

Yedek Parça Dağıtım Planlamasına Yönelik Model Tasarımı ve Bir Uygulama

Spare Parts Distribution Planning and An Application

Aycan KAYA¹, Cem YILDIR², İbrahim AĞIRALAN³, Ferhan ÇEBİ⁴

ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye’de beyaz eşya sektöründe faaliyet göstermekte olan bir işletmenin yer seçimi ve dağıtım planlaması problemi ele alınarak, problemin çözümüne yönelik bütünlük bir yaklaşım geliştirilmiştir. Önerilen yaklaşım kapsamında dağıtım merkezlerinin nereye kurulması gerektiğine ve dağıtım merkezlerinden müşterilere gönderilecek olan ürün miktarlarına belirlenmesine çalışılmaktadır. Problemin çözümünde çok amaçlı karar verme tekniklerinden yararlanılmaktadır. Öncelikle aday dağıtım merkezlerinin değerlendirilmesi ve fayda ölçütünde kullanılacak olan ağırlıkların belirlenmesi amacıyla hiyerarşik bir yapının geliştirildiği AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) yönteminden yararlanılmıştır. Daha sonra toplam taşıma maliyetlerini minimize edecek ve firmanın dağıtım merkezi yeri belirlerken önem verdiği kriterler açısından elde edilecek olan faydayı maksimize edecek çok amaçlı karma tamsayılı programlama modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen model GAMS/CPLEX programı ile çözdürülerek optimal dağıtım merkezlerinin hangileri olması gerektiğine karar verilmiş ayrıca hangi dağıtım merkezinden hangi müşteriye ne kadar ürün taşınması gerektiği de tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Tedarik Zinciri Yönetimi, Doğrusal Programlama, Analitik Hiyerarşi Yöntemi

ABSTRACT

In this study, we discuss a facility location and distribution planning problem of a company which is operating in the white goods sector and an integrated approach is developed. In the context of the developed approach, the locations of the distribution centers and the amount of products which are sent to customers from selected distribution centers are aimed to be determined. To solve this problem, a multi objective decision making technique is used. Firstly, in order to evaluate the possible distribution center locations and determine the weights that will be used in utility criteria, AHP method is used. A multi objective mixed integer programming model which minimizes the total transportation cost and maximizes the total utility which is obtained from important criteria for determining the location of the distribution center is developed. This mathematical model is solved by using GAMS/CPLEX and the optimal distribution center locations are determined. Also, the amount of products that should be transported from a distribution center to a customer location is determined.

Keywords: Supply Chain Management, Linear Programming, Analytic Hierarchy Process

1. GİRİŞ

İhracat yapan firmaların küresel rekabet koşullarında ayakta kalabilmeleri için sürdürülebilir tedarik zincirleri kurmaları ve dağıtım merkezlerini en iyi şekilde konumlandırarak ürünlerin, son kullanıcıya ulaştırılması esnasında ortaya çıkan maliyetleri etkin bir şekilde kontrol edebilmeleri gerekmektedir. Ancak ihracat yapan firmalar için dağıtım merkezi yer seçimi probleminde sadece taşıma maliyetlerini minimize etmek sürdürülebilir rekabetçiliği sağlamak adına tek başına yeterli değildir, taşıma maliyetlerinin yanı sıra ihracat yapılan ülkelerin sosyo-ekonomik yapısı,

güvenlik düzeyi, coğrafi ve beşeri koşulları da önemli hususlardır. Bu sebeple dağıtım merkezi yer seçimi probleminde hem taşıma maliyetlerini minimize edecek hem de firma için önemli olan kriterler açısından en büyük faydayı sağlayacak dağıtım merkezlerinin seçilmesi büyük önem arz etmektedir. Dolayısıyla, dağıtım merkezi yer seçimi problemi tek amaçlı bir problem olmaktan çıkmakta, çok amaçlı bir problem haline dönüşmektedir. Ortaya çıkan bu çok amaçlı problemi çözebilmek için bu çalışma kapsamında çok amaçlı karma tamsayılı programlama modeli geliştirilmiş ve geliştirilen bu model

¹İstanbul Teknik Üniversitesi, İşletme Fakültesi, e-mail: kayaayca@itu.edu.tr

²İstanbul Teknik Üniversitesi, İşletme Fakültesi, e-mail: cemyldr@gmail.com

³İstanbul Teknik Üniversitesi, İşletme Fakültesi, e-mail: ibrahim.agiralan@gmail.com

⁴İstanbul Teknik Üniversitesi, İşletme Fakültesi, e-mail: cebife@itu.edu.tr

Türkiye'nin önde gelen beyaz eşya üreticilerinden birinin yedek parça ihracatı için dağıtım merkezi yer seçimi probleminde uygulanmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde bu alanda yapılmış olan çalışmalarla ilgili literatür çalışması sunulmuştur. Üçüncü bölümde bu çalışma kapsamında ele alınan dağıtım merkezi seçimi problemi tanımlanmıştır. Dördüncü bölümde, çalışma kapsamında ele alınan çok amaçlı problemin çözümü için geliştirilen çok amaçlı karma tamsayılı programlama modeli anlatılmış ve modelin çözümü sonucunda elde edilen sonuçlar hakkında bilgiler verilmiştir. Beşinci bölümde ise çalışmanın sonuçları tartışılarak gelecekte yapılması planlanan çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir.

