

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEDARİK ZİNCİRİNDE ÇOK AMAÇLI AĞ TASARIM PROBLEMİNİN ÇOK
KRİTERLİ KARAR VERME VE HEDEF PROGRAMLAMA YÖNTEMLERİ
KULLANILARAK OPTİMİZASYONU**

N. CEYDA ÖZER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. Umut RİFAT TUZKAYA**

İSTANBUL, 2014

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TEDARİK ZİNCİRİNDE ÇOK AMAÇLI AĞ TASARIM PROBLEMİNİN ÇOK
KRİTERLİ KARAR VERME VE HEDEF PROGRAMLAMA YÖNTEMLERİ
KULLANILARAK OPTİMİZASYONU**

N. Ceyda ÖZER tarafından hazırlanan tez çalışması .../.../2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Umut Rıfat TUZKAYA
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Umut Rıfat TUZKAYA
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Semih ÖNÜT
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Özalp VAYVAY
Marmara Üniversitesi

ÖNSÖZ

Tedarik zinciri, gelişen ve değişen faaliyetleriyle beraber önemli sistematik bir ağıdır. Artan rekabet koşulları, teknolojideki ilerlemeler ve küreselleşme firmaları fark yaratmaya zorlamakta, bu durum hızlı, doğru, zamanında, eksiksiz ve hatasız ürün teslimatını önemli kılmaktadır. Tedarik zinciri optimizasyonu firmaların devamlılığı açısından doğru karar vermede kritik bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır.

Gelişen, değişen ve sınırların ortadan kalktığı bir sektörde, tedarikçiden başlayıp son kullanıcıyla tamamlanan tüm sürecin iyi tasarlanması ve koordinasyonun sağlanması gerekmektedir. Bu ağı oluşturan öğeler, sayılarının ve yerlerinin tespiti gibi ağ tasarımı problemleri tedarik zinciri yönetimi için stratejik bir öneme sahiptir.

Tez çalışması kapsamında, çok aşamalı bir tedarik zincirinde açılacak tesislerin (üretim merkezi, dağıtım merkezi ve depolar) alternatif kurulum yerleri arasından nerelere kurulması gerektiği, kalitatif faktörleri de değerlendiren çok amaçlı bir modelle ele alınmıştır. Tesis açılma yerleri belli olduktan sonra zincir üzerinde kademeler arası taşınacak ürün miktarları da tespit edilmiştir.

Çalışmam süresince benden hiçbir zaman desteğini esirgemeyen, değerli bilgilerini, düşüncelerini her zaman benimle paylaşan ve her konuda beni yönlendiren danışmanım Doç. Dr. Umut Rifat TUZKAYA'ya teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca her zaman yanımda olan ve beni destekleyen sevgili aileme sonsuz teşekkür ederim.

Haziran, 2014

N. Ceyda ÖZER

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vii
KISALTMA LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖZET	xiii
ABSTRACT.....	xiii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	2
1.2 Tezin Amacı	11
1.3 Hipotez	11
BÖLÜM 2	
TEDARİK ZİNCİRİ AĞ TASARIMI VE OPTİMİZASYONU	12
2.1 Tedarik Zinciri Yönetimi	13
2.1.1 Tedarik Zinciri Yönetimi Fonksiyonları	13
2.1.2 Tedarik Zinciri Yönetimi Kararları	14
2.1.3 Tedarik Zinciri Yönetiminin Amaç ve Faydaları	16
2.2 Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı	18
2.2.1 Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı Amaçları	19
2.2.2 Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı Karar Değişkenleri	21
2.2.3 Tedarik Zinciri Ağ Tasarımında Kullanılan Kısıtlar.....	22
2.3 Tedarik Zinciri Modellerinin Sınıflandırılması	23

BÖLÜM 3

OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE TEDARİK ZİNCİRİ AĞ TASARIMI VE MODEL ÖNERİLERİ 25

3.1 Otomotiv Sektörü	13
3.1.1 Dünyada Otomotiv Sektörü	26
3.1.2 Türkiye'de Otomotiv Sektörü	27
3.2 Problemin Tanımı ve Kapsamı	18
3.3 Ağ Tasarımı Probleminin Çözümü İçin Geliştirilen Model	29
3.3.1 Modelin Varsayımları	31
3.3.2 Modele Ait Notasyonlar	32
3.3.3 Kısıtlar	35
3.3.4 Birinci Amaç; Maliyet Minimizasyonu	37
3.3.5 İkinci Amaç; Süre Minimizasyonu	37
3.3.6 Üçüncü Amaç; Kalitatif Faktör Maksimizasyonu	38

BÖLÜM 4

TEDARİK ZİNCİRİ AĞ TASARIM PROBLEMLERİNDE ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ..... 43

4.1 DEMATEL Metodu	44
4.2 Analitik Ağ Süreci Yöntemi	47
4.3 Hedef Programlama	50
4.3.1 Hedef Programlama Yapısı	52
4.3.2 Hedef Programlama Formülasyonu	53
4.3.3 Öncelikli Hedef Programlama	57
4.3.4 Ağırlıklı Hedef Programlama	Error! Bookmark not defined. 8
4.3.5 Minmaks Hedef Programlama	Error! Bookmark not defined. 9

BÖLÜM 5

UYGULAMA 61

5.1 Veri Toplama	61
5.1.1 Birim Taşıma Maliyetlerinin Elde Edilmesi	62
5.1.2 Taşıma Sürelerinin Elde Edilmesi	68
5.1.3 Diğer Model Parametrelerinin Elde Edilmesi	75
5.2 Kalitatif Faktörlerin Değerlendirilmesi	78
5.2.1 DEMATEL Metodu ile Kriterler Arası Önceliklerin Belirlenmesi	78
5.2.2 ANP ile TZ Performansını Etkileyen Katsayı Değerinin Belirlenmesi	82
5.3 Model Çözümü ve Sonuçlarının Değerlendirilmesi	Error! Bookmark not defined. 7
5.3.1 Senaryo Analizi	93
5.3.1.1 Senaryo 1	93
5.3.1.2 Senaryo 2	97
5.3.1.3 Senaryo 3	101
5.3.1.4 Senaryo 4	101
5.3.1.5 Senaryo 5	102

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER 103

KAYNAKLAR 105

EK

Model 1 - GAMS Kodu..... 110

ÖZGEÇMİŞ 141

SİMGE LİSTESİ

I	Birim matris
$\lambda_{\max}$	Karşılaştırma matrisinin en büyük öz değeri
$f_i(x)$	Fonksiyonel mutlak sapma
β_i	i. hedefi tanımlayan sapma değişkeni bileşeni
w	Öz vektör

KISALTMA LİSTESİ

AHP	Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytic Hierarchy Process)
ANP	Analitik Ağ Süreci (Analytic Network Process)
DEMATEL	Karar Vermede Deneme ve Değerlendirme Laboratuar Metodu (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory Method)
DP	Doğrusal Programlama
DM	Dağıtım Merkezi
GTZM	Global Tedarik Zinciri Modeli
HP	Hedef Programlama
K	Komponent
KDTZ	Kapalı Döngü Tedarik Zinciri
M	Müşteri
T	Tedarikçi
TM	Taşıma Modu
TZ	Tedarik Zinciri
TZÜ	Tam Zamanında Üretim
TZY	Tedarik Zinciri Yönetimi
Ü	Ürün
ÜM	Üretim Merkezi

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1	Tedarik zinciri yapısı 12
Şekil 2. 2	Tedarik zinciri yönetimi fonksiyonları 13
Şekil 2. 3	Tedarik zinciri yönetiminde karar seviyeleri 14
Şekil 2. 4	Tedarik zinciri ağ yapısı 19
Şekil 3. 1	2010 yılı Ocak-Eylül dönemi toplam üretim ve otomobil üretimi 27
Şekil 3. 2	İşletmenin tedarik zinciri yapısı 30
Şekil 3. 3	Nihai ürüne ait ürün ağacı..... 31
Şekil 4. 1	Hiyerarşi (a) ve ağ yapısı (b) 47
Şekil 5. 1	Model 1’e ait yeni ağ yapısı 89
Şekil 5. 2	Model 2’ye ait yeni ağ yapısı..... 96
Şekil 5. 3	Model 3’e ait yeni ağ yapısı 100

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 1. 1	Tedarik zinciri ağ tasarımı literatür incelemesi özet tablosu 9
Çizelge 2. 1	Tedarik zincirinde istenen amaçlar 17
Çizelge 2. 2	Tedarik zinciri optimizasyonunun işletmeye sağladığı katma değer 18
Çizelge 3. 1	2009 ve 2010 yılları Ocak-Eylül dönemi otomotiv pazar büyüklükleri ... 26
Çizelge 3. 2	Son 10 yıllık satış ortalaması ve 2010 satışları 28
Çizelge 3. 3	Kalitatif etki faktörleri 38
Çizelge 3. 4	Tesise özgü kalitatif etki faktörleri 40
Çizelge 4. 1	DEMATEL metodu karşılaştırma skalası 45
Çizelge 4. 2	Temel skala değerleri ve tanımları 48
Çizelge 4. 3	Orijinal hedefler ve amaç fonksiyonu 56
Çizelge 5. 1	Tedarikçi-üretim merkezi birim taşıma maliyetleri..... 62
Çizelge 5. 2	Üretim merkezi-dağıtım merkezi birim taşıma maliyetleri 64
Çizelge 5. 3	Dağıtım merkezi-depo birim taşıma maliyetleri 64
Çizelge 5. 4	Depo-müşteri birim taşıma maliyetleri 65
Çizelge 5. 5	Üretim merkezi-depo birim taşıma maliyetleri..... 68
Çizelge 5. 6	Tedarikçi-üretim merkezi arası taşıma süreleri..... 69
Çizelge 5. 7	Üretim merkezi-dağıtım merkezi arası taşıma süreleri..... 71
Çizelge 5. 8	Dağıtım merkezi-depo arası taşıma süreleri 71
Çizelge 5. 9	Depo-müşteri arası taşıma süreleri 72
Çizelge 5. 10	Üretim merkezi-depo arası taşıma süreleri..... 75
Çizelge 5. 11	Sabit işletme maliyetleri..... 76
Çizelge 5. 12	Tedarikçi kapasitesi 76
Çizelge 5. 13	Üretim merkezi kapasitesi..... 76
Çizelge 5. 14	Dağıtım merkezi kapasitesi 76
Çizelge 5. 15	Depo kapasitesi 77
Çizelge 5. 16	Müşteri talebi 77
Çizelge 5. 17	Nihai ürün üretiminde kullanılan komponent miktarı 77
Çizelge 5. 18	Direkt ilişki matrisi..... 78
Çizelge 5. 19	Endirekt ilişki matrisi 79
Çizelge 5. 20	Toplam ilişki matrisi..... 79
Çizelge 5. 21	Etkileyen ve etkilenen faktör grupları 80
Çizelge 5. 22	Tedarikçi için yapısal ilişki değerleri 80
Çizelge 5. 23	Üretim merkezi için yapısal ilişki değerleri..... 81
Çizelge 5. 24	Dağıtım merkezi için yapısal ilişki değerleri 81
Çizelge 5. 25	Depo için yapısal ilişki değerleri 82

Çizelge 5. 26	Tedarikçi açısından süpermatris.....	83
Çizelge 5. 27	Tedarikçi açısından ağırlıklı süpermatris	84
Çizelge 5. 28	Tedarikçi açısından limit matris.....	85
Çizelge 5. 29	Üretim merkezi açısından limit matris	86
Çizelge 5. 30	Dağıtım merkezi açısından limit matris	86
Çizelge 5. 31	Depo açısından limit mastris	87
Çizelge 5. 32	Model 1 optimal sonuç değerleri	88
Çizelge 5. 33	Model 1 tedarikçiden (i) üretim merkezine (j) taşınan komp. miktarı....	89
Çizelge 5. 34	Model 1 üretim merkezinden (j) depoya (l) taşınan ürün miktarı	90
Çizelge 5. 35	Model 1 depodan (l) müşteriye (m) taşınan ürün miktarı	91
Çizelge 5. 36	Model 2 optimal sonuç değerleri	94
Çizelge 5. 37	Model 2 tedarikçiden (i) üretim merkezine (j) taşınan komp. miktarı....	94
Çizelge 5. 38	Model 2 üretim merkezinden (j) depoya (l) taşınan ürün miktarı	94
Çizelge 5. 39	Model 2 depodan (l) müşteriye (m) taşınan ürün miktarı	95
Çizelge 5. 40	Model 3 optimal sonuç değerleri	97
Çizelge 5. 41	Model 3 tedarikçiden (i) üretim merkezine (j) taşınan komp. miktarı....	97
Çizelge 5. 42	Model 3 üretim merkezinden dağıtım merkezine taşınan ürün miktarı.	98
Çizelge 5. 43	Model 3 dağıtım merkezinden (k) depoya (l) taşınan ürün miktarı	98
Çizelge 5. 44	Model 3 depodan (l) müşteriye (m) taşınan ürün miktarı	99

**TEDARİK ZİNCİRİNDE ÇOK AMAÇLI AĞ TASARIM PROBLEMİNİN ÇOK
KRİTERLİ KARAR VERME VE HEDEF PROGRAMLAMA YÖNTEMLERİ
KULLANILARAK OPTİMİZASYONU**

N. Ceyda ÖZER

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Umut Rifat TUZKAYA

Bu çalışmada, çok aşamalı bir tedarik zincirinde hedef programlama ile DEMATEL ve ANP yaklaşımlarının entegrasyonu ile kalitatif ve kantitatif faktörleri ele alan çok amaçlı bir doğrusal programlama modeli kurulmuştur. Birinci amaçta birim taşıma ve tesis maliyetleri toplamının minimizasyonu, ikinci amaçta taşıma sürelerinin minimizasyonu ve üçüncü amaçta ise maksimum kalitatif faktörlerin faydası amaçlanmıştır.

İlk olarak, tedarik zinciri yönetimi ile ilgili teorik bilgi verilmiştir. Tedarik zinciri kavramlarının tanımları yapıp, rolü anlatılmıştır. Sonrasında ise, konu ile ilgili bir literatür araştırması yapılmıştır.

Bir sonraki bölümde, otomotiv sektöründe yer alan bir firma uygulama olarak ele alınmıştır. Sayısal uygulama kısmında; üretim merkezi, dağıtım merkezi ve depo tesis yerlerinden hangilerinin açılması gerektiği ve tesisler arası taşınacak ürün miktarları hesaplanmıştır. Hesaplamalarda GAMS (21.6) optimizasyon yazılımından yararlanılmıştır. Son bölümde ise; değişik senaryolar değerlendirildikten sonra elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve karar vericiye sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Tedarik zinciri yönetimi, ağ tasarımı, hedef programlama, analitik ağ süreci, DEMATEL

ABSTRACT

THE OPTIMIZATION OF A MULTI LEVEL NETWORK DESIGN PROBLEM IN SUPPLY CHAIN BY USING GOAL PROGRAMMING AND MULTI-CRITERIA DECISION MAKING METHODS

N. Ceyda ÖZER

Department of Industrial Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Assoc. Prof. Dr. Umut Rifat TUZKAYA

In this thesis study, in a multi level supply chain, by integrating goal programming, DEMATEL and analytical network process approaches a multi objective linear programming model that considers qualitative and quantitative factors has been proposed. In first objective function minimization of total transportation and fixed facility costs, in second objective function minimization of total transportation times and in third objective function maximum qualitative factors utility has been purposed. It has been represented by goal programming and by DEMATEL-ANP methods in third objective function.

Firstly, basic information about supply chain management is included in this part. The scopes of supply chain is described and the role of the network design in supply chain is explained. In second step, a literature survey is done for the network design in supply chain.

In third step, a company in automotive sector is examined as a case study. In the proposed model, selection decisions among the facility and distribution center locations are made and the amount of the products that have to be transported between facilities are calculated. GAMS (21.6) optimization software has been used.

In the last section, the results are compared after evaluation of goal programming under different scenarios and it presented to the decision makers. Later, a brief conclusion part is given.

Keywords: Supply chain management, network design, goal programming, analytic network process, DEMATEL

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Günümüzün rekabetçi piyasasında değişen müşteri ihtiyaçlarına cevap verebilmek, hızlı ve esnek olabilmek, tedarikçiden başlayıp müşteriyle sonlanan tüm zincir boyunca etkin yönetimi önemli bir yaklaşım haline getirmektedir. Bu farkındalık, firmaları kaliteli, verimli, minimum maliyette maksimum müşteri memnuniyeti sağlayan çeşitli üretim ve dağıtım sistemi alternatifleri üzerinde yoğunlaştırmaktadır.

Sürekli değişen ve gelişen pazar koşullarıyla birlikte, şirketler arası rekabet değil, şirketlerin yar aldıkları tedarik zincirleri arasındaki rekabet önem kazanmıştır. Bu noktada; tedarikçileri, üreticileri, dağıtım kanalları gibi birçok işletmeyi kapsayan tedarik zinciri yönetimi tek bir işletme gibi davranarak; tüm süreç boyunca maliyet, bilgi ve ürün akışının planlanmasını, uygulanmasını ve kontrolünü sağlamaktadır.

Temel amaç; doğru zamanda, doğru ürünün, doğru yerde, doğru miktarda olmasını sağlamaktır. Bir başka ifadeyle; müşteri ihtiyaçlarını karşılayacak minimum maliyetle üretim ve dağıtım ağının belirlenmesidir. En yüksek seviyede müşteri hizmetinin sağlanabilmesi için, dağıtım merkezleri müşterilerin yakınında bulundurulmalı ve depolarda stok tutulmalıdır. Ancak bu oldukça pahalı bir alternatif olacaktır. Diğer taraftan; en düşük maliyetli seçenek, tek bir dağıtım merkezi ve depo üzerinden tüm müşterilere sevkiyat yapılması olacaktır. Bu alternatifte istenmeyen diğer bir durumdur. Belirtilen tüm bu nedenler, ağ tasarımının önemini göstermektedir.

Ağ tasarımı stratejik bir problemdir. Tedarik zinciri yönetimi firmaların ihtiyaçlarına göre modellendirilerek, gerekli üretim merkezi, depo, dağıtım merkezi gibi tesislerin sayısı, yerleri, kapasiteleri, taşınacak ürün miktarları belirlenmektedir. Değerlendirme yapılırken maliyet kadar önemli olan kalitatif faktörler de söz konusudur. Kalitatif ve

kantitatif faktörlerin birlikte değerlendirilmesi, ele alınan problemin karar verici açısından daha doğru yorumlanmasını sağlayacaktır. Kalitatif faktörler değerlendirilirken, çok kriterli karar verme yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Böylelikle faktörler birbiriyle kıyaslanarak, farklı kaynaklardan gelen çeşitli bilgilerin karar sürecinde etkin bir şekilde belirlenmesine imkan sunmaktadır.

Gerçek yaşamda bir ağ tasarlanırken, birden fazla hedef söz konusu olabilmekte ve bu gibi durumlarda hedef programlama metodu firmalara amacın önceliklerine göre etkin bir çözüm sunabilmektedir. Firmalar hem en düşük maliyette faaliyetlerini gerçekleştirmek isterken hem de en kısa sürelerde müşteriye ulaşabilmeyi hedefleyebilmektedirler. Bu gibi durumlarda hedef programlama ile birbirine zıt amaçlar aynı amaç fonksiyonunda yer alabilmektedir.

İyi tasarlanmış bir tedarik zinciri ağ yapısı, hem işletmelerin öncelikli hedefi olan minimum maliyeti sağlayacak, hem de müşteriye sunulan hizmet seviyesini arttıracaktır.

1.1 Literatür Özeti

Bu bölümde, tedarik zinciri ağ tasarımı ile ilgili önerilen modelleri ele alan çalışmalar incelenmiştir. Konuyla ilgili literatürde yer alan makaleler taranmış ve çalışmalarda bahsi geçen tedarik zincirlerinin kademe sayıları, kullanılan model yapıları ve modele ait amaç fonksiyonları hakkında bilgi verilmiştir. Çizelge 1.1’de tedarik zincirinde ağ tasarımı adı altında yapılan çalışmalardan özer bir tablo sunulmuştur.

Bir önceki bölümde belirtilen tedarik zinciri modellerinden deterministik modellerle ilgili literatürde çok geniş çalışmalar mevcuttur. Cohen ve Lee [1], tarafından geliştirilen deterministik karma tamsayılı doğrusal olmayan matematiksel programlama modeli, bu alnadaki öncü çalışmalardan biridir. Önerilen model, ekonomik sipariş miktarı tekniğine dayalı olarak global bir tedarik zinciri planı geliştirmektedir. Bu kapsamda imalat tesisleri ve dağıtım merkezleri için vergi sonrası karları en çoklamakta ve aynı zamanda malzeme ihtiyaçlarını ve tüm ürünler için atamaları belirlemektedir.

Yılmaz ve Çatay [2], makalelerinde üç aşamalı bir üretim-dağıtım ağında stratejik planlama problemine yer vermiştir. Problemden tek ürün, çok tedarikçi, çok üretici ve

çok dağıtım merkezli, talebin deterministik olduğu durum varsayılarak ele alınmıştır. Amaç, üretim, taşıma, envanter ve zaman içinde kapasite artımı ile ilgili maliyetlerin minimizasyonudur. Kısıtlamalar ise tedarikçi, üretici ve taşıma kapasiteleridir. Diğer yandan tüm kapasiteler belirli sabit maliyetlerle arttırılabilirler. Problem 0-1'li karma tam sayılı programlama ile formüle edilmiştir. Gerçek uygulamalarda iyi bir uygun çözüm için etkin basitleştirme (rahatlatma) sezgiselleri ele alınmıştır.

Ishii ve arkadaşları [3], sonu ufuk boyunca entegre edilmiş tedarik zinciri için düşük maliyetli çözümler ile ilgili gecikme zamanı ve taban stok seviyesini belirleyen deterministik bir model geliştirmiştir.

Jayaraman ve Ross [4], çok aşamalı deterministik bir üretim-dağıtım modeli için benzetilmiş tavlama yöntemini kullanmışlar, farklı problem senaryoları ve parametre setleri için performans değerlendirmesi yapmışlardır.

Venkatesan ve Kumanan [5], yaptıkları çalışmada tedarik zinciri maliyetlerin minimizasyonu, talep teslim süresinin minimizasyonu ve hacim esnekliğinin maksimizasyonunu içeren tedarik zinciri ağ tasarımı için çok amaçlı deterministik parçacık sürü optimizasyonu modeli önermişlerdir.

Arntzen ve arkadaşları [6], karma tamsayılı bir global tedarik zinciri modeli (GTZM) geliştirmiştir. Çok sayıda ürün ve aşama içeren GTZM, malzeme listesi, talep miktarları, maliyetler ve vergiler gibi girdileri kullanarak, faaliyet günlerini ve üretim (sabit ve değişken), stok, malzeme taşıma ve ulaştırmaya ilişkin maliyetleri enazlayan dağıtım merkezlerinin sayısını ve yerlerini, müşteri-dağıtım merkezi ve ürün-tesis atamalarını belirlemektedir.

Syarif ve arkadaşları [7], belirli bir kapasiteye sahip potansiyel tesislerin (fabrikalar, dağıtım merkezleri vb.) kurulmasının sabit maliyeti ile müşteri talebinin tesislerden taşınması maliyeti toplamını enazlayacak tesislerin ve dağıtım ağının enuygun tasarımını elde etmeye çalışmışlardır. Polinomyal olmayan-zor (NP-hard) karma tamsayılı doğrusal programlama yapısındaki bu problemi çözmek için genetik algoritmalara dayalı bir algoritma geliştirmişlerdir. Geliştirilen algoritmanın performansı basit genetik algoritmalar ve LINDO ile karşılaştırılmış, basit genetik

algoritmalarla göre, sezgisel çözümler ve bilgisayar işlem zamanı bakımından daha iyi sonuçlar elde edildiği gösterilmiştir.

Belirsizliği ele alan stokastik çalışmalarda Amin & Zhang [8], genel bir kapalı döngü tedarik zinciri (KDTZ) ağ problemini talebin belirsiz olduğu varsayımı ile stokastik karma tam sayılı doğrusal olmayan programlama yöntemi kullanarak modellemişlerdir.

Pisvae ve arkadaşları [9], geri kazanım ve atıkların bertaraf edilmesi faaliyetlerine ilişkin ürünün miktar ve kalite yapısındaki belirsizlikler, ürün talebi ve değişken maliyeti dikkate almışlardır. Çalışmada ileri ve geri akışların eş zamanlı modellenmesi için stokastik ve deterministik karma tam sayılı programlama yöntemlerini kullanmışlardır. Model tek dönemli, çok aşamalı ve senaryo analizleri ile belirsizliğin kontrol edilmesini ve maliyeti en iyilemeyi amaçlamaktadır.

Guillen ve arkadaşları [10], makalelerinde çok fabrikalı, çok dağıtım depolu ve çok pazarlı düzende, bunların bağlı olduğu dağıtım sistemlerini ele almışlardır. İlk problem formülasyonu daha gerçekçi birçok karakteristikleri modele katarak, daha önceden sunulmuş olan modelleri genişletmiş, daha sonra belirsiz faktörleri hesaba katmak için iki kademeli stokastik model kurulmuştur. Tedarik zinciri performansı açısından amaç fonksiyonunda sadece kâr değil aynı zamanda talep tatmini de değerlendirilmiştir. Bu yaklaşım farklı seviyelerde kullanılabilecek birden fazla çözüm sunmaktadır. Diğer yandan deterministik olarak elde edilen sonuçlar belirsizlik durumunda oluşabilecek stokastik sonuçlarla karşılaştırmak mümkündür. Ek olarak, bu yaklaşım farklı dizayn opsiyonlarında karşılanması olası finansal riskleri de ortaya koymaktadır. Bunun için pareto optimal çözüm setlerinden yararlanılmıştır.

Santoso ve arkadaşları [11] ise, makalelerinde tedarik zinciri dizayn problemleri için stokastik bir model ve çözüm algortması önermektedir. Mevcut yaklaşımlar deterministik çevreler için tasarlanmış veya belirsizlik altında sadece birkaç kısıtlı senaryoyu temsil edebilmektedirler. Buradaki çözüm metodolojisi yakın bir geçmişte önerilmiş olan basitleştirme stratejisini entegre etmekte (basit ortalamalar yaklaşımı), bunun için Benders'ın dekompozisyon algoritmasını kullanarak geniş ölçekli stokastik tedarik zincirindeki çok kapsamlı senaryoları yüksek kalitede ve hızlı bir şekilde çözebilmektedir.

Pyke ve Cohen [12], imalat tesisi, depo ve perakendecilerden oluşan 3 seviyeli bütünsel bir tedarik zinciri için stokastik alt modeller kullanarak matematiksel bir progama modeli geliştirmişlerdir. Tek ürünün söz konusu olduğu model, servis düzeyi kısıtı altında toplam maliyeti en küçükleyen ekonomik yeniden sipariş aralığını, ikmal parti hacimlerini ve perakendeciler için en büyükleyen sipariş miktarı seviyesini belirlemektedir.

Xu ve Nozick [13], iki aşamalı bir tedarik zinciri ağı için risk ve maliyet arasında bir ödünleşme yaparak optimum tedarikçi seçimini gerçekleştiren stokastik bir model geliştirmişlerdir.

Bulanık modellerle ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında, Paksoy ve arkadaşları [14], bulanık çok amaçlı DP yöntemi ile genel bir KDTZ ağ problemini incelemişlerdir. Problem çok aşamalı, çok ürünlü olup, maliyetin en iyilenmesi amacı ile analiz edilmiştir.

Pishvae [15], olasılıklı çok amaçlı genel bir KDTZ ağ tasarımı problemini modellemişlerdir. Problemin temel katkısı belirsizliğin ele alınmasıdır. Maliyetin en iyilenmeye çalışıldığı model tek ürün varsayımı ile geliştirilmiş modelin çözümünde bulanık sayılar kullanılmıştır.

Petrovic ve arkadaşları [16], makalesinde seri sıralı bir üretim tedarik zincirini ele almaktadır. Zincir envanter ve onların arasında üretim tesislerini içermektedir. Zincirin belirsiz bir ortamda işlediği varsayılmıştır. Belirsizlik, müşteri talebi, zincir boyunca yapılan tedarik ve dış tedarik veya pazar tedarigi ile ilişkilendirilmiştir ve bu belirsizlik bulanık setler yardımıyla tanımlanmıştır. Makaledeki model, belirsizlik altında, kabul edilebilir bir müşteri servis düzeyi ve maliyet ile her envanterin sipariş miktarlarının belirlenmesine çalışır. İki tip kontrol yöntemi değerlendirilmiştir: Biri her envanterin yaygın olarak kontrolü ve diğeri envanter kontrolünde kısmi koordinasyon. Her bir envanter kaleminin tedarik zinciri içindeki performansını ve zincirin genel olarak performansını değerlendirecek bir simülatör geliştirilmiştir. Zincirin performansını geliştirecek değişim yaklaşımlar simüle ve analiz edilmiştir.

Chen ve Lee [17], çalışmalarında belirsiz pazar talepleri ve ürün fiyatları içeren çok aşamalı bir tedarik zinciri için çok ürünlü, çok aşamalı, çok dönemli çizelgeleme

problemi için çok amaçlı bir model kurmuştur. Belirsiz pazar talepleri bilinen kesikli olasılıklara göre modellenmiş, bulanık setler ise alıcı ve satıcı arasında oluşan fiyatlar için kullanılmıştır. Birbiriyle kesişen birden fazla amacı tatmin etmek için karma tamsayılı lineer olmayan programlama kullanılmıştır. Bu amaçlar kâr, emniyet stoku seviyeleri, maksimum müşteri servis düzeyleri, belirsiz ürün talepleri için kararın sağlamlığıdır. Çözüm yöntemi olarak iki aşamalı bulanık karar verme yöntemi sunulmuş ve bu sayısal bir örnekle desteklenmiştir.

Sakawa ve arkadaşları [18], merkeziyetçi olmayan iki seviyeli etkileşimli bulanık programlama yaklaşımı ile ev aletleri imal eden ana sanayi ile tedarikçilerinin amaçları arasında bir uzlaşma sağlamaktadır. Ev imalatçısı işletme işbirlikçi bir yaklaşım ile, fabrika ve depolarından ürünleri müşterilere taşımak için dış kaynak sağladığı iki tür acentenin amaçlarını da değerlendirmektedir. Bu acentelerden biri düzenli partileri, diğerleri küçük partileri taşımaktadır. İşletmenin amacı taşıma maliyetini ve taşıma zamanına göre fırsat maliyetini en azlamak iken acentelerin amacı karlarını en çoklamaktır. Acenteler bu amacı sağlayan işgücü atamasını gerçekleştirirken şoförlerin kabiliyetlerini de dikkate almaktadır. Bu taşıma ve işgücü atama problemi merkeziyetçi olmayan iki seviyeli tamsayılı programlama problemi olarak formüle edilmiş, rasyonel ve etkin bir plan ortaya koyabilmek ve işletmeler arası işbirliğini yansıtabilmek için etkileşimli bulanık programlama kullanılmış ve her bir işletme için tatmin edici bir sonuç elde edilmiştir.

Chen ve arkadaşları [19], birim hammadde maliyetlerinin, birim taşıma maliyetlerinin ve talep miktarlarının bulanık olduğu durumda, bulanık minimum toplam maliyetin üyelik fonksiyonunu bulmak için bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Yaklaşımın temelini, kesmeleri ve bulanık bir modeli kesin modellere dönüştürmede kullandığı yöntem oluşturmaktadır. Tahmini üyelik fonksiyonunu türetebilmek için, farklı olasılık düzeyleri için bulanık minimum toplam maliyetin alt ve üst sınırları hesaplanmış ve ilgili optimum faaliyet planları üretilmiştir. Önerilen yöntemin geçerliliğini göstermek üzere, çalışmada bulanık parametrelere sahip olan dört aşamalı bir tedarik zinciri için beş planlama dönemini kapsayan bir model oluşturulmuş ve çözülmüştür. Önerilen yaklaşımın, bulanık parametreler barındıran tedarik zincirlerini daha iyi temsil edebildiği sonucuna varılmıştır.

Liang [20], bulanık çok amaçlı ulaştırma problemleri için bir etkileşimli çok amaçlı doğrusal programlama yöntemi geliştirmiştir. Bu yöntem, amaç fonksiyonlarının bulanık olduğu ve parçalı doğrusal üyelik fonksiyonları ile ifade edildiği durum için önerilmiştir. Makale kapsamında ele alınan problemde, toplam dağıtım maliyetlerinin ve toplam teslimat sürelerinin minimizasyonu amaçlanmıştır. Arz merkezlerinin arz miktarları ve stok kapasiteleri ile talep noktalarına ilişkin talep tahminleri ve depo kapasitelerinin bulanık olduğu belirtilmiştir. Önerilen metod, karar vericiye, tatmin edici bir çözüm elde edene kadar bulanık veriler ve ilgili parametreler üzerinde etkileşimli olarak değişiklikler yapma olanağını da vermektedir. Çalışma kapsamında, bir örnek olay için uygulanan metodun etkinliği gösterilmiştir.

Petrovic ve arkadaşları [21], tedarik zincirlerinde stok yönetimi ve kontrolü için hiyerarşik iki-seviyeli bir yaklaşım sunmuşlardır. Tedarik zinciri, üretim ve stok birimlerinden oluşan seri yapıdaki geniş ölçekli bir sistem olarak düşünülmüştür. Çalışmada, talebin belirsiz olduğu ve bulanık kümelerle modellendiği belirtilmiştir. Tedarik zinciri kontrolü problemi, daha basit optimizasyon alt problemlerine parçalanmış, bu alt problemler birbirinden bağımsız olarak çözülmüş ve çözümler hiyerarşik bir şekilde birleştirilmiştir.

Tedarik zinciri ağ tasarımı problemlerinde kullanılan modelleme yöntemlerinden biri olan simülasyonu Towill ve arkadaşları [22], çeşitli tedarik zinciri stratejilerinin talep yapısındaki değişimlerin düzgünleştirilmesine etkilerini belirleyebilmek için kullanılmıştır. Tedarik zincirinde, imalat aşamasına dağıtım görevi de yükleyen aşama azaltma; gecikmeleri önlemek için stok politikasını tam zamanında üretime (TZÜ) göre düzenleyen, tüm tedarik zinciri boyunca bilgi akışını bütünleştiren bilgi bütünleştirme ve sipariş parametrelerini düzenleme stratejileri analiz edilmiştir. Sonuç olarak, aşama azaltma ve TZÜ stratejilerinin talep değişiminin düzgünleştirilmesi için en etkili araçlar olduğu gözlemlenmiştir.

