and Gelder, L.F., “Warehouse Design Optimization” *European Journal of Operations Research*, V. 21, 1985, pp. 285,294.
- Badri, M. A., 1999. Combining The Analytic Hierarchy Process And Goal Programming for Global Facility Location-Allocation Problem., *International Journal of Production Economics*, 62: 237-248.
- Chrystal, G., 1885. On the Problem to Construct the Minimum Circle Enclosing n Given Points in the Plane, *Proceedings on the Edinburgh Mathematical Society*, 3: 30-33.
- Cooper, L., 1963. Location-Allocation Problems., *Operations Research*, 11: 331-343.
- Current, J., Samuel, R., and Revelle, C., 1998. Dynamic Facility Location when the Total Number of Facilities is Uncertain: A Desicion Analysis Approach., *European Journal of Operational Research*, 110,3: 597-609.
- Drezner, Z., Dynamic Facility Location: The Progressive P-Medyan Problem, *Location Science*, 3, pp. 1-7.
- Eldrandaly, K., Eldin, N., Sui, D., 2003. A COM-Based Spatial Desicion Support System for Industrial Site Selection, *Journal of Geographic Information and Desicion Analysis*, 7, 72-92.
- Elson, D.G., 1972. Site Location via Mixed-Integer Programing, *Operational Reseach Quartly 1970-1977*, Vol. 23 No.1. pp. 31-43.

- Elwood S., 1986. Asian Productivity Organization, Production Engineering, *Operations Management New Delhi*
- Erlenkotter, D., A Comparative Study of Approaches to Dynamic Location Problems, *European Journal of Operational Research*, 6: 133-143.
- Farahani, R. Z., and Asgari N., 2007. Combination of MCDM and Covering Techniques in a Hierarchical Model for Facility Location: A Case Study., *European Journal of Operational Research*, 176,3: 1839-1858.
- Farahani, R. Z., Zanjirani, M. and SteadieSeifi, N., 2010. Multiple Criteria Facility Location Problems: A Survey., *Applied Mathematical Modelling*, 34: 1689-1709.
- Fontana, M. E., and Cavalcante, C. A. V. (2014). Use of Promethee Method to Determine the Best Alternative for Warehouse Storage Location Assignment. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 70(9-12), 1615-1624.
- Gallmann, F., Belvedere, V. 2010. Linking Service Level, Inventory Management and Warehousing Practices: A case-based managerial analysis. *Operations Management Research*. Vol. 4, Iss. 1-2, pp. 28-38.
- Gold, Steven and Marvick, Peat, 1997, Beyond Bricks and Mortar: Warehouse Site Selection, [www.glscs.com/archives/4.97.opinion.htm?adcode=30].
- Hakimi, S. L., 1964. Optimum Locations of Switching Centers and The Absolute Centres and Medians of a Graph, *Operations Research*, 12: 450-459.
- Hotellini H., 1929. Stability in Competition. *Economic Journal*, 39: 41-57.
- Huiskonen, J. 2001. Maintenance Sparepart Logistics: Special Characteristics and Strategic Chooses. *International journal of Production Economics*. Vol. 71, pp. 125-133.

- Hwang, C. L., and Yoon, K. (1981). Methods for Multiple Attribute Decision Making: In Multiple Attribute Decision Making, *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, vol 186, Springer, pp. 58-191.
- Khumawala, B. M., 1972. An Efficient Branch and Bound Algorithm for the Warehouse Location Problem, *Management Science*, 18, pp. 718-731.
- Klose, A., and Drexl A., 2005. Facility Location Models for Distribution System Design., *European Journal of Operational Research*, 162: 4-29.
- Kuehn A. and Hamburger D. C., 1963. A Heuristic Program for Locating Warehouses., *Management Science*, 9: 643-666.
- Owen, S. H., and Daskin M. S., 1998. Strategic Facility Location: A Review., *European Journal of Operational Research*, 111: 423-447.
- Özsoydan, F.B. ve Saraç T. 2011. A Discrete Particle Swarm Optimization Algorithm for Bi-Criteria Warehouse Location Problem, *Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, 13: 114-124.
- Pearl, J. and Daskin, M. S., 1994. A Unified Warehouse Location Routing Methodology, *Journal of Business Logistics*, 5: 92-111.
- Scott, A.J., Dynamic Location-Allocation Systems: Some Basic Planning Strategies, *Environment and Planning*, 3, pp. 73-82.
- Sreekantaradhya, B. S., 1985, Regional Dispersal of Industries, *New Delhi: Deep and Deep*
- Trevor, H. S. and Moberg, C. R., 2003, Location Science Research: A Review, *Annals of Operations Research*, 123: 21-35

- Vlachopoulou M., Silleos G., Manthou V., 2001, Geographical Information Systems in Warehouse Site Selection Desicions, *Int. J. Production Economics*, 71, 205-212.
- Weiszfeld, E., 1937. Sur le Pont Pour Lequel laSomme des Distances den Points Donnes est Minimum., *Tohoku Mathematical Journal*, 43; 355-386
- Yong, D. (2006). Plant location selection based on fuzzy TOPSIS. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 28(7), 839-844.



Diğer Yayınlar

- Buchanan, J., Sheppard, P., and Vanderpoorten, D., 1998. Ranking projects using the ELECTRE method. In Operational Research Society of New Zealand, *Proceedings of the 33rd Annual Conference* (pp. 42-51).
- Dupont, L., 2006. Warehouse Location Problem with Concave Cost: Heuristics and Exact Method, *IMACS Multiconference on Computational Engineering in Systems Applications (CESA)*, October 4-6, Beijing, China.
- Hidaka K. and Okano H., 1997. Simulation-Based Approach to the Warehouse Location Problem for a Large Scale Real Instance, *Proceedings of The Winter Simulation Conference*
- Kayikci, Y., 2010. A Conceptual Model For Intermodal Freight Logistics Centre Location Decisions. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2(3), 6297-6311.
- Krativa, J., Filipovic, V., Tosic, D., 1998. Solving the Uncapacitated Warehouse Location Problem by SGA with Add-Heuristic. In: *XVECPD International Conference on Material Handling and Warehousing*, Belgrade
- Martin, James F. "Improving the Layout of a Warehouse at the Coast Guard Aircraft Repair and Supply Center," NPS Master's Thesis Monterey, 1999, p.5.