2. LİTERATÜR

Tedarik zinciri ya da lojistik ağı, ürün veya hizmetlerin tedarikçilerden müşterilere kadar olan süreçte geçirdiği bütün aşamaları kapsayan sistemlerin tümüdür (Nagurney, 2006). Tedarik zinciri yönetimi ise, tedarikçiler, üreticiler ve dağıtım merkezleri gibi tesislerin arasındaki yahut tesislerin kendi içlerindeki malzeme ve bilgi akışının yönetilmesi olarak tanımlanabilir (Thomas ve Griffin, 1996).

Tedarik zincirinde kaynaklar, hammaddeler ve bileşenler ana ürün haline getirilerek son müşteriye ulaştırılmaktadır. Thomas ve Griffin (1996) firmaların fabrikalarını, tedarik zincirinden bağımsız olarak yönetmelerinin kötü sonuçlar doğurduğu üzerine bir çalışma yapmışlardır. Büyüyük yurtdışı pazarlara açılan firmalar için tedarik zincirini yönetmek çok daha zor ve karmaşık bir hale gelmektedir. Bu sebeple tedarik zincirini yönetmek için stratejik bir model oluşturulması uluslararası firmalar için gerekli ve önemli bir husustur. Stratejik modeller oluşturulurken sadece maliyet minimizasyonuna dayalı modeller geliştirilmesi yerine firma için önemli olan diğer kriterleri de göz önüne alan çok amaçlı modeller geliştirilmesi gerekmektedir. Literatürde çok amaçlı yer seçimi problemini ele alan pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında literatürdeki bu gibi çalışmalar incelenmiştir.

Badri (1999) yaptığı çalışma kapsamında yer seçimi/dağıtım probleminin çözümü için AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) metodu ile hedef programlamanın birlikte kullanıldığı bir model önerisinde bulunmuştur. Yer seçimi ve dağıtım için önemli olan kriterlerin AHP ile ağırlıkları belirlenmiş ve bu belirlenen kriterler modele hedef kısıtı olarak eklenmiştir. Modelin amacı toplam ağırlıklı sapmayı minimize etmektir. Çalışma

AHP metodu ile ağırlıklılandırmanın nasıl hedef programlama ile birleştirileceğini göstermiştir.

Chen (2001) dağıtım merkezi yer seçimi problemini çözmek için bulanık küme teorisinden faydalanmıştır, alternatif yerlerin değerlendirme sonuçlarını ve değerlendirme kriterlerinin ağırlıklarını üçgensel bulanık sayıları olarak almıştır. Aday lokasyonları sıralamak içinse basamaklı bir sıralama metodu geliştirmişlerdir.

Kahraman vd. (2003) ise tesis yer seçimi probleminin kalitatif ve kantitatif kriterleri içinde barındıran bir çok kriterli karar verme problemi olduğunu vurgulayarak, bu problemi çözmek üzere Blin (1974) tarafından geliştirilen bulanık grup karar verme metodu, bulanık sentetik değerlendirme, Yager (1978) tarafından geliştirilmiş ağırlıklılandırılmış hedefler metodu ve bulanık AHP olmak üzere dört farklı bulanık çok kriterli karar verme yöntemini kullanmışlar ve metotları birbiriyle kıyaslamışlardır.

Liu (2011) dağıtım merkezi yer seçimi problemini çözmek üzere bulanık küme mantığı ile çok amaçlı matematiksel modellemeyi bir arada kullanan bütünleşik bir yaklaşım geliştirmişlerdir. İlk olarak kriter ağırlıkları kaba küme metotları kullanılarak belirlenmiş daha sonra aday lokasyonların değerlendirmeleri yapılmıştır. Çok amaçlı matematiksel model ise maliyet minimizasyonu ve kar maksimizasyonu için geliştirilmiştir.

Özgen ve Gülsün (2014), tesis açma ve taşıma maliyetlerinin minimize edilmesi ve kalitatif faktörlerden elde edilecek faydayı maksimize edilmesini sağlayan çok amaçlı, tesislere ait kapasitelerinde göz önüne alındığı problemi çözmek üzere bulanık AHP tekniği ile iki aşamalı olasılıklı doğrusal programlama metodunu birlikte kullanan entegre bir yöntem geliştirmişlerdir. Kalitatif faktörler olarak; pazara yakınlık, ulaşım imkanları, işgücü yeteneği, alternatif enerji kaynakları, su kaynağı, altyapı imkanı güvenlik, iklim, felaket riskleri, sağlık hizmeti veren merkezlere yakınlık, eğitim olanakları gibi yer seçimi problemi için önem arz eden faktörleri dikkate almışlardır.