Ganeshan ve arkadaşları [23], stok parametrelerinin ve yönetim tekniklerinin geniş bir perakende tedarik zincirinin performansı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Tedarik zinciri performansının; tahmin hatası, aşamalar arasındaki iletişim biçimi ve planlama sıklığı olmak üzere üç stok planlama parametresine olan duyarlılığı bir örnek olay

üzerinde simülasyon yöntemi ile analiz edilmiştir. Market seviyesi, dağıtım merkezi seviyesi, imalat ya da tesis seviyesi ve tedarikçi seviyesi olmak üzere örnek olayda dört aşama söz konusudur.

Yukarıda bahsi geçen tüm model sınıflandırmalarından en az ikisinin unsurlarını aynı anda içeren bir melez model çalışan Tzafestas ve Kapsiotis [24], bir tedarik zincirini eniyilemek için deterministik matematiksel programlama yaklaşımını kullanmış, eniyileme modellerinin sayısal bir örneğini analiz etmek için simülasyon yöntemine başvurmuşlardır. Sadece ilgilenilen tesise ait maliyetlerin enazlanmasını hedef alan ve diğer tesislerinkini ihmal eden imalat tesisi eniyilemesi; zinciri bir bütün olarak düşünerek tüm aşamalardaki işletme maliyetlerin toplamını enazlayan global tedarik zinciri eniyilemesi; her bir tedarik zinciri bileşenini bireysel olarak eniyileyen merkeziyetçi olmayan eniyileme olmak üzere üç farklı senaryo altında eniyileme yapılmıştır. Sonuç olarak, üç senaryonun da toplam maliyetlerde anlamlı düzeyde farklılık göstermediği gözlemlenmiştir.

Lee ve Kim [25], analitik ve simülasyon tabanlı modelleri birleştiren melez bir yaklaşım önermişlerdir. Analitik modellerde, işlem sürelerinin bilindiği varsayılır veya ihmal edilir. Halbu ki, gerçek sistemlerdeki beklenmeyen gecikmeler, kuyruğa girme, arızalar gibi çeşitli türde belirsiz faktörler nedeniyle, analitik modellerde gerçek işlem sürelerinin karakteristiği tam olarak yansıtılamaz. Bu problemi çözmek için analitik modeldeki işlem sürelerini dinamik olarak düşünmüşler ve bağımsız olarak geliştirilen ve genel üretim-dağıtım karakteristiğini içeren simülasyon modelinin sonuçları ile işlem sürelerini ayarlamışlardır. Bütünleşik tedarik zinciri sistemi için yinelemeli melez analitik-simülasyon yöntemini kullanarak stokastik doğayı yansıtan daha gerçekçi eniyi üretim-dağıtım planları elde etmişlerdir.

Çizelge 1.1 Tedarik zinciri ağ tasarımı literatür incelemesi özet tablosu

Yazar	Modelin Yapısı	Amaç Fonksiyonu	Kademe Sayısı	Ürün Sayısı	Metodoloji
Syarif vd. (2002)	Deterministik	Min. Maliyet	4 (T, ÜM, DM, M)	T	Karma tamsayılı doğrusal programlama ve genetik algoritma
Chen ve Lee (2004)	Bulanık	Mak. kar, Mak. emniyet stoku, Mak. ort. müşteri hizmet düzeyi	3 (ÜM, DM, M)	Ç	Çok amaçlı karma tamsayılı doğrusal olmayan programlama
Guillen vd. (2005)	Stokastik	Mak. kar, Mak. talep tatmini, Min. finansal risk	3 (ÜM, DM, M)	T	Doğrusal programlama, Deterministik& stokastik karşılaştırması
Yılmaz ve Çatay (2006)	Deterministik	Min. Maliyet	3 (T, ÜM, DM)	T	Karma tam sayılı doğrusal programlama
Sabri ve Beamon (2000)	Deterministik	Min. Maliyet	4 (T, ÜM, DM, M)	Ç	Karma tamsayılı doğrusal programlama
Pokharel (2007)	Deterministik	Min. maliyet, Mak. teslimat Güvenirliliği	6 (H, T, T, ÜM, DM, M)	T	Doğrusal programlama
Petrovic vd. (1999)	Bulanık	Min. Maliyet	4 (T, ÜM, ÜM, M)	T	Bulanık programlama
Jayaraman ve Pirkul (2001)	Deterministik	Min. Maliyet	4 (T, ÜM, DM, M)	Ç	Karma tamsayılı doğrusal programlama

Çizelge 1.1 Tedarik zinciri ağ tasarımı literatür incelemesi özet tablosu (devamı)

Zhou vd. (2003)	Deterministik	Min. maliyet, Min. taşıma süresi	2 (DM, M)	T	Genetik algoritma
Altıparmak vd. (2006)	Deterministik	Min. maliyet, Mak. müşteri servis düzeyi	4 (T, ÜM, DM, M)	T	Karma tamsayılı lineer olmayan programlama ve genetik algoritma
Tsiakis vd. (2007)	Deterministik	Min. Maliyet	3 (ÜM, D, M)	T	Karma tamsayılı programlama
Amiri (2006)	Deterministik	Min. Maliyet	3 (ÜM, DM, M)	T	Karma tamsayılı modelleme, Lagrangean sezgiseli
Yan vd. (2003)	Deterministik	Min. Maliyet	3 (ÜM, DM, M)	Ç	Karma tamsayılı Programlama
Jang vd. (2002)	Deterministik	Min. Maliyet	7 {ÜM, D, M}	T	Lagrange sezgiseli ile {ÜM, D, M} farklı ağları için alt modeller şeklinde incelenmesi
Chan ve Chung (2004)	Deterministik	Min. maliyet, Min. taşıma süresi	2 (DM, M)	T	Genetik algoritma
Farahani ve Elapinah (2007)	Deterministik	Min. maliyet, Mak. müşteri servis düzeyi	2 (DM, M)	Ç	Karma tamsayılı doğrusal programlama

1.2 Tezin Amacı

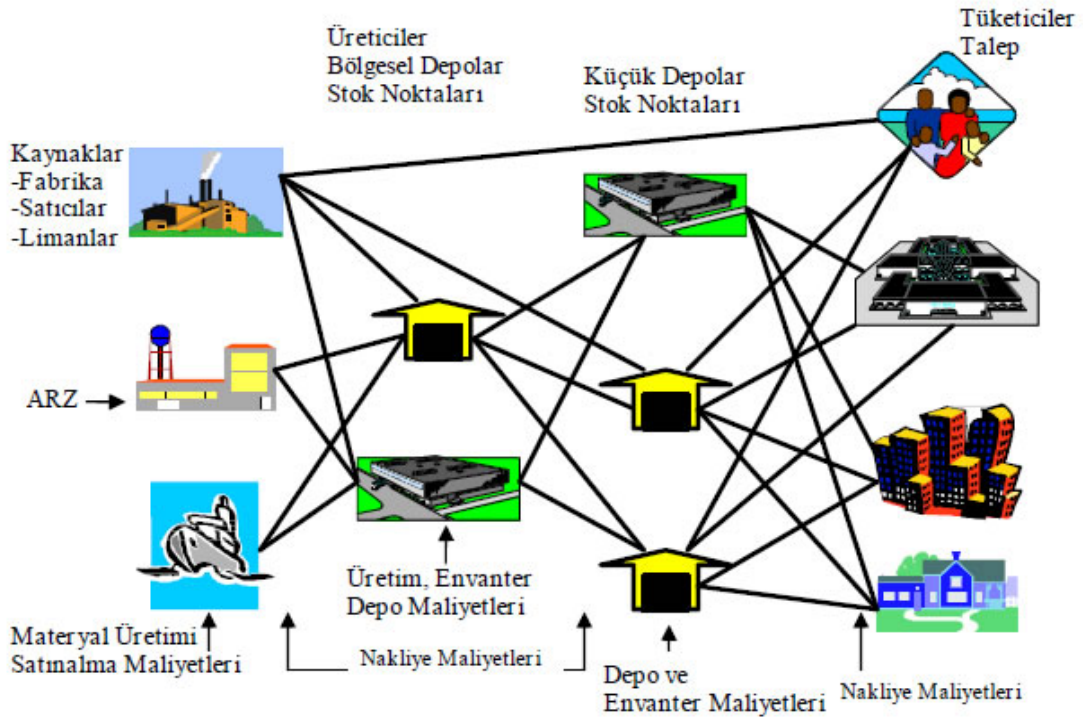
Tez çalışması kapsamında; Türkiye’de otomotiv sektöründe faaliyet gösteren uluslararası bir firmanın üretim ve dağıtım ağı tasarımı ele alınmıştır. Ağın tasarlanması için geliştirilen matematik optimizasyon modeli ile tedarik zinciri ağında açılacak yeni fabrika, dağıtım merkezi ve depo alternatiflerinden en uygun olanların seçimi yapılmış, minimum maliyet, minimum taşıma süresi ve maksimum müşteri hizmet düzeyi amaçlanmıştır. Aynı zamanda tedarik zinciri ağı üzerinde taşınacak optimal ürün miktarları da tespit edilmeye çalışılmıştır.

1.3 Hipotez

Bir tedarik zincirinde üretim ve dağıtım ağı tasarımı; modelin amaç fonksiyonuna sabit işletme maliyetleri, aşamalar arası birim taşıma maliyetleri, taşıma süreleri ve kalitatif faktörler açısından performans değerleri etki etmektedir. Önerilen yaklaşım, gerçek yaşamdaki ağ tasarım problemlerini etkileşimli bir karar verme süreci ile çözmekte, hem kalitatif hem de kantitatif faktörleri içerdüğinden karar vericinin daha gerçekçi kararlar vermesini sağlamaktadır. Kullanılan yöntem, karar vericinin inisiyatifine bağlı olduğundan daha esnek bir yaklaşım söz konusudur. Model, maliyetteki değişime bağlı olarak kalitatif faktörlerdeki değişimi de yansıtmaktadır. Farklı amaçlara verilen önceliklerin birbirleri üzerindeki etkileri net bir şekilde gözlemlenebilmektedir.

TEDARİK ZİNCİRİ AĞ TASARIMI VE OPTİMİZASYONU

Genel anlamda tedarik zinciri, bir firmada mamul yaratmanın temel noktası olan hammaddenin alımından başlayıp, ürünün üretilmesi ve dağıtımı sonrası nihai tüketiciye ulaşana kadar geçirdiği tüm evreleri kapsayan uzun ve çok taraflı bir süreç olarak tanımlanmaktadır [26]. Bu süreçte yer alan tüm üyelerin, konumlarının ve görevlerinin belirlenmesi tedarik zinciri performansı açısından büyük öneme sahip olmaktadır. Şekil 2.1’de tedarik zinciri elemanları gösterilmektedir.



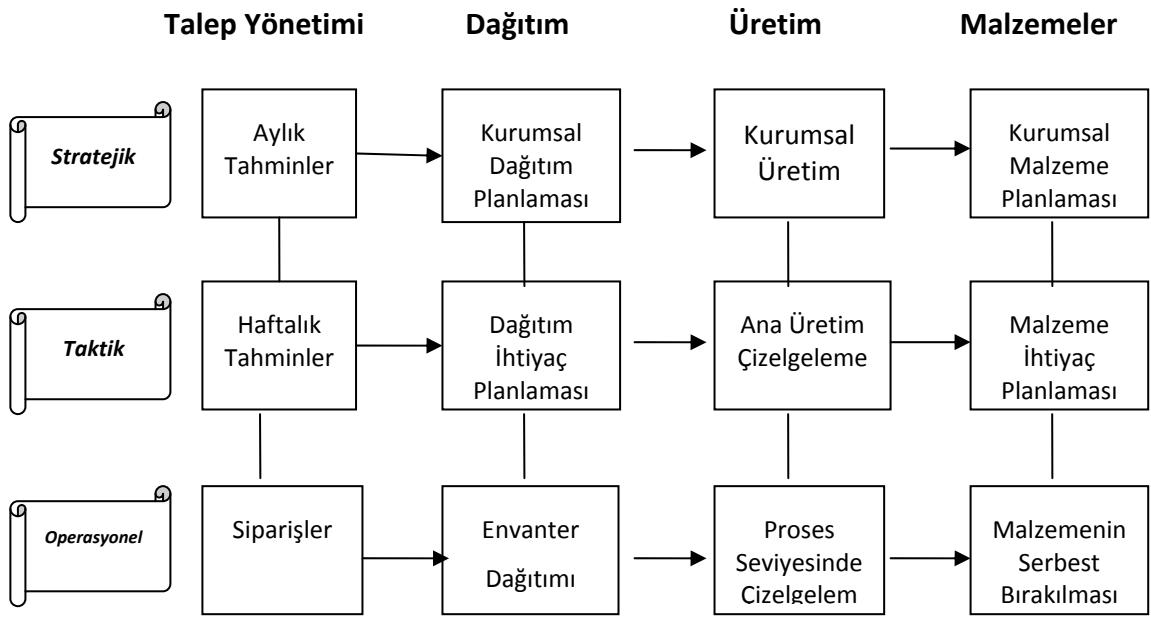
Şekil 2.1 Tedarik zinciri yapısı [27]

2.1 Tedarik Zinciri Yönetimi

Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY); işletmenin iç kaynaklarının dış kaynaklarla entegre edilerek etkin bir şekilde çalışmasının sağlanmasıdır. Amaç geliştirilmiş üretim kapasitesi, piyasa duyarlılığı ve müşteri/tedarikçi ilişkileri gibi işletmenin tüm performansını oluşturan değerlerin artırılmasıdır. TZY, hammaddelerin temin edilmesinden imalat ürünlerine ve buradan da tüketiciye işlenmiş ürünlerin dağıtımına kadar tüm tedarik zinciri boyunca bilgiye dayalı karar almamıza olanak vermektedir [28].

2.1.1 Tedarik Zinciri Yönetimi Fonksiyonları

Tedarik zinciri yönetimi fonksiyonları üç seviyede çalışmaktadır: Stratejik seviye, taktik seviye ve operasyonel seviye. Şekil 2.2’de bu seviyeler talep yönetimi, dağıtım, üretim ve malzemelere göre tanımlanmıştır.



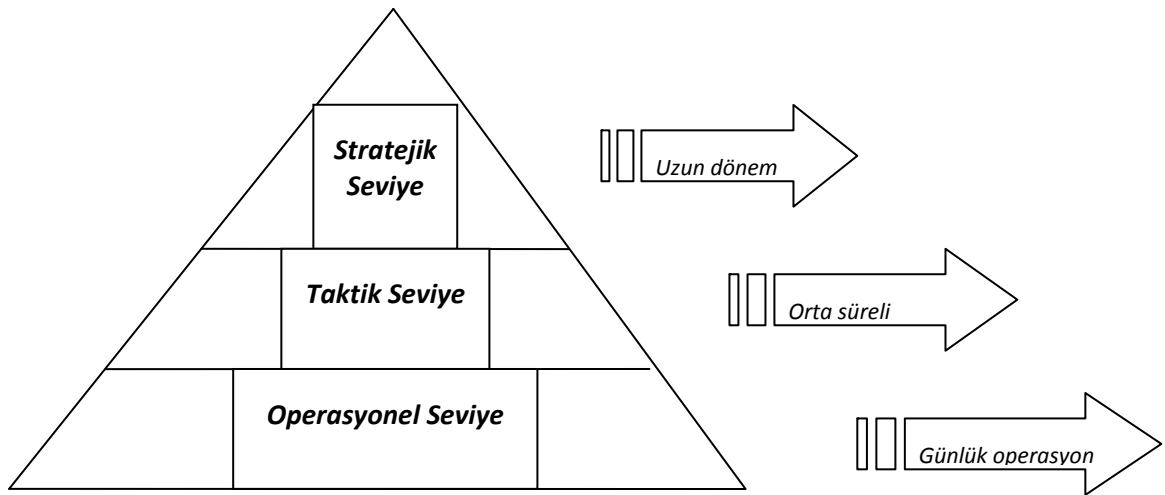
Şekil 2.2 Tedarik zinciri yönetimi fonksiyonları [29]

Her bir seviye, kararların alındığı sürenin periyodu ve bu periyot süresince alınan kararların sıklığı ile birbirinden ayrılmaktadır. Stratejik seviyede, üretimin nerede yapılacağı, en iyi kaynak bulma stratejisinin ne olacağı ele alınırken, taktik seviyede, tahmin yürütme, planlama, temin süresi kısa olan malzemelerin siparişi ve üretim ihtiyaçlarının karşılanması için fazla mesailerin çizelgelenip çizelgelenmeyeceği gibi konular ele alınmaktadır. Operasyonel seviyede ise, envanter dağıtımı, detaylı

çizelgeleme ve bir makine bozulduğu zaman bir siparişin ne yapılacağı problemleri üzerinde durulmaktadır [29].

2.1.2 Tedarik Zinciri Yönetimi Kararları

Tedarik zinciri için verilen kararlar üç geniş kategoride sınıflandırılmaktadır: Stratejik, taktik ve operasyonel (Şekil 2.3). Stratejik kararlar uzun bir zaman ufkunda verilmektedir. Bunlar, işletmenin stratejisiyle sıkı sıkıya bağlıdır (bazen bu kararlar, işletmenin stratejisinin kendisidir) ve bir tasarım perspektifinden tedarik zinciri politikalarını yönlendirir. Taktik kararlar ise orta vadelidir ve haftalık üretim planlaması, dağıtım planlaması gibi işlerin akışını sağlar. Diğer taraftan operasyonel kararlar kısa vadelidir ve günlük faaliyetlerde yoğunlaşmaktadır. Bu tür kararlardaki çaba, “stratejik” tedarik zincirindeki mamul akışının etkin ve verimli bir biçimde yönetilmesidir.



Şekil 2.3 Tedarik zinciri yönetiminde karar seviyeleri [30]

Tedarik zinciri yönetiminde beş temel karar alanı bulunur:

- Yerleşim kararları:

Üretim merkezlerinin, depolama ve kaynak noktalarının coğrafi olarak yerlerinin belirlenmesi, bir tedarik zincirinin oluşturulmasının ilk adımıdır. Bu tesislerin boyutları, sayıları ve konumları belirlendikten sonra ürünlerin son kullanıcıya kadar taşınacağı olası güzergâhlar belirlenir. Alınan bu kararlar, pazara erişimin temel stratejisini temsil ettiği ve gelir, maliyet ve hizmet seviyesinde önemli bir etkisi olduğundan bir firma için

büyük önem taşır. Yerleşim kararları temel olarak stratejik olsa da, operasyonel bir seviyeyle de ilişkilidir.

- Üretim kararları:

Stratejik kararlar, hangi ürünün hangi imalathanede üretileceğini, tedarikçilerin imalatçılara, imalatçıların dağıtım merkezlerine, dağıtım merkezlerinin müşterilere atanmasını kapsar. Yerleşim kararlarında olduğu gibi bu kararların da işletmelerin gelir, maliyet ve müşteri hizmet seviyelerine büyük etkisi vardır. Kritik başka bir konu ise üretim araçlarının kapasiteleridir. Bu karar, büyük bir oranla işletme içindeki dikey bütünleşmenin derecesine bağlıdır. Operasyonel kararlar üretim çizelgelemesi üzerinde yoğunlaşır. Bu kararlar temel üretim çizelgelerinin oluşturulması, makinelerdeki üretimin çizelgelenmesi ve donanım bakımını kapsar. Diğer hususlar ise, iş yükünün dengelenmesi ve bir üretim merkezindeki kalite kontrol ölçütleridir.

- Stok kararları:

Stok kararları stokların ne şekilde yönetileceğini kapsar. Stoklar, hammadde veya yarı mamul veya tamamlanmış mamul olarak tedarik zincirinin her safhasında bulunur. Temel amaçları tedarik zincirinde bulunabilecek herhangi bir belirsizliğin azaltılmasıdır. Stratejik açıdan hedefler üst yönetim tarafından belirlenmelidir. Ancak birçok araştırmacı stok yönetimine operasyonel bir açıdan yaklaşmıştır. Bu kararlar dağıtım stratejilerini ve sipariş miktarlarının ve yeniden sipariş noktalarının belirlenmesi ve her bir stok noktasındaki güvenli stok seviyesinin ayarlanması olan kontrol politikalarını kapsar. Söz konusu seviyeler, müşteri hizmet seviyelerinin temel belirleyicisi oldukları için kritik öneme sahiptir.

- Nakliye (dağıtım) kararları:

Nakliye kararları ile ilgili yöntem seçme konuları daha çok stratejiktir. Bu kararlar stok kararlarıyla yakından bağlantılıdır, çünkü en iyi yöntem stokun dolaylı maliyetinin analizi ile bulunur. Hava ulaşımı hızlı, güvenli olması ve daha az güvenlik stoku sağlamasıyla beraber maliyetlidir. Bununla beraber, deniz veya tren yolu ile nakliyat daha ucuzdur, ancak belirsizliğin azaltılması için nispeten büyük miktarlarda stok bulundurulmasını gerektirir. Dolayısıyla müşteri hizmet seviyeleri ve coğrafi konum, bu

kararlarda önemli rol oynamaktadır. Nakliye, lojistik maliyetlerinin %30'undan fazlasını oluşturduğu için, verimli bir şekilde çalışılması ekonomik olarak faydalı olacaktır. Nakliye miktarları, güzergâhların belirlenmesi ve ekipmanın çizelgelenmesi, bir işletmenin nakliye stratejisinin etkili yönetimi için temel konulardır.

- Bilgi kararları:

Bilgi kararları genellikle ne kadar veri toplanılması gerektiği ve bu bilgilerin ne kadarının paylaşılacağı ile ilgilidir. Zamanında erişilen doğru bilgi daha iyi koordinasyon ve daha iyi karar alınmasını sağlar. Doğru bilgi ile hangi üründen ne kadar üretilecek, stok seviyesi ne kadar olacak, stoklar nerede depolanacak ve en iyi nakliye yöntemi ne olacak konularında etkin karar alınmasını sağlar. Bu kararlar şirketin tedarik zincirinin kapasitesini ve etkinliğini belirleyecektir. Bir şirketin yapabileceği şeyler ve pazarında rekabet etme yöntemleri sahip olduğu tedarik zincirinin etkinliğine bağlıdır [30].

2.1.3 Tedarik Zinciri Yönetiminin Amaç ve Faydaları

TZY'nin örgütler arasında yoğun kabul görmesinin nedeni, hammadde ve malzeme tedarikinden müşterilere bitmiş mamullerin dağıtım ve satış sonrası hizmetlere kadar tedarik zinciri ile ilgili faaliyetlere işletmelerin satış gelirlerinin ortalama %70'ini harcamalarıdır. Dünya ekonomisindeki rekabet sürekli arttığı için işletmenin rekabet yeteneğini güçlendirmesi ve sonuçta karlılığı, fiyatları arttırma yeteneğine daha az bağımlı hale gelmektedir. Böyle bir rekabet ortamında işletmelerin ürün yenilikleri, daha yüksek kalite ve daha hızlı cevap zamanı, düşük maliyet gibi yeteneklerle rekabet etmeye ihtiyaçları vardır. Bunların tamamı ise etkili bir TZY olmaksızın çoğu zaman başarıyla gerçekleştirilmektedir [31].

TZY'deki fonksiyonel amaçlar ve bunların stok, müşteri hizmetleri ve toplam maliyet üzerinde yarattığı etkiler Çizelge 2.1'de gösterilmektedir. Koyu renkli oklar fonksiyonel amaç için istenen sonuçları göstermektedir.

Çizelge 2.1 Tedarik zincirinde istenen amaçlar [32]

Fonksiyonel amaçlar	Amaçların ... üzerindeki etkisi		
	Stok	Müşteri hizmetleri	Toplam maliyet
Yüksek müşteri hizmeti	↑	↑	↑
Düşük ulaştırma maliyeti	↑	↓	↓
Düşük depolama maliyeti	↓	↓	↓
Stokların azaltılması	↓	↓	↓
Yüksek dağıtım hızı	↑	↑	↑
Düşük işgücü maliyeti	↑	↓	↓
İstenen Sonuçlar	↓	↑	↓

Etkin bir TZY'nin işletmeye sağladığı faydaların araştırıldığı bir çalışmada tedarik zinciri optimizasyonu ile işletmeye sağlanan katma değer Çizelge 2.2'de özetlenmektedir.

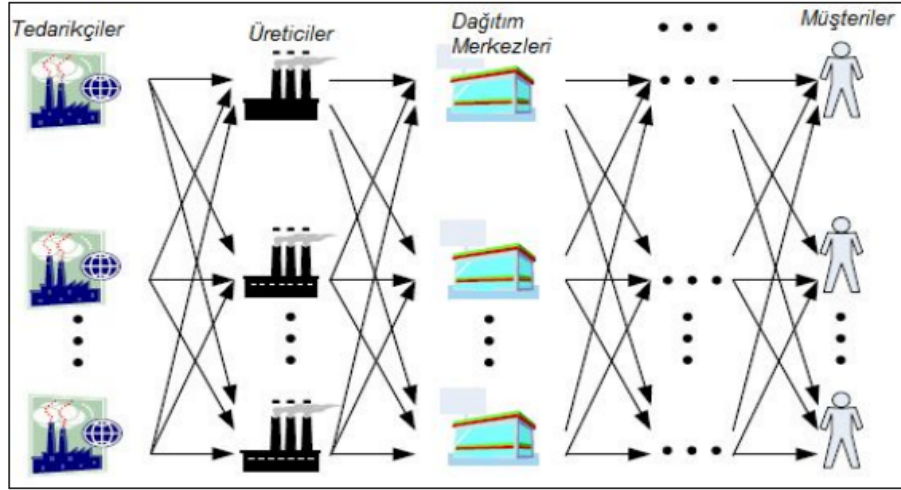
Çizelge 2.2 Tedarik zinciri optimizasyonunun işletmeye sağladığı katma değer [31]

İyileşme sağlanan alanlar	Net katkı (%)
Teslim performansının iyileştirilmesi	15-28
Stokların azaltılması	25-60
Sipariş karşılama oranının iyileştirilmesi	20-30
Talep tahmin başarısı	25-80
Tedarik çevrim süresinin kısaltılması	30-50
Lojistik masraflarının azaltılması	25-50
Verimlilik ve kapasite artışı	10-20

2.2 Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı

Tedarik zinciri ağı tedarikçi, nakliyec, üretici, dağıtım merkezleri, perakendeci ve tüketici ile ortaya çıkan tedarik zincirini oluşturan sistemler, alt sistemler, operasyonlar, faaliyetler ve bunların birbirleriyle olan ilişkilerini içeren karmaşık bir bütündür. Bu karmaşık bütünün tasarımı, modelinin oluşturulması ve hayata geçirilmesi firmaların maksimum etkinlik ve verimliliğe sahip olmalarında oldukça belirleyici bir rol üstlenmektedir [33].

Şekil 2.4'te tedarikçi, depo, fabrika, dağıtım merkezi ve müşteriden oluşan bir tedarik zinciri ağı görülmektedir.



Şekil 2.4 Tedarik zinciri ağ yapısı [34]

2.2.1 Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı Amaçları

Tedarik zinciri ağı tasarımında istenen tasarımın gerçekleşebilmesi için konulan hedefler yani amaçlar belirlenmelidir. Bu amaçlar daha önce anlatılan operasyonel, taktik ve stratejik kararların uygulanmasıyla gerçekleştirilecek olan amaçlardır. Aşağıda anlatılacak olan kararlar ağ tasarımı esnasında tasarımcının amaç fonksiyonlarını oluşturmaktadır.

- Müşteri hizmet ihtiyaçları:

Tedarik zinciri tasarımını etkileyen en önemli faktör hedeflenen müşteri hizmet seviyesidir. Daha kısıtlı müşteri hizmet seviyesi hedefleri merkezi envanterlerin birkaç yerde oluşturulmasına ve daha ekonomik taşıma tiplerinin kullanılmasına olanak verir. Hizmet seviyeleri çok üst sınırlara çıktığında lojistik maliyetleri çok fazla artmakta ve elde edilen gelirdeki artışla karşılanamamaktadır. Bu sebeple en uygun müşteri hizmet seviyesine karar vermek gerekmektedir.

- Lojistik ağı yapılandırması ve tesis yeri seçimi:

Lojistik ağı yapılandırmasında alınması gereken önemli stratejik kararlar, gerekli fabrika ve depo sayısının belirlenmesi, her tesisin yerinin belirlenmesi, her tesisin kapasitesinin belirlenmesi ve her tesiste hangi ürünlerin ne kadar üretilceğinin veya hangi ürünlerden ne kadar bulunacağının belirlenmesidir. Amaç lojistik ağını, sistem boyunca yıllık maliyetleri çeşitli hizmet seviyesi kısıtları göz önünde bulundurularak en aza

indirmektir. Bunlar, üretim ve satın alma maliyetlerini, envanter tutma maliyetlerini, tesis maliyetlerini ve taşıma maliyetlerini kapsar.

- Envanter yönetimi:

Stratejik düzeyde alınan envanter kararlarının organizasyona yayılması, sipariş miktarı ve zamanlarının belirlenmesi ve emniyet stoklarının hesaplanması gibi operasyonel kararlar ile olur.

- Taşıma kararları:

Taşıma kararları, taşıma tipine karar verme, taşıma büyüklüğüne karar verme, yük birleştirme kararları, taşıyıcı rota tayini ve araç çizelgelemeyi içermektedir.

- Üretim kararları:

Hangi ürünlerin üretileceği, hangi hizmetlerin dışarıdan alınacağı, hangi ürünlerin hangi üretim alanlarında üretileceği, hangi tedarikçilerin hangi fabrikalara malzeme sağlayacağı üretimle ilgili stratejik kararlardır. Üst yönetimin stratejik kararı doğrultusunda operasyonel seviyedeki faaliyetlere karar verilir.

- Dağıtım stratejileri:

Dağıtım stratejileri, tedarik zincirinin tedarikçiden ve üreticiden başlayıp perakendecilere ve son müşteriye giden kısmıyla ilgilidir. Doğrudan sevkiyat, depolama ve aktarma noktaları olmak üzere üç tip dağıtım stratejisi kullanılmaktadır.

- Stratejik ortaklıklar:

Stratejik ortaklıklar iki firma arasında, ortak hedeflere ulaşmak amaçlı, risklerin ve ödüllerin paylaşıldığı uzun süreli ortaklıklardır. Ortak hedeflerin varlığı eski resmi alışveriş süreçlerindeki zamanlara kıyasla ortak hedefler için daha fazla kaynak ayrılmasını sağlar [35].

2.2.2 Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı Karar Değişkenleri

Karar değişkenleri genel olarak, karar çıktısı aralıklarının sınırlarını belirlemelerinden dolayı, tedarik zinciri ile ilişkili fonksiyonel performansın artmasına katkıda bulunmaktadır. Dolayısıyla, bir tedarik zincirinin performans ölçümleri genel olarak karar değişkenlerinin bir fonksiyonu olarak ifade edilebilir.

Karar değişkenlerinin bazıları aşağıdaki gibi açıklanabilir [28];

- Yer:

Bu tür değişkenler; fabrikaların, depoların (veya dağıtım merkezlerinin) konsolidasyon noktalarının ve tedarik kaynaklarının nerede konumlandırılacağına ilişkin karar verme sürecinde etkilidir.

- Yerleşim:

Hangi toptancıdan, fabrikadan ve konsolidasyon noktasından hangi müşteriye, Pazar dilimine ve tedarikçiye hizmet verileceğini gösteren değişkenlerdir.

- Şebeke/Ağ yapısı:

Bu tip değişkenler, bir dağıtım şebekesinin merkezileştirilmesi ya da merkezden uzaklaştırılması ve tedarikçiler, depolar ve konsolidasyon / birleşim noktalarının hangi kombinasyonundan yararlanılacağını belirtir. Ayrıca bu değişkenler üretim ve dağıtım kaynaklarının tam zamanında kullanılması ya da elimine edilmesi esasına da dayanır.

- Tesis ve teçhizat sayısı:

Müşteri ihtiyaçlarını ve pazar isteklerini karşılayabilmek için kaç adet fabrika, depo ve birleşim noktası gerektiğini belirleyen değişkenlerdir.

- Aşama-katman sayısı:

Bu değişken ise, bir tedarik zincirinin içerdiği aşamaların sayısını belirler. Ayrıca, yatay tedarik zinciri bütünleşiminde kademeleri birleştirerek ya da kademeleri bölerek kademe sayısını artırabilir veya azaltabilir.

- Hizmet sıklığı:

Müşterilere veya tedarikçilere hizmet veren araçların dağıtım-getiri zaman çizelgesini ya da izlediği rotayı belirleyen değişkendir.

- Miktar:

Bu değişken, tedarik zincirinin her noktasında (tedarikçi, üretici, dağıtıcı vs.) optimal satın alma miktarı, üretim, nakil miktarını belirler.

- Stok seviyesi:

Tedarik zincirinin her safhasındaki hammadde, bölüm, iş süreci, nihai ürün ve stok tutma birimini belirleyen değişkendir.

- İşgücü miktarı:

Bu değişken, sistemde kaç adet tır şoförü ve ürün yükleyici bulunması gerektiğine karar verilmesini sağlar.

- Dış-kaynak kapsamı:

Hangi tedarikçinin, hangi bilişim hizmeti ve üçüncü taraf destek sağlayıcısının kullanılacağı, uzun dönemli temaslarda dış kaynak (tekil veya çoklu kaynak) bakımından kaç tanesinden faydalanabileceği belirleyen değişkendir.

2.2.3 Tedarik Zinciri Ağ Tasarımında Kullanılan Kısıtlar

Tedarik zinciri kısıtları, işletmenin seçebileceği bir dizi alternatif karar seçeneği üzerinde konumlanmış etmenlerdir. Böylece, bu etmenler bazı karar alternatiflerinin yapılabilirliklerini belirlerler. Bu kısıtların içerikleri şöyledir [28];

- Kapasite:

Tedarik zinciri üyelerinin finans, üretim, tedarik ve teknik yeterliliklerini; stenilen gelir düzeyinde stok seviyeleri, üretim, işgücü, öz-sermaye yatırımı, outsourcing ve bilişim teknolojileri adaptasyonu ile ilgili durumları belirler. Kapasite ayrıca üretim ve stoklama için kullanılabilir alanları da içerir.

- Hizmet uyumu:

Tedarik zincirinin nihai hedefinin müşterilerin hizmet ihtiyaçlarını karşılaması ya da bu ihtiyaçların da ötesinde hizmet verilmesi esası olduğunu düşünürsek, bu oluşum müşteri memnuniyeti için en önemli kısıttır. Bunların tipik örnekleri; dağıtım zamanları, gününde üretim, ardışık sipariş için maksimum bekleme süresi ve taşıma yapan kamyon sürücüleri için ulaştırmada geçen yolculuk süresidir.