Xu vd. (2016) inşaat yer seçimi problemi için iki amaçlı matematiksel model geliştirmişlerdir. Birinci amaç olarak tesis yer seçimi problemlerinde genel olarak kullanılan maliyet minimizasyonu ele alınmış, ikinci amaç olarak ise inşaat sektörüne özel olarak iş kazası riskini azaltmak için inşaatlar arasındaki mesafenin belirli oranlarda birbirinden uzak olmasını sağlayacak bulanık mantık temelli yakınlık fonksiyonu

geliştirilmiştir. Modelin çözümü içinse tavlama benzetimi temelli genetik algoritma kullanılmıştır.

3. PROBLEM TANIMI

Problem tanımının yapılabilmesi için firma yapısı incelenmiş ve firma yetkilileriyle görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Yapılan görüşmeler neticesinde yedek parça ürün dağıtım sırasında problemle karşılaşılan ülkeler tespit edilmiştir. Bu ülkeler şunlardır: Azerbaycan, Gürcistan, Kırgızistan, Ermenistan, Türkmenistan, Özbekistan, Kazakistan, Irak, İran, Ürdün, Lübnan, Suriye ve Suudi Arabistan.

Genel olarak problem tanımları:

- Tek merkezden gönderim ve iş yükü,
- Asya ülkeleri ve Orta Doğu ülkelerinde yaşanan sorunlar,
- Belirsiz ve yüksek maliyet
- Belirsiz süre,

Mevcut durumda bu ülkelerde yıllık talep miktarları bilgisi firmadan alınmıştır, ancak firmanın gizlilik politikası nedeniyle alınan veriler olduğu gibi kullanılmamış, oransal ilişkilerini koruyacak şekilde değiştirilmiştir.

4. YEDEK PARÇA DAĞITIM PLANLAMA MODELİNİN OLUŞTURULMASI

Firma karşılaşılan bu problemleri çözmek üzere Ortadoğu ve Batı Asya'da bulunan müşterilerine hizmet vermek üzere dağıtım merkezi kurmak istemektedir. Bu çalışma kapsamında firmanın hangi ülkelerde dağıtım merkezi kurması gerektiğine ve müşteri noktalarına hangi dağıtım merkezinden ne kadar ürün gitmesi gerektiğine karar verecek matematiksel bir model geliştirilmiştir. Yeni bir dağıtım merkezi kurulma kararı ve taşıma problemi çözümü için kullanılacak yöntemler incelenmiştir.

AHP yöntemi, çok kriterli karar verme konusunda sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Belirlenen karar kriterleri ve karar alternatifleri arasında bir hiyerarşi kurarak alternatifleri önem derecesine göre sıralamaktadır. Karmaşık problemlerin çözümünde çoğunlukla tercih edilen bir yöntemdir.

Uygulamada çok amaçlı doğrusal programlama metodu kullanılmıştır. Kullanılan metotta amaç fonksiyonlarının bir önem derecesi bulunmaktadır. Amaçlar bu önem derecelerine göre sıralanır. İlk aşamada en önemli amaç fonksiyonu için kurulan doğrusal model çözülür. Daha sonra elde edilen çözüm kısıt olarak modele eklenir ve ikinci amaç

fonksiyonu için doğrusal programlama modeli çözülür.

4.1. Yeni Dağıtım Merkezi Kurulma Kararı

Problem tanımı doğrultusunda mevcut maliyetlerin yüksek ve düzensiz olmasının sebeplerinden birisi tek merkezden dağıtım yapmak olarak belirlenmiştir. Bu doğrultuda kurulacak dağıtım modelinde maliyetlerin ve sorunların en aza indirgenmesi için yeni dağıtım merkezi ya da merkezleri kurulma fikrinin incelenmesi gerekliliği oluşmuştur.

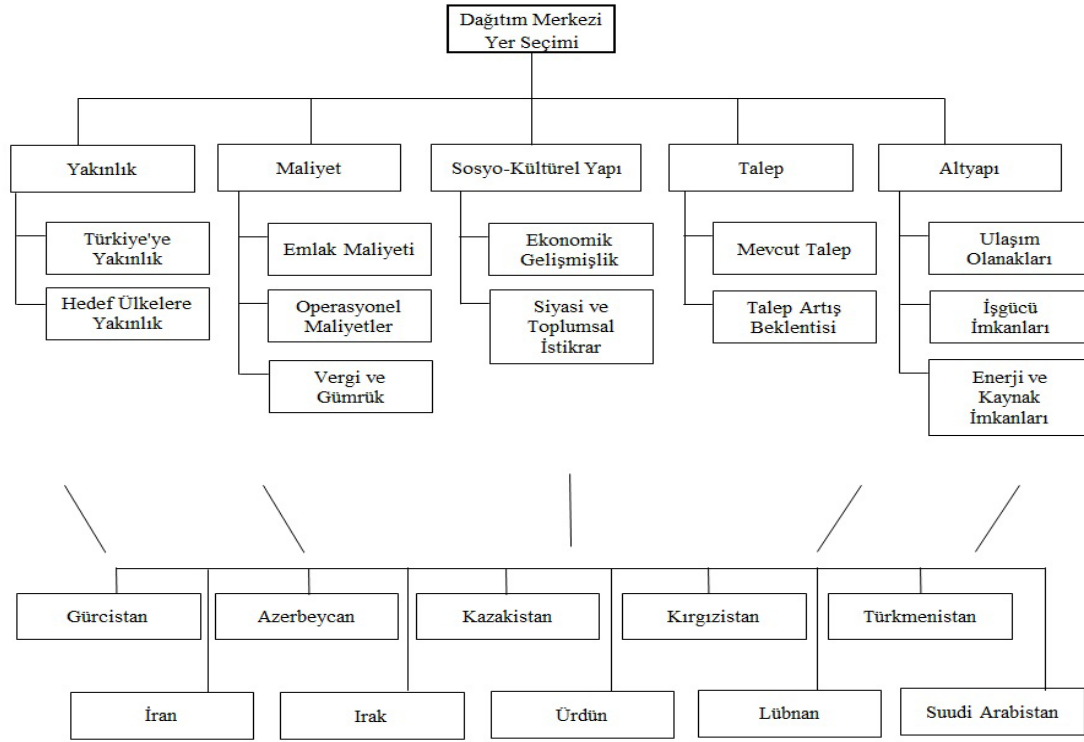
Model doğrultusunda yedek parça dağıtım yapılacak ülkeler şunlardır; Azerbaycan, Gürcistan, Kazakistan, Kırgızistan, Türkmenistan, İran, Irak, Suriye, Lübnan, Ürdün, Suudi Arabistan, Yemen. Yedek parça gönderimi yapılacak ülkeler içinde buldukları coğrafi bölgeler, etkileşim imkanları ve yakınlıkları göz önüne alındığında Asya ve Orta Doğu olmak üzere iki ana gruba ayrılmasının uygun olacağı anlaşılmıştır.

Ülkelerin temel olarak iki ana gruba ayrılmış olması sebebiyle iki dağıtım merkezi kurulma fikrinin incelenmesi uygun görülmüştür. Fakat kurulacak dağıtım merkezlerinin iki ülke grubunda da olma zorunluluğu getirilmemiştir.

Dağıtım merkezi yer seçimi için karara dahil olan ülkelerin öncelik sıralarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu işlem iki aşamadan oluşmaktadır. İlk olarak kararı etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve göreceli üstünlük değerlerinin hesaplanması gerekmektedir. Bu aşamada AHP yöntemi kullanılmıştır. İkinci aşamada ise karar aşamasına dahil edilen ülkelerin, karar faktörleri açısından değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu aşamada ise Faktör Derecelendirme Yöntemi kullanılmıştır. Böylelikle dağıtım merkezi yer seçimi uygulamasında karara dahil olan ülkelerin öncelik sırasının belirlenmesi hedeflenmiştir.

4.1.1. Karar Faktörlerinin ve Göreceli Önem Değerlerinin Belirlenmesi

AHP yöntemine göre yeni dağıtım merkezi kurulma kararını etkileyen faktörlerin belirlenmesi aşamasında firma görüşleri ve bu alandaki literatür dikkate alınmıştır. Öncel (2011) dağıtım merkezi yeri seçim problemi için yakınlık, maliyet, sosyo-ekonomik yapı, potansiyel talep artışı ve altyapı ana faktörlerini kullanmıştır. Bu çalışmada o faktörler adapte edilerek kullanılmıştır.



Şekil 1: AHY Faktörler ve Alt Faktörleri

AHP'nin uygulama sürecinde firma yetkililerinin sunulan anket aracılığıyla kriterler hakkındaki görüşleri alınmıştır. Yetkililerin fikir birliğine varması sonucu

Tablo 1'de görüldüğü üzere karar kriterleri açısından ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 1: İkili Karşılaştırma Matrisi

Yer Seçim Kriterleri	Yakınlık	Maliyet	Sosyo-Ekonomik Yapı	Talep Miktarı	Altyapı
Yakınlık	1	1/6	1	1/3	1/4
Maliyet	6	1	5	3	4
Sosyo-Ekonomik Yapı	1	1/5	1	1/4	1
Talep Miktarı	3	1/3	4	1	3
Altyapı	4	1/4	1	1/3	1

İkili karşılaştırmalar matrisi yardımıyla yer seçimi kararına etkileyen kriterlerin görece önem değerleri ve tutarlılık indeksi hesaplanmıştır. Buna göre dağıtım merkezi yer seçiminde dikkate alınan kriterlerin en önemlisi 0,474 görece önem değerine sahip olan 'maliyet' kriteri olmuştur. En az öneme sahip olan karar kriteri ise 0,066 görece önem değeri ile 'yakınlık' kriteri olmuştur. Tüm kriterlerin ağırlıklandırılmış karşılaştırmaları ve görece önem değerleri Tablo 2'de gösterilmiştir.