- Talep kapsamı/miktarı:

Tedarik zincirinin dikey bütünleşimi, bir önceki kademedeki tedarik kapasitesini dengelemek amacıyla aşağı yöndeki tedarik zinciri üyelerinin kendi kademelerinde başarıya ulaşması için gereken talep miktarını, artırılmış tüketim doğrultusunda dengelemektir.

2.3 Tedarik Zinciri Modellerinin Sınıflandırılması

Tedarik zinciri ağında en etkin tasarımı sağlayacak, problem karakteristiğine uygun bir model geliştirilmelidir. Literatürde tedarik zinciri modelleriyle ilgili farklı sınıflandırmalar bulunmakla birlikte, bu çalışmada deterministik, stokastik, bulanık, simülasyon tabanlı ve melez model ayrımı esas alınmıştır.

- Deterministik modeller:

Tüm parametreleri sabit veya karar verici tarafından kesin bir şekilde bilindiği varsayılan modellerdir. Yani herhangi bir belirsizlik ya da olasılık söz konusu değildir. Dağıtım ağlarının doğası gereği, bu konuda geliştirilen modellerin büyük bir bölümü karma tamsayılı doğrusal programlama şeklindedir.

- Stokastik modeller:

Verilere ilişkin belirsizlik, stokastik modellerin kullanımını zorunlu hale getirmektedir. Stokastik modellerin yaygın olarak kullanıldığı stratejik planlamada, uzun zaman dönemleri dikkate alınmakta ve yaklaşık veriler üzerinde çalışılmaktadır. Dolayısıyla, modellenecek sistem çok daha karmaşık, geliştirilen model ise daha büyük hacimlidir.

- Bulanık modeller:

Bulanık modellerde, kesin olmayan bilginin sayısal gösterimi olan bulanık sayıların kullanılması ile klasik/kesin modellerden hayli farklı yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bazı durumlarda, amaç fonksiyonu en büyükleme veya en küçükleme yerine, “maliyetin önemli ölçüde düşürülmesi” gibi belirsiz bir hedef olabilmektedir. Bazen de, teknoloji matrisinin elemanları veya sağ taraf sabitleri, “tat, koku, ağrı” gibi kesin tanımlanamayan duyuları ya da nitel özellikleri yansıttıkları için doğal yapıları gereği bulanık bir karakter taşıyabilmektedir. Karar verici, gerçek dünyanın modele yansıtılması sürecinde çözülebilir olması için bazı noktalardan feragat etmek zorunda bırakılmamış, dolayısıyla tedarik zinciri gibi karmaşık süreçlerin modellenmesinde bu yaklaşım büyük avantajlar sağlamıştır [36].

- Simülasyon tabanlı modeller:

Matematik modellemede kaydedilen tüm ilerlemelere rağmen, gerçek durumların çoğunda sistemin matematiksel gösterimi hala beklenenin çok uzağındadır. Matematiksel gösterimin katılığı, çoğu kere karar problemini yeterince tanımlamayı olanaksız hale getirmektedir. Bunun tersine, bir model uygun formüle edilse bile, çok karmaşık çözüm algoritmalarıyla uğraşmak zorunda kalınması söz konusu olabilecektir. Böyle karmaşık sistemlerin modellenmesinde kullanılabilecek uygun yaklaşımlardan biri de simülasyondur. Simülasyon, imalat sistemlerinin tasarımı ve analizi, stok sistemleri için sipariş politikasının belirlenmesi, otoyollar, havalimanları, metrolar gibi ulaşım tesislerinin tasarımı ve işletimi gibi sayısız uygulama alanında çok farklı türde problem için etkin ve kullanışlı bir araç olarak değerlendirilmektedir [37].

- Melez modeller:

Melez modeller; deterministik, stokastik, bulanık ve simülasyon tabanlı modellerden en az ikisinin unsurlarını aynı anda içermektedir. Ağ tasarım problemlerinin dinamik ve belirsizliklerini göz önüne alarak benzetim, genetik algoritma ve optimizasyon teknikleri bir arada kullanılarak melez yöntemler geliştirilmiştir [38].

OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE TEDARİK ZİNCİRİ AĞ TASARIMI VE MODEL ÖNERİLERİ

Çalışma kapsamında; Türkiye’de otomotiv sektöründe faaliyet gösteren uluslararası bir firmanın üretim ve dağıtım ağı tasarımı gerçekleştirilmektedir. Ağın tasarlanması için geliştirilen matematik optimizasyon modeli ile tedarik zinciri ağında açılacak yeni fabrika, dağıtım merkezi ve depo alternatiflerinden en uygun olanların seçimi, minimum maliyet, minimum taşıma süresi ve maksimum müşteri hizmet düzeyi amaçlanmıştır. Aynı zamanda tedarik zinciri ağı üzerinde taşınacak optimal ürün miktarları da tespit edilmeye çalışılmıştır.

3.1 Otomotiv Sektörü

Otomotiv sanayi, tedarik zinciri içinde doğrudan ve dolaylı olarak çok geniş istihdam olanakları sağlayan bir sanayi dalıdır. Tedarik zinciri, ham madde – tüketici arasındaki tüm işlevleri kapsamaktadır. Burada hedef, tüketicinin talepleri doğrultusunda sürdürülebilir küresel rekabetçi bir üretimi gerçekleştirmektir. Tedarik zinciri içinde kalite, maliyet, lojistik ve tasarım/teknoloji yönetimi ortaktır. Özellikle araç üretimi ile hammadde ve aksam-parça üretiminin tam bir uyum içinde bulunması gerekir. Bu amaçla her alanda motorlu taşıt aracı üretim ile aksam-parça üretimi yapan kuruluşlar arasında uzun vadeli stratejik işbirliğini kurulması gereklidir.

3.1.1 Dünyada Otomotiv Sektörü

Dünya otomotiv sanayinde yapılan üretim genel olarak otomobil ve ticari araç olarak sınıflandırılmaktadır. Sanayide yapılan üretimin %90 gibi büyük çoğunluğunu otomobil ve kamyonetlerden oluşan hafif araçlar sınıfı oluşturmaktadır. Üretim adetleri otomobil sınıfına göre nispeten az olan diğer araç sınıfları (minibüs, midibüs, otobüs, kamyon, çekici vb.) ise istatistiklerde ticari araçlar olarak anılmaktadır.

Çizelge 3.1'den de görülebildiği gibi, 2010 Ocak-Eylül dönemi incelendiğinde ise, Batı Avrupa (%5.2'lik daralma)hariç, genel olarak tüm dünyada Otomotiv pazarında iyileşme sürecine girildiği açıkça görülebilmektedir. Bu konuda en büyük genişleme %15.1 ile Japonya pazarında oluşurken, Brezilya ve Arjantin (%10.6) bunu izlemektedir.

Çizelge 3.1 2009 ve 2010 yılları Ocak-Eylül dönemi otomotiv pazar büyüklükleri [39]

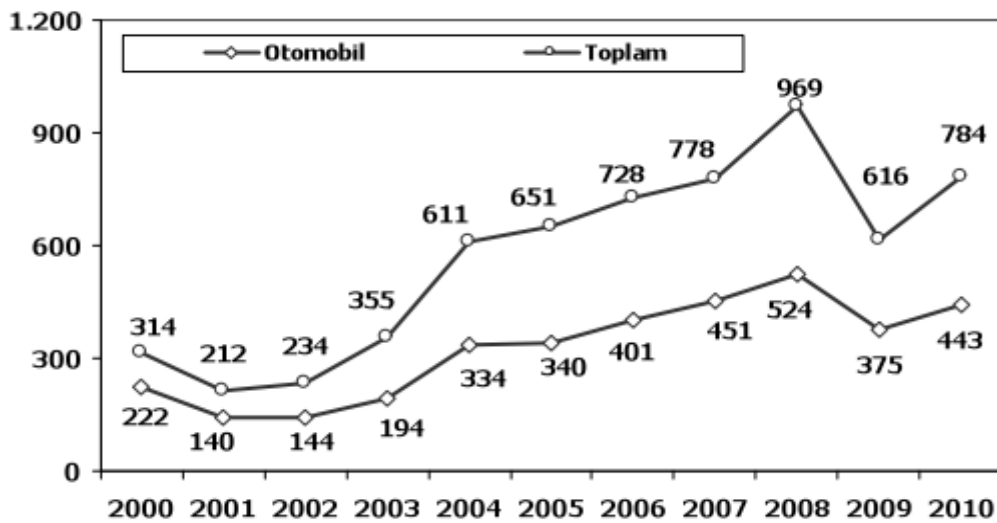
	2010 Ocak-Eylül	Pay	2009	Pay	2009-2010 Değişim
Dünya	70.482.753	100%	63.886.527	100%	10,30%
ABD	11.276.055	16%	10.409.897	100%	8,30%
Kanada	1.545.949	2%	1.455.205	100%	6,20%
Meksika	799.799	1%	750.584	100%	6,60%
Batı Avrupa	14.210.163	20%	14.991.810	100%	-5,20%
Doğu Avrupa	3.439.500	5%	3.295.480	100%	4,40%
Japonya	5.237.188	7%	4.551.432	100%	15,10%
Kore	1.468.374	2%	1.413.149	100%	3,90%
Brezilya+Arjantin	3.930.421	6%	3.553.529	100%	10,60%
Diğer	28.575.303	41%	23.465.441	100%	21,80%

Avrupa’da en önemli ihracatçılar; Almanya, Fransa ve İspanya’dır. Özellikle Almanya’da, iç pazarda satılan toplam taşıt sayısının üzerinde bir üretim gerçekleşmektedir. Almanya iç pazarda sattığı taşıtın yüzde 50 fazlasını üretmektedir. En önemli ithalatçılar ise İngiltere ve İtalya’dır. Örneğin İtalya ülkede satılan taşıt sayısının ancak yarısı kadar üretim yapmaktadır. Daha iyi bir konumda olan Orta ve Doğu Avrupa ülkeleri ise ülkede satılan her 10 taşıta karşılık 11 taşıt üretmektedir. Çek Cumhuriyeti, Slovakya ve Polonya ülkelerinin her biri, yerli taşıt tüketiminin en az iki misli taşıt üretmektedir.

Ancak tedarik zincirinin yapısı bu ülkelerde diğerlerine kıyasla daha karmaşıktır. Almanya, Fransa veya İtalya gibi daha büyük AB ülkelerinin otomobil üreticileri için bir otomobilde kullanılan parçaların %40’ı (değer cinsinden) ithal edilmektedir. Bunun %25’i başka AB ülkelerinden gelmektedir. Daha küçük Avrupa ülkelerinde bu değer çok daha yüksektir.

3.1.2 Türkiye’de Otomotiv Sektörü

Türkiye’nin 2009 yılında 17. sıralara gerileyen dünya üretimindeki payı; 2008 yılında Belçika, Çek Cumhuriyeti, İran, Polonya ve İtalya’nın önünde 15. sırada yer almıştır. 2010 yılı Ocak-Eylül döneminde toplam üretim %27 artışla 784 bin adede yükselmiş, otomobil üretimi ise %18 artışla 443 bin adet olmuştur. 2000-2010 yılları arası toplam üretim ve otomobil üretimi rakamları Şekil 3.1’de görülmektedir.



Şekil 3.1 2010 yılı Ocak-Eylül dönemi toplam üretim ve otomobil üretimi (x1000) [39]

Çizelge 3.2’de son on yıllık toplam satış ortalaması 2010 satışları ile karşılaştırmalı olarak verilmektedir. Ocak ayı dışında 2010 toplam satışlarının tüm aylar için son on yıl ortalamasından yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuç otomotiv pazarının büyümesine işaret etmektedir.2010 yılı Ocak-Eylül döneminde toplam satışlar 484 bin adet olmuş ve toplam pazar 2009 yılı aynı dönemine göre %12 oranında artmıştır.

Çizelge 3.2 Son on yıllık satış ortalaması ve 2010 satışları [39]

Aylar	10 yıl ortalama (x1000)	2010 (x1000)	%
1	21,9	21,0	-3,7
2	28,0	32,3	15,5
3	44,5	53,8	21,0
4	45,7	57,1	24,8
5	53,8	61,6	14,6
6	48,4	63,4	31,0
7	41,1	63,7	55,0
8	43,2	64,6	49,7
9	49,1	66,6	35,5
Toplam	375,6	484,2	28,9

3.2 Problemin Tanımı ve Kapsamı

Uygulama kapsamında, otomotiv sektöründe faaliyet gösteren uluslararası bir firmanın üretim ve dağıtım ağı tasarım problemi ele alınmıştır. İşletmenin hammaddelerin tedarik edilmesinden son ürünün dağıtımına kadar olan entegre tedarik zinciri işlemleri; yeni üretim merkezi, dağıtım merkezi ve depo kurma kararları için analiz edilmeye çalışılmıştır. Zincirin üzerinde akacak ürün miktarlarının belirlenmesi maliyet

üzerinde önemli rol oynamaktadır. Ağ boyunca birim taşıma maliyetleri enazlanmaya çalışılırken, aynı zamanda en kısa sürede taşıma yapılabilmesi hedeflenmiştir. Yeni tesis açma kararını etkileyen maliyet faktörleri sabit ve değişken maliyetler olarak ikiye ayrılabilir. Yatırım maliyetleri, kiralama veya inşaa gibi maliyetler sabit maliyet, üretime bağlı olarak değişen maliyetler değişken maliyete örnek gösterilebilir. Bu çalışmada söz konusu tesisler için sadece sabit maliyetler göz önüne alınmıştır.

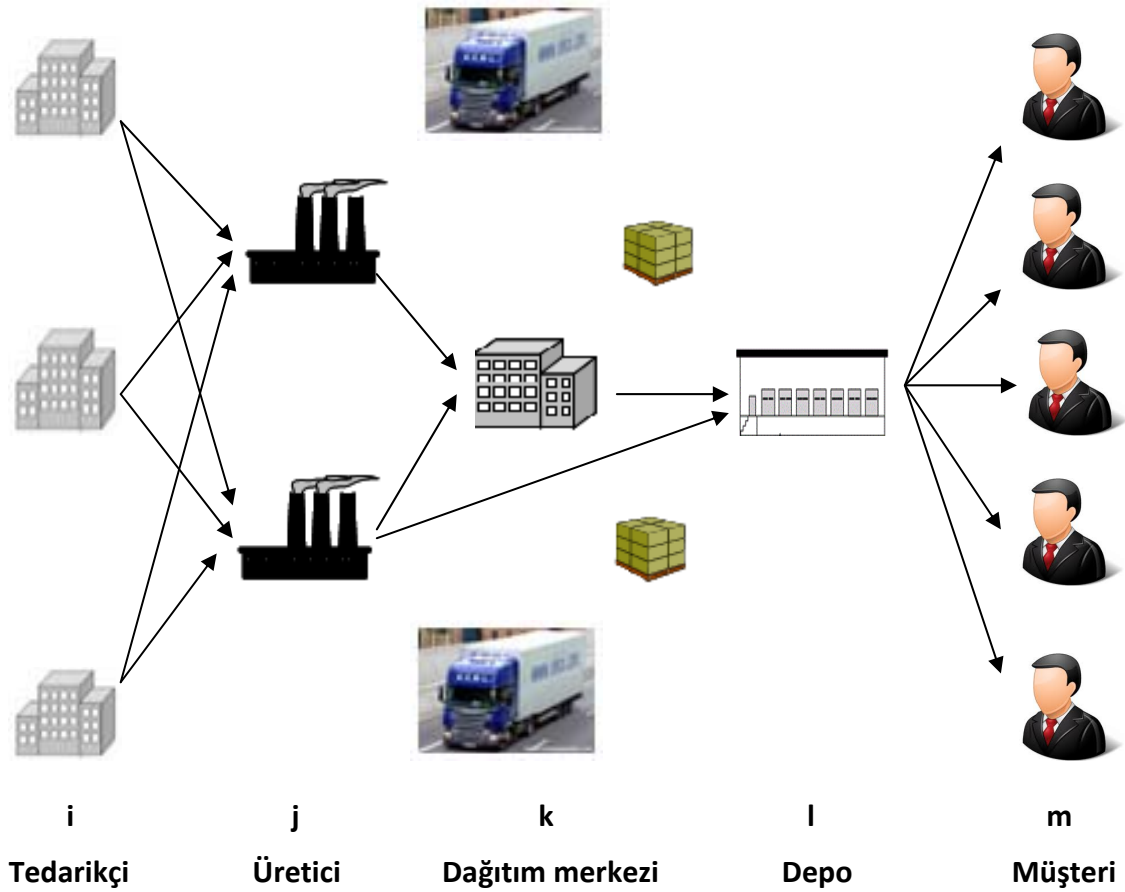
Üretim ve dağıtım ağı tasarım problemlerinde maliyet ve kalitatif faktörlerin birleştirilmesi, problemin gerçek hayattaki sorunları yansıtması açısından gereklidir. Amaçlar hem maliyeti minimum yapmak hem de kalitatif faktörlerden gelen faydayı maksimize etmek olmalıdır. Bu nedenle müşteri hizmet seviyesini arttıracak kalitatif etmenler uygulamaya dahil edilmiştir.

Ortaya konulan bu problemin çözümünde, karma tamsayılı doğrusal programlama esasına dayalı bir tedarik zinciri tasarımı modeli kullanılacak ve bu amaçla geliştirilecek maliyet ve zaman fonksiyonu en küçüklenirken; müşteri hizmet düzeyi en büyüklenmeye çalışılacaktır. Modelin temel kısıtları; tedarikçi, fabrika, dağıtım merkezi ve depo kapasiteleri, müşteri talepleri ve seçilecek tesis sayılarından oluşacaktır. Problemin ikinci aşamasında, geliştirilen modelin çözümünden elde edilecek sonuçlar, duyarlılık analizi vasıtasıyla zenginleştirilecek, farklı girdi değerlerinin karar değişkenleri üzerinde yaratmış olduğu değişiklikler ortaya konulacaktır.

3.3 Ağ Tasarımı Probleminin Çözümü İçin Geliştirilen Model

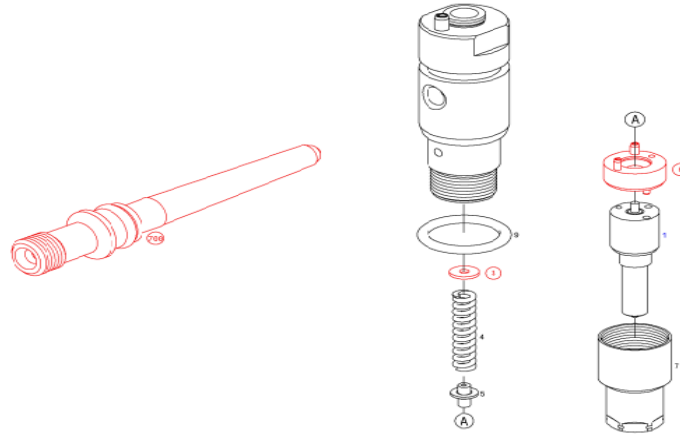
Konu olan firma; yurtiçindeki ve yurtdışındaki fabrikalarında üretim yaparak Türkiye'deki talepleri karşılamak üzere İstanbul'da bulunan bir depoda ürünlerini stoklamaktadır. Mevcut depodan Türkiye'deki müşterilerine dağıtım yapmaktadır. Firma yurtiçinde ve yurtdışında ürettiği ürünlerini, yurtdışında bulunan bir dağıtım merkezine göndermektedir. Buradaki dağıtım merkezinden İstanbul'daki depoya gönderim yapılabileceği gibi, yurtiçindeki fabrikadan da direkt olarak ürünler gönderilebilmektedir. Firma kurmayı planladığı tedarik zinciri ağı ile toplam taşıma maliyetlerini ve taşıma sürelerini minimize etmek isterken, aynı zamanda tedarik zinciri performansına etki eden kalitatif faktörlerden gelen faydanın maksimizasyonu hedeflenmiştir.

Problem, dört kademedan oluşan ve tedarikçi-müşteri sayısı belli olan, çok modlu ve çok ürünlü bir tedarik zincirinde, alternatif fabrika, dağıtım merkezi ve depolardan hangisinin açılacağına ve ağ boyunca kademeler arasında taşınacak ürün miktarına karar veren tedarik zinciri ağının belirlenmesi problemidir. İşletmenin tedarik zinciri yapısı Şekil 3.2’de gösterilmektedir.



Şekil 3.2 İşletmenin tedarik zinciri yapısı

İlgili işletmenin odaklandığı ürün, pazar payının önemli bir bölümünü oluşturan “enjektör” ve “enjektör memesi”dir. Nihai ürünü oluşturan temel hammaddeler ve bir nihai ürün oluşturmak için gerekli miktarlar Şekil 3.3’te gösterilmektedir.



Miktar	Adı
1	DELİKLİ ENJEKTÖR
1	SEÇME GRUBU DENGELEME RONDELASI
1	SEÇME GRUBU DENGELEME RONDELASI
1	BASINÇ YAYI
1	BASINÇ CIVATASI
1	ARA DİSKİ
1	ENJEKTÖR BAĞLAMA SOMUNU
1	ENJEKTÖR BAĞLAMA SOMUNU
1	O-HALKASI
1	BASINÇLI BORU RAKORU

Şekil 3.3 Nihai ürüne ait ürün ağacı

3.3.1 Modelin Varsayımları

Söz konusu modele ait varsayımlar şöyledir;

- Tedarik zinciri tedarikçi, üretim merkezi, dağıtım merkezi, depo ve müşteri kademeleri şeklindeki 4 aşamalı bir zincir yapısından oluşmaktadır.
- Problemden maksimum 2 adet fabrika, dağıtım merkezi ve depo yeri alternatifi bulunmaktadır.
- Depodan müşteriye ürünü taşıma süresi maksimum 24 saattir.
- Model çok ürünlüdür (ağda gezen iki çeşit ürün).
- Çok modlu ve çok amaçlı bir yapı hakimdir.
- Birinci amaçta maliyet bileşenleri olarak, sadece taşıma maliyetleri ile tesisleri işletmek için sabit maliyetler ele alınmıştır.
- İkinci amaçta, kademeler arasındaki taşıma süreleri dikkate alınmıştır.

- Üçüncü amaçta kullanılan kalitatif faktörlerin değerlendirilmesinde DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory Method) ve Analitik Ağ Süreci (ANP) kullanılmıştır (Sektöre göre katsayılar değişebilir, farklı sektörler için maddeler değişebilir).
- Üçüncü amaçta kalitatif etki faktörlerinin birbirleri arasında ve daha sonra yerleşim bölgelerine göre değerlendirilmelerinde 10 karar vericinin ağırlıklandırılmış oylarına başvurulmuştur.
- Tüm müşteri talepleri eksiksiz karşılanmaktadır, problem bu açıdan dengeli bir problemdir.

3.3.2 Modele Ait Notasyonlar

İlgili modelde kullanılacak olan indis, parametre ve karar değişkenleri şu şekilde ifade edilmektedir;

- İndisler:

i	: Tedarikçi	$(i = 1, 2, \dots, I)$
j	: Üretici	$(j = 1, 2, \dots, J)$
k	: Dağıtım merkezi	$(k = 1, 2, \dots, K)$
l	: Depo	$(l = 1, 2, \dots, L)$
m	: Müşteri	$(m = 1, 2, \dots, M)$
a	: Taşıma modu	$(a = 1, 2, \dots, A)$
p	: Nihai ürün grubu	$(p = 1, 2, \dots, P)$
n	: Komponent kümesi	$(n = 1, 2, \dots, N)$

- Parametreler:

C_{ijapn} : i . tedarikçiden j . üreticiye a . taşıma modu ile taşınan p . ürünün n . komponentinin birim taşıma maliyeti

C_{jkap} : j . üreticiden k . dağıtım merkezine a . taşıma modu ile p . ürünü birim taşıma maliyeti

C_{klap} : k . dağıtım merkezinden l . depoya a . taşıma modu ile p . ürünü birim taşıma maliyeti

C_{lmap} : l . depodan m . müşteriye a . taşıma modu ile p . ürünü birim taşıma maliyeti

C_{jlap} : j . üreticiden l . depoya a . taşıma modu ile p . ürünü birim taşıma maliyeti

t_{ijapn} : i . tedarikçiden j . üreticiye a . taşıma modu ile p . ürünün n . komponentini taşıma süresi

t_{jkap} : j . üreticiden k . dağıtım merkezine a . taşıma modu ile p . ürünü taşıma süresi

t_{klap} : k . dağıtım merkezinden l . depoya a . taşıma modu ile p . ürünü taşıma süresi

t_{lmap} : l . depodan m . müşteriye a . taşıma modu ile p . ürünü taşıma süresi

t_{jlap} : j . üreticiden l . depoya a . taşıma modu ile p . ürünü taşıma süresi

d_{mp} : m . müşterinin p . ürün talebi

b_{ipn} : i . tedarikçinin p . ürünün n . komponent kapasitesi

e_{jp} : j . üreticinin p . ürün kapasitesi

h_{kp} : k . dağıtım merkezinin p . ürün kapasitesi

g_{lp} : l . deponun p . ürün kapasitesi

w_i : i . tedarikçinin kalitatif kriterler açısından performans katsayısı

w_j : j . üretim merkezinin kalitatif kriterler açısından performans katsayısı

w_k : k . dağıtım merkezinin kalitatif kriterler açısından performans katsayısı

w_l : l . deponun kalitatif kriterler açısından performans katsayısı

U_{pn} : p . nihai ürün içindeki n . komponentin kullanım miktarı

O : Açılacak toplam üretim merkezi sayısının üst sınırı

R : Açılacak toplam dağıtım merkezi sayısının üst sınırı

S : Açılacak toplam depo sayısının üst sınırı

Q : Taşıma süresinin üst sınırı

$F1_j$: j . üretim merkezinin sabit işletme maliyeti

$F2_k$: k . dağıtım merkezinin sabit işletme maliyeti

$F3_l$: l . deponun sabit işletme maliyeti

- Karar değişkenleri:

X_{ijapn} : i . tedarikçiden j . üreticiye a . taşıma modu ile taşınan p . ürünün n . komponent miktarı

X_{jkap} : j . üreticiden k . dağıtım merkezine a . taşıma modu ile taşınan p . ürün miktarı

X_{klap} : k . dağıtım merkezinden l . depoya a . taşıma modu ile taşınan p . ürün miktarı

X_{lmap} : l . depodan m . müşteriye a . taşıma modu ile taşınan p . ürün miktarı

X_{jlap} : j . üreticiden l . depoya a . taşıma modu ile taşınan p . ürün miktarı

y_j : $\begin{cases} 1, & j. \text{ üretim merkezinde üretim gerçekleşirse,} \\ 0, & \text{Aksi takdirde.} \end{cases}$

z_k : $\begin{cases} 1, & k. \text{ dağıtım merkezinin açılma durumu,} \\ 0, & \text{Aksi takdirde.} \end{cases}$

v_l : $\begin{cases} 1, & l. \text{ deponun açılma durumu,} \\ 0, & \text{Aksi takdirde.} \end{cases}$

3.3.3 Kısıtlar

Probleme ait kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$\sum_j^J \sum_a^A x_{ijapn} \leq b_{ipn} \quad \forall_{i,p,n} \quad (3.1)$$

$$\sum_k^K \sum_a^A x_{jkap} + \sum_l^L \sum_a^A x_{jlap} \leq e_{jp} y_j \quad \forall_{j,p} \quad (3.2)$$

$$\sum_l^L \sum_a^A x_{klap} \leq h_{kp} z_k \quad \forall_{k,p} \quad (3.3)$$

$$\sum_m^M \sum_a^A x_{lmap} \leq g_{lp} v_l \quad \forall_{l,p} \quad (3.4)$$

$$\sum_i^I \sum_a^A x_{ijapn} = u_{pn} \sum_k^K \sum_a^A x_{jkap} + u_{pn} \sum_l^L \sum_a^A x_{jlap} \quad \forall_{j,p,n} \quad (3.5)$$

$$\sum_j^J \sum_a^A x_{jkap} = \sum_l^L \sum_a^A x_{klap} \quad \forall_{k,p} \quad (3.6)$$

$$\sum_j^J \sum_a^A x_{jlap} + \sum_k^K \sum_a^A x_{klap} = \sum_m^M \sum_a^A x_{lmap} \quad \forall_{l,p} \quad (3.7)$$

$$\sum_l^L \sum_a^A x_{lmap} \geq d_{mp} \quad \forall_{m,p} \quad (3.8)$$

$$\sum_j^J y_j \leq O \quad (3.9)$$

$$\sum_k^K z_k \leq R \quad (3.10)$$

$$\sum_l^L v_l \leq S \quad (3.11)$$

$$t_{lmap} v_l \leq Q \quad \forall_{l,m,a,p} \quad (3.12)$$

$$y_j, z_k, v_l \in \{0,1\} \quad \forall_{j,k,l} \quad (3.13)$$

$$X_{ijapn}, X_{jkap}, X_{klap}, X_{lmap}, X_{jlap} \geq 0 \quad \forall_{i,j,k,l,m,a,p,n} \quad (3.14)$$

Kısıt (3.1) tedarikçilerin kapasite kısıtıdır. Fabrikaya gelen toplam ürün miktarının tedarikçi kapasitesini aşamayacağını belirten kapasite kısıtını göstermektedir. Kısıt (3.2) fabrika kapasitesini ifade etmektedir. Fabrikadan dağıtım merkezi ve depoya gönderilen ürün miktarının fabrika kapasitesini aşamayacağını belirtmektedir. Aynı şekilde kısıt (3.3) dağıtım merkezi ve kısıt (3.4) depo kapasite kısıtlarıdır. Dağıtım merkezinden depoya taşınan ürün miktarı ilgili dağıtım merkezi kapasitesini aşamayacağı gibi, söz konusu depodan müşteriye gönderilen ürün miktarı da deponun kapasitesinden büyük olamaz.

Kısıt (3.5) birinci aşama denge kısıtıdır. Tedarikçilerden çıkan n. komponent miktarı, fabrikadan çıkan p. ürünün n. komponent oranı (u_{pn}) ile çarpımına eşittir. Kısıt (3.6) ikinci aşama denge kısıtıdır. Dağıtım merkezine gelen n. ürün miktarının, dağıtım merkezinden çıkan n. ürün miktarına eşit olması gerekmektedir. Kısıt (3.7) üçüncü aşama denge kısıtıdır. Depoya gelen n. ürün miktarının, depodan çıkan n. ürün miktarına eşit olması gerektiğini ifade etmektedir.

Kısıt (3.8) müşterilerin tüm taleplerinin eksiksiz karşılanmasını garanti etmektedir. Tüm müşteri talepleri karşılandığından dolayı problem bu açıdan dengelidir. Kısıt (3.9), (3.10) ve (3.11) sırasıyla açılan üretim merkezi, dağıtım merkezi ve depo sayısının verilen üst sınırı geçmemesini garanti etmektedir. Eşitlik (3.12)'de taşıma süresiyle ilgili bir kısıt söz konusudur. a. taşıma modu ile p. ürünü depodan müşteriye taşıma

süresinin istenen üst sınırdan büyük olmasını önlemektedir. Kısıt (3.13) potansiyel üretim merkezi, dağıtım merkezi ve depoların açık veya kapalı olmasına bağlı olarak 0-1 değişkenlere ait tamsayı kısıtını ifade etmektedir. Son olarak eşitlik (3.14) negatif olmama kısıtını belirtmektedir.

3.3.4 Birinci Amaç; Maliyet Minimizasyonu

Deterministik çok amaçlı modelimizin ilk amaç fonksiyonunda, tedarikçilerden fabrikalara, fabrikalardan dağıtım merkezlerine, dağıtım merkezlerinden depolara, depolardan müşterilere olan taşıma maliyetleri ve tesis maliyetleri minimize edilmeye çalışılmıştır. 0-1'li değişkenler kullanılarak hangi fabrika, dağıtım merkezi ve deponun açılacağı belli olmaktadır. Amaç mevcut kapasite ile tüm talebi tam olarak minimum maliyetle karşılayacak dağıtım ağı stratejisinin belirlenmesidir. Amaç fonksiyonunun matematiksel ifadesi şu şekilde yazılabilir.

$$\begin{aligned} Min = & \sum_i^I \sum_j^J \sum_a^A \sum_p^P \sum_n^N c_{ijapn} x_{ijapn} + \sum_j^J \sum_k^K \sum_a^A \sum_p^P c_{jkap} x_{jkap} + \\ & \sum_k^K \sum_l^L \sum_a^A \sum_p^P c_{klap} x_{klap} + \sum_l^L \sum_m^M \sum_a^A \sum_p^P c_{lmap} x_{lmap} + \sum_j^J \sum_l^L \sum_a^A \sum_p^P c_{jlap} x_{jlap} \\ & + \sum_j^J F1_j y_j + \sum_k^K F2_k z_k + \sum_l^L F3_l v_l \end{aligned}$$

3.3.5 İkinci Amaç; Süre Minimizasyonu

Tedarik zinciri ağı boyunca ürünler farklı taşıma seçenekleriyle ulaştırılabilmektedir. Firma bir yandan taşıma maliyetlerini minimize etmeye çalışırken, bir yandan da tercih ettiği taşıma seçeneğinin karşısında en kısa sürede taşıma yapabileceği alternatifi seçmesinin arasında bir ödünleşmeye gitmek durumundadır. Çünkü taşıma modları arasında süre ve maliyet açısından ters bir orantı bulunmaktadır. Karayolu uzun süre ve az maliyetliken, havayolu bunun tam tersi olarak kısa süreli fakat yüksek maliyetli bir seçenektir.

Modelde; tedarikçilerden üretim merkezine, üretim merkezinden dağıtım merkezine, dağıtım merkezinden depoya ve son olarak depondan müşterilere ilgili taşıma modu kullanılarak toplam taşıma süresi minimize edilmeye çalışılmıştır. Amaç fonksiyonunun matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\begin{aligned} Min = & \sum_i^I \sum_j^J \sum_a^A \sum_p^P \sum_n^N t_{ijapn} x_{ijapn} + \sum_j^J \sum_k^K \sum_a^A \sum_p^P t_{jkap} x_{jkap} + \sum_k^K \sum_l^L \sum_a^A \sum_p^P t_{klap} x_{klap} \\ & + \sum_l^L \sum_m^M \sum_a^A \sum_p^P t_{lmap} x_{lmap} + \sum_j^J \sum_l^L \sum_a^A \sum_p^P t_{jlap} x_{jlap} \end{aligned}$$

3.3.6 Üçüncü Amaç; Kalitatif Faktör Maksimizasyonu

Modelin üçüncü amacı, kalitatif faktörlerin değerlendirilmesine yönelik bir amaçtır. Tedarikçi, üretim merkezi, dağıtım merkezi ve deponun birçok faktör açısından değerlendirildiği puan toplamaları amacın katsayılarını oluşturmaktadır. Buna göre elde edilen maksimum puanlar, müşteri hizmet seviyesi açısından en uygun olanı belirtmektedir. Tedarik zinciri performansına etki edecek çok sayıdaki kalitatif faktörün, her bir aşama için ortak olabilecek şekilde en çok kullanılanları Çizelge 3.3'te özet olarak verilmektedir.