4.1.2. Ülkelerin Karar Faktörlerine Göre Değerlendirilmesi ve Karar Önceliklerinin Belirlenmesi

Bu aşamada dağıtım merkezi yer seçimi kararına girecek olan ülkelerin Faktör Derecelendirme Yöntemi ile alt kriterler açısından değerlendirmeleri yapılmıştır. Firma yetkilileri tarafından 1-10 arası ölçeklendirme ile karara dahil edilen ülkeler tüm kriterler açısından değerlendirilmiştir. Aday ülkelerin birleşik görece önem değerleri ve karar öncelikleri, alt

faktörlerin ve üst faktörlerin göreceli önem değerleri ile ülkelerin her bir alt faktöre göre değerlendirildiğinde aldığı puanlar kullanılarak Tablo 3'de gösterildiği şekilde bulunmuştur.

Tablo 2: Karar Faktörleri Göreceli Önem Değerleri

Yer Seçim Kriterleri	Sosyo-Ekonomik Yapı					Göreceli Önem Değeri
	Yakınlık	Maliyet	Talep Miktarı	Altyapı		
Yakınlık	0,07	0,09	0,08	0,07	0,03	0,066
Maliyet	0,40	0,51	0,42	0,61	0,43	0,474
Sosyo-Ekonomik Yapı	0,07	0,10	0,08	0,05	0,11	0,082
Talep Miktarı	0,20	0,17	0,33	0,20	0,32	0,246
Altyapı	0,27	0,13	0,08	0,07	0,11	0,131
TOPLAM	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Tutarlılık İndeksi						0,06

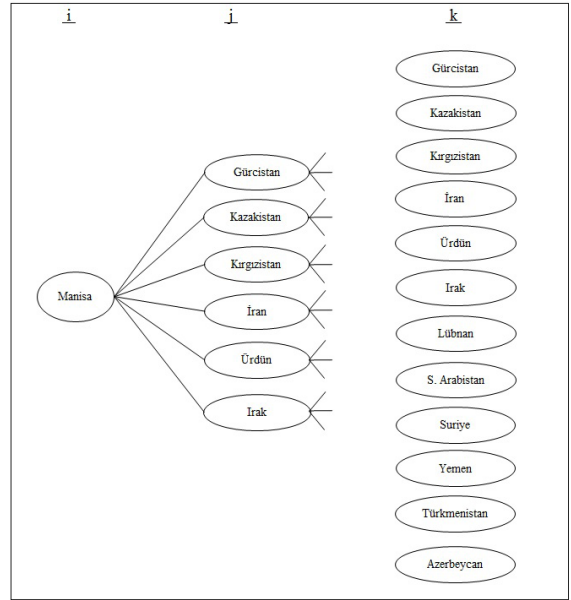
Tablo 3: Karar Aşamasına Dahil Olan Ülkelerin Birleşik Göreceli Önem Değerleri ve Karar Öncelikleri

Ülkeler	Birleşik Göreceli Önem Değeri	Karar Önceliği
İran	0,119	1
Ürdün	0,109	2
Irak	0,104	3
Gürcistan	0,103	4
Kazakistan	0,103	5
Kırgızistan	0,102	6
Lübnan	0,102	7
S.Arabistan	0,091	8
Türkmenistan	0,089	9
Azerbaycan	0,079	10

4.2. Karma Tamsayı Programlama ile Taşıma Modellerinin Belirlenmesi

Dağıtım merkezi kurulma kararı aşamasında modele dahil olan ülkelerin karar öncelikleri belirlenmiştir. Fakat karar öncelikleri dağıtım merkezi kurulma kararında tek başına yeterli olmamaktadır. Bu bölümde karar aşamasına dahil olan ülkelerin matematiksel modeller yardımıyla seçimi yapılacak ve taşıma modeli oluşturulacaktır.

Daha önceki bölümlerde modelde bulunması öngörülen dağıtım merkezi sayısı en fazla iki olarak belirlenmiştir. Karar önceliği sıralamasında Asya ve Orta Doğu grubu ülkelerinin her birinde ilk üç sırada bulunan ülkeler bu bölümde matematiksel modeller yardımıyla değerlendirilecektir. Buna göre yedek parça taşıma modelinde değerlendirilecek rotalar oluşturulmuştur. Şekil 2'de değerlendirilecek olan rotalar gösterilmiştir. Buna göre yedek parçalar Manisa'da bulunan fabrikadan dağıtım merkezleri aracılığıyla 12 hedef ülkeye ulaştırılacaktır.



Şekil 2: Taşıma Modeli Rota Seçenekleri

Karma tamsayı programlama modeli ile üretim merkezinden dağıtım merkezleri ve hedef ülkelere gönderilecek yedek parçaların rota ve miktarları belirlenecektir. Bu aşamada miktarların ortak birimlere çevrilmesi ihtiyacı oluşmuştur. Taşıma sürecinde hacimler ana ölçüt olmaktadır. Gönderim sıklığı modelin önemli bir parçasıdır. Yılda 12 gönderim öngörülmesi sebebiyle hedef ülkelerin yıllık toplam talepleri 12'ye bölünerek aylık talep miktarları m^3 cinsinden belirlenmiştir. Tablo 4'te ülkelerin aylık toplam talepleri gösterilmektedir.

Tablo 4: Ülkelerin Aylık Talep Miktarları

k	ÜLKE	Aylık Talep (m ³)
1	Gürcistan	14,8
2	Kazakistan	1,7
3	Kırgızistan	0,3
4	İran	11,1
5	Ürdün	14,4
6	Irak	10,4
7	Lübnan	3,2
8	Suudi Arabistan	3,4
9	Suriye	19,1
10	Yemen	0,8
11	Türkmenistan	10,3
12	Azerbaycan	7,4
Toplam		96,9

Ülkeler arası mesafeler üzerinden 1 m³ başına taşıma maliyeti olarak alınmıştır. Maliyetin belirlenmesinde temel kriter rota uzunluklarıdır. Kara yolu rota mesafeleri doğrultusunda her bir rota için taşıma maliyetleri birim başına belirlenmiştir.

Gönderim yapılacak ülkelerin aylık toplam talepleri 96,9 m³ olarak belirlenmiştir. Bu sebeple kurulacak dağıtım merkezlerinin kapasiteleri 100 m³ olarak kabul edilmiştir.

4.2.1. Matematiksel Model

Kümeler:

- I : Fabrikalar.
 J : Dağıtım merkezleri
 K : Gönderim yapılacak ülkeler

Parametreler:

- d_k : $k \in K$ ülkesinin talep miktarı (m³)
 C_{ijk} : $i \in I$ fabrikasından $k \in K$ fabrikasına $j \in J$ dağıtım merkezi aracılığıyla gönderilecek olan bir birim ürünü taşıma maliyeti
 F_j : $j \in J$ dağıtım merkezinin fayda katsayısı
 S_j : $j \in J$ dağıtım merkezinin kapasitesi (m³)

Karar Değişkenleri:

$$y_j = \begin{cases} 1, & j \in J \text{ dağıtım merkezinin açılması durumu} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

$$x_{ijk} \quad i \in I \text{ fabrikasından } k \in K \text{ fabrikasına } j \in J \text{ dağıtım merkezi aracılığıyla gönderilecek olan ürün miktarı}$$

AHP ile dağıtım merkezi kurulma kararına dahil olan ülkelerin birleşik görelî önem değerleri hesaplanmıştır. Tüm faktörler için dağıtım merkezlerinin sahip olduğu birleşik görelî önem değeri ile dağıtım merkezi aracılığıyla hedef ülkeye ulaşan ürün miktarının çarpımları fayda fonksiyonu olarak belirlenmiştir.

Bunlardan ilki maliyet minimizasyonu iken, ikincisi fayda maksimizasyonudur. İki amaç fonksiyonu doğrultusunda iki farklı matematiksel model oluşturulacaktır. Bu modellerden ilkinde birinci amaç fonksiyonu maliyet minimizasyonudur. Birinci modelin ikinci aşamasında amaç fonksiyonu fayda maksimizasyonudur ve bu aşamada maliyet fonksiyonu kısıt olarak bulunmaktadır. İkinci modelde amaç fonksiyonu fayda maksimizasyonudur. İkinci modelin ikinci aşamasında ise amaç fonksiyonu maliyet minimizasyonudur ve bu modelde fayda fonksiyonu kısıt olarak bulunmaktadır. Fayda fonksiyonlarında dağıtım merkezlerinin fayda katsayıları, dağıtım merkezinin birleşik görelî üstünlük değeri olarak kabul edilmiştir. Ayrıca kalitatif ve kantitatif faktörlerden oluşan bu iki amaç fonksiyonuna eşit ağırlıklar verilerek amaç fonksiyonları tek bir amaç fonksiyonu olarak birleştirilmiş ve Model 3 elde edilmiştir.