Çizelge 3.3 Kalitatif etki faktörleri

Etki Faktörü
1- Kalite
2- Esneklik
3- Güvenilirlik
4- Zamanında teslimat
5- Doğru miktarda teslimat
6- Doğru yere teslimat
7- Müşteriye cevap verme süresi

- Kalite:

Tedarik zinciri yönetiminde kalite üreticinin sorumluluğu olduğu kadar, üreticiye mamul üretiminde kullanılmak üzere parça, yarımamul ve malzeme sağlayan tedarikçinin de sorumluluğundadır. Sonuçta tedarikçiden başlayıp son kullanıcıyla tamamlanan tüm süreç, müşteriye sunulan ürün kalitesini belirlemektedir. Kalite müşterinin gözünde ürünün algılanan değerini ifade etmektedir.

- Esneklik:

Müşteri isteklerine kolay uyum sağlayabilme olarak tanımlanabilir. Miktar, zaman ve çeşitlilik gibi her anlamda esnek olabilmeyi ifade etmektedir. Böylece müşterileri tarafından performansları yüksek olarak değerlendirilirler.

- Güvenilirlik:

Tedarik zincirindeki ilişkilerin karşılıklı güvene dayanması önemli bir performans ölçütüdür. Güven, firmalar arasında başarılı ilişkilerin oluşmasını güdüleyen ve işbirliğini teşvik eden nitelikler arasındaki en temel nitelik olarak kabul görmektedir.

- Zamanında teslimat:

Önceden belirlenen bir teslimat çizelgesine uyum kabiliyeti ilişkilerin değerlendirilmesinde ve sürdürülmesinde her zaman için önemli bir kriterdir. Ürün gecikmeleri, teslim gecikmeleri, erken gelmesi veya geç gelmesi olasılıklarını da kapsayan siparişlerin zamanında teslim edilme olasılığını ifade etmektedir.

- Doğru miktarda teslimat:

Tedarik zinciri ağı boyunca her kademe, kendinden sonraki kademeye talep edilen miktarda ürünü teslim etmekle yükümlüdür.

- Doğru yere teslimat:

Teslimat ana kriterlerinden bir diğeri ise, alınan ürünlerin güvenilir bir şekilde talep edilen noktalara teslim edilmesini kapsamaktadır.

- Müşteriye cevap verme süresi:

Ürünün siparişinin verilmesi ile siparişin teslim alınması arasında geçen süreyi ifade etmektedir.

Yukarıda bahsi geçen ortak kriterlerin dışında, tedarik zincirinde yer alan her aşama için ayırt edici olan kriterler de söz konusudur. Çizelge 3.4'te tedarikçi, üretim merkezi, dağıtım merkezi ve depo için belirlenen ilave kalitatif faktörler gösterilmektedir.

Çizelge 3.4 Tesise özgü kalitatif etki faktörleri

Tedarikçi	1- Teknik bilgi ve yeterlilik
	2- Tedarikçinin tecrübe ve sertifikaları
Üretim merkezi	1- Ürün hazırlık süresi
	2- Son teknolojiyi kullanma yeteneği
Dağıtım merkezi	1- Katma değerli hizmetler
	2- Global hizmet kapsamı
Depo	1- Stok devir hızı
	2- Depo yönetiminde kullanılan IT uygulamaları

- Teknik bilgi ve yeterlilik:

Bu kriter, tedarikçi firmanın araştırma geliştirme kabiliyetini, teknik know-how seviyesini kapsamaktadır. Tedarikçi seçiminde ve değerlendirmesinde önemli bir faktördür.

- Tedarikçinin tecrübe ve sertifikaları:

Tedarikçi firmanın sahip olduğu prestij, endüstrinin kabul ettiği standartta sertifikalara sahip olma durumu önemli bir karar kriteridir.

- Ürün hazırlık süresi:

Belirli bir ürün veya ürün grubu üretmek ve siparişin gerçekleştirilmesi için önceden gerekli olan hazırlık süresini ifade etmektedir.

- Son teknolojiyi kullanma yeteneği:

Üretici firmalar global bir çevrede rakipleriyle baş edebilmek ve rekabet durumunu güçlendirmek adına son teknolojiyi takip etmeli ve kendi proseslerine uygulayabilmelidir.

- Katma değerli hizmetler:

Firmalar tedarik zinciri performansını geliştirecek çeşitli ek hizmetler de sunabilmelidir. Temel amaçlarının yanı sıra ürün montajı, paketleme vs. hizmetler verebilmelidirler.

- Global hizmet kapsamı:

Her coğrafyada hizmet verebilmek, mümkün olduğunca çok sayıda noktaya ulaşabilmek olarak tanımlanabilir. Dünyanın her yerinde faaliyette bulunabilmek, uluslararası deneyime sahip olabilmek önemli bir performans kriteri olarak karşımıza çıkmaktadır.

- Stok devir hızı:

Belirli bir dönem içerisinde deponun stokları kaç defa kullandığını ifade etmektedir. Diğer bir deyişle, ortalama stok miktarının bir dönem içinde kaç kez üst üste konduğunda satılan mal maliyetini oluşturduğunu göstermektedir.

- Depo yönetiminde kullanılan IT uygulamaları:

Depolarda kullanılan IT uygulamaları sayesinde hata oranı en aza indirilmekte, müşterilere gerçek zamanlı bilgi akışı sağlanmaktadır. Aynı zamanda değişken müşteri beklentilerine hızlı cevap verme esnekliği, bilgi birikimiyle daha geniş yelpazede çözüm üretebilme becerisi ve sürekli gelişim olanakları sunulmaktadır.

Çalışmanın bundan sonraki kısmında, belirlenen kriterler arasındaki ilişkilerin ve birbirleri üzerindeki etkilerinin önemi yönünden öncelik sırasına göre düzenlenmesinde çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory Method) metodundan yararlanılacaktır. Bu yaklaşımdan elde edilecek veriler neticesinde ANP yöntemi kullanılarak tedarikçi, üretim merkezi, dağıtım merkezi ile deponun kalitatif faktörler açısından değerlendirilmesi yapılacaktır. Çıkan sonuçlar amacın katsayılarını oluşturacaktır. Aynı zamanda elde edilen

maksimum puanlar, hem tedarik zinciri performansını maksimize etmekte hem de müşteri hizmet seviyesi açısından en uygun olanı belirtmektedir. Amaç fonksiyonu matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\begin{aligned}
 Max = & \sum_i^I \sum_j^J \sum_a^A \sum_p^P \sum_n^N w_i x_{ijapn} + \sum_j^J \sum_k^K \sum_a^A \sum_p^P w_j x_{jkap} + \sum_k^K \sum_l^L \sum_a^A \sum_p^P w_k x_{klap} \\
 & + \sum_l^L \sum_m^M \sum_a^A \sum_p^P w_l x_{lmap} + \sum_j^J \sum_l^L \sum_a^A \sum_p^P w_j x_{jlap}
 \end{aligned}$$

TEDARİK ZİNCİRİ AĞ TASARIM PROBLEMLERİNDE ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

Tedarik zinciri ağ tasarımı tesis yerlerinin, sayılarının ve kapasitelerinin belirlenmesi, zincir boyunca akışı sağlanacak ürün miktarının tespiti önemli kararlar arasındadır. Burada genellikle ana hedef müşteri taleplerinin minimum maliyetle karşılanacağı dağıtım ağının tasarlanması iken, müşteri hizmet düzeyinin artırılması gibi bir maksimizasyon problemi de olabilmektedir. Yahut aynı ağ içerisinde birbiriyle çelişen birden fazla hedefte söz konusu olabilmektedir. Diğer taraftan ağ tasarım problemlerinde maliyet ve kalitatif faktörlerin birleştirilmesi, problemin gerçek hayattaki sorunları yansıtmaması açısından önem taşımaktadır.

Söz konusu tasarım probleminin karmaşıklığı ve boyutu arttıkça, geliştirilen çözüm yöntemleri de çeşitlilik gösterecektir. Bu nedenle bir tedarik zinciri ağı oluşturulurken, hammadde sağlayıcılardan müşterilere kadar, tedarik zinciri ağını oluşturan tüm birimlerin özelliklerini dikkate alan bir model geliştirilmelidir. Modelin çözümü için kullanılan en uygun yöntem başarıyı doğrudan etkileyecektir.

Bir önceki bölümde önerilen modelde, öncelikli olarak çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan DEMATEL metodundan yararlanılacak, sonrasında bu yaklaşımdan elde edilen veriler ışığında ANP yöntemiyle mevcut tesislerin kalitatif faktörler açısından değerlendirmesi yapılacaktır. Model çözümünde çok amaçlı karar verme yöntemlerinden biri olan hedef programlama tekniği kullanılacaktır.

4.1 DEMATEL Metodu

DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) yöntemi; araştırmada karmaşık ve birbirine girmiş problem gruplarının çözümünde kullanılması amacıyla 1972 ve 1976 yılları arasında Cenevre Battelle Memorial Enstitüsü Bilim ve İnsan İlişkileri Programı tarafından geliştirilmiştir. Karmaşık bir karar probleminde farklı boyutlar arasındaki yapısal ilişkilerin kavranmasında ve merkezi önemde olanların tespit edilmesinde bu metottan yararlanılmıştır [40]. Graf teori temelli DEMATEL yöntemi nedensel ilişkinin daha iyi anlaşılmasını sağlayacak ilgili faktörleri sebep ve sonuç gruplarına bölerek, problemleri taslak olarak planlama ve çözme imkânı verir [41].

DEMATEL yönteminin başlıca avantajı uzlaşmacı sebep-sonuç modeli içeren dolaylı ilişkileri kapsamasıdır. DEMATEL yöntemi sistem bileşenleri arasındaki yapı ve ilişkileri veya geçerli sayıdaki alternatifleri inceleyen etkili bir yöntemdir. DEMATEL kriterleri ilişkilerin cinsi ve birbirleri üzerindeki etkilerinin önemi yönünden öncelik sırasına göre düzenleyebilir. Diğer kriterler üstünde daha çok etkisi olan ve yüksek önceliği olduğu farz edilen kriterler, sebep kriterleri, daha çok etki altında kalan ve düşük önceliği olduğu farz edilen kriterler sonuç kriterleri olarak adlandırılır [42].

Literatürde DEMATEL yöntemi kullanılarak yapılan çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Aksakal ve Dağdeviren [42], çalışmalarında personel seçimi için ANP ve DEMATEL yöntemlerini bütünleşik bir yaklaşım olarak ele almışlardır. Kriterlerin birbirleri arasındaki bağımlılık dereceleri DEMATEL yöntemi ile belirlenmiş ve personel seçimi için geliştirilen bütünleşik algoritmanın çözümünde ANP yöntemi kullanılmıştır. Chang ve arkadaşları [43], tedarikçi seçiminde etkili olan anahtar faktörleri belirlemek için bulanık DEMATEL yöntemini uygulamışlardır. Büyüközkan ve Çiftçi [44], çalışmalarında bulanık DEMATEL, bulanık ANP ve bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanarak, yeşil tedarikçilerin değerlendirilmesinde karma bir model önermişlerdir. Vujanovic ve arkadaşları [45], araç filosunun bakım yönetim göstergelerinin ANP ve DEMATEL yöntemleri ile değerlendirmişlerdir.

DEMATEL metodu birbirini takip eden 5 adımdan oluşmaktadır [46].

Adım 1: Direkt ilişki matrisinin oluşturulması

Bu adımda değerlendirme yapabilmek için kriterlerin belirlenmesi gerekmektedir. Etkileyen ve etkilenen faktörlerin belirlenmesi için bu faktörler arasındaki anlamlı ilişkilerin uzmanlar tarafından oluşturulması gerekir. Bu ilişkiler oluşturulduktan sonra kriterler arasındaki ikili karşılaştırmaların yapılması gerekmektedir. Ancak bu karşılaştırma yapılırken bir faktörün diğer bir faktörü ne derece etkilediğini ifade eden direkt ilişki matrisinin oluşturulması için öncelikle Çizelge 4.1’de gösterildiği gibi 5 seviyeden oluşan ikili karşılaştırma skalası kullanılmaktadır.

Çizelge 4.1 DEMATEL metodu karşılaştırma skalası

Sayısal Değer	Tanım
0	Etkisiz
1	Düşük etki
2	Orta etki
3	Yüksek etki
4	Çok yüksek etki

Adım 2: Normalize edilmiş direkt ilişki matrisinin belirlenmesi

Direkt ilişki matrisine (H) bağlı olarak, (4.1) ve (4.2) eşitlikleri satır ve sütundaki en küçük değer (k) kullanılarak, normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisi (X) elde edilir.

$$X = k.H \quad (4.1)$$

$$k = \min \left(\frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n a_{ij}}, \frac{1}{\max_{1 \leq j \leq n} \sum_{i=1}^n a_{ij}} \right) \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (4.2)$$

Adım 3: Toplam ilişki matrisinin elde edilmesi

Normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi (X) elde edildikten sonra, aşağıda belirtilen (4.3) eşitliği kullanılarak toplam ilişki matrisi (T) türetilir. Bu eşitlikte birim matrisi (I) ile belirtilmektedir.

$$T = X (I - X)^{-1} \quad (4.3)$$

Adım 4: Etkileyen ve etkilenen faktör gruplarının belirlenmesi ve net etki derecelerinin hesaplanması

Bir önceki adımda elde edilen T matrisinin sütunlar toplamı (R), satırlar toplamı (D) olmakla beraber aşağıda belirtilen (4.4), (4.5) ve (4.6) eşitlikleri kullanılarak D-R ve D+R değerleri hesaplanır. Böylelikle her bir kriterin diğerlerine olan etki seviyesi ve diğerleriyle ilişki seviyesi belirlenmiş olmaktadır. Burada D+R, ele alınan faktörün söz konusu problem için oynadığı merkezi rolün derecesini göstermektedir. D-R değeri ise, ilgili faktörün sisteme yaptığı net etkiyi ifade etmektedir. Bu endeksin pozitif değer alması o faktörün “etkileyen” olduğunu gösterirken, negatif değer alması “etkilenen” olduğu anlamına gelmektedir.

$$T = [S_{ij}]_{n \times n} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (4.4)$$

$$R = \sum_{i=1}^n S_{ij} \quad (4.5)$$

$$D = \sum_{j=1}^n S_{ij} \quad (4.6)$$

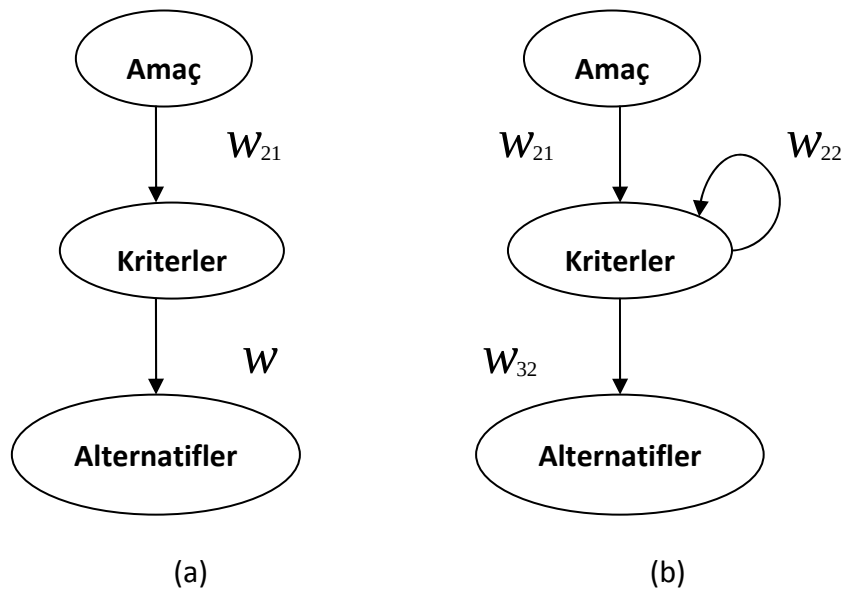
Adım 5: Eşik değerinin ayarlanması ve etki-yönlü graf diyagramının elde edilmesi

Uygun bir etki-yönlü graf elde etmek için karar vericilerin etki seviyesi için bir eşik değeri ayarlamaları gerekir. T matrisinde eşik değerinden daha büyük etki değerlerine sahip olan bazı elemanlar seçilir ve etki-yönlü graf diyagramına dönüştürülür. Eşik

değeri karar verici ya da uzmanlar tarafından belirlenmektedir. Etki-yönlü graf diyagramı yatay eksenini D+R, dikey eksenini D-R olan bir koordinat düzleminde (D+R,D-R) noktalarının gösterilmesiyle elde edilmektedir. Uzman grup tarafından karar verilen eşik değeri oluşturulan etki-yönlü diyagramın karmaşık olmasının önüne geçmesi açısından önemlidir. Kullanılacak eşik değerinin büyük ya da küçük olması kriterler arasındaki ilişkinin boyutunu etkileyebilmekte ve çözümün daha karmaşık veya basit olmasını sağlayabilmektedir.

4.2 Analitik Ağ Süreci Yöntemi

Analitik ağ süreci (Analytic Network Process-ANP) yöntemi; analitik hiyerarşi sürecinin (Analytic Hierarchy Process-AHP) daha kapsamlı bir formudur. Karmaşık karar verme problemlerinde daha etkili ve gerçekçi çözümler sunmaktadır. AHP'nin en önemli varsayımlarından biri aynı seviyede bulunan kriterlerin birbirlerinden bağımsız olması ve kriterlerin birbirlerine olan etkilerinin yok sayılarak hesaplanmasıdır. Fakat gerçek hayatta karar verme problemlerini etkileyen birçok kriter birbirine etki etmektedir. En iyi kararın verilmesi için kriterler arasındaki bu ilişkilere dikkat edilmesi gerekmektedir. Şekil 4.1'de hiyerarşi yapısıyla, ağ yapısı arasındaki fark şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.1 Hiyerarşi (a) ve ağ yapısı (b) [47]

Çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan ANP, AHP'de olduğu gibi ikili karşılaştırma esasına dayanır. İkili karşılaştırmalarda Saaty tarafından geliştirilen 1-9 ölçeği kullanılır. ANP'de, karar verme problemine ait tüm bileşenler ve ilişkiler tanımlanır, sonrasında çift yönlü şekilde olabilecek ilişkilerde ifade edilir. ANP yönteminde problem, ağ yapısı kullanılarak modellenmekte, bu esnada tüm kriter kümelerindeki (aynı kümeye ait veya değil) alt kriterler arasındaki bağımlılıklar ve her kriter kümesindeki alt kriterler arasındaki o kümeye ait içsel bağımlılıklar göz önüne alınmaktadır. İçsel bağımlılıkları ve kriterler arasındaki karşılıklı etkileşimleri içerebilmesi nedeniyle ANP metodu, karar verme problemlerinin daha etkili ve gerçekçi bir biçimde çözülmesini sağlamaktadır [48,49].

Çizelge 4.2 Temel skala değerleri ve tanımları [50]

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit Önemde	İki aktivitede eşit derecede öneme sahiptir.
3	Biraz Önemli	Deneyimler ve yargılar bir kriteri diğerine karşı biraz önemli kılmaktadır
5	Fazla Önemli	Deneyimler ve yargılar bir kriteri diğerine karşı güçlü şekilde önemli kılmaktadır.
7	Çok Fazla Önemli	Kriter diğerine göre çok güçlü şekilde üstündür.
9	Son Derece Önemli	Eldeki bilgiler ve deneyimler bir kriterin diğerine göre çok büyük oranda üstün olduğunu belirtmektedir.
2,4,6,8	Ara Önem Dereceleri	Ara rakamlar, gerektiğinde kullanılabilir.

ANP yönteminin uygulama adımları şu şekilde özetlenebilir [47,49,51]:

Adım 1: Karar probleminin tanımlanması ve modelin kurulması

Bu aşamada karar verme problemi açık bir şekilde tanımlanmalı ve ağ şeklinde rasyonel bir biçimde ayrıştırılmalıdır. Bu yapı beyin fırtınası ya da diğer ayırma metotları vasıtasıyla karar vericilerin fikirlerinden yararlanılarak oluşturulabilir. Amaç, ana kriterler, alt kriterler ve alternatifler net biçimde ifade edilir.

Adım 2: İkili karşılaştırma matrisleri ve öncelik vektörleri

Karar vericilerden oluşan grup, Saaty tarafından önerilen 1–9 önem skalası değerlerini kullanarak karşılaştırmaları gerçekleştirir. İkili karşılaştırmalar bir matris çatısı altında yapılır ve lokal öncelik vektörü, $A.w = \lambda_{\max}.w$ denkleminin çözülmesi ile elde edilen öz vektör ile belirlenir. Burada A ikili karşılaştırma matrisi, w öz vektör, $\lambda_{\max}$ ise A karşılaştırma matrisinin en büyük öz değeridir. Saaty, w 'nin yaklaşık çözüm için normalleştirme algoritmasını önermiştir.

Adım 3: Süper matrisin oluşturulması

Birbirine bağımlı etkilerin bulunduğu bir sistemde global önceliklerin elde edilmesi için, lokal öncelik vektörleri süper matris olarak bilinen matrisin kolonlarına yazılır. Süper matris, parçalı bir matristir ve buradaki her matris bölümü bir sistem içindeki iki faktör arasındaki ilişkiyi gösterir. Kriterlerin birbiri üzerindeki uzun dönemli nispi etkileri süper matrisin kuvveti alınarak belirlenir. Önem ağırlıklarının bir noktada eşitlenmesini sağlamak için süper matrisin $(2n+1)$. kuvveti alınır, burada n rastgele seçilmiş büyük bir sayıdır ve elde edilen yeni matris limit süper matris olarak isimlendirilir.

Limit süper-matriste ağırlıklandırılmış süper matrisle aynı formdadır, yalnız limit süper matriste, bütün kolon değerleri aynıdır. Süper-matris oluşturulmasına örnek olarak üç seviyeli amacı, kriterleri ve alternatifleri olan bir hiyerarşiyi ele alacak olursak ve bu hiyerarşide kriterlerin kendi üzerinde bağımlılıkları olduğunu kabul edersek, bu ifadenin süper-matristeki gösterimi aşağıdaki gibi olur.

$$W = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ W_{21} & W_{22} & 0 \\ 0 & W_{23} & I \end{pmatrix}$$

Bu matriste W_{21} amaca göre kriterlerin öncelik vektörleri, W_{22} kriterler arasındaki bağımlılıkların öz vektör matrisi ve W_{32} ise kriterlere göre alternatiflerin öz vektör matrisidir.

Adım 4: En iyi alternatifin seçimi

Limit süper-matris ile alternatiflere veya karşılaştırılan faktörlere ilişkin önem ağırlıkları belirlenmiş olur. Seçim probleminde en yüksek önem ağırlığına sahip olan alternatif en iyi alternatif, ağırlıklandırma probleminde ise en yüksek önem ağırlığına sahip olan faktör, karar sürecini etkileyen en önemli faktördür.

4.3 Hedef Programlama

Firmalar günümüzde artık çok fazla sayıda değişken altında karar vermek durumunda kalmaktadırlar. Gerçek dünya problemlerinin yapıları gereği birden fazla hedefe ulaşma gereği güderler. Aynı zamanda bu hedefler birbirleriyle çelişen hedefler de olabilmektedir. Örneğin müşteri hizmet seviyeleri arttırılmak istenirken, stok miktarlarının da az olması hedeflenebilir. Bu iki hedef birbiriyle çeliştiği için her iki hedefin de optimum seviyesini bulmak gerekmektedir. İşte Hedef programlama (HP) sayesinde sadece tek hedef belirlemek yerine birden çok hedef belirlenip doğrusal programlama ile çözülebilmektedir. İstenildiği durumda hedeflere ağırlıklar veya öncelik verilebilmektedir.

HP yöntemi, Doğrusal programlama (DP) yönteminin daha fonksiyonel bir türüdür. DP, eldeki sınırlı kaynakların en iyi dağılımını belirlemek için kullanılan matematiksel bir tekniktir. DP ile ancak tek bir amaç ve tek bir ölçüle ifade edilebilen problemlerin çözümü yapılabilmektedir. HP ile eşanlı olarak birden fazla ve farklı ölçekli hedefler saptanabilir ve belirlenen kısıtlar altında bu hedeflere ulaşmaya çalışılır. HP modelinde, hedef, istenilen bir seviye ile belirlenmiş bir amacı, amaç ise karar vericilerin arzu ettiği genel bir ifadenin yansıması şeklinde tanımlanabilir [52].

HP, “tatminkarlık” felsefesine bağlıyken, DP “optimizasyon” prensibine dayanmaktadır. Çünkü ihtilafli amaçlar ve bilginin eksikliği sebebiyle yönetsel tercihler matematiksel olarak çok zordur. Bu sebeple yöneticiler hedeflerini en yakın değerde gerçekleştirmeye çalışırlar. Tatminkârlik, tanımlanmış bir hedef kümesini araştırmayı

amaçlayan karar verici davranışının bir tanımıdır. HP modellerinin hepsi bir takım hedef değerlere ulaşmayı kapsar. Bu hedefleri mümkün olduğu kadaryakın karşılamak hedef programlamanın temel amacıdır [53]. Ayrıca HP problemlerinde, DP modellerinin çözümünde kullanılan simpleks yöntemi kullanılabilmektedir, hiçbir hedefin gerçekleştirilebilir olmadığı durumlarda bile çözüm sağlayabilmektedir. Yöntemin dezavantajı ise, karar vericinin amaçlar kümesine ilişkin hedefler ve bu hedeflere ilişkin öncelikler verilebildiği durumlarda da kullanıldığında, çözümlemede bulunan sonucun karar verici tarafından doyurucu bulunmasını her zaman garanti edememesidir.

HP modeli 1950'lere dayanmasına rağmen 1970'lerin ortasından bu yana etkin bir şekilde kullanılmaya başlanılmıştır. HP'nin ilk çıkışı, 1955 yılında Charnes, Cooper ve Ferguson tarafından yapılan çalışmaya dayanır. HP'nin çözüm algoritması ise 1961'de Charnes ve Cooper tarafından geliştirilmiştir. Algoritma daha sonra 1965'de Ijiri, 1972'de Lee ve 1976'da Ignizio tarafından geliştirilmiştir. Bu gelişimin aşamaları sırasında, önce modelin genel yapısı ortaya konulmuş, daha sonra hedef fonksiyonunda öncelik kavramları üzerinde durulmuş, ardından önceliklere ait ağırlıklar ortaya konulmuştur. 1970'lerin ortalarına kadar literatürde kısıtlı sayıda HP uygulamasına rastlanmaktadır. Daha sonra Lee ve Ignizio'nun çalışmalarına dayanan gelişmeler olmuştur. Romeo, Schniederjans ve Tamiz'in yaptığı çalışmalarla HP'nin birçok etkili uygulama alanının olduğu ortaya konulmuştur [54].

Hedef programlama yöntemi kullanan çalışmalara baktığımız zaman, çoğunlukla dağıtım planlaması ve taşıma kararlarında kullanıldığını görmekteyiz. Belirlenen hedeflerin ise genellikle çeşitli tedarik zinciri maliyeti kalemleri, karşılanan talep miktarı ve ürün teslim süresi kavramları altında toplandığı söylenebilir.

Brauer [55], bir dağıtım merkezi, dört ürün ve üç müşteriden oluşan bir dağıtım ağında envanter ve dağıtım planlaması yapabilmek için hedef programlama uygulamıştır. Toplam envanter devir miktarı, karşılanan talep miktarı ve toplam sistem maliyetlerine yönelik üç hedef belirlenmiştir.

Organ vd. [56], bütünleşik üretim planlaması kapsamında firmanın kar ve maliyet hedeflerini belirleyerek, üretim planlamasını bulanık hedef programlama kullanarak gerçekleştirmiştir.

Torabi ve Hassini [57], çalışmalarında çok sayıda tedarikçi, tek fabrika ve çok sayıda dağıtıcı içeren bir tedarik zincirinde dağıtım planlaması problemini çok hedefli olasılıksal karma tamsayılı doğrusal problemi yöntemi ile ele almıştır. Toplam lojistik maliyetlerini minimize etmek ve toplam tedarik değerini maksimize etmek şeklinde iki tane birbiriyle çelişen hedef belirlemiştir.

4.3.1 Hedef Programlama Yapısı

Doğrusal programlama varsayımları üzerine kurulan HP; karar değişkenleri, sistem kısıtları, hedef kısıtları, amaç fonksiyonları ve birleşik amaç (başarı) fonksiyonu olmak üzere beş bileşenden oluşmaktadır [58].

- Karar değişkenleri:

Modelde karar verici tarafından değeri belirlenmek istenen bilinmeyenlere karar değişkeni adı verilir.

- Sistem kısıtları:

Doğrusal programlamadaki kısıtlara karşılık gelirler. Bunlar mutlak olan ve değişmelerine izin verilmeyen kısıtlardır. Doğrusal programlamadaki gibi formüle edilirler ve öncelikle bunların gerçekleştirilmesine çalışılır.

- Hedef kısıtları:

Ulaşılmak istenen hedef değerlerini gösteren fonksiyonlardır. Bunlar sistem kısıtları kadar katı ve değişmez değildir. Sistem kısıtları sağlandıktan sonra hedef kısıtlarının sağlanması süreci başlar. Hedeflenen başarı ile gerçekleşen başarı arasındaki farka sapma denir. Hedef tam anlamıyla sağlanmışsa sapma sıfırdır. Hedefe ulaşamamışsa negatif sapma, hedefin üzerinde bir başarı sağlanmışsa pozitif sapma meydana gelir.

- Amaç fonksiyonları:

Herhangi bir amaç için belirlenen hedeften olabilecek sapmaları en küçükleyen fonksiyona amaç fonksiyonu adı verilmektedir.

- Birleşik amaç (başarı) fonksiyonu:

Birleşik amaç fonksiyonu, diğer bir adıyla başarı fonksiyonu, tüm amaç fonksiyonlarının belirli bir öncelik seviyesi ve/veya ağırlığa göre toplam şeklinde yazılmasıyla oluşturulur. Başarı fonksiyonun oluşturulmasındaki temel ilke, çok amaçlı modeli tek amaçlı bir modele indirgemektir. Böylelikle, asıl amaç hedeflerden olabilecek istenmeyen sapmalar toplamını en küçükleme olacaktır.

4.3.2 Hedef Programlama Formülasyonu

Hedef programlama modelinin formülasyonu, doğrusal programlama formülasyonuna çok benzerdir. DP yapısı oluşturulduktan sonra varmak istenilen hedefler belirli bir öncelik sırasına konulur. HP çözümü ile DP çözümü oldukça paralellik göstermektedir. Matematiksel olarak bir DP problemi aşağıdaki gibi ifade edilir [59].

$$\text{Min. / Maks. } Z = C_1 X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_n X_n$$

Kısıtlar;

(M4.1)

$$a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + \dots + a_{1n} X_n \{ \leq, =, \geq \} b_1$$

$$a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + \dots + a_{2n} X_n \{ \leq, =, \geq \} b_2$$

$$\dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots$$

$$a_{m1} X_1 + a_{m2} X_2 + \dots + a_{mn} X_n \{ \leq, =, \geq \} b_m$$

$$X_1, X_2, \dots, X_n \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Burada;

x_j : karar değişkenleri

C_j : amaç fonksiyonu katsayıları

a_{ij} : kısıt katsayıları

b_i : sağ taraf sabitleri

Charnes ve Cooper [60], bu yaklaşımda doğrusal programlamanın kısıtlarının herbirini birer “fonksiyonel” olarak isimlendirmişlerdir. Buradaki amaç mutlak sapmaların minimizasyonunu içermektedir. Eşitlik durumunda verilen kısıt kapalı formda aşağıdaki gibi ifade edilir;

$$f_i(x) = \left| \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - b_i \right| \quad (4.7)$$

Eşitlik durumundaki “fonksiyonel” mutlak sapmanın minimizasyonunu göstermektedir. Mutlak değer ifadesinde iki durum söz konusudur;

➤ Eğer $\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i$ ise $\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - b_i \rightarrow d_i^+$ 'ya eşit olur aksi durumda sıfırdır.

➤ Eğer $b_i \geq \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j$ ise $b_i - \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \rightarrow d_i^-$ 'ya eşit olur aksi durumda sıfırdır.

Burada d_i^+ ve d_i^- sırası ile başarının üzerinde ve başarının altında kavramlarıyla ifade edilir. Bunlar aynı zamanda pozitif ve negatif sapma olarak isimlendirilir. Pozitif ve negatif sapmalar için;

$$d_i^+ = \frac{1}{2} \left[\left| \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - b_i \right| - \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - b_i \right) \right] \quad (4.8)$$

ve

$$d_i^- = \frac{1}{2} \left[\left| \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - b_i \right| + \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - b_i \right) \right] \quad (4.9)$$

eşitlikleri yazılır. Ayrıca doğrusallık varsayımının bozulmaması için $d_i^+ \cdot d_i^- = 0$ olmalıdır. Çünkü sapan değişkenlerin her ikisi de aynı anda temel değişken olamazlar. Bu eşitliklerle birlikte hedef programlamanın matematiksel modeli aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\text{Min} Z = \sum_{i \in m} (d_i^+ + d_i^-)$$

Kısıtlar; (M4.2)

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - d_i^+ + d_i^- = b_i$$

$$d_i^+ \cdot d_i^- = 0, \quad d_i^+, d_i^-, x_j \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Hedef Programlamada yer alan $d_i^+ \cdot d_i^- = 0$ kısıtı her bir hedefte yer alan sapan değişkenler aynı anda meydana gelemeyeceğinden sapan değişkenlerin en az bir tanesinin veya her ikisinin de sıfır olması gerektiğini göstermektedir. İstenmeyen sapan değişkenlerin belirlenmesinden sonra HP formülasyonu yapılır. Bu değişkenler içerisinde yalnızca bir tanesi karar verici tarafından minimize yapılmak istenir. Bu düşüncüyü aşağıdaki üç formda yapmak mümkündür [61].

- $f(x) \leq b_i$: Eğer i. hedef belirlenen başarı düzeyinden küçük veya eşit ise oluşacak pozitif sapan değişken d_i^+ için mümkün olan en küçük pozitif değerin alınması gerekir.

- $f(x) \geq b_i$: Eğer i. hedef belirlenen başarı düzeyinden büyük veya eşit ise oluşacak negatif sapan değişken d_i^- için mümkün olan en küçük pozitif değerin alınması gerekir.
- $f(x) = b_i$: i. hedef belirlenen başarı düzeyini tam olarak karşılıyor ise hem pozitif sapan değişken d_i^+ hem de negatif sapan değişken d_i^- nin toplamalarının aynı anda minimize yapılması gerekir.