Amaçlar:

Amaç 1 (Maliyet Minimizasyonu) : $Z_{min} = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} x_{ijk} C_{ijk}$

Amaç 2 (Fayda Maksimizasyonu) : $Z_{max} = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} x_{ijk} F_j$

Matematiksel Model 1

$$Z_{min} = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} x_{ijk} C_{ijk} \quad (4.1)$$

s.t.

$$\sum_i \sum_j x_{ijk} \geq d_k \quad \forall k \in K \quad (4.2)$$

$$\sum_i \sum_k x_{ijk} \leq S_j y_j \quad \forall j \in J \quad (4.3)$$

$$\sum_j y_j \leq 2 \quad (4.4)$$

$$x_{ijk} \geq 0, y_j \in \{0,1\} \quad (4.5)$$

Denklem (4.1) toplam taşıma maliyetlerini minimize etmek üzere kurulan amaç fonksiyonunu göstermektedir. Kısıt (4.2) müşteri noktalarının talebinin karşılanmasını sağlamaktadır. Kısıt (4.3) dağıtım merkezlerinin kapasitelerini gösteren kısıttır, aynı zamanda açılmış olan dağıtım merkezlerinden ürün akışına izin vermektedir. Kısıt (4.4) açılacak olan toplam tesis sayısının maksimum 2 olmasını garanti etmektedir. Kısıt (4.5) ise işaret kısıtlarıdır.

Çözüm: 1. Aşama

Gams uygulaması çıktılarına göre Matematiksel Model 1'in öncelikli hedefi için optimal çözüm;

$$Z_{min} = 3170,7 \text{ Pb}$$

Z_{min} değerinin sağlanması için 1 ve 5 numaralı dağıtım merkezleri açılmıştır. Buna göre fabrikadan hedef ülkelere dağıtım Gürcistan ve Ürdün dağıtım merkezleri üzerinden sağlanacaktır. Tablo 5'te görüldüğü üzere her bir rotada taşınacak toplam yedek parça miktarları belirlenmiştir.

Taşıma maliyetlerinin minimize edildiği ilk model çözüldükten sonra modelin amaç fonksiyonu değiştirilmiş ve fayda maksimizasyonu için model çözdürülmüştür. Maliyet minimizasyonu ile ilgili amaç fonksiyonu ise kısıt olarak modele eklenmiştir. İlgili değişiklikler yapılarak elde edilen model 2 şu şekildedir:

Matematiksel Model 2

$$Z_{max} = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} F_j x_{ijk} \quad (4.6)$$

s.t.

$$\sum_i \sum_j x_{ijk} \geq d_k \quad \forall k \in K \quad (4.2)$$

$$\sum_i \sum_k x_{ijk} \leq S_j y_j \quad \forall j \in J \quad (4.3)$$

$$\sum_j y_j \leq 2 \quad (4.4)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} x_{ijk} C_{ijk} \leq 3170 \quad (4.7)$$

$$x_{ijk} \geq 0, y_j \in \{0,1\} \quad (4.5)$$

Model 1'den farklı olarak bu modele eklenen kısıtlar (4.6) ve (4.7)'dir. Denklem (4.6) toplam taşınacak olan ürün miktarından elde edilecek olan faydayı maksimize etmekteyi sağlayan ikinci amaç fonksiyonudur. Kısıt (4.7) ise ilk model çözüldükten sonra elde edilen optimal taşıma maliyeti değerinin aşılmamasını sağlamak üzere ilk modeldeki amaç fonksiyonunun kısıt haline dönüştürülmüş halidir.

Çözüm 2. Aşama ve Sonuç

Matematiksel model 2, GAMS programı ile çözdürülmüş ve amaç fonksiyonu değeri $Z_{\max} = 10,291$ birim olarak elde edilmiştir.

$$Z_{\min} = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} 0.5x_{ijk} C_{ijk} - \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} 0.5F_j x_{ijk} \quad (4.8)$$

$$x' = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (4.9)$$

Çözüm 3. Aşama ve Sonuç

Model 3, GAMS programı ile çözdürülmüş ve amaç fonksiyonu değeri $Z_{\min} = -59.75$ ile olarak bulunmuştur. İran ve Ürdün dağıtım merkezlerinin açılmasına karar verilmiştir. Tablo 5'te hangi rotalarda ne kadar ürün taşınması gerektiği gösterilmektedir.

Tablo 5: Matematiksel Model Çözüm Aşamasında Rotalarda Taşınan Yedek Parça Miktarları

Rota	Ürün Miktarı(m3)	Rota	Ürün Miktarı(m3)
1.5.1	0	1.6.1	14,8
1.5.2	0	1.6.2	1,7
1.5.3	0	1.6.3	0,3
1.5.4	0	1.6.4	11,1
1.5.5	100	1.6.5	14,4
1.5.6	0	1.6.6	27,9
1.5.7	0	1.6.7	3,2
1.5.8	0	1.6.8	3,4
1.5.9	0	1.6.9	19,1
1.5.10	0	1.6.10	0,8
1.5.11	0	1.6.11	10,3
1.1512	0	1.6.12	7,4

5. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında dağıtım merkezi yer seçimi ve dağıtım planlaması probleminin çözümüne

Model 1'in çözümü ile aynı sonuçlar elde edilmiştir, sırasıyla Gürcistan ve Ürdün dağıtım merkezlerinin açılmasına karar verilmiştir.