Yukarıda sıralanan ve amaç fonksiyonunda yer alacak olan sapan değişkenler ile hedefler arasındaki ilişkiler özet olarak aşağıdaki Çizelge 4.3 te düzenlenmiştir [59].

Çizelge 4.3 Orijinal hedefler ve amaç fonksiyonu [59]

Hedef Tipi	HP Formu	Minimize yapılacak sapa değişkeni
$f(x) \leq b_i$	$f(x) + d_i^- - d_i^+ = b_i$	d_i^+
$f(x) \geq b_i$	$f(x) + d_i^- - d_i^+ = b_i$	d_i^-
$f(x) = b_i$	$f(x) + d_i^- - d_i^+ = b_i$	$d_i^- + d_i^+$

Minimizasyon süreci, Hedef Programlamanın farklı metotlarıyla gerçekleştirilir. Temel olarak, literatürde 3 farklı HP metodu mevcuttur. Bu metotlar içerisinde Öncelikli Hedef Programlama en yaygın kullanılanıdır. Bu metotta hedeflere farklı öncelikler verilerek (öncelik sırası atanarak) istenmeyen sapmaların minimizasyonu bu sıralamaya göre gerçekleştirilir. İkinci metot olan Ağırlıklı Hedef Programlamada istenmeyen sapmaların ağırlıklı toplamaları kullanılarak birleşik amaç fonksiyonunun minimizasyonu gerçekleştirilir. Üçüncü metot ise Chebyshev (minmax) Hedef Programlamadır. Bu metotta belirlenen hedeflerden maximum sapmaların minimizasyonu gerçekleştirilir. Bu metotlardan anlaşılacağı üzere Hedef Programlama bir minimizasyon metodudur.

4.3.3 Öncelikli Hedef Programlama

Preemptive veya Lexicographic hedef programlama olarak da adlandırılan, amaçların her birinin farklı önceliklere sahip olduğu ve en yüksek öncelikli amaçtan düşük öncelikli amaca doğru sapmaların minimize edildiği HP tipidir. Öncelikli Hedef programlamayla ilgili ilk formülasyon Lee tarafından 1972 yılında gerçekleştirilmiştir.

Karar verici, hedefleri arasında önem bakımından bir öncelik sırası oluşturmalıdır. Hedefler arasındaki en yüksek dereceden öncelik P_1 , sonraki $P_2, \dots$, ile gösterilmelidir. Sözelimi kâr, pazar payından önemli olabilir, yani kâr hedefi pazar payı hedefinden önce gelir. Bu varsayım oldukça sınırlayıcı görünmekle birlikte uygulamada pek çok durum bu varsayımı sağlar hale getirilebilir. Model daha sonra, yüksek öncelikli hedefin optimum değerinin küçük öncelikli hedef tarafından kötüleştirilmesine izin vermeyecek şekilde, her seferinde bir hedef değerini optimum kılar [62]. Problemin h sayıda hedefi, karar vericinin amaçlarının önemine göre bir sıraya sokulur.

$$\text{Min } G_1 = \beta_1 \text{ (1. dereceden veya en yüksek öncelik seviyesi, } P_1 \text{)}$$

.....

$$\text{Min } G_i = \beta_i$$

.....

$$\text{Min } G_h = \beta_h \text{ (h. dereceden veya en düşük öncelik seviyesi, } P_h \text{)}$$

β_i 'ler ($i = 1, 2, \dots, h$), i . hedefi tanımlayan n_i veya p_i sapma değişkenlerinin bir bileşenidir. Burada önemle vurgulanması gereken, i . hedef için tanımlanmış eşitsizliğin (kısıtın) yönü $\geq$ biçimindeyse, G_i amaç fonksiyonun p_i (i . pozitif sapma) değişkenini, eşitsizliğin yönü $\leq$ biçimindeyse, n_i değişkenini en küçükleyecektir. Birinci durumda $\text{Min } G_i = p_i$, ikinci durumda da $\text{Min } G_i = n_i$ geçerlidir. Dolayısıyla birinci durumda (5.10) birleştirilmiş amaç fonksiyonunda G_i yerine p_i , ikinci durumda da n_i gelmelidir. Tüm amaç fonksiyonlarını (h adet) içeren birleştirilmiş amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$\text{Min } s = P_1 G_1 + P_2 G_2 + \dots + P_h G_h \quad (4.10)$$

Algoritma, 1. dereceden öncelikli G_1 hedefinden çözüme başlayarak, en düşük öncelikli G_n hedefiyle çözümü sonlandırır. Süreç, düşük öncelikli hedefler için bulunan optimum değerlerin, yüksek öncelikli hedefleri kötüleştirmesine izin vermeyecek şekilde işler. Yani tüm i 'ler için $s(G_j)$, i . hedeften daha düşük bir öncelikli ($i < j$) j . hedefin optimum değeri olmak üzere; $s(G_j)$ 'nin optimizasyonu, $s(G_i)$ 'nin değerini kötüleştiremez. Bu tip çözümde, iteratif şekilde elde edilen çözüm sonuçları bir sonraki amacı gerçekleştirmek için kısıt olarak ilave edilerek sıralı çözüm yapılır.

4.3.4 Ağırlıklı Hedef Programlama

Archimedian hedef programlama olarak da adlandırılan, her k öncelik seviyesi için istenmeyen sapma değişkenlerinin ağırlıklandırılarak farklılaştırıldığı ve minimize edilmeye çalışıldığı amaç fonksiyonu tipidir. Charnes ve Cooper ağırlıklı modelle ilgili çalışmalar gerçekleştirmiş ve 1977 yılında ağırlıklı hedef programlama modelini önermişlerdir.

Bu yöntemde hedeflerden olacak istenmeyen her sapmaya belirli bir ağırlık verilmelidir. Bu ağırlıklar her sapmanın görece önemini gösterir. Modelde tek bir amaç fonksiyonu, problemin hedeflerini temsil eden fonksiyonların ağırlıklandırılmış toplamı haline getirilir. Bu yaklaşım özellikle sapmaların boyutları birbirlerinden farklı olduğunda önem kazanır. Bu yaklaşımın belli başlı iki zorluğu vardır. Birincisi hedeflerin ağırlıklandırılmasının zor olması, ikincisi ağırlıkların hem hedeflerin görece önemlerini hem de sapmalar arasındaki boyut ilişkisini açıklamasıdır. G_i , i 'inci amaç fonksiyonu, w_i 'ler i 'inci amaç fonksiyonun ağırlık çarpanı olmak üzere; n hedefli bir modelin amaç fonksiyonları $\text{Min } G_i$, $i = 1, 2, \dots, h$ şeklindedir. Ağırlıklandırma yönteminde kullanılan birleştirilmiş amaç fonksiyonu en genel haliyle;

$$\text{Min } s = w_1G_1 + w_2G_2 + \dots + w_nG_h \quad (4.11)$$

biçiminde tanımlanır. Burada da, i . hedef için tanımlanmış kısıtın yönü $\geq$ biçimindeyse, G_i amaç fonksiyonun p_i (i . pozitif sapma) değişkenini, eşitsizliğin yönü $\leq$ biçimindeyse, n_i değişkenini en küçükleyecektir. Birinci durumda $\text{Min } G_i = p_i$, ikinci durumda $\text{Min } G_i = n_i$ geçerlidir. Dolayısıyla birinci durumda (4.11) birleştirilmiş amaç fonksiyonunda G_i yerine p_i , ikinci durumda da n_i gelmelidir.

Hedef Programlama probleminin çözümü için kullanılan algoritmalarından Ağırlıklandırma Yöntemi'nde tek bir amaç fonksiyonu, problemin hedeflerini temsilden fonksiyonların ağırlıklandırılmış toplamı haline getirilir. Öncelik koruma yöntemi se, önem derecelerine göre hedeflerin önceliklendirilmesiyle başlar ve yüksek öncelikli hedefin optimum değerinin düşük öncelikli hedef tarafından kötüleştirilmesine izin verilmeyecek şekilde her seferinde bir hedefi optimum yapar. Bu yöntemler aynı çözümü vermedikleri için farklıdırlar ve iki yöntemin birbirlerine karşı herhangi bir üstünlüğü olduğu söylenemez [63].

4.3.5 Minmaks Hedef Programlama

Chebyshev (fuzzy) amaç programlama olarak adlandırılan tip, yukarıdaki iki amaç programlama tipine benzer, istenmeyen bir sapma değişkenin minimizasyonu ile ilgilidir. Hedef programlamanın bu tipinde maksimum sapmanın minimizasyonu gerçekleştirilir. Modelde hedefler ayrı ayrı gösterilir ve öncelik sırlaması yapılmaksızın geleneksel simpleks algoritması kullanılarak çözüm yapılır. Modelin amaç fonksiyonu sadece maksimum sapmanın minimizasyonunu belirleyen uzaklık parametresinden oluşur. Bu yöntem ilk kez Flavell tarafından 1976 yılında önerilmiştir. Matematiksel olarak aşağıdaki gibidir:

$$\text{Min} D$$

$$\text{Kısıtlar;} \quad (M4.3)$$

$$w_i^- d_i^- + w_i^+ d_i^+ - D \leq 0$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j + d_i^- + d_i^+ = b_i$$

$$d_i^+, d_i^-, x_j \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Burada;

d : minimum değeri araştırılan maksimum sapma miktarı

w_i^+ : pozitif sapma değişkenin ağırlığı

w_i^- : negatif sapan değişkenin ağırlığı

HP modellerinde diğerlerinden farklı olarak ilginç bir nokta, amaç fonksiyonunda hiçbir karar değişkeninin yer almamasıdır. Doğrusal modeldeki bilinmeyen değişkeni amaç kısıtının sağ taraf değerinden pozitif ve/veya negatif sapmaların direkt veya indirekt minimizasyonu ile aranır.

BÖLÜM 5

UYGULAMA

Uygulama kapsamında; çalışmanın dördüncü bölümünde önerilen model yapısı ele alınacaktır. Geliştirilen model ile firma için uygun tesis yer ve sayıları tespit edildikten sonra, ağ üzerinde akışı sağlanacak ürün miktarları belirlenecektir. Çok amaçlı modelin çözümünde hedef programlama yönteminden yararlanılacaktır. Bu amaçla geliştirilecek maliyet ve zaman fonksiyonu en küçüklenirken; müşteri hizmet düzeyi en büyüklenmeye çalışılacaktır. Kalitatif faktörlerin değerlendirilmesinde DEMATEL ve ANP metotları kullanılacaktır. Problemin en son aşamasında, geliştirilen modelin çözümünden elde edilecek sonuçlar, duyarlılık analizi vasıtasıyla zenginleştirilecek, farklı girdi değerlerinin karar değişkenleri üzerinde yaratmış olduğu değişiklikler ortaya konulacaktır.

5.1 Veri Toplama

Uygulamada ele alınan firma ile Türkiye’de hizmet verdiği müşterileri arasında ortaklaşa gerçekleştirilen ağ tasarımı çalışmasında; fabrika, dağıtım merkezi ve depo yerleşim yerlerinin belirlenmesi, ürünlerin hangi miktarlarda sevk edileceği ve yine ürünlerin hangi depolardan hangi talep noktalarına ne miktarlarda dağıtılacağı hesaplanacaktır. Dikkat edileceği üzere, bu tarz bir problem çok büyük bir veri ihtiyacını beraberinde getirmektedir. Gizlilik anlaşması gereği, söz konusu firmaya ait gerçek veriler modele yaklaşık değerlerle dahil edilecektir.

5.1.1 Birim Taşıma Maliyetlerinin Elde Edilmesi

Tedarik zinciri ağı boyunca yer alan tüm kademeler için birim taşıma maliyetleri tablolar halinde sunulmaktadır.

Çizelge 5.1 Tedarikçi - üretim merkezi birim taşıma maliyetleri

Birim taşıma maliyeti (TL)			1. ürün			2. ürün		
			1. komponent	2. komponent	3. komponent	1. komponent	2. komponent	3. komponent
1. Tedarikçi	1. ÜM	1. TM	0,25	0,20	0,20	0,00	0,20	0,00
		2. TM	0,40	0,35	0,35	0,00	0,35	0,00
	2. ÜM	1. TM	0,30	0,25	0,40	0,00	0,35	0,00
		2. TM	0,50	0,45	0,75	0,00	0,65	0,00
	3. ÜM	1. TM	0,85	0,95	1,00	0,00	0,90	0,00
		2. TM	1,20	1,35	1,40	0,00	1,25	0,00
	4. ÜM	1. TM	0,75	0,95	0,90	0,00	0,80	0,00
		2. TM	1,10	1,40	1,20	0,00	1,15	0,00
2. Tedarikçi	1. ÜM	1. TM	0,25	0,30	0,25	0,00	0,35	0,00
		2. TM	0,45	0,50	0,40	0,00	0,60	0,00
	2. ÜM	1. TM	0,18	0,20	0,25	0,00	0,20	0,00
		2. TM	0,30	0,35	0,40	0,00	0,40	0,00
	3. ÜM	1. TM	0,80	0,95	1,00	0,00	1,00	0,00
		2. TM	1,30	1,50	1,60	0,00	1,50	0,00
	4. ÜM	1. TM	0,75	0,80	0,95	0,00	0,85	0,00
		2. TM	1,20	1,25	1,35	0,00	1,30	0,00
3. Tedarikçi	1. ÜM	1. TM	0,25	0,30	0,20	0,00	0,35	0,00
		2. TM	0,45	0,50	0,40	0,00	0,60	0,00
	2. ÜM	1. TM	0,20	0,35	0,20	0,00	0,25	0,00
		2. TM	0,35	0,60	0,40	0,00	0,45	0,00
	3. ÜM	1. TM	0,75	0,90	0,80	0,00	0,85	0,00
		2. TM	1,15	1,30	1,20	0,00	1,25	0,00
	4. ÜM	1. TM	1,00	0,85	0,90	0,00	0,95	0,00
		2. TM	1,40	1,10	1,20	0,00	1,30	0,00
4. Tedarikçi	1. ÜM	1. TM	0,30	0,45	0,25	0,00	0,30	0,00
		2. TM	0,55	0,70	0,45	0,00	0,50	0,00
	2. ÜM	1. TM	0,20	0,25	0,30	0,00	0,25	0,00
		2. TM	0,35	0,40	0,55	0,00	0,45	0,00
	3. ÜM	1. TM	0,80	0,95	1,00	0,00	1,00	0,00
		2. TM	1,20	1,30	1,50	0,00	1,40	0,00
	4. ÜM	1. TM	0,90	0,85	0,95	0,00	1,00	0,00
		2. TM	1,10	1,00	1,25	0,00	1,30	0,00

Çizelge 5.1 Tedarikçi - üretim merkezi birim taşıma maliyetleri (devamı)

Birim taşıma maliyeti (TL)			1. ürün			2. ürün		
			1. komp.	2. komp	3. komponent	1. komponent	2. komponent	3. komponent
5. Tedarikçi	1. ÜM	1. TM	0,30	0,50	0,45	0,00	0,45	0,00
		2. TM	0,50	0,85	0,80	0,00	0,75	0,00
	2. ÜM	1. TM	0,35	0,40	0,40	0,00	0,45	0,00
		2. TM	0,65	0,70	0,65	0,00	0,75	0,00
	3. ÜM	1. TM	0,85	0,95	0,80	0,00	0,85	0,00
		2. TM	1,20	1,30	1,15	0,00	1,20	0,00
	4. ÜM	1. TM	0,80	0,90	0,85	0,00	0,95	0,00
		2. TM	1,10	1,25	1,20	0,00	1,30	0,00
6. Tedarikçi	1. ÜM	1. TM	0,25	0,30	0,45	0,00	0,40	0,00
		2. TM	0,50	0,50	0,80	0,00	0,60	0,00
	2. ÜM	1. TM	0,35	0,55	0,40	0,00	0,45	0,00
		2. TM	0,60	0,80	0,70	0,00	0,75	0,00
	3. ÜM	1. TM	0,85	0,80	0,80	0,00	0,90	0,00
		2. TM	1,10	1,00	1,10	0,00	1,25	0,00
	4. ÜM	1. TM	0,95	1,00	0,90	0,00	0,80	0,00
		2. TM	1,25	1,30	1,20	0,00	1,00	0,00
7. Tedarikçi	1. ÜM	1. TM	0,50	0,50	0,45	0,00	0,55	0,00
		2. TM	0,80	0,75	0,60	0,00	0,75	0,00
	2. ÜM	1. TM	0,50	0,55	0,55	0,00	0,60	0,00
		2. TM	0,75	0,80	0,75	0,00	0,85	0,00
	3. ÜM	1. TM	0,90	0,95	0,95	0,00	0,90	0,00
		2. TM	1,20	1,25	1,25	0,00	1,20	0,00
	4. ÜM	1. TM	0,85	1,00	0,90	0,00	0,95	0,00
		2. TM	1,10	1,30	1,20	0,00	1,25	0,00
8. Tedarikçi	1. ÜM	1. TM	0,35	0,30	0,45	0,00	0,40	0,00
		2. TM	0,65	0,55	0,80	0,00	0,75	0,00
	2. ÜM	1. TM	0,30	0,40	0,35	0,00	0,30	0,00
		2. TM	0,50	0,75	0,60	0,00	0,55	0,00
	3. ÜM	1. TM	0,90	0,80	0,75	0,00	0,80	0,00
		2. TM	1,25	1,10	1,00	0,00	1,10	0,00
	4. ÜM	1. TM	0,80	0,85	0,90	0,00	0,95	0,00
		2. TM	1,10	1,15	1,20	0,00	1,25	0,00
9. Tedarikçi	1. ÜM	1. TM	0,80	0,85	0,80	0,00	0,90	0,00
		2. TM	1,15	1,20	1,15	0,00	1,20	0,00
	2. ÜM	1. TM	0,90	0,80	0,85	0,00	0,95	0,00
		2. TM	1,20	1,10	1,15	0,00	1,25	0,00
	3. ÜM	1. TM	0,25	0,20	0,35	0,00	0,30	0,00
		2. TM	0,45	0,40	0,55	0,00	0,50	0,00
	4. ÜM	1. TM	0,20	0,25	0,30	0,00	0,25	0,00
		2. TM	0,35	0,40	0,55	0,00	0,45	0,00
10. Tedarikçi	1. ÜM	1. TM	0,85	0,80	0,90	0,00	1,00	0,00
		2. TM	1,10	1,05	1,15	0,00	1,20	0,00
	2. ÜM	1. TM	0,90	0,80	0,85	0,00	0,95	0,00
		2. TM	1,20	1,10	1,15	0,00	1,20	0,00
	3. ÜM	1. TM	0,40	0,35	0,30	0,00	0,30	0,00
		2. TM	0,70	0,60	0,55	0,00	0,55	0,00
	4. ÜM	1. TM	0,35	0,30	0,25	0,00	0,30	0,00
		2. TM	0,60	0,55	0,45	0,00	0,55	0,00

Çizelge 5.2 Üretim merkezi - dağıtım merkezi birim taşıma maliyetleri

Birim taşıma maliyeti (TL)		1. ürün		2. ürün	
		1. TM	2.TM	1.TM	2. TM
1. ÜM	1.DM	0,15	0,25	0,25	0,45
	2.DM	0,25	0,45	0,20	0,35
	3.DM	0,90	1,30	0,85	1,15
2. ÜM	1.DM	0,30	0,50	0,25	0,40
	2.DM	0,20	0,35	0,30	0,55
	3.DM	0,95	1,35	0,95	1,35
3. ÜM	1.DM	0,85	1,25	0,90	1,30
	2.DM	0,90	1,30	0,85	1,20
	3.DM	0,25	0,45	0,20	0,35
4. ÜM	1.DM	0,95	1,35	1,00	1,40
	2.DM	1,00	1,40	0,95	1,35
	3.DM	0,40	0,75	0,45	0,80

Çizelge 5.3 Dağıtım merkezi - depo birim taşıma maliyetleri

Birim taşıma maliyeti (TL)		1. ürün		2. ürün	
		1. TM	2. TM	1. TM	2. TM
1. DM	1.Depo	0,20	0,35	0,25	0,45
	2.Depo	0,25	0,45	0,15	0,25
	3.Depo	0,30	0,55	0,35	0,65
	4.Depo	0,40	0,75	0,30	0,60
	5.Depo	0,35	0,65	0,40	0,70
	6.Depo	0,45	0,80	0,45	0,80
2. DM	1.Depo	0,25	0,45	0,20	0,35
	2.Depo	0,20	0,40	0,15	0,30
	3.Depo	0,25	0,45	0,30	0,55
	4.Depo	0,30	0,55	0,35	0,65
	5.Depo	0,35	0,65	0,40	0,75
	6.Depo	0,40	0,75	0,25	0,45
3. DM	1.Depo	0,80	1,10	0,85	1,20
	2.Depo	0,85	1,15	0,90	1,25
	3.Depo	0,75	1,00	0,95	1,30
	4.Depo	0,90	1,20	1,00	1,35
	5.Depo	0,95	1,25	0,80	1,10
	6.Depo	1,00	1,30	0,75	1,00

Çizelge 5.4 Depo - müşteri birim taşıma maliyetleri

Birim taşıma maliyeti (TL)		1. ürün		2. ürün	
		1. TM	2. TM	1. TM	2. TM
1. Depo	1. Müşteri	0,25	0,40	0,20	0,35
	2. Müşteri	0,20	0,35	0,25	0,45
	3. Müşteri	0,45	0,70	0,30	0,55
	4. Müşteri	0,35	0,50	0,35	0,50
	5. Müşteri	0,15	0,25	0,20	0,35
	6. Müşteri	0,20	0,35	0,15	0,25
	7. Müşteri	0,20	0,35	0,25	0,45
	8. Müşteri	0,30	0,45	0,20	0,35
	9. Müşteri	0,40	0,70	0,35	0,60
	10. Müşteri	0,45	0,75	0,40	0,70
	11. Müşteri	0,20	0,35	0,25	0,45
	12. Müşteri	0,25	0,45	0,25	0,45
	13. Müşteri	0,30	0,50	0,20	0,35
	14. Müşteri	0,30	0,50	0,30	0,50
	15. Müşteri	0,20	0,35	0,20	0,35
	16. Müşteri	0,25	0,40	0,25	0,40
	17. Müşteri	0,25	0,40	0,30	0,50
	18. Müşteri	0,40	0,70	0,35	0,60
	19. Müşteri	0,20	0,35	0,25	0,45
	20. Müşteri	0,35	0,60	0,40	0,70
2. Depo	1. Müşteri	0,20	0,35	0,25	0,45
	2. Müşteri	0,25	0,45	0,20	0,35
	3. Müşteri	0,45	0,75	0,40	0,70
	4. Müşteri	0,30	0,55	0,25	0,45
	5. Müşteri	0,20	0,35	0,20	0,35
	6. Müşteri	0,25	0,45	0,30	0,50
	7. Müşteri	0,20	0,35	0,25	0,45
	8. Müşteri	0,35	0,60	0,30	0,55
	9. Müşteri	0,20	0,35	0,25	0,45
	10. Müşteri	0,25	0,45	0,20	0,35
	11. Müşteri	0,45	0,75	0,40	0,70
	12. Müşteri	0,20	0,40	0,25	0,45
	13. Müşteri	0,40	0,70	0,35	0,60
	14. Müşteri	0,35	0,60	0,30	0,55
	15. Müşteri	0,25	0,45	0,20	0,40
	16. Müşteri	0,30	0,55	0,35	0,60
	17. Müşteri	0,40	0,70	0,45	0,75
	18. Müşteri	0,40	0,70	0,45	0,75
	19. Müşteri	0,20	0,40	0,25	0,45
	20. Müşteri	0,25	0,45	0,20	0,40

Çizelge 5.4 Depo - müşteri birim taşıma maliyetleri (devamı)

Birim taşıma maliyeti (TL)		1. ürün		2. ürün	
		1. TM	2.TM	1.TM	2. TM
3. Depo	1. Müşteri	0,25	0,45	0,20	0,40
	2. Müşteri	0,20	0,40	0,25	0,45
	3. Müşteri	0,40	0,70	0,35	0,60
	4. Müşteri	0,35	0,60	0,30	0,55
	5. Müşteri	0,35	0,60	0,30	0,55
	6. Müşteri	0,30	0,55	0,35	0,60
	7. Müşteri	0,20	0,40	0,25	0,45
	8. Müşteri	0,15	0,25	0,20	0,35
	9. Müşteri	0,20	0,35	0,25	0,45
	10. Müşteri	0,25	0,45	0,30	0,55
	11. Müşteri	0,25	0,45	0,30	0,55
	12. Müşteri	0,15	0,25	0,20	0,35
	13. Müşteri	0,25	0,45	0,30	0,55
	14. Müşteri	0,20	0,35	0,25	0,45
	15. Müşteri	0,30	0,55	0,35	0,60
	16. Müşteri	0,30	0,55	0,35	0,60
	17. Müşteri	0,40	0,70	0,35	0,60
	18. Müşteri	0,25	0,45	0,30	0,55
	19. Müşteri	0,30	0,55	0,35	0,60
	20. Müşteri	0,35	0,60	0,30	0,55
4. Depo	1. Müşteri	0,30	0,45	0,25	0,40
	2. Müşteri	0,25	0,40	0,30	0,45
	3. Müşteri	0,25	0,40	0,30	0,45
	4. Müşteri	0,25	0,40	0,30	0,45
	5. Müşteri	0,25	0,40	0,30	0,45
	6. Müşteri	0,35	0,60	0,40	0,70
	7. Müşteri	0,40	0,70	0,35	0,60
	8. Müşteri	0,20	0,35	0,25	0,40
	9. Müşteri	0,20	0,35	0,25	0,40
	10. Müşteri	0,35	0,60	0,30	0,45
	11. Müşteri	0,15	0,25	0,20	0,35
	12. Müşteri	0,15	0,25	0,20	0,35
	13. Müşteri	0,30	0,45	0,35	0,45
	14. Müşteri	0,30	0,45	0,30	0,45
	15. Müşteri	0,30	0,45	0,30	0,45
	16. Müşteri	0,15	0,25	0,20	0,35
	17. Müşteri	0,20	0,35	0,20	0,35
	18. Müşteri	0,25	0,45	0,25	0,40
	19. Müşteri	0,25	0,45	0,25	0,40
	20. Müşteri	0,30	0,55	0,30	0,45

Çizelge 5.4 Depo - müşteri birim taşıma maliyetleri (devamı)

Birim taşıma maliyeti (TL)		1. ürün		2. ürün	
		1. TM	2. TM	1. TM	2. TM
5. Depo	1. Müşteri	0,40	0,70	0,35	0,60
	2. Müşteri	0,40	0,70	0,35	0,60
	3. Müşteri	0,35	0,60	0,30	0,55
	4. Müşteri	0,25	0,45	0,20	0,35
	5. Müşteri	0,40	0,70	0,35	0,60
	6. Müşteri	0,15	0,25	0,20	0,35
	7. Müşteri	0,20	0,35	0,15	0,25
	8. Müşteri	0,25	0,45	0,20	0,35
	9. Müşteri	0,25	0,45	0,20	0,35
	10. Müşteri	0,25	0,45	0,20	0,35
	11. Müşteri	0,15	0,25	0,15	0,25
	12. Müşteri	0,20	0,35	0,20	0,35
	13. Müşteri	0,15	0,25	0,15	0,25
	14. Müşteri	0,40	0,70	0,35	0,60
	15. Müşteri	0,25	0,45	0,25	0,45
	16. Müşteri	0,25	0,45	0,25	0,45
	17. Müşteri	0,20	0,35	0,20	0,35
	18. Müşteri	0,25	0,45	0,25	0,45
	19. Müşteri	0,15	0,25	0,20	0,35
	20. Müşteri	0,30	0,55	0,25	0,45
6. Depo	1. Müşteri	0,20	0,35	0,20	0,35
	2. Müşteri	0,25	0,45	0,25	0,45
	3. Müşteri	0,30	0,55	0,30	0,55
	4. Müşteri	0,25	0,40	0,25	0,40
	5. Müşteri	0,45	0,70	0,40	0,70
	6. Müşteri	0,20	0,35	0,25	0,35
	7. Müşteri	0,35	0,55	0,30	0,55
	8. Müşteri	0,25	0,45	0,25	0,45
	9. Müşteri	0,15	0,25	0,20	0,25
	10. Müşteri	0,30	0,55	0,25	0,45
	11. Müşteri	0,25	0,40	0,20	0,35
	12. Müşteri	0,20	0,35	0,25	0,40
	13. Müşteri	0,20	0,35	0,25	0,40
	14. Müşteri	0,20	0,35	0,25	0,40
	15. Müşteri	0,30	0,55	0,25	0,40
	16. Müşteri	0,35	0,60	0,30	0,55
	17. Müşteri	0,30	0,55	0,25	0,40
	18. Müşteri	0,25	0,40	0,20	0,35
	19. Müşteri	0,20	0,35	0,25	0,40
	20. Müşteri	0,20	0,35	0,25	0,35

Çizelge 5.5 Üretim merkezi - depo birim taşıma maliyetleri

Birim taşıma maliyeti (TL)		1. ürün		2. ürün	
		1. TM	2. TM	1. TM	2. TM
1. ÜM	1.Depo	0,15	0,25	0,20	0,40
	2.Depo	0,20	0,30	0,25	0,45
	3.Depo	0,25	0,40	0,25	0,45
	4.Depo	0,30	0,45	0,35	0,60
	5.Depo	0,25	0,40	0,30	0,50
	6.Depo	0,35	0,50	0,40	0,65
2. ÜM	1.Depo	0,20	0,35	0,25	0,45
	2.Depo	0,15	0,25	0,20	0,35
	3.Depo	0,20	0,35	0,20	0,35
	4.Depo	0,30	0,55	0,25	0,45
	5.Depo	0,25	0,50	0,30	0,50
	6.Depo	0,35	0,65	0,30	0,55
3. ÜM	1.Depo	0,75	1,15	0,80	1,20
	2.Depo	0,95	1,35	0,95	1,30
	3.Depo	0,80	1,20	0,90	1,25
	4.Depo	0,90	1,30	0,75	1,15
	5.Depo	0,85	1,25	0,75	1,15
	6.Depo	0,80	1,20	0,80	1,20
4. ÜM	1.Depo	0,95	1,40	0,80	1,25
	2.Depo	0,85	1,25	0,95	1,35
	3.Depo	1,00	1,40	0,85	1,30
	4.Depo	0,90	1,30	0,85	1,30
	5.Depo	0,95	1,35	1,00	1,40
	6.Depo	0,90	1,30	0,75	1,15

5.1.2 Taşıma Sürelerinin Elde Edilmesi

Tedarikçi ile başlayıp, müşteri ile sonlanan tedarik zinciri ağı boyunca aşamalar arası taşıma süreleri tablolar halinde sunulmaktadır.

Çizelge 5.6 Tedarikçi - üretim merkezi arası taşıma süreleri

Taşıma süresi (saat)			1. ürün			2. ürün		
			1. komponent	2. komponent	3. komponent	1. komponent	2. komponent	3. komponent
1. Tedarikçi	1. ÜM	1. TM	2,00	2,00	2,00	0,00	2,00	0,00
		2. TM	Taşıma yok	Taşıma yok	Taşıma yok	Taşıma yok	Taşıma yok	Taşıma yok
	2. ÜM	1. TM	4,00	4,00	4,00	0,00	4,00	0,00
		2. TM	Taşıma yok	Taşıma yok	Taşıma yok	Taşıma yok	Taşıma yok	Taşıma yok
	3. ÜM	1. TM	23,00	23,00	23,00	0,00	23,00	0,00
		2. TM	3,00	3,00	3,00	0,00	3,00	0,00
	4. ÜM	1. TM	92,00	92,00	92,00	0,00	92,00	0,00
		2. TM	9,00	9,00	9,00	0,00	9,00	0,00
2. Tedarikçi	1. ÜM	1. TM	5,00	5,00	5,00	0,00	5,00	0,00
		2. TM	Taşıma yok	Taşıma yok	Taşıma yok	Taşıma yok	Taşıma yok	Taşıma yok
	2. ÜM	1. TM	2,00	2,00	2,00	0,00	2,00	0,00
		2. TM	Taşıma yok	Taşıma yok	Taşıma yok	Taşıma yok	Taşıma yok	Taşıma yok
	3. ÜM	1. TM	27,00	27,00	27,00	0,00	27,00	0,00
		2. TM	3,00	3,00	3,00	0,00	3,00	0,00
	4. ÜM	1. TM	88,00	88,00	88,00	0,00	88,00	0,00
		2. TM	9,00	9,00	9,00	0,00	9,00	0,00
3. Tedarikçi	1. ÜM	1. TM	10,00	10,00	10,00	0,00	10,00	0,00
		2. TM	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00
	2. ÜM	1. TM	4,00	4,00	4,00	0,00	4,00	0,00
		2. TM	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00
	3. ÜM	1. TM	32,00	32,00	32,00	0,00	32,00	0,00
		2. TM	4,00	4,00	4,00	0,00	4,00	0,00
	4. ÜM	1. TM	96,00	96,00	96,00	0,00	96,00	0,00
		2. TM	10,00	10,00	10,00	0,00	10,00	0,00
4. Tedarikçi	1. ÜM	1. TM	16,00	16,00	16,00	0,00	16,00	0,00
		2. TM	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00
	2. ÜM	1. TM	13,00	13,00	13,00	0,00	13,00	0,00
		2. TM	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00
	3. ÜM	1. TM	34,00	34,00	34,00	0,00	34,00	0,00
		2. TM	4,00	4,00	4,00	0,00	4,00	0,00
	4. ÜM	1. TM	86,00	86,00	86,00	0,00	86,00	0,00
		2. TM	10,00	10,00	10,00	0,00	10,00	0,00
5. Tedarikçi	1. ÜM	1. TM	11,00	11,00	11,00	0,00	11,00	0,00
		2. TM	2,00	2,00	2,00	0,00	2,00	0,00
	2. ÜM	1. TM	9,00	9,00	9,00	0,00	9,00	0,00
		2. TM	2,00	2,00	2,00	0,00	2,00	0,00
	3. ÜM	1. TM	33,00	33,00	33,00	0,00	33,00	0,00
		2. TM	5,00	5,00	5,00	0,00	5,00	0,00
	4. ÜM	1. TM	85,00	85,00	85,00	0,00	85,00	0,00
		2. TM	7,00	7,00	7,00	0,00	7,00	0,00

Çizelge 5.6 Tedarikçi - üretim merkezi arası taşıma süreleri (devamı)

Taşıma süresi (saat)			1. ürün			2. ürün		
			1. komponent	2. komponent	3. komponent	1. komponent	2. komponent	3. komponent
6. Tedarikçi	1. ÜM	1. TM	18,00	18,00	18,00	0,00	18,00	0,00
		2. TM	2,00	2,00	2,00	0,00	2,00	0,00
	2. ÜM	1. TM	16,00	16,00	16,00	0,00	16,00	0,00
		2. TM	2,00	2,00	2,00	0,00	2,00	0,00
	3. ÜM	1. TM	41,00	41,00	41,00	0,00	41,00	0,00
		2. TM	5,00	5,00	5,00	0,00	5,00	0,00
	4. ÜM	1. TM	80,00	80,00	80,00	0,00	80,00	0,00
		2. TM	7,00	7,00	7,00	0,00	7,00	0,00
7. Tedarikçi	1. ÜM	1. TM	2,00	2,00	2,00	0,00	2,00	0,00
		2. TM	Taşıma yok	Taşıma yok	Taşıma yok	Taşıma yok	Taşıma yok	Taşıma yok
	2. ÜM	1. TM	6,00	6,00	6,00	0,00	6,00	0,00
		2. TM	Taşıma yok	Taşıma yok	Taşıma yok	Taşıma yok	Taşıma yok	Taşıma yok
	3. ÜM	1. TM	22,00	22,00	22,00	0,00	22,00	0,00
		2. TM	3,00	3,00	3,00	0,00	3,00	0,00
	4. ÜM	1. TM	93,00	93,00	93,00	0,00	93,00	0,00
		2. TM	9,00	9,00	9,00	0,00	9,00	0,00
8. Tedarikçi	1. ÜM	1. TM	5,00	5,00	5,00	0,00	5,00	0,00
		2. TM	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00
	2. ÜM	1. TM	4,00	4,00	4,00	0,00	4,00	0,00
		2. TM	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00
	3. ÜM	1. TM	28,00	28,00	28,00	0,00	28,00	0,00
		2. TM	4,00	4,00	4,00	0,00	4,00	0,00
	4. ÜM	1. TM	89,00	89,00	89,00	0,00	89,00	0,00
		2. TM	8,00	8,00	8,00	0,00	8,00	0,00
9. Tedarikçi	1. ÜM	1. TM	24,00	24,00	24,00	0,00	24,00	0,00
		2. TM	3,00	3,00	3,00	0,00	3,00	0,00
	2. ÜM	1. TM	28,00	28,00	28,00	0,00	28,00	0,00
		2. TM	3,00	3,00	3,00	0,00	3,00	0,00
	3. ÜM	1. TM	4,00	4,00	4,00	0,00	4,00	0,00
		2. TM	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00
	4. ÜM	1. TM	116,00	116,00	116,00	0,00	116,00	0,00
		2. TM	12,00	12,00	12,00	0,00	12,00	0,00
10. Tedarikçi	1. ÜM	1. TM	93,00	93,00	93,00	0,00	93,00	0,00
		2. TM	9,00	9,00	9,00	0,00	9,00	0,00
	2. ÜM	1. TM	89,00	89,00	89,00	0,00	89,00	0,00
		2. TM	9,00	9,00	9,00	0,00	9,00	0,00
	3. ÜM	1. TM	118,00	118,00	118,00	0,00	118,00	0,00
		2. TM	12,00	12,00	12,00	0,00	12,00	0,00
	4. ÜM	1. TM	6,00	6,00	6,00	0,00	6,00	0,00
		2. TM	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00

Çizelge 5.7 Üretim merkezi – dağıtım merkezi arası taşıma süreleri

Taşıma süresi (saat)		1. ürün		2. ürün	
		1. TM	2.TM	1.TM	2. TM
1. ÜM	1.DM	2,00	Taşıma yok	2,00	Taşıma yok
	2.DM	4,00	Taşıma yok	4,00	Taşıma yok
	3.DM	23,00	3,00	23,00	3,00
2. ÜM	1.DM	5,00	0,00	5,00	0,00
	2.DM	2,00	0,00	2,00	0,00
	3.DM	27,00	3,00	27,00	3,00
3. ÜM	1.DM	24,00	3,00	24,00	3,00
	2.DM	28,00	3,00	28,00	3,00
	3.DM	4,00	1,00	4,00	1,00
4. ÜM	1.DM	93,00	9,00	93,00	9,00
	2.DM	89,00	9,00	89,00	9,00
	3.DM	118,00	12,00	118,00	12,00

Çizelge 5.8 Dağıtım merkezi – depo arası taşıma süreleri

Taşıma süresi (saat)		1. ürün		2. ürün	
		1. TM	2.TM	1.TM	2. TM
1. DM	1.Depo	2,00	Taşıma yok	2,00	Taşıma yok
	2.Depo	4,00	Taşıma yok	4,00	Taşıma yok
	3.Depo	6,00	1,00	6,00	1,00
	4.Depo	12,00	2,00	12,00	2,00
	5.Depo	10,00	1,00	10,00	1,00
	6.Depo	18,00	2,00	18,00	2,00
2. DM	1.Depo	5,00	Taşıma yok	5,00	Taşıma yok
	2.Depo	2,00	Taşıma yok	2,00	Taşıma yok
	3.Depo	4,00	1,00	4,00	1,00
	4.Depo	9,00	2,00	9,00	2,00
	5.Depo	6,00	1,00	6,00	1,00
	6.Depo	20,00	2,00	20,00	2,00
3. DM	1.Depo	23,00	3,00	23,00	3,00
	2.Depo	27,00	3,00	27,00	3,00
	3.Depo	29,00	4,00	29,00	4,00
	4.Depo	35,00	5,00	35,00	5,00
	5.Depo	33,00	4,00	33,00	4,00
	6.Depo	41,00	5,00	41,00	5,00

Çizelge 5.9 Depo - müşteri arası taşıma süreleri

Taşıma süresi (saat)		1. ürün		2. ürün	
		1. TM	2. TM	1. TM	2. TM
1. Depo	1. Müşteri	1,00	Taşıma yok	1,00	Taşıma yok
	2. Müşteri	1,00	Taşıma yok	1,00	Taşıma yok
	3. Müşteri	2,00	Taşıma yok	2,00	Taşıma yok
	4. Müşteri	1,00	Taşıma yok	1,00	Taşıma yok
	5. Müşteri	2,00	Taşıma yok	2,00	Taşıma yok
	6. Müşteri	2,00	Taşıma yok	2,00	Taşıma yok
	7. Müşteri	1,00	Taşıma yok	1,00	Taşıma yok
	8. Müşteri	1,00	Taşıma yok	1,00	Taşıma yok
	9. Müşteri	5,00	Taşıma yok	5,00	Taşıma yok
	10. Müşteri	4,00	Taşıma yok	4,00	Taşıma yok
	11. Müşteri	4,00	Taşıma yok	4,00	Taşıma yok
	12. Müşteri	3,00	Taşıma yok	3,00	Taşıma yok
	13. Müşteri	3,00	Taşıma yok	3,00	Taşıma yok
	14. Müşteri	2,00	Taşıma yok	2,00	Taşıma yok
	15. Müşteri	2,00	Taşıma yok	2,00	Taşıma yok
	16. Müşteri	3,00	Taşıma yok	3,00	Taşıma yok
	17. Müşteri	12,00	2,00	12,00	2,00
	18. Müşteri	10,00	1,00	10,00	1,00
	19. Müşteri	6,00	1,00	6,00	1,00
	20. Müşteri	2,00	Taşıma yok	2,00	Taşıma yok
2. Depo	1. Müşteri	4,00	Taşıma yok	4,00	Taşıma yok
	2. Müşteri	4,00	Taşıma yok	4,00	Taşıma yok
	3. Müşteri	3,00	Taşıma yok	3,00	Taşıma yok
	4. Müşteri	5,00	Taşıma yok	5,00	Taşıma yok
	5. Müşteri	3,00	Taşıma yok	3,00	Taşıma yok
	6. Müşteri	3,00	Taşıma yok	3,00	Taşıma yok
	7. Müşteri	4,00	Taşıma yok	4,00	Taşıma yok
	8. Müşteri	4,00	Taşıma yok	4,00	Taşıma yok
	9. Müşteri	1,00	Taşıma yok	1,00	Taşıma yok
	10. Müşteri	1,00	Taşıma yok	1,00	Taşıma yok
	11. Müşteri	2,00	Taşıma yok	2,00	Taşıma yok
	12. Müşteri	1,00	Taşıma yok	1,00	Taşıma yok
	13. Müşteri	2,00	Taşıma yok	2,00	Taşıma yok
	14. Müşteri	3,00	Taşıma yok	3,00	Taşıma yok
	15. Müşteri	2,00	Taşıma yok	2,00	Taşıma yok
	16. Müşteri	3,00	Taşıma yok	3,00	Taşıma yok
	17. Müşteri	10,00	1,00	10,00	1,00
	18. Müşteri	6,00	1,00	6,00	1,00
	19. Müşteri	5,00	1,00	5,00	1,00
	20. Müşteri	7,00	1,00	7,00	1,00

Çizelge 5.9 Depo - müşteri arası taşıma süreleri (devamı)

Taşıma süresi (saat)		1. ürün		2. ürün	
		1. TM	2. TM	1. TM	2. TM
3. Depo	1. Müşteri	6,00	1,00	6,00	1,00
	2. Müşteri	6,00	1,00	6,00	1,00
	3. Müşteri	4,00	1,00	4,00	1,00
	4. Müşteri	5,00	1,00	5,00	1,00
	5. Müşteri	5,00	1,00	5,00	1,00
	6. Müşteri	5,00	1,00	5,00	1,00
	7. Müşteri	6,00	1,00	6,00	1,00
	8. Müşteri	5,00	1,00	5,00	1,00
	9. Müşteri	6,00	1,00	6,00	1,00
	10. Müşteri	5,00	1,00	5,00	1,00
	11. Müşteri	6,00	1,00	6,00	1,00
	12. Müşteri	5,00	1,00	5,00	1,00
	13. Müşteri	4,00	1,00	4,00	1,00
	14. Müşteri	2,00	Taşıma yok	2,00	Taşıma yok
	15. Müşteri	2,00	Taşıma yok	2,00	Taşıma yok
	16. Müşteri	3,00	Taşıma yok	3,00	Taşıma yok
	17. Müşteri	7,00	1,00	7,00	1,00
	18. Müşteri	9,00	1,00	9,00	1,00
	19. Müşteri	1,00	Taşıma yok	1,00	Taşıma yok
	20. Müşteri	7,00	1,00	7,00	1,00
4. Depo	1. Müşteri	12,00	2,00	12,00	2,00
	2. Müşteri	12,00	2,00	12,00	2,00
	3. Müşteri	13,00	2,00	13,00	2,00
	4. Müşteri	11,00	2,00	11,00	2,00
	5. Müşteri	12,00	2,00	12,00	2,00
	6. Müşteri	13,00	2,00	13,00	2,00
	7. Müşteri	12,00	2,00	12,00	2,00
	8. Müşteri	12,00	2,00	12,00	2,00
	9. Müşteri	10,00	1,00	10,00	1,00
	10. Müşteri	9,00	1,00	9,00	1,00
	11. Müşteri	10,00	1,00	10,00	1,00
	12. Müşteri	10,00	1,00	10,00	1,00
	13. Müşteri	11,00	1,00	11,00	1,00
	14. Müşteri	11,00	1,00	11,00	1,00
	15. Müşteri	11,00	1,00	11,00	1,00
	16. Müşteri	10,00	1,00	10,00	1,00
	17. Müşteri	1,00	Taşıma yok	1,00	Taşıma yok
	18. Müşteri	15,00	2,00	15,00	2,00
	19. Müşteri	7,00	1,00	7,00	1,00
	20. Müşteri	14,00	2,00	14,00	2,00

Çizelge 5.9 Depo - müşteri arası taşıma süreleri (devamı)

Taşıma süresi (saat)		1. ürün		2. ürün	
		1. TM	2.TM	1.TM	2. TM
5. Depo	1. Müşteri	10,00	1,00	10,00	1,00
	2. Müşteri	11,00	1,00	11,00	1,00
	3. Müşteri	10,00	1,00	10,00	1,00
	4. Müşteri	12,00	2,00	12,00	2,00
	5. Müşteri	11,00	1,00	11,00	1,00
	6. Müşteri	11,00	1,00	11,00	1,00
	7. Müşteri	10,00	1,00	10,00	1,00
	8. Müşteri	12,00	2,00	12,00	2,00
	9. Müşteri	6,00	1,00	6,00	1,00
	10. Müşteri	6,00	1,00	6,00	1,00
	11. Müşteri	5,00	1,00	5,00	1,00
	12. Müşteri	6,00	1,00	6,00	1,00
	13. Müşteri	6,00	1,00	6,00	1,00
	14. Müşteri	7,00	1,00	7,00	1,00
	15. Müşteri	6,00	1,00	6,00	1,00
	16. Müşteri	7,00	1,00	7,00	1,00
	17. Müşteri	14,00	2,00	14,00	2,00
	18. Müşteri	1,00	Taşıma yok	1,00	Taşıma yok
	19. Müşteri	9,00	1,00	9,00	1,00
	20. Müşteri	12,00	2,00	12,00	2,00
6. Depo	1. Müşteri	17,00	2,00	17,00	2,00
	2. Müşteri	17,00	2,00	17,00	2,00
	3. Müşteri	18,00	2,00	18,00	2,00
	4. Müşteri	19,00	2,00	19,00	2,00
	5. Müşteri	18,00	2,00	18,00	2,00
	6. Müşteri	17,00	2,00	17,00	2,00
	7. Müşteri	18,00	2,00	18,00	2,00
	8. Müşteri	18,00	2,00	18,00	2,00
	9. Müşteri	16,00	2,00	16,00	2,00
	10. Müşteri	16,00	2,00	16,00	2,00
	11. Müşteri	15,00	2,00	15,00	2,00
	12. Müşteri	17,00	2,00	17,00	2,00
	13. Müşteri	16,00	2,00	16,00	2,00
	14. Müşteri	15,00	2,00	15,00	2,00
	15. Müşteri	14,00	2,00	14,00	2,00
	16. Müşteri	14,00	2,00	14,00	2,00
	17. Müşteri	6,00	1,00	6,00	1,00
	18. Müşteri	21,00	3,00	21,00	3,00
	19. Müşteri	13,00	2,00	13,00	2,00
	20. Müşteri	19,00	2,00	19,00	2,00

Çizelge 5.10 Üretim merkezi - depo arası taşıma süreleri

Taşıma süresi (saat)		1. ürün		2. ürün	
		1. TM	2.TM	1.TM	2. TM
1. ÜM	1.Depo	2,00	Taşıma yok	2,00	Taşıma yok
	2.Depo	4,00	Taşıma yok	4,00	Taşıma yok
	3.Depo	6,00	1,00	6,00	1,00
	4.Depo	12,00	2,00	12,00	2,00
	5.Depo	10,00	1,00	10,00	1,00
	6.Depo	18,00	2,00	18,00	2,00
2. ÜM	1.Depo	5,00	0,00	5,00	0,00
	2.Depo	2,00	0,00	2,00	0,00
	3.Depo	4,00	1,00	4,00	1,00
	4.Depo	9,00	2,00	9,00	2,00
	5.Depo	6,00	1,00	6,00	1,00
	6.Depo	20,00	2,00	20,00	2,00
3. ÜM	1.Depo	23,00	3,00	23,00	3,00
	2.Depo	28,00	3,00	28,00	3,00
	3.Depo	29,00	4,00	29,00	4,00
	4.Depo	35,00	5,00	35,00	5,00
	5.Depo	33,00	4,00	33,00	4,00
	6.Depo	41,00	5,00	41,00	5,00
14. ÜM	1.Depo	93,00	9,00	93,00	9,00
	2.Depo	89,00	9,00	89,00	9,00
	3.Depo	87,00	8,00	87,00	8,00
	4.Depo	86,00	7,00	86,00	7,00
	5.Depo	98,00	10,00	98,00	10,00
	6.Depo	75,00	7,00	75,00	7,00

5.1.3 Diğer Model Parametrelerinin Elde Edilmesi

Önerilen modelde kapasite, talep, sabit işletme maliyeti ve nihai ürün üretiminde kullanılacak komponent miktarları için esas alınan değerler tablolar halinde sunulmaktadır.

Çizelge 5.11 Sabit işletme maliyetleri

Sabit işletme maliyeti (TL)	Tesis		
Tesis no	ÜM	DM	Depo
1	1.000.000	600.000	400.000
2	900.000	500.000	350.000
3	2.000.000	750.000	300.000
4	500.000	-	200.000
5	-	-	300.000
6	-	-	150.000

Çizelge 5.12 Tedarikçi kapasitesi

Tedarikçi kapasitesi (adet)	1. ürün			2. ürün		
	1. komponent	2. komponent	3. komponent	1. komponent	2. komponent	3. komponent
1. Tedarikçi	1.000.000	1.200.000	1.500.000	1.650.000	1.135.000	975.000
2. Tedarikçi	1.750.000	1.675.000	1.400.000	850.000	640.000	575.000
3. Tedarikçi	850.000	950.000	725.000	1.940.000	2.100.000	1.485.000
4. Tedarikçi	2.000.000	1.800.000	1.560.000	2.050.000	1.750.000	1.350.000
5. Tedarikçi	1.800.000	1.450.000	1.150.000	1.470.000	1.100.000	985.000
6. Tedarikçi	1.280.000	750.000	980.000	975.000	550.000	875.000
7. Tedarikçi	1.350.000	1.050.000	845.000	595.000	680.000	790.000
8. Tedarikçi	980.000	1.200.000	750.000	1.780.000	1.250.000	1.515.000
9. Tedarikçi	500.000	650.000	900.000	895.000	550.000	785.000
10. Tedarikçi	1.400.000	1.150.000	1.375.000	1.140.000	975.000	1.250.000

Çizelge 5.13 Üretim merkezi kapasitesi

ÜM kapasitesi (adet)	1. ürün	2. ürün
1. ÜM	700.000	750.000
2. ÜM	500.000	550.000
3. ÜM	1.000.000	1.200.000
4. ÜM	1.500.000	1.800.000

Çizelge 5.14 Dağıtım merkezi kapasitesi

DM kapasitesi (adet)	1. ürün	2. ürün
1. DM	500.000	520.000
2. DM	350.000	380.000
3. DM	750.000	800.000

Çizelge 5.15 Depo kapasitesi

Depo kapasitesi (adet)	1. ürün	2. ürün
1. Depo	350.000	400.000
2. Depo	250.000	280.000
3. Depo	150.000	170.000
4. Depo	180.000	200.000
5. Depo	200.000	230.000
6. Depo	100.000	110.000

Çizelge 5.16 Müşteri talebi

Müşteri talebi	1. ürün	2. ürün
1. Müşteri	18.000	20.000
2. Müşteri	10.000	12.000
3. Müşteri	12.000	15.000
4. Müşteri	8.000	10.000
5. Müşteri	2.000	3.000
6. Müşteri	7.500	9.000
7. Müşteri	16.000	18.000
8. Müşteri	9.000	10.000
9. Müşteri	10.500	12.000
10. Müşteri	5.000	7.000
11. Müşteri	14.000	15.000
12. Müşteri	8.500	10.000
13. Müşteri	12.000	14.000
14. Müşteri	6.000	7.500
15. Müşteri	15.000	16.000
16. Müşteri	8.000	10.000
17. Müşteri	17.500	20.000
18. Müşteri	3.500	5.000
19. Müşteri	6.000	8.000
20. Müşteri	2.000	2.500

Çizelge 5.17 Nihai ürün üretiminde kullanılan komponent miktarı

Kullanım miktarı	1. komponent	2. komponent	3. komponent
1. ürün	2	1	2
2. ürün	0	1	0

5.2 Kalitatif Faktörlerin Değerlendirilmesi

Modelin üçüncü amacında, tedarik zinciri performansına etki eden kalitatif faktörlerin maksimizasyonu hedeflenmiştir. İlk etapta DEMATEL metodu ile tedarikçi, üretim merkezi, dağıtım merkezi ve depo birçok faktör açısından değerlendirilerek kriterler önceliklendirilecek, sonrasında çok kriterli karar verme yöntemlerinden ANP kullanılarak en yüksek seviyede hizmet verebilecek tesisler belirlenecektir.

5.2.1 DEMATEL Metodu ile Kriterler Arası Önceliklerin Belirlenmesi

DEMATEL metodu birbirini takip eden 5 adımdan oluşmaktadır.

Adım 1: Direkt ilişki matrisinin oluşturulması

Tedarikçi, üretim merkezi, dağıtım merkezi ve depo için bir önceki bölümde kararlaştırılan kriterler arasındaki ilişkiler, ikili karşılaştırma skalası kullanılarak uzman grup tarafından belirlenmiş ve her bir aşama için ayrı ayrı direkt ilişki matrisleri elde edilmiştir.

Uygulamanın bu kısmında tedarikçi değerlendirmesinde tüm aşamalar ayrıntılarıyla açıklanacak, aynı şekilde üretim merkezi, dağıtım merkezi ve depo için de aynı işlemler tekrarlanarak elde edilen özet tablolara yer verilecektir. Tedarikçilere ait direkt ilişki matrisi Çizelge 5.18’de gösterilmektedir.

Çizelge 5.18 Direkt ilişki matrisi

TEDARİKÇİ		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Kalite	C1	0	0	2	1	2	0	2	2	4
Esneklik	C2	1	0	1	3	0	1	3	3	2
Güvenilirlik	C3	2	1	0	3	3	3	1	3	4
Zamanında teslimat	C4	2	3	3	0	1	3	3	1	3
Doğru miktarda teslimat	C5	2	3	3	1	0	2	1	2	3
Doğru yere teslimat	C6	1	1	2	1	2	0	1	2	2
Müşteriye cevap verme süresi	C7	0	3	1	1	1	1	0	1	3
Teknik bilgi ve yeterlilik	C8	3	1	3	0	2	0	1	0	4
Tedarikçinin tecrübe ve sertifikaları	C9	3	1	3	2	2	2	1	4	0

Adım 2: Normalize edilmiş direkt-ilişki matrisinin belirlenmesi

Direkt ilişki matrisine bağlı olarak, satır ve sütundaki en küçük değer kullanılarak normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisi (X) elde edilir.

Çizelge 5.19 Endirekt ilişki matrisi

TEDARİKÇİ	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	0,00	0,00	0,08	0,04	0,08	0,00	0,08	0,08	0,16
C2	0,04	0,00	0,04	0,12	0,00	0,04	0,12	0,12	0,08
C3	0,08	0,04	0,00	0,12	0,12	0,12	0,04	0,12	0,16
C4	0,08	0,12	0,12	0,00	0,04	0,12	0,12	0,04	0,12
C5	0,08	0,12	0,12	0,04	0,00	0,08	0,04	0,08	0,12
C6	0,04	0,04	0,08	0,04	0,08	0,00	0,04	0,08	0,08
C7	0,00	0,12	0,04	0,04	0,04	0,04	0,00	0,04	0,12
C8	0,12	0,04	0,12	0,00	0,08	0,00	0,04	0,00	0,16
C9	0,12	0,04	0,12	0,08	0,08	0,08	0,04	0,16	0,00

Adım 3: Toplam ilişki matrisinin elde edilmesi

Normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi (X) oluşturulduktan sonra, $T = X(I-X)^{-1}$ eşitliği kullanılarak toplam ilişki matrisi (T) elde edilmektedir.

Çizelge 5.20 Toplam ilişki matrisi

TEDARİKÇİ	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	Di
C1	0,11	0,09	0,20	0,12	0,17	0,09	0,15	0,20	0,31	1,44
C2	0,14	0,09	0,16	0,19	0,09	0,12	0,20	0,23	0,24	1,47
C3	0,23	0,16	0,19	0,23	0,25	0,23	0,16	0,30	0,38	2,12
C4	0,21	0,22	0,27	0,12	0,16	0,22	0,23	0,21	0,33	1,97
C5	0,20	0,21	0,26	0,15	0,12	0,18	0,14	0,24	0,31	1,81
C6	0,13	0,11	0,19	0,11	0,16	0,08	0,11	0,19	0,22	1,31
C7	0,09	0,18	0,14	0,11	0,11	0,11	0,07	0,15	0,24	1,20
C8	0,23	0,12	0,24	0,09	0,18	0,09	0,12	0,14	0,32	1,54
C9	0,25	0,14	0,28	0,18	0,20	0,18	0,15	0,31	0,22	1,91
Ri	1,59	1,32	1,93	1,30	1,45	1,30	1,33	1,98	2,58	

Adım 4: Etkileyen ve etkilenen faktör gruplarının belirlenmesi ve net etki derecelerinin hesaplanması

Elde edilen toplam ilişki matrisinin sütunlar toplamı (R), satırlar toplamı (D) olmakla beraber D-R ve D+R değerleri hesaplanır. Böylelikle her bir kriterin diğerlerine olan etki seviyesi ve diğerleriyle ilişki seviyesi belirlenmiş olmaktadır.

Çizelge 5.21 Etkileyen ve etkilenen faktör grupları

TEDARİKÇİ	D_i	R_i	D_i+R_i	D_i-R_i	Faktör grubu
C1	1,44	1,59	3,03	-0,15	Etkilenen
C2	1,47	1,32	2,80	0,15	Etkileyen
C3	2,12	1,93	4,06	0,19	Etkileyen
C4	1,97	1,30	3,28	0,67	Etkileyen
C5	1,81	1,45	3,26	0,36	Etkileyen
C6	1,31	1,30	2,61	0,02	Etkileyen
C7	1,20	1,33	2,53	-0,14	Etkilenen
C8	1,54	1,98	3,52	-0,43	Etkilenen
C9	1,91	2,58	4,49	-0,67	Etkilenen

Sonrasında etki seviyesi için bir eşik değeri ayarlanması gerekmektedir. Eşik değeri karar verici ya da uzmanlar tarafından belirlenmektedir. Uygulamada tedarik zinciri boyunca tüm aşamalar için 0,22 eşik değeri olarak kabul edilmiştir. Toplam ilişki matrisinde eşik değerinden daha büyük etki değerine sahip olan elemanlar seçilecek ve sadece bu elemanlar bir sonraki adımda ANP yöntemi uygulanırken değerlendirmeye alınacaktır.

Çizelge 5.22 Tedarikçi için yapısal ilişki değerleri

TEDARİKÇİ	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09
C2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02
C3	0,01	0,00	0,00	0,01	0,03	0,01	0,00	0,08	0,16
C4	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,11
C5	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,09
C6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
C8	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
C9	0,03	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00

Yukarıda detayları verilen şekilde üretim merkezi, dağıtım merkezi ve depo içinde belirlen kriterler DEMATEL yöntemiyle tek tek ele alınmıştır. Bu aşamalar için özet değerler sırasıyla Çizelge 5.23, 5.24 ve 5.25'te gösterilmektedir.

Çizelge 5.23 Üretim merkezi için yapısal ilişki değerleri

ÜM	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
C2	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,04	0,05	0,03
C3	0,10	0,00	0,00	0,11	0,08	0,03	0,14	0,08	0,01
C4	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,01	0,07	0,11	0,02
C5	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
C8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
C9	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	0,00

Çizelge 5.24 Dağıtım merkezi için yapısal ilişki değerleri

DM	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C2	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,06
C3	0,00	0,00	0,00	0,07	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00
C4	0,00	0,05	0,17	0,00	0,00	0,06	0,05	0,00	0,06
C5	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C6	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C7	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C9	0,00	0,04	0,11	0,05	0,00	0,08	0,04	0,00	0,00

Çizelge 5.25 Depo için yapısal ilişki değerleri

DEPO	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
C3	0,09	0,02	0,00	0,11	0,09	0,06	0,17	0,01	0,04
C4	0,00	0,06	0,10	0,00	0,00	0,04	0,12	0,06	0,00
C5	0,00	0,04	0,08	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00
C6	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

5.2.2 ANP Yöntemi ile Tedarik Zinciri Performansına Etki Edecek Katsayı Değerlerinin Belirlenmesi

DEMATEL metoduyla kriterlerin kendi aralarındaki bağımlılıkları incelenmiştir. Kriterler arasındaki ilişkiler ve birbirleri üzerindeki öncelikler belirlendikten sonra, karar verilen eşik değerinin üzerindeki kriterler ANP kısmında değerlendirmeye alınmıştır.

DEMATEL kısmında yapıldığı gibi, uygulamanın bu bölümünde de yine aynı şekilde sadece bir aşama için ANP yöntemi detaylı olarak anlatılacak, kalan diğer aşamaların ağırlıklı süpermatris değerleri direkt olarak paylaşılacaktır.

Tedarikçi değerlendirmesinde öncelikli olarak uzman görüşüne başvurulacak, kriterler kendi aralarında ve kriterler alternatifler açısından 1-9 skalası kullanılarak ikili karşılaştırma matrisleri elde edilmiştir. Bir sonraki aşamada, kriterler ve alternatifler kendi aralarında normalize edilerek Çizelge 5.26'daki süpermatris oluşturulmuştur. Süpermatristeki sütunların tamamı 1'e eşit olacak şekilde süpermatrisin normalize edilmesiyle Çizelge 5.27'de gösterilen ağırlıklı süpermatris elde edilmiştir. Yakınsak veya sabit değerler elde etmek için ağırlıklı süpermatris önemli ölçüde büyük bir üsse yükseltilir. Bu limit matristeki değerler, karar ağındaki elemanların amaca göre öncelikleridir. Çizelge 5.28'de gösterilen limit matris verileri tedarikçi değerlendirmesinde modele dahil edilecek parametreleri oluşturacaktır.

Çizelge 5.26 Tedarikçi açısından süpermatris

Tedarikçi	Hedef	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	İst	Bur	İzm	Ant	Sam	Erz	Tek	Zon	Alm	Çin
Hedef	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C1	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0,21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C2	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0,11	0,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C3	0,14	0,36	0	0	1	1	1	0	0,32	0,21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C4	0,11	0	0	0,27	0	0	0	1	0	0,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C5	0,12	0	0	0,24	0	0	0	0	0,16	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C6	0,10	0	0	0	0	0	0	0	0	0,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C7	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C8	0,16	0,32	0	0,27	0	0	0	0	0	0,18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C9	0,12	0,32	0	0,21	0	0	0	0	0,42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İstanbul	0	0,13	0,06	0,15	0,17	0,12	0,18	0,2	0,16	0,16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bursa	0	0,08	0,11	0,11	0,13	0,07	0,12	0,1	0,11	0,11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
İzmir	0	0,16	0,15	0,07	0,04	0,10	0,06	0	0,05	0,09	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Antalya	0	0,11	0,13	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,16	0,11	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Samsun	0	0,08	0,11	0,10	0,13	0,12	0,14	0,20	0,14	0,11	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Erzurum	0	0,08	0,09	0,07	0,06	0,07	0,06	0	0,05	0,07	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Tekirdağ	0	0,11	0,09	0,11	0,15	0,10	0,12	0,10	0,14	0,11	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Ankara	0	0,08	0,04	0,10	0,06	0,10	0,10	0,10	0,05	0,07	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Almanya	0	0,11	0,13	0,08	0,09	0,12	0,04	0,10	0,08	0,09	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Çin	0	0,08	0,09	0,10	0,06	0,12	0,08	0,10	0,05	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Çizelge 5.27 Tedarikçi açısından ağırlıklı süpermatris

Tedarikçi	Hedef	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	Ist.	Bu.	İz.	Ant.	Sam.	Erz.	Tek.	Zon.	Alm.	Çin
Hedef	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C1	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C2	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C3	0,14	0,18	0	0	0,50	0,50	0,50	0	0,2	0,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C4	0,11	0	0	0,14	0	0	0	0,5	0	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C5	0,12	0	0	0,12	0	0	0	0	0,1	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C6	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C7	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C8	0,16	0,16	0	0,14	0	0	0	0	0	0,09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C9	0,12	0,16	0	0,11	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İstanbul	0	0,07	0,06	0,07	0,09	0,06	0,09	0,09	0,08	0,08	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bursa	0	0,04	0,11	0,06	0,06	0,04	0,06	0,06	0,05	0,06	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
İzmir	0	0,08	0,15	0,03	0,02	0,05	0,03	0,02	0,03	0,05	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Antalya	0	0,05	0,13	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06	0,08	0,06	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Samsun	0	0,04	0,11	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08	0,07	0,06	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Erzurum	0	0,04	0,09	0,03	0,03	0,04	0,03	0,02	0,03	0,03	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Tekirdağ	0	0,05	0,09	0,06	0,07	0,05	0,06	0,07	0,07	0,06	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Ankara	0	0,04	0,04	0,05	0,03	0,05	0,05	0,03	0,03	0,03	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Almanya	0	0,05	0,13	0,04	0,04	0,06	0,02	0,04	0,04	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Çin	0	0,04	0,09	0,05	0,03	0,06	0,04	0,03	0,03	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Çizelge 5.28 Tedarikçi açısından limit matris

Tedarikçi	Hedef	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	Ist.	Bu.	İz.	Ant.	Sam.	Erz.	Tek.	Zon.	Alm.	Çin
Hedef	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Istanbul	15%	14%	6%	15%	16%	13%	16%	17%	15%	15%	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bursa	11%	9%	11%	11%	12%	9%	12%	12%	11%	11%	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
İzmir	8%	12%	15%	7%	6%	8%	6%	5%	7%	9%	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Antalya	12%	11%	13%	12%	11%	11%	11%	11%	14%	12%	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Samsun	11%	10%	11%	11%	12%	11%	12%	14%	12%	11%	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Erzurum	7%	7%	9%	7%	6%	7%	6%	5%	6%	7%	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Tekirdağ	12%	11%	9%	12%	13%	11%	12%	13%	12%	12%	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Ankara	8%	8%	4%	9%	8%	9%	9%	7%	6%	7%	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Almanya	9%	10%	13%	9%	9%	10%	6%	9%	9%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Çin	8%	8%	9%	9%	8%	10%	8%	7%	7%	7%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Ugulamanın bundan sonraki kısmında, tedarik zinciri ağında yer alan tüm kademeler için ANP yöntemiyle değerlendirme yapılmış ve sonuç olarak üretim merkezi, dağıtım merkezi ve depo için sırasıyla Çizelge 5.29, 5.30 ve 5.31’de gösterilen limit matrisleri oluşturulmuştur.