Matematiksel Model 3

Her iki amaç fonksiyonuna eşit ağırlıklar verilerek amaç fonksiyonları tek bir amaç fonksiyonu elde edilecek şekilde kısıt 4.9'da görüldüğü üzere birleştirilmiştir. Her iki amaç fonksiyonun değerleri eşit olarak alınmıştır, ayrıca maliyet ve fayda değerleri arasındaki basamak farkından doğacak hataları engellemek üzere formül (4.9) kullanılarak değerler normalize edilmiştir.

yönelik bütünlük bir yaklaşım önerilmiştir. Gerçek bir hayat probleminin temel alındığı çalışmada kullanılan çok amaçlı karar verme teknikleri probleme konu olan işletmenin dağıtım ağı içerisinde yer alan ülkelerin çeşitli kriterlere göre değerlendirilip seçilmesine ve bu seçime bağlı olarak en uygun dağıtım planının oluşturulmasına katkı sağlamıştır.

Çalışmanın ilk aşamasında dağıtım merkezlerinin değerlendirilmesine ilişkin olarak hiyerarşik bir yapı geliştirilmiş ve dağıtım merkezi kurulacak olan potansiyel ülkeler coğrafi yakınlık, talep, altyapı, maliyet ve sosyo-ekonomik yapı gibi birbiriyle çelişen nitel ve nicel çeşitli kriterlere göre değerlendirilerek ağırlıkları belirlenmiştir. Geliştirilen hiyerarşik yapı genel olarak yer seçimi problemlerinde kullanılan temel kriterleri içermekle birlikte işletmelerin kendi stratejileri ve gereksinimlerini yansıtacak şekilde geliştirilerek kullanılması önerilmektedir.

Yer seçimi ve dağıtım planının oluşturulmasına yönelik olarak geliştirilen matematiksel modeller birinci aşamadan elde edilen ağırlıkların parametre olarak kullanıldığı fayda enbüyüklemesi ile taşıma maliyetlerinin dikkate alındığı maliyet enküçüklemesi amaçlarının bir arada değerlendirilmesine olanak sağlamıştır. Bununla birlikte çalışma kapsamında kullanılan taşıma maliyetleri, taşıma yapılan noktalar arasındaki mesafelerin ana kriter olduğu bir yaklaşımla belirlenmiştir. Bu bölümde maliyeti etkileyen firmaya özgü diğer faktörlerin katılımı modelin gelişmesini sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Badri, M. A., (1999) “Combining The Analytic Hierarchy Process And Goal Programming For Global Facility Location-allocation Problem” *International Journal of Production Economics*, 62(3), 237-248.
- Blin J.M., (1974) “Fuzzy Relations In Group Decision Theory” *Journal of Cybernetics*, 4, 17-22.
- Chen, C. T. (2001) “A Fuzzy Approach To Select The Location Of The Distribution Center” *Fuzzy Sets and Systems*, 118(1), 65-73.
- Kahraman, C., Ruan, D., Doğan, I. (2003) “Fuzzy Group Decision-making For Facility Location Selection” *Information Sciences*, 157, 135-153.
- Liu, S., Chan, F. T., & Chung, S. H. (2011) “A Study Of Distribution Center Location Based On The Rough Sets And Interactive Multi-objective Fuzzy Decision Theory” *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 27(2), 426-433.
- Nagurney, A. (2006) “*Supply Chain Network Economics: Dynamics of Prices, Flows And Profits*” Edward Elgar Publishing, Cheltenham UK, 1-84542-916-8.
- Öncel, U., Çebi, F., & Çelebi, D. (2011) “Bir Otomotiv Yedek Parça Firması İçin Yeni Bir Dağıtım Merkezi Kurulum Kararı”, <http://acikerisim.ticaret.edu.tr:8080/xmlui/handle/11467/558>, (22.08.2016).
- Özgen, D., Gülsün, B. (2014) “Combining Possibilistic Linear Programming And Fuzzy AHP For Solving The Multi-objective Capacitated Multi-facility Location Problem” *Information Sciences*, 268, 185-201.
- Thomas, D.J. ve Griffin, P.M. (1996) “Coordinated Supply Chain Management” *European Journal Of Operational Research*, 94, 1-15.
- Xu, J., Liu, Q., Lei, X. (2016) “A Fuzzy Multi-objective Model And Application For The Discrete Dynamic Temporary Facilities Location Planning Problem” *Journal of Civil Engineering and Management*, 22(3), 357-372.
- Yager, R.R., (1978) “*Fuzzy Decision-making Including Unequal Objectives*”, 1, 87-95.