Çizelge 5.29 Üretim merkezi açısından limit matris

ÜM	Hedef	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	Istanbul	Bursa	Almanya	Çin
Hedef	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Istanbul	20%	20%	23%	25%	22%	19%	25%	20%	17%	17%	1	0	0	0
Bursa	31%	31%	31%	29%	31%	30%	27%	29%	33%	35%	0	1	0	0
Almanya	30%	32%	23%	27%	27%	32%	29%	33%	34%	31%	0	0	1	0
Çin	18%	18%	23%	19%	20%	19%	19%	18%	16%	16%	0	0	0	1

Çizelge 5.30 Dağıtım merkezi açısından limit matris

DM	Hedef	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	Istanbul	Bursa	Almanya
Hedef	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Istanbul	31%	33%	30%	31%	30%	35%	30%	30%	30%	32%	1	0	0
Bursa	38%	39%	39%	39%	37%	35%	39%	40%	40%	36%	0	1	0
Almanya	31%	28%	31%	31%	34%	31%	31%	30%	30%	33%	0	0	1

Çizelge 5.31 Depo açısından limit matris

Depo	Hedef	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	Ist.	Bu.	Koc.	Ada.	Alm.	Çin
Hedef	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Istanbul	15%	15%	15%	18%	15%	13%	17%	13%	12%	14%	1	0	0	0	0	0
Bursa	19%	19%	20%	19%	20%	19%	18%	18%	20%	23%	0	1	0	0	0	0
Ankara	20%	20%	17%	18%	18%	20%	19%	21%	22%	20%	0	0	1	0	0	0
Adana	12%	12%	14%	13%	12%	12%	13%	12%	10%	11%	0	0	0	1	0	0
İzmir	19%	20%	20%	16%	18%	22%	17%	19%	22%	20%	0	0	0	0	1	0
Elazığ	15%	14%	15%	16%	17%	14%	16%	16%	14%	13%	0	0	0	0	0	1

DEMATEL ve ANP yöntemleri ışığında, modele kalitatif faktörler dahil edilmiş ve tedarikçi, üretim merkezi, dağıtım merkezi ile deponun kalitatif faktörler açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu sonuçlar, modelin amaç fonksiyonunun katsayılarını oluşturmaktadır. Aynı zamanda elde edilen maksimum puanlar, hem tedarik zinciri performansını maksimize etmekte hem de müşteri hizmet seviyesi açısından en uygun olanı belirtmektedir.

5.3 Model Çözümü ve Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Tablolarda belirtilen veriler modele dahil edilmiş ve oluşturulan model GAMS (21.6) programında çözdürülmüştür. Çok amaçlı modelin çözümünde, öncelikli hedef programlama metodu kullanılmıştır. Modelde öncelik ataması sırasıyla şu şekilde yapılmıştır; maliyet minimizasyonu, süre minimizasyonu ve kalitatif faktörlerin maksimizasyonu. İteratif şekilde elde edilen çözüm sonuçları bir sonraki amacı gerçekleştirmek için kısıt olarak ilave edilerek sıralı çözüm yapılmıştır.

GAMS kodu yazılırken; çok amaçlı modelimizin ilk amaç fonksiyonunda, tedarikçilerden fabrikalara, fabrikalardan dağıtım merkezlerine, dağıtım merkezlerinden depolara, depolardan müşterilere olan taşıma maliyetleri ve tesis maliyetleri minimize edilmeye çalışılmıştır. Model; 9 ve 10 no.lu tedarikçilerden 4 no.lu üretim merkezine taşıma yapılması kararını vermiştir. 4 no.lu üretim merkezinde üretilen ürünler, dağıtım merkezine aktarılmadan doğrudan 4 ve 6 no.lu depolara gönderilmiştir. Elde edilen sonuç değeri (Z_1), ikinci amaca kısıt olarak eklenmiştir. Burada ikinci önceliğe sahip amaç fonksiyonu ile kademeler arası taşıma sürelerinin minimizasyonu hedeflenmiştir. Açılan tesis yerlerinde herhangi bir değişiklik olmaksızın, taşınan ürün miktarlarında artış ve azalışlar gözlenmiştir. Aynı şekilde çözdürülen ikinci modelin sonucu (Z_2), bir sonraki amacı gerçekleştirmek için sonuncu modele kısıt olarak ilave edilmiştir. Üçüncü önceliğe sahip amaç fonksiyonu tedarikçi, üretim merkezi, dağıtım merkezi ve depo seçimine etki edecek kalitatif faktörlerin maksimizasyonu şeklindedir. Maliyet ve sürenin kısıt olarak eklendiği sonuncu modelin çözdürülmesiyle de optimal sonuç (Z) elde edilmiştir.

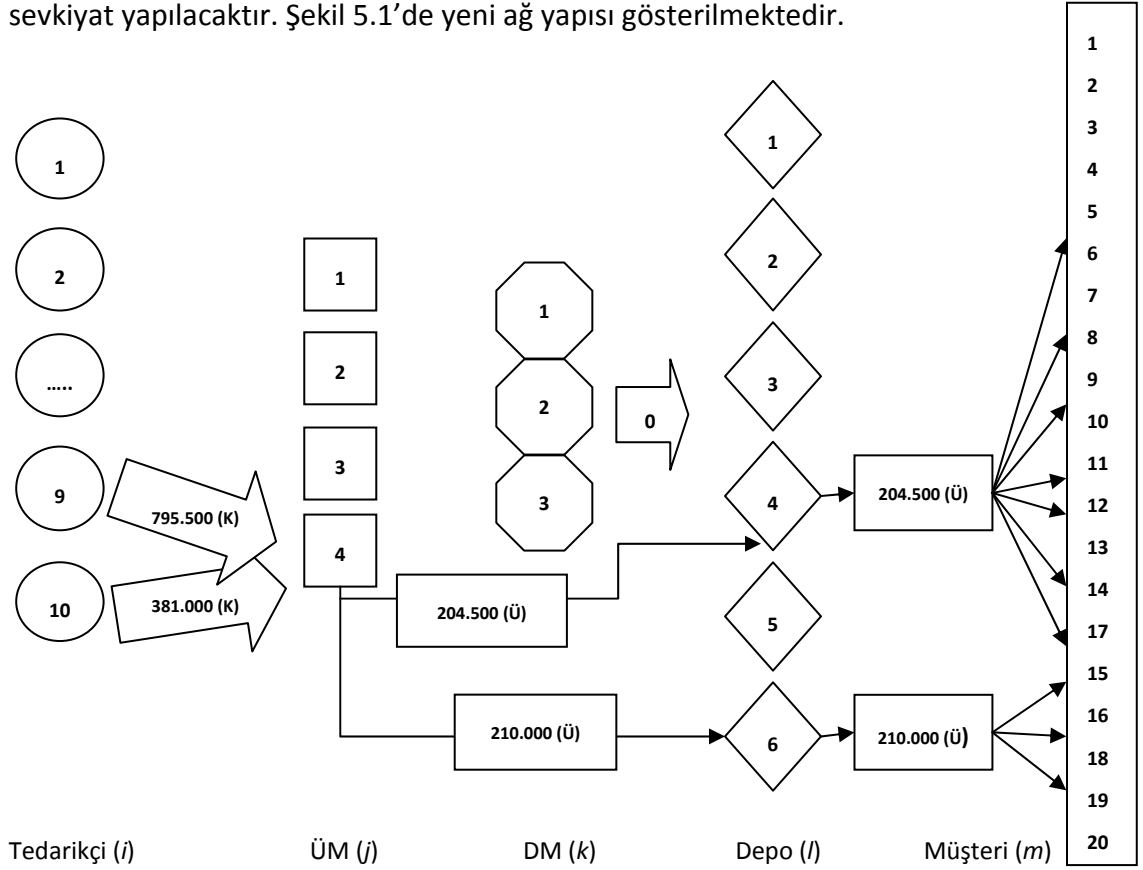
GAMS çözümüyle elde edilen sıralı amaç fonksiyonları için optimal değerler Çizelge 5.32’de gösterilmektedir.

Çizelge 5.32 Model 1 - Optimal sonuç değerleri

1. öncelikli hedef	Maliyet minimizasyonu	$Z_1=1.572.500$
2. öncelikli hedef	Süre minimizasyonu (Modele maliyet kısıtı eklenmiştir.)	$Z_2=133.199.500$
3. öncelikli hedef	Kalitatif faktörlerin maksimizasyonu (Modele maliyet + süre kısıtı eklenmiştir.)	$Z_3=Z=236.870$

Model sonucuna göre; sadece dördüncü üretim merkezinin açılmasına karar verilmiştir. Bu üretim merkezi 9 ve 10 numaralı tedarikçilerden alım yapabilecektir. Üretilen ürünler hiçbir dağıtım merkezine gönderilmeden direkt olarak depolara gönderilecektir. Bunun nedeni DM maliyetlerinin depo maliyetlerine oranla daha

yüksek olmasıdır. Mevcut depolar içerisinde 4 ve 6 numaralı depolardan müşterilere sevkiyat yapılacaktır. Şekil 5.1’de yeni ağ yapısı gösterilmektedir.



Şekil 5.1 Model 1’e ait yeni ağ yapısı

Şekil üzerinde komponent miktarları “K”, ürün miktarları ise “Ü” ile temsil edilmiştir. Ağ içerisinde taşıma modu ve ürün grubu bazında, taşınan ürün ve komponent miktarları aşağıdaki tablolarda belirtilen adetlerde gerçekleşmiştir.

Çizelge 5.33 Model 1 - Tedarikçiden (i) üretim merkezine (j) taşınan komp. miktarı

Komponent miktarı (K)			1. ürün			2. ürün		
			1. K	2. K	3. K	1. K	2. K	3. K
9. Tedarikçi	4. ÜM	1. TM	381.000	190.500	0	0	224.000	0
		2. TM	0	0	0	0	0	0
10. Tedarikçi	4. ÜM	1. TM	0	0	381.000	0	0	0
		2. TM	0	0	0	0	0	0

Çizelge 5.34 Model 1 - Üretim merkezinden (j) depoya (l) taşınan ürün miktarı

Ürün miktarı (Ü)		1. ürün		2. ürün	
		1. TM	2.TM	1.TM	2. TM
4. ÜM	1.Depo	0	0	0	0
	2.Depo	0	0	0	0
	3.Depo	0	0	0	0
	4.Depo	90.500	0	114.000	0
	5.Depo	0	0	0	0
	6.Depo	100.000	0	110.000	0

Modelin öncelikli hedefi maliyetlerin en küçüklenmesi şeklinde belirlendiğinden, en düşük işletme maliyetine sahip olan 4 no.lu üretim merkezinin açılması kararlaştırılmıştır ve model sadece bir üretim merkezinden tüm müşteri ihtiyaçlarını karşılamıştır. Yine aynı sebepten dolayı model üretim merkezinden çıkan ürünleri, dağıtım merkezine göndermeden direkt olarak dağıtım yapılacak depolara göndermeyi seçmiştir. Ağ yapısı birincil öncelikli hedef olan maliyet kriteri göz önünde bulundurularak şekillendirilmiştir.

Atama yapılan depo seçeneklerine bakıldığında, dağıtım yapılacak ilgili noktalara olan uzaklıklar göz ardı edilmiş yani daha uzun taşıma sürelerine katlanmak pahasına daha düşük maliyete sahip tesisler öncelik kazanmıştır.

Çizelge 5.35 Model 1 - Depodan (l) müşteriye (m) taşınan ürün miktarı

Ürün miktarı (Ü)		1. ürün		2. ürün	
		1. TM	2.TM	1.TM	2. TM
4. Depo	1. Müşteri	0	0	0	0
	2. Müşteri	8.000	0	0	0
	3. Müşteri	12.000	0	15.000	0
	4. Müşteri	8.000	0	10.000	0
	5. Müşteri	2.000	0	3.000	0
	6. Müşteri	0	0	6.000	0
	7. Müşteri	0	0	0	0
	8. Müşteri	9.000	0	10.000	0
	9. Müşteri	0	0	0	0
	10. Müşteri	0	0	7.000	0
	11. Müşteri	14.000	0	15.000	0
	12. Müşteri	8.500	0	10.000	0
	13. Müşteri	0	0	0	0
	14. Müşteri	0	0	0	0
	15. Müşteri	0	0	0	0
	16. Müşteri	8.000	0	10.000	0
	17. Müşteri	17.500	0	20.000	0
	18. Müşteri	3.500	0	0	0
	19. Müşteri	0	0	8.000	0
	20. Müşteri	0	0	0	0
6. Depo	1. Müşteri	18.000	0	20.000	0
	2. Müşteri	2.000	0	12.000	0
	3. Müşteri	0	0	0	0
	4. Müşteri	0	0	0	0
	5. Müşteri	0	0	0	0
	6. Müşteri	7.500	0	9.000	0
	7. Müşteri	16.000	0	12.000	0
	8. Müşteri	0	0	0	0
	9. Müşteri	10.500	0	12.000	0
	10. Müşteri	5.000	0	0	0
	11. Müşteri	0	0	0	0
	12. Müşteri	0	0	0	0
	13. Müşteri	12.000	0	14.000	0
	14. Müşteri	6.000	0	7.500	0
	15. Müşteri	15.000	0	16.000	0
	16. Müşteri	0	0	0	0
	17. Müşteri	0	0	0	0
	18. Müşteri	0	0	5.000	0
	19. Müşteri	6.000	0	0	0
	20. Müşteri	2.000	0	2.500	0

Söz konusu modeldeki birinci aşama denge kısıtına göre; tedarikçilerden çıkan n. komponent miktarı, üretim merkezinden çıkan p. ürünün n. komponent oranı (u_{pn}) ile çarpımına eşittir. Matematiksel olarak ifade etmek istersek;

X_{ijapn} : i. tedarikçiden j. üretim merkezine a. taşıma modu ile taşınan p. ürünün n. komponent miktarı

X_{jlap} : j. üretim merkezinden l. depoya a. taşıma modu ile taşınan p. ürün miktarı

X_{jkap} : j. üretim merkezinden k. dağıtım merkezine a. taşıma modu ile taşınan p. ürün miktarı

$$\sum_i^I \sum_a^A X_{ijapn} = u_{pn} \sum_k^K \sum_a^A X_{jkap} + u_{pn} \sum_l^L \sum_a^A X_{jlap} \quad \forall_{j,p,n} \quad (5.1)$$

Açılması kararlaştırılan 4 no.lu üretim merkezinde ($j=4$) üretilecek 1 no.lu nihai ürün grubu ($p=1$) için, (5.1) eşitliğinde model çözümünden elde edilen değerleri yazarsak;

$$\sum_i^I \sum_a^A X_{ijapn} = 381.000 \text{ adet} \quad (j=4, p=1, n=1)$$

$$\sum_i^I \sum_a^A X_{ijapn} = 190.500 \text{ adet} \quad (j=4, p=1, n=2)$$

$$\sum_i^I \sum_a^A X_{ijapn} = 381.000 \text{ adet} \quad (j=4, p=1, n=3)$$

$$\sum_l^L \sum_a^A X_{jlap} = 90.500 + 100.000 = 190.500 \text{ adet} \quad (j=4, p=1)$$

$$\sum_k^K \sum_a^A X_{jkap} = 0$$

Çok ürünlü modelde nihai ürün üretiminde kullanılan komponent miktarları, uygulama bölümünün başında Çizelge 5.17’de gösterilmişti. Tekrar hatırlayacak olursak;

Çizelge 5.17 Nihai ürün üretiminde kullanılan komponent miktarı

Kullanım miktarı	1. komponent	2. komponent	3. komponent
1. ürün	2	1	2
2. ürün	0	1	0

Mevcut veriler (5.1) kısıtında yerine yazılırsa;

$$\sum_i^I \sum_a^A x_{ijapn} = u_{pn} \sum_k^K \sum_a^A x_{jkap} + u_{pn} \sum_l^L \sum_a^A x_{jlap} \quad \forall_{j,p,n}$$

$$381.000 = 0 + 2 (190.500) \quad (j=4, p=1, n=1)$$

$$190.500 = 0 + 1 (190.500) \quad (j=4, p=1, n=2)$$

$$381.000 = 0 + 2 (190.500) \quad (j=4, p=1, n=3)$$

Tedarik zinciri ağında kademeler arasında tercih edilen taşıma modu karayolu olmuştur. Model yüksek taşıma maliyetlerine katlanmak yerine, daha uzun taşıma sürelerinde ancak daha düşük maliyetle taşıma yapmayı tercih etmiştir. Bunun en temel nedeni, birinci öncelikli hedefin maliyet minimizasyonu olmasıdır.

Tedarikçilerden üretim merkezine, üretim merkezinden depolara, depolardan müşterilere giden ürün grubu miktarları, ilgili tesislerden gönderilen her ürün grubu için verilen kapasiteleri aşmayacak şekilde atanmıştır.

5.3.1 Senaryo Analizi

Bu bölümde, tasarım probleminin çözümü için geliştirilen modele yönelik duyarlılık analizleri yapılacaktır. Modelde kullanılan verilerin bazıları, diğer veriler sabit kalmak koşuluyla, arttırılıp azaltılarak sonuçlar üzerindeki etkileri incelenmeye çalışılacaktır.

5.3.1.1 Senaryo 1

İlk uygulamada takip edilen öncelik sırası değiştirildiğinde model sonuçlarının ne gibi farklılıklar göstereceği incelenecektir. Model 1’de maliyet en önemli ağırlığa sahip parametre iken, bu örnekte süre birincil öncelikli hedef olacaktır. Taşıma sürelerinin en

küçüklenmesi amacını, maliyet takip edecek ve sonuncu önceliğe sahip amaç kalitatif faktörlerin makzimizasyonu şeklinde olacaktır.

GAMS çözümüyle elde edilen sıralı amaç fonksiyonları için optimal değerler Çizelge 5.36'da gösterilmektedir.

Çizelge 5.36 Model 2 - Optimal sonuç değerleri

1. öncelikli hedef	Süre minimizasyonu	$Z_1 = 2.005.500$
2. öncelikli hedef	Maliyet minimizasyonu (Modele süre kısıtı eklenmiştir.)	$Z_2 = 2.308.125$
3. öncelikli hedef	Kalitatif faktörlerin maksimizasyonu (Modele süre + maliyet kısıtı eklenmiştir.)	$Z_3 = Z = 335.660$

3. sıralı amaç fonksiyonunun çözümüyle, ağ içerisinde taşıma modu ve ürün grubu bazında taşınan ürün ve komponent miktarları aşağıdaki tablolarda belirtilen adetlerde gerçekleşmiştir.

Çizelge 5.37 Model 2 - Tedarikçiden (i) üretim merkezine (j) taşınan komp. miktarı

Komponent miktarı (K)			1. ürün			2. ürün		
			1. K	2. K	3. K	1. K	2. K	3. K
3. Tedarikçi	2. ÜM	1. TM	0	0	0	0	0	0
		2. TM	0	0	381.000	0	0	0
4. Tedarikçi	2. ÜM	1. TM	0	0	0	0	0	0
		2. TM	381.000	190.500	0	0	224.000	0

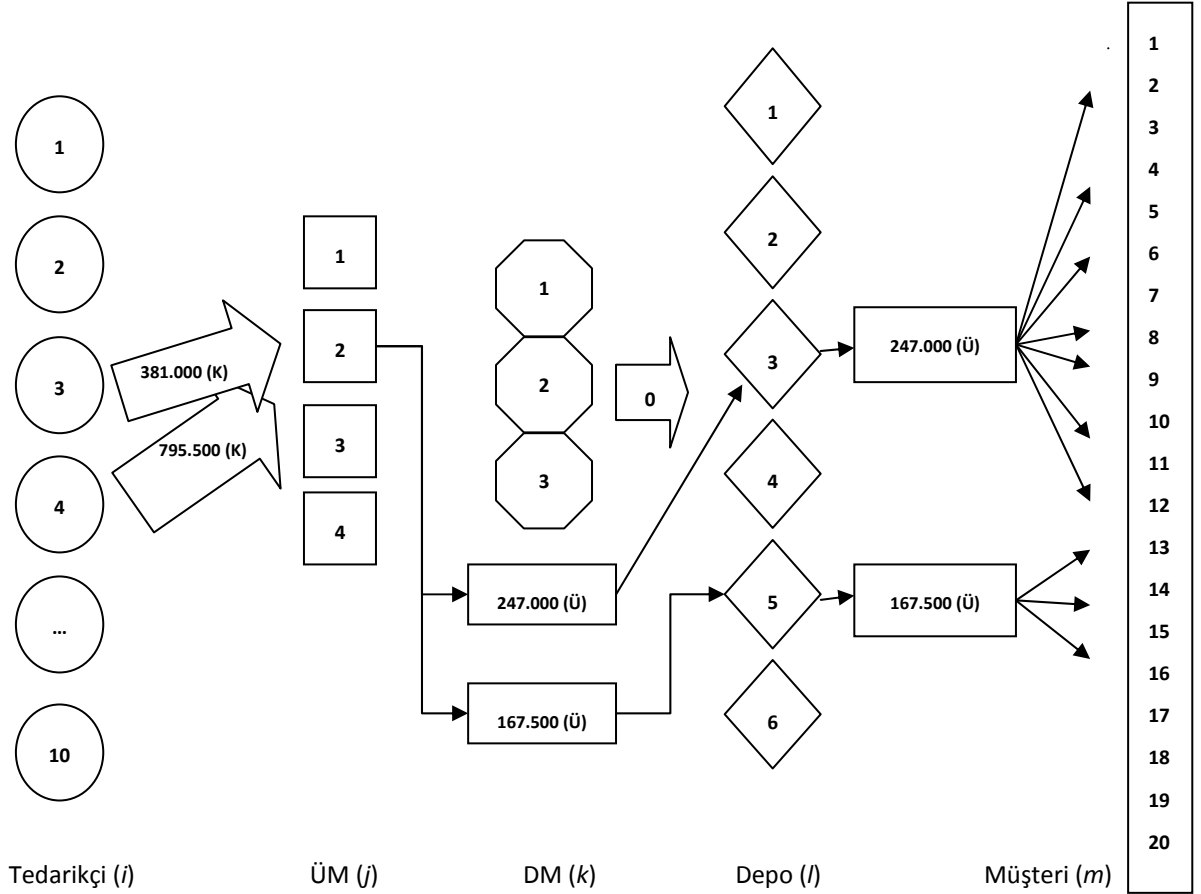
Çizelge 5.38 Model 2 - Üretim merkezinden (j) depoya (l) taşınan ürün miktarı

Ürün miktarı (Ü)		1. ürün		2. ürün	
		1. TM	2. TM	1. TM	2. TM
2. ÜM	1. Depo	0	0	0	0
	2. Depo	0	0	0	0
	3. Depo	0	124.500	0	122.500
	4. Depo	0	0	0	0
	5. Depo	0	66.000	0	101.500
	6. Depo	0	0	0	0

Çizelge 5.39 Model 2 - Depodan (l) müşteriye (m) taşınan ürün miktarı

Ürün miktarı (Ü)		1. ürün		2. ürün	
		1. TM	2.TM	1.TM	2. TM
3. Depo	1. Müşteri	0	18.000	0	20.000
	2. Müşteri	0	10.000	0	12.000
	3. Müşteri	0	12.000	0	15.000
	4. Müşteri	0	8.000	0	10.000
	5. Müşteri	0	2.000	0	3.000
	6. Müşteri	0	0	0	0
	7. Müşteri	0	16.000	0	0
	8. Müşteri	0	9.000	0	10.000
	9. Müşteri	0	10.500	0	12.000
	10. Müşteri	0	5.000	0	0
	11. Müşteri	0	0	0	0
	12. Müşteri	0	8.500	0	10.000
	13. Müşteri	0	0	0	0
	14. Müşteri	0	0	0	0
	15. Müşteri	0	0	0	0
	16. Müşteri	0	0	0	0
	17. Müşteri	0	17.500	0	20.000
	18. Müşteri	0	0	0	0
	19. Müşteri	0	6.000	0	8.000
	20. Müşteri	0	2.000	0	2.500
5. Depo	1. Müşteri	0	0	0	0
	2. Müşteri	0	0	0	0
	3. Müşteri	0	0	0	0
	4. Müşteri	0	0	0	0
	5. Müşteri	0	0	0	0
	6. Müşteri	0	7.500	0	9.000
	7. Müşteri	0	0	0	18.000
	8. Müşteri	0	0	0	0
	9. Müşteri	0	0	0	0
	10. Müşteri	0	0	0	7.000
	11. Müşteri	0	14.000	0	15.000
	12. Müşteri	0	0	0	0
	13. Müşteri	0	12.000	0	14.000
	14. Müşteri	0	6.000	0	7.500
	15. Müşteri	0	15.000	0	16.000
	16. Müşteri	0	8.000	0	10.000
	17. Müşteri	0	0	0	0
	18. Müşteri	0	3.500	0	5.000
	19. Müşteri	0	0	0	0
	20. Müşteri	0	0	0	0

Model 2'ye göre, 3 ve 4 no.lu tedarikçilerden üretim merkezine gönderim olacaktır. Yalnızca 2 no.lu üretim merkezinin açılması kararlaştırılmıştır. 2 no.lu tesisten ilgili depolara direkt sevkiyat olacak, dağıtım merkezine uğranılmayacaktır. Tüm müşteri talepleri 3 ve 5 no.lu depolardan karşılanacaktır. Şekil 5.2'de oluşan yeni ağ tasarımı gösterilmektedir.



Şekil 5.2 Model 2'ye ait yeni ağ yapısı

Model 2'de ilk modelden farklı olarak tercih edilen taşıma modu karayolu yerine havayolu olmuştur. Çünkü bu modelin öncelikli amacı taşıma sürelerinin kısaltılması olduğundan, model çok daha yüksek taşıma maliyetlerine katlanmak pahasına da olsa havayolu ile sevkiyat yapmayı tercih etmiştir. Yine aynı mantıkla ilk model maliyeti en düşük ama en uzak lokasyonda üretim merkezi açmayı seçerken; bu örnekte maliyeti daha yüksek ama daha yakın tesislerin açılması kararlaştırılmıştır.

Model 1 ile Model 2 kıyaslandığında, öncelikli hedefe sahip amaç fonksiyonunun daha iyi sonuçlar aldığı gözlenmektedir. Maliyet önceliğine sahip Model 1'de maliyetin en

küçüklenmesi hedefi, Model 2'dekine oranla çok daha iyi değerler almıştır. Aynı şekilde ilk modelde daha düşük önceliğe sahip süre minimizasyonu hedefine, Model 2'de öncelik verilerek iyileştirme sağlanmıştır.

5.3.1.2 Senaryo 2

Model 1 ve 2'de öncelikli hedefler süre ve maliyet olarak alınmış ve her iki modelde de en az önceliğe sahip hedef kalitatif faktörlerin maksimize edilmesi olmuştur. Bu senaryoda ise; maksimizasyon birinci önceliğe sahip hedef olarak ele alınacak ve model üzerinde nasıl bir değişikliğe etki edeceği incelenecektir. Sonrasında amaç fonksiyonlarını sırasıyla maliyet ve süre takip edecektir.

GAMS çözümüyle elde edilen sıralı amaç fonksiyonları için optimal değerler Çizelge 5.40'ta gösterilmektedir.

Çizelge 5.40 Model 3 - Optimal sonuç değerleri

1. öncelikli hedef	Kalitatif faktörlerin maksimizasyonu	$Z_1=1.601.600$
2. öncelikli hedef	Maliyet minimizasyonu (Modele kalitatif faktör kısıtı eklenmiştir.)	$Z_2=7.284.875$
3. öncelikli hedef	Süre minimizasyonu (Kalitatif faktör + maliyet kısıtı eklenmiştir.)	$Z_3=Z=45.463.500$

3. sıralı amaç fonksiyonunun çözümüyle, ağ içerisinde taşıma modu ve ürün grubu bazında taşınan ürün ve komponent miktarları aşağıdaki tablolarda belirtilen adetlerde gerçekleşmiştir.

Çizelge 5.41 Model 3 - Tedarikçiden (i) üretim merkezine (j) taşınan komp. miktarı

Komponent miktarı (K)			1. ürün			2. ürün		
			1. K	2. K	3. K	1. K	2. K	3. K
1. Tedarikçi	2. ÜM	1. TM	800.000	500.000	100.000	0	550.000	0
		2. TM	0	0	0	0	0	0
	3. ÜM	1. TM	200.000	100.000	200.000	0	130.000	0
		2. TM	0	0	0	0	0	0
4. Tedarikçi	2. ÜM	1. TM	200.000	0	0	0	0	0
		2. TM	0	0	0	0	0	0

Çizelge 5.42 Model 3 – Üretim merkezinden (j) dağıtım merkezine (k) taşınan ürün miktarı

Ürün miktarı (Ü)		1. ürün		2. ürün	
		1. TM	2.TM	1.TM	2. TM
2. ÜM	1.DM	150.000	0	300.000	0
	2.DM	350.000	0	250.000	0
	3.DM	0	0	0	0
3. ÜM	1.DM	100.000	0	0	0
	2.DM	0	0	130.000	0
	3.DM	0	0	0	0

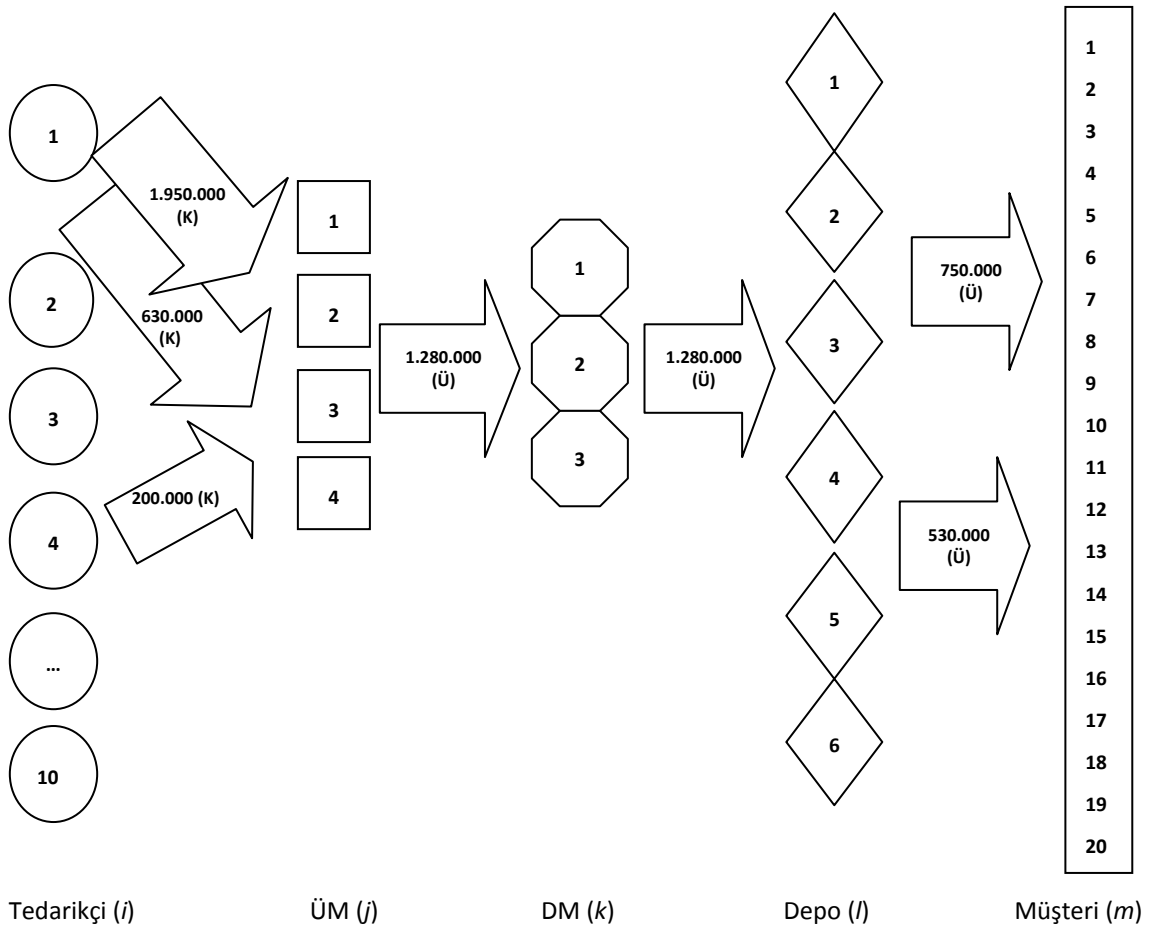
Çizelge 5.43 Model 3 – Dağıtım merkezinden (k) depoya (l) taşınan ürün miktarı

Ürün miktarı (Ü)		1. ürün		2. ürün	
		1. TM	2.TM	1.TM	2. TM
1. DM	1.Depo	250.000	0	20.000	0
	2.Depo	0	0	280.000	0
	3.Depo	0	0	0	0
	4.Depo	0	0	0	0
	5.Depo	0	0	0	0
	6.Depo	0	0	0	0
2. DM	1.Depo	100.000	0	380.000	0
	2.Depo	250.000	0	0	0
	3.Depo	0	0	0	0
	4.Depo	0	0	0	0
	5.Depo	0	0	0	0
	6.Depo	0	0	0	0

Çizelge 5.44 Model 3 - Depodan (l) müşteriye (m) taşınan ürün miktarı

Ürün miktarı (Ü)		1. ürün		2. ürün	
		1. TM	2. TOM	1. TM	2. TM
1. Depo	1. Müşteri	0	0	20.000	0
	2. Müşteri	10.000	0	0	0
	3. Müşteri	0	0	15.000	0
	4. Müşteri	0	0	0	0
	5. Müşteri	251.000	0	0	0
	6. Müşteri	7.500	0	291.000	0
	7. Müşteri	0	0	0	0
	8. Müşteri	9.000	0	10.000	0
	9. Müşteri	0	0	0	0
	10. Müşteri	0	0	0	0
	11. Müşteri	14.000	0	15.000	0
	12. Müşteri	0	0	0	0
	13. Müşteri	12.000	0	14.000	0
	14. Müşteri	6.000	0	0	0
	15. Müşteri	15.000	0	0	0
	16. Müşteri	8.000	0	10.000	0
	17. Müşteri	17.500	0	20.000	0
	18. Müşteri	0	0	5.000	0
	19. Müşteri	0	0	0	0
	20. Müşteri	0	0	0	0
2. Depo	1. Müşteri	18.000	0	0	0
	2. Müşteri	0	0	12.000	0
	3. Müşteri	12.000	0	0	0
	4. Müşteri	8.000	0	10.000	0
	5. Müşteri	0	0	3.000	0
	6. Müşteri	0	0	0	0
	7. Müşteri	16.000	0	18.000	0
	8. Müşteri	0	0	0	0
	9. Müşteri	171.000	0	12.000	0
	10. Müşteri	5.000	0	181.000	0
	11. Müşteri	0	0	0	0
	12. Müşteri	8.500	0	10.000	0
	13. Müşteri	0	0	0	0
	14. Müşteri	0	0	7.500	0
	15. Müşteri	0	0	16.000	0
	16. Müşteri	0	0	0	0
	17. Müşteri	0	0	0	0
	18. Müşteri	3.500	0	0	0
	19. Müşteri	6.000	0	8.000	0
	20. Müşteri	2.000	0	2.500	0

Maksimizasyon öncelikli Model 3'ün çözümüne göre, 1 ve 4 no.lu tedarikçilerden ilgili üretim merkezlerine gönderim olacaktır. Açılması kararlaştırılan üretim merkezleri 2 ve 3 no.lu tesislerdir. Önceki modellerden farklı olarak bu modelde, birden fazla üretim merkezinin açılması tercih edilmiştir. Üretilen ürünler bir dağıtım merkezinde toplandıktan sonra, depolara sevkiyat yapılacaktır. Önerilen diğer iki modelde ise, dağıtım merkezi açılmadan direkt depolara gönderim yapılmıştır. Model; dağıtım merkezi olarak 2 ve 3 no.lu tesisleri tercih etmiştir. 1 ve 2 no.lu depolardan tüm müşteri ihtiyaçları karşılanacaktır. Şekil 5.3'te modele ait temsili bir ağ gösterilmektedir.



Şekil 5.3 Model 3'e ait yeni ağ yapısı

Diğer modellerde birincil önceliğe sahip olan maliyet ve süre hedefleri bu modelde daha kötü sonuçlar almıştır. Model maliyet ve süreyi çok dikkate almadan, kalitatif faktörler açısından yüksek önceliğe sahip tesislere atama yapılmasını tercih etmiştir.

5.3.1.3 Senaryo 3

Amaç fonksiyonu üzerinde değişikliğe neden olabileceği düşünülen parametreler; tesis kapasiteleri, müşteri talepleri ve birim taşıma maliyetleridir. Ülkede benzin fiyatlarına zam gelmesi taşıma maliyetlerini olumsuz etkileyecektir. Bu nedenle karayolu birim taşıma maliyetlerinin 2 katına çıkması durumunda, modelin nasıl bir ağ tasarlayacağı incelenebilir.

Modelde karayolu ve havayolu olmak üzere iki farklı taşıma modu söz konusudur. Maliyet öncelikli Model 1’de kademeler arasında karayolu ile taşıma yapılması tercih edilmiştir. Burada ise benzine gelen zam nedeniyle karayolu birim taşıma maliyetlerinde artış söz konusudur. Bahsedilen artışın model üzerindeki etkisi yalnızca son aşamadaki (depo-müşteri arası) taşımalar dikkate alınarak değerlendirilecektir. Diğer parametreler Model 1’deki verilerle aynı olacaktır.

Maliyet, süre ve kalitatif faktör önceliği sırasıyla çözdürülen çok amaçlı modelin sonucuna göre; Model 1’den farklı olarak 2 ve 3 no.lu tedarikçilerden alım yapılacaktır. 2 no.lu üretim merkezinden hiçbir dağıtım merkezine uğranılmadan direkt olarak 5 no.lu depoya sevkiyat yapılması kararlaştırılmıştır. Tüm müşteri talepleri 5 no.lu depodan karşılanacaktır. Modeldeki birim taşıma maliyetlerinin artışı nedeniyle Model 1’de karayoluyla taşıma yapılan talep noktalarına bu uygulamada havayolu ile taşıma yapılması tercih edilmiştir.

5.3.1.4 Senaryo 4

Maliyet öncelikli Model 1’de düşük işletme maliyetleri nedeniyle yalnızca 4 no.lu üretim merkezinin açılması kararlaştırılmıştır. Bu karara etki edebilecek parametrelerden birisi kapasite kısıtıdır. Ülkede grev çıkması nedeniyle 4 no.lu tesiste çalışan işçilerin yarısının işlerini bıraktığı varsayımını düşünelim. Böyle bir durumda

tesis mevcut kapasitesini yarı yarıya düşürmek zorunda kalacaktır. Kapasitenin azalması durumunda ağın nasıl bir yapılanma izleyeceği gözlemlenebilir.

4 no.lu tesis mevcut üretim merkezleri içerisinde maliyeti en düşük, buna rağmen kapasitesi ise en yüksek olan tesistir. Bu nedenle ilgili tesisin kapasitesini yarı yarıya düşürdüğümüzde dahi, gelen talepleri karşılayabilecek seviyede olduğu görülmüştür. Burada 4 no.lu üretim merkezinin kapasitesini mevcut diğer tesislerin kapasitelerinden daha aşağıya çekerek modelin nasıl bir atama yapacağını gözlemleyebiliriz.

Tesis kapasitesi düşürüldüğünde model 4 no.lu üretim merkezi yerine 2 no.lu üretim merkezine atama yapmayı tercih etmiştir. Çünkü parametre değerlerine bakıldığında, 4 no.lu üretim merkezinden sonra en düşük işletme maliyetine sahip tesis 2 no.lu tesistir. Model kapasite sorunu nedeniyle talepleri karşılayamayacak seviyeye geldiğinde, bir diğer düşük maliyetli tesisin açılması kararını vermiştir.

5.3.1.5 Senaryo 5

Günlük yaşamda karşılaşılabilecek problemlerden bir tanesi, uluslararası ticarete ithaline izin verilecek mal miktarının sınırlandırılmasıdır. Bu örnekte gümrük problemi nedeniyle Model 1'deki 4 no.lu üretim lokasyonundan yapılan sevkiyatlara kota geldiğini varsayalım.

Maliyet öncelikli Model 1'deki 4 no.lu tesis açılmayacağından dolayı, model 2 no.lu tesisi açma kararını almıştır. Çünkü modelde maliyetin birincil önceliğe sahip olmasından dolayı, en düşük maliyetli 2 no.lu üretim merkezi seçilmek durumunda kalınmıştır. Yalnızca 2 no.lu tedarikçiden alım yapılabilecektir. Fabrikada üretilen ürünler dağıtım merkezi uğramadan 2 no.lu depoya gönderilecek ve tüm müşteri talepleri bu depodan karşılanacaktır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, otomotiv sektörüne ait çok aşamalı tedarik zincirinde alternatif fabrika, dağıtım merkezi ve depolardan en uygun olanların açılması ve zincirde yer alan optimum ürün miktarlarının belirlenmesi, içerisinde kalitatif faktörleri de değerlendiren çok amaçlı bir ağ tasarım problemiyle ele alınmıştır.

Birden fazla amacın yer aldığı modelde, öncelikli hedef programlama metodu kullanılmıştır. Modelin amaç fonksiyonlarını, sabit işletme maliyetleri, aşamalar arası birim taşıma maliyetleri, taşıma süreleri ve kalitatif faktörler açısından performans değerleri oluşturmaktadır. Kalitatif faktörlerden sağlanacak faydanın maksimizasyonunda DEMATEL ve ANP yöntemlerinden yararlanılmıştır.

Önerilen yaklaşım, gerçek yaşamdaki ağ tasarım problemlerini etkileşimli bir karar verme süreci ile çözebilir. Model hem kalitatif hem de kantitatif faktörleri içerdüğinden karar vericinin daha gerçekçi kararlar vermesini sağlayacaktır.

Burada hedef öncelik değerleri, karar vericinin inisiyatifine bağlı olduğundan daha esnek bir yaklaşım söz konusudur. Model, maliyetteki değişime bağlı olarak kalitatif faktörlerlerdeki değişimi de yansıtmaktadır. Farklı amaçlara verilen önceliklerin birbirleri üzerindeki etkileri net bir şekilde gözlemlenebilmektedir. Bu detaylı çalışma, firmanın doğru ürünleri doğru dağıtım merkezi ve depolara dağıtmasını sağlamaktadır. Çünkü gerçek hayatta birçok firmada yapılan genel bir dağıtım ile bölgelerden hiç talep görmeyen ürünler o bölgeye ait dağıtım merkezine gönderilebilmektedir. Aynı

zamanda bu kapsamda elde edilen değerler firmanın üretim ve tedarik planlamasına da destek olacaktır.

Farklı sektörlerde benzer yöntemler ile uygulama yapılması açısından bu çalışmada sunulan öneriler yol gösteri olacaktır.

İleride yapılacak çalışmalarda, gerçek hayatta çok sayıda değişkenin ayrıca doğrusallıktan sapmaların da söz konusu olduğu daha geniş kapsamlı dağıtım ağlarında, doğrusal programlama ve çözüm yöntemlerinin uygulanmasının mümkün olmayacağı durumlar ele alınabilir. Bu tip problemlerin çözümünde sezgisel yöntemler kullanılabilir. Bunun haricinde modele yeni amaçlar eklemek, kalitatif faktörlerin kapsamını genişletmek gibi çeşitli seçenekler düşünülebilir. Probleme eklenecek her yeni faktör problemin zenginleşmesi ve aynı zamanda gerçek hayata uygulanabilirliği açısından oldukça faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Cohen, M. A. ve Lee, H. L., (1989). "Resource Deployment Analysis of Global Manufacturing and Distribution Networks", *Journal of Manufacturing and Operations Management*, 81-104.
- [2] Yılmaz, P. ve Çatay, B., (2006). "Strategic Level Three-Stage Production Distribution Planning with Capacity Expansion, *Computers & Industrial Engineering*, 51(4): 609-620.
- [3] Ishii, K., Takahashi, K. ve Muramatsu, R., (1988). "Integrated Production, Inventory and Distribution Systems", *International Journal of Production Research*, 26: 473-482.
- [4] Jayaraman, V. ve Ross, A., (2003). "A Simulated Annealing Methodology To Distribution Network Design And Management". *European Journal of Operational Research*, 144: 629-645.
- [5] Venkatesan, S.P. ve Kumanan, S., (2012). "A Multi-Objective Discrete Particle Swarm Optimisation Algorithm for Supply Chain Network Design", *International Journal of Logistics Systems and Management*, 11(3):375-406.
- [6] Arntzen, B. C., Brown, G. G., Harrison, T. P. ve Trafton, L. L., (1995). "Global Supply Chain Management at Digital Equipment Corporation", *Interfaces*, 25: 69-93.
- [7] Syarif, A., Yun, Y. ve Gen, M., (2002). "Study on Multi-Stage Logistics Chain Network: A Spanning Tree-Based Genetic Algorithm Approach", *Computers and Industrial Engineering*, 43: 299-314.
- [8] Amin, S.H. ve Zhang, G., (2013). "A Three – Stage Model for Closed-loop Supply Chain Configuration Under Uncertainty" *International Journal of production Research*, 51: 1405-1425.
- [9] Pishvae, M.S., Jolai, F. ve Razmi, J., (2009). "A Stochastic Optimization Model for Integrated Forward/Reverse Logistics Network Design", *Journal of Manufacturing Systems*, 28: 107-114.

- [10] Guillen, G., Mele, F.D., Bagajewicz, M. J., Espuna, A. ve Puigjaner, L., (2005). "Multiobjective Supply Chain Design Under Uncertainty", *Chemical Engineering Science*, 60 (6): 1535-1553.
- [11] Santoso, T., Ahmed, S., Goetschalckx, M.ve Shapiro, A., (2005). "A Stochastic Programming Approach for Supply Chain Network Design Under Uncertainty", *European Journal of Operational Research*, 167 (1): 96-115.
- [12] Pyke, D.F. ve Cohen, M.A., (1993). "Performance Characteristics of Stochastic Integrated Production Distribution Systems", *European Journal of Operational Research*, 68 (1): 23-48.
- [13] Xu, N. ve Nozick, L., (2009). "Modeling Supplier Selection And The Use Of Option Contracts For Global Supply Chain Design", *Computers & Operations Research*, 36 (10), 2786-2800.
- [14] Paksoy, T., Pehlivan, N.Y., Özceylan, E. ve Weber, G.W., (2012). "Fuzzy Optimization of A Multi Stage Multi Item Closed-Loop Flexible Supply Chain Network Under Fuzzy Material Requirement Constraints" 14th International Congress on Computational and Applied Mathematics (ICCAM 2009) Antalya.
- [15] Pishvaei, M.S. ve Torabi, S.A., (2010). "A Possibilistic Programming Approach for Closed-Loop Supply Chain Network Design Under Uncertainty", *Fuzzy Sets and Systems*, 161: 2668-2683.
- [16] Petrovic, D., Roy, R. ve Petrovic, R., (1999). "Supply Chain Modelling Using Fuzzy Sets", *International Journal of Production Economics*, 59 (1-3): 443-453.
- [17] Chen, C. L. ve Lee, W. C., (2004). "Multi-Objective Optimization of Multi-Echelon Supply Chain Networks with Uncertain Product Demands and Prices", *Computers & Chemical Engineering*, 28 (6-7): 1131-1144.
- [18] Sakawa, M., Nishizaki, I. ve Uemura, Y., (2002). "A Decentralized Two-Level Transportation Problem In Housing Material Manufacturer: Interactive Fuzzy Programming Approach", *International Journal Of Operational Research*, 141: 167-185.
- [19] Chen, C.L., Yuan, T.Y., Chang, C.Y., Lee, W.C. ve Ciou, Y.C., (2006). "A Multi-Criteria Optimization Model For Planning of a Supply Chain Network Under Demand Uncertainty", 21: 2075-2080.
- [20] Liang, T., (2006). "Distribution Planning Decisions Using Interactive Fuzzy Multi-Objective Linear Programming", *Fuzzy Sets and Systems*, 157: 1303-1316.
- [21] Petrovic, D., Xie, Y., Burnham, K. ve Petrovic, R., (2008). "Coordinated Control of Distribution Supply Chains in The Presence of Fuzzy Customer Demand", *European Journal of Operational Research*, 185 (1): 146-158.
- [22] Towill, D. R., Naim, M. M. ve Wikner, J., (1992). "Industrial Dynamics Simulation Models in the Design of Supply Chains", *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 22 (5): 3-13.

- [23] Ganeshan, R., Boone, T. ve Stenger, A. J., (2001). "The Impact of Inventory and Flow Planning Parameters on Supply Chain Performance: An Exploratory Study", *International Journal of Production Economics*, 71: 111-118.
- [24] Tzafestas, S. ve Kapsiotis, G., (1994). "Coordinated Control of Manufacturing/Supply Chains Using Multi-Level Techniques", *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 7: 206-212.
- [25] Lee, Y. H. ve Kim, S. H., (2002). "Production-Distribution Planning in Supply Chain Considering Capacity Constraints", *Computers and Industrial Engineering*, 43: 169-190.
- [26] Christopher, M., (2005). "Logistics & Supply Chain Management: Creating Value-Adding Networks", Great Britain: Financial Times, Prentice Hall.
- [27] Simchi-Levi, D., Kamisky, P. ve Simchi-Levi, E., (2000). "Designing And Managing The Supply Chain", Irvin McGraw-Hill, United States of America.
- [28] Paksoy, T., (2005). "Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Ağlarının Tasarımı ve Optimizasyonu: Malzeme İhtiyaç Kısıtı Altında Stratejik Bir Üretim-Dağıtım Modeli", *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14: 435-454.
- [29] Fox, S.M., Chionglo, F. J. ve Barbuceanu, M., (1993). "The Integrated Supply Chain Management System", University of Toronto.
- [30] Ganeshan, R. ve Harrison, T.P., (1995). "Supply Chain Management", Department of Management Science and Information Systems, Penn State University.
- [31] Presutti, Jr.W.D., (2003). Supply Management and E-Procurement: Creating Value Added in the Supply Chain, *Industrial Marketing Management*, 32: 219-226.
- [32] Carmichael, D., (1998). Supply Chain Planning Systems in Manufacturing, Unpublished Master Thesis in Manufacturing: Management and Technology.
- [33] Bakoğlu, R. ve Yılmaz, E., (2001). "Tedarik Zinciri Tasarımının Rekabet Avantajı Yaratması Açısından Değerlendirilmesi: Faat Food Sektörü Örneği", VI. Ulusal Pazarlama Kongresi, Erzurum, 98-110.
- [34] Wang, H.S., (2007). "A Two-Phase Ant Colony Algorithm For Multi Echelon Defective Supply Chain Network Design", *European Journal Of Operation Research*, 192: 243-252.
- [35] Türköz, Ö., (2007). "Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Gereksinim Planlaması", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- [36] Paksoy, T., (2002). "Bulanık Küme Teorisi ve Doğrusal Programlamada Kullanımı: Karşılaştırmalı Bir Analiz", *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Konya, 17: 1-16.
- [37] Law, A. M. ve Kelton, W. D., (1991). "Simulation Modeling and Analysis", 2nd ed., McGraw-Hill Book Co., Singapore.

- [38] Koo, L.Y., Adhitya, A., Srinivasan, R. ve Karimi, I.A., (2008). "Decision Support for Intergarted Refinery Supply Chains Part 2. Design and Operation", Computers & Chemical Engineering, 32: 2787-2800.
- [39] Ülengin, F., Önsel, Ş., Aktaş, E. ve Kabak, Ö., (2010), Otomotiv Sektörü Rekabet GücüRaporu,[http://ref.sabanciuniv.edu/sites/ref.sabanciuniv.edu/files/rk_2010_raporlar - otomotiv sektoru raporu 2010.pdf](http://ref.sabanciuniv.edu/sites/ref.sabanciuniv.edu/files/rk_2010_raporlar_-_otomotiv_sektoru_raporu_2010.pdf), 07 Mayıs 2014.
- [40] Fontela, E., Gabus, A., (1976). "The DEMATEL observer: Battelle Institute", Geneva Research Center, 56-61.
- [41] Li, C.W. ve Tzeng, G.H., (2009). "Identification of a Threshold Value for the DEMATEL Method Using the Maximum Mean De-entropy Algorithm to Find Critical Services Provided by a Semiconductor Intellectual Property Mall" Expert Systems with Applications, 36: 9891–9898.
- [42] Aksakal, E. ve Dağdeviren, M., (2010). "ANP ve DEMATEL Yöntemleri İle Personel Seçimi Problemine Bütünleşik bir Yaklaşım", Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 4: 905-910.
- [43] Chang, B., Chang, C.W. ve Wu, C.H., (2011). "Fuzzy DEMATEL Method for Developing Supplier Selection Criteria", Expert Systems With Applications, 3: 1850-1858.
- [44] Büyüközkan, G. ve Çifçi, G., (2012). "A Novel Hybrid MCDM Approach Based On Fuzzy DEMATEL, Fuzzy ANP And Fuzzy TOPSIS To Evaluate Green Suppliers", Expert Systems With Applications, 3: 3000-3011.
- [45] Vujanovic, D., Momcilovic, Bojovic, V.N. ve Papic, V., (2012). "Evaluation of Vehicle Fleet Maintenance Management Indicators By Application of DEMATEL and ANP", Expert Systems With Applications, 39: 10552–10563.
- [46] Tzeng, G.H., Chiang, C.H. ve Li, C.W., (2007). "Evaluating Intertwined Effects in E-learning Programs: A Novel Hybrid MCDM Model Based on Factor Analysis and DEMATEL", Expert Systems With Applications, 32: 1028–1044.
- [47] Yüksel, I. ve Dağdeviren, M., (2007). "Using The Analytic Network Process (ANP) In A SWOT Analysis-A Case Study For A Textile Firm", Information Sciences, 177: 3364-3382.
- [48] Saaty, T. L., (1980). "The Analytic Hierarchy Process", New York, McGraw- Hill.
- [49] Saaty, T.L., (2005). "Theory and Applications of the Analytic Network Process", USA: RWS Publications.
- [50] Saaty, T.L., (1996). "The ANP for Decision Making with Dependence and Feedback", USA: RWS Publications.
- [51] Saaty, T.L., (2001). "Decision Making with Dependence and Feedback The Analytic Network Process", USA: RWS Publications, Second Edition.
- [52] Levin, R. I., Rubin, D. S., Stinson, J. P. ve Gardner, E. S. Jr., (1992). "Quantitative Approaches to Management", Eight Edition, McGraw-Hill.

- [53] Doğan, İ., (1995). "Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları", 2.Baskı, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul.
- [54] Steuer, R. E., (1986). "Multiple Criteria Optimization : Theory, Computation and Application", John Wiley & Sons Inc., Canada.
- [55] Brauer, D., ve Naadimuthu, G., (1992). "A Goal Programming Model for Aggregate Inventory And Distribution Planning." Mathl. Comput. Modelling, 16 (3): 81-90.
- [56] Organ, A., Ertuğrul, İ., ve Gürel, S. G., (2013). "Bütünleşik Üretim Planlamasının Hedef Programlamayla Optimizasyonu Ve Denizli İmalat Sanayiinde Uygulanması." Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi , 6 (1): 96-115.
- [57] Torabi, S., ve Hassini, E., (2008). "An Interactive Possibilistic Programming Approach for Multiple Objective Supply Chain Master Planning." Fuzzy Sets and Systems, 159: 193–214.
- [58] Öztürk, A., (2004). "Yöneylem Araştırması", Ekin Kitabevi, 9.Baskı, Bursa, 295-292.
- [59] Ignizio, J. P. ve Cavalier, T. M., (1994). "Linear Programming", Prentice-Hall Inc, New Jersey, 18.
- [60] Charnes, A., ve Cooper, W. W., (1977). "Goal Programming and Multiple Objective Optimization", Part I. European Journal of Operational Research, 1: 39–54.
- [61] Romero, C., (2001). "Extended Lexicographic Goal Programming: A Unifying Approach Omega, 29(1): 63-71.
- [62] Baray, Ş. A. ve Şakir, E., (2000). Yöneylem Araştırması (Taha, A. Hamdy. Operation Research An İntroduction 6. Basımdan Çeviri). Birinci Baskı, İstanbul: Literatür Yayınları.
- [63] Taha, H. A., (2000). Yöneylem Araştırması ,Prentice-Hall, NJ, 3-348.

MODEL 1 – GAMS KODU

Model 1'in çözülmesinde kullanılan GAMS programlama kodu

```
sets i tedarikçi /1*10/
      j üretici /1*4/
      k dağıtım merkezi /1*3/
      l depo /1*6/
      m müşteri /1*20/
      a taşıma modu /1*2/
      p nihai ürün grubu /1*2/
      n komponent kümesi /1*3/;

scalar O max üretim merkezi sayısı /2/
        R max dağıtım merkezi sayısı /2/
        S max depo sayısı /2/
        Q max taşıma süresi /24/;

parameter F1(j) üretim merkezinin sabit işletme maliyeti
/1 1000000
 2 900000
 3 2000000
 4 500000/;

parameter F2(k) dağıtım merkezinin sabit işletme maliyeti
/1 600000
 2 500000
 3 750000/;

parameter F3(l) deponun sabit işletme maliyeti
/1 400000
 2 350000
 3 300000
 4 200000
 5 300000
 6 150000/;
```

table c1(i,j,a,p,n) birim taşıma maliyeti

	1	2	3
1.1.1.1	0.25	0.20	0.20
1.1.1.2	0.00	0.20	0.00
1.1.2.1	0.40	0.35	0.35
1.1.2.2	0.00	0.35	0.00
1.2.1.1	0.30	0.25	0.40
1.2.1.2	0.00	0.35	0.00
1.2.2.1	0.50	0.45	0.75
1.2.2.2	0.00	0.65	0.00
1.3.1.1	0.85	0.95	1.00
1.3.1.2	0.00	0.90	0.00
1.3.2.1	1.20	1.35	1.40
1.3.2.2	0.00	1.25	0.00
1.4.1.1	0.75	0.95	0.90
1.4.1.2	0.00	0.80	0.00
1.4.2.1	1.10	1.40	1.20
1.4.2.2	0.00	1.15	0.00
2.1.1.1	0.25	0.30	0.25
2.1.1.2	0.00	0.35	0.00
2.1.2.1	0.45	0.50	0.40
2.1.2.2	0.00	0.60	0.00
2.2.1.1	0.18	0.20	0.25
2.2.1.2	0.00	0.20	0.00
2.2.2.1	0.30	0.35	0.40
2.2.2.2	0.00	0.40	0.00
2.3.1.1	0.80	0.95	1.00
2.3.1.2	0.00	1.00	0.00
2.3.2.1	1.30	1.50	1.60
2.3.2.2	0.00	1.50	0.00
2.4.1.1	0.75	0.80	0.95
2.4.1.2	0.00	0.85	0.00
2.4.2.1	1.20	1.25	1.35
2.4.2.2	0.00	1.30	0.00
3.1.1.1	0.25	0.30	0.20
3.1.1.2	0.00	0.35	0.00
3.1.2.1	0.45	0.50	0.40
3.1.2.2	0.00	0.60	0.00
3.2.1.1	0.20	0.35	0.20
3.2.1.2	0.00	0.25	0.00
3.2.2.1	0.35	0.60	0.40
3.2.2.2	0.00	0.45	0.00
3.3.1.1	0.75	0.90	0.80
3.3.1.2	0.00	0.85	0.00

3.3.2.1 1.15 1.30 1.20
3.3.2.2 0.00 1.25 0.00
3.4.1.1 1.00 0.85 0.90
3.4.1.2 0.00 0.95 0.00
3.4.2.1 1.40 1.10 1.20
3.4.2.2 0.00 1.30 0.00
4.1.1.1 0.30 0.45 0.25
4.1.1.2 0.00 0.30 0.00
4.1.2.1 0.55 0.70 0.45
4.1.2.2 0.00 0.50 0.00
4.2.1.1 0.20 0.25 0.30
4.2.1.2 0.00 0.25 0.00
4.2.2.1 0.35 0.40 0.55
4.2.2.2 0.00 0.45 0.00
4.3.1.1 0.80 0.95 1.00
4.3.1.2 0.00 1.00 0.00
4.3.2.1 1.20 1.30 1.50
4.3.2.2 0.00 1.40 0.00
4.4.1.1 0.90 0.85 0.95
4.4.1.2 0.00 1.00 0.00
4.4.2.1 1.10 1.00 1.25
4.4.2.2 0.00 1.30 0.00
5.1.1.1 0.30 0.50 0.45
5.1.1.2 0.00 0.45 0.00
5.1.2.1 0.50 0.85 0.80
5.1.2.2 0.00 0.75 0.00
5.2.1.1 0.35 0.40 0.40
5.2.1.2 0.00 0.45 0.00
5.2.2.1 0.65 0.70 0.65
5.2.2.2 0.00 0.75 0.00
5.3.1.1 0.85 0.95 0.80
5.3.1.2 0.00 0.85 0.00
5.3.2.1 1.20 1.30 1.15
5.3.2.2 0.00 1.20 0.00
5.4.1.1 0.80 0.90 0.85
5.4.1.2 0.00 0.95 0.00
5.4.2.1 1.10 1.25 1.20
5.4.2.2 0.00 1.30 0.00
6.1.1.1 0.25 0.30 0.45
6.1.1.2 0.00 0.40 0.00
6.1.2.1 0.50 0.50 0.80
6.1.2.2 0.00 0.60 0.00
6.2.1.1 0.35 0.55 0.40
6.2.1.2 0.00 0.45 0.00

6.2.2.1 0.60 0.80 0.70
6.2.2.2 0.00 0.75 0.00
6.3.1.1 0.85 0.80 0.80
6.3.1.2 0.00 0.90 0.00
6.3.2.1 1.10 1.00 1.10
6.3.2.2 0.00 1.25 0.00
6.4.1.1 0.95 1.00 0.90
6.4.1.2 0.00 0.80 0.00
6.4.2.1 1.25 1.30 1.20
6.4.2.2 0.00 1.00 0.00
7.1.1.1 0.50 0.50 0.45
7.1.1.2 0.00 0.55 0.00
7.1.2.1 0.80 0.75 0.60
7.1.2.2 0.00 0.75 0.00
7.2.1.1 0.50 0.55 0.55
7.2.1.2 0.00 0.60 0.00
7.2.2.1 0.75 0.80 0.75
7.2.2.2 0.00 0.85 0.00
7.3.1.1 0.90 0.95 0.95
7.3.1.2 0.00 0.90 0.00
7.3.2.1 1.20 1.25 1.25
7.3.2.2 0.00 1.20 0.00
7.4.1.1 0.85 1.00 0.90
7.4.1.2 0.00 0.95 0.00
7.4.2.1 1.10 1.30 1.20
7.4.2.2 0.00 1.25 0.00
8.1.1.1 0.35 0.30 0.45
8.1.1.2 0.00 0.40 0.00
8.1.2.1 0.65 0.55 0.80
8.1.2.2 0.00 0.75 0.00
8.2.1.1 0.30 0.40 0.35
8.2.1.2 0.00 0.30 0.00
8.2.2.1 0.50 0.75 0.60
8.2.2.2 0.00 0.55 0.00
8.3.1.1 0.90 0.80 0.75
8.3.1.2 0.00 0.80 0.00
8.3.2.1 1.25 1.10 1.00
8.3.2.2 0.00 1.10 0.00
8.4.1.1 0.80 0.85 0.90
8.4.1.2 0.00 0.95 0.00
8.4.2.1 1.10 1.15 1.20
8.4.2.2 0.00 1.25 0.00
9.1.1.1 0.80 0.85 0.80
9.1.1.2 0.00 0.90 0.00

9.1.2.1 1.15 1.20 1.15
 9.1.2.2 0.00 1.20 0.00
 9.2.1.1 0.90 0.80 0.85
 9.2.1.2 0.00 0.95 0.00
 9.2.2.1 1.20 1.10 1.15
 9.2.2.2 0.00 1.25 0.00
 9.3.1.1 0.25 0.20 0.35
 9.3.1.2 0.00 0.30 0.00
 9.3.2.1 0.45 0.40 0.55
 9.3.2.2 0.00 0.50 0.00
 9.4.1.1 0.20 0.25 0.30
 9.4.1.2 0.00 0.25 0.00
 9.4.2.1 0.35 0.40 0.55
 9.4.2.2 0.00 0.45 0.00
 10.1.1.1 0.85 0.80 0.90
 10.1.1.2 0.00 1.00 0.00
 10.1.2.1 1.10 1.05 1.15
 10.1.2.2 0.00 1.20 0.00
 10.2.1.1 0.90 0.80 0.85
 10.2.1.2 0.00 0.95 0.00
 10.2.2.1 1.20 1.10 1.15
 10.2.2.2 0.00 1.20 0.00
 10.3.1.1 0.40 0.35 0.30
 10.3.1.2 0.00 0.30 0.00
 10.3.2.1 0.70 0.60 0.55
 10.3.2.2 0.00 0.55 0.00
 10.4.1.1 0.35 0.30 0.25
 10.4.1.2 0.00 0.30 0.00
 10.4.2.1 0.60 0.55 0.45
 10.4.2.2 0.00 0.55 0.00;
 table c2(j,k,a,p) birim taşıma maliyeti
 1 2
 1.1.1 0.15 0.25
 1.1.2 0.25 0.45
 1.2.1 0.25 0.20
 1.2.2 0.45 0.35
 1.3.1 0.90 0.85
 1.3.2 1.30 1.15
 2.1.1 0.30 0.25
 2.1.2 0.50 0.40
 2.2.1 0.20 0.30
 2.2.2 0.35 0.55
 2.3.1 0.95 0.95
 2.3.2 1.35 1.35

3.1.1 0.85 0.90

3.1.2 1.25 1.30

3.2.1 0.90 0.85

3.2.2 1.30 1.20

3.3.1 0.25 0.20

3.3.2 0.45 0.35

4.1.1 0.95 1.00

4.1.2 1.35 1.40

4.2.1 1.00 0.95

4.2.2 1.40 1.35

4.3.1 0.40 0.45

4.3.2 0.75 0.80;

table c3(k,l,a,p) birim taşıma maliyeti

1 2

1.1.1 0.20 0.25

1.1.2 0.35 0.45

1.2.1 0.25 0.15

1.2.2 0.45 0.25

1.3.1 0.30 0.35

1.3.2 0.55 0.65

1.4.1 0.40 0.30

1.4.2 0.75 0.60

1.5.1 0.35 0.40

1.5.2 0.65 0.70

1.6.1 0.45 0.45

1.6.2 0.80 0.80

2.1.1 0.25 0.20

2.1.2 0.45 0.35

2.2.1 0.20 0.15

2.2.2 0.40 0.30

2.3.1 0.25 0.30

2.3.2 0.45 0.55

2.4.1 0.30 0.35

2.4.2 0.55 0.65

2.5.1 0.35 0.40

2.5.2 0.65 0.75

2.6.1 0.40 0.25

2.6.2 0.75 0.45

3.1.1 0.80 0.85

3.1.2 1.10 1.20

3.2.1 0.85 0.90

3.2.2 1.15 1.25

3.3.1 0.75 0.95

3.3.2 1.00 1.30

3.4.1 0.90 1.00

3.4.2 1.20 1.35

3.5.1 0.95 0.80

3.5.2 1.25 1.10

3.6.1 1.00 0.75

3.6.2 1.30 1.00;

table c4(l,m,a,p) birim taşıma maliyeti

1 2

1.1.1 0.25 0.20

1.1.2 0.40 0.35

1.2.1 0.20 0.25

1.2.2 0.35 0.45

1.3.1 0.45 0.30

1.3.2 0.70 0.55

1.4.1 0.35 0.35

1.4.2 0.50 0.50

1.5.1 0.15 0.20

1.5.2 0.25 0.35

1.6.1 0.20 0.15

1.6.2 0.35 0.25

1.7.1 0.20 0.25

1.7.2 0.35 0.45

1.8.1 0.30 0.20

1.8.2 0.45 0.35

1.9.1 0.40 0.35

1.9.2 0.70 0.60

1.10.1 0.45 0.40

1.10.2 0.75 0.70

1.11.1 0.20 0.25

1.11.2 0.35 0.45

1.12.1 0.25 0.25

1.12.2 0.45 0.45

1.13.1 0.30 0.20

1.13.2 0.50 0.35

1.14.1 0.30 0.30

1.14.2 0.50 0.50

1.15.1 0.20 0.20

1.15.2 0.35 0.35

1.16.1 0.25 0.25

1.16.2 0.40 0.40

1.17.1 0.25 0.30

1.17.2 0.40 0.50

1.18.1 0.40 0.35

1.18.2 0.70 0.60

1.19.1 0.20 0.25
1.19.2 0.35 0.45
1.20.1 0.35 0.40
1.20.2 0.60 0.70
2.1.1 0.20 0.25
2.1.2 0.35 0.45
2.2.1 0.25 0.20
2.2.2 0.45 0.35
2.3.1 0.45 0.40
2.3.2 0.75 0.70
2.4.1 0.30 0.25
2.4.2 0.55 0.45
2.5.1 0.20 0.20
2.5.2 0.35 0.35
2.6.1 0.25 0.30
2.6.2 0.45 0.50
2.7.1 0.20 0.25
2.7.2 0.35 0.45
2.8.1 0.35 0.30
2.8.2 0.60 0.55
2.9.1 0.20 0.25
2.9.2 0.35 0.45
2.10.1 0.25 0.20
2.10.2 0.45 0.35
2.11.1 0.45 0.40
2.11.2 0.75 0.70
2.12.1 0.20 0.25
2.12.2 0.40 0.45
2.13.1 0.40 0.35
2.13.2 0.70 0.60
2.14.1 0.35 0.30
2.14.2 0.60 0.55
2.15.1 0.25 0.20
2.15.2 0.45 0.40
2.16.1 0.30 0.35
2.16.2 0.55 0.60
2.17.1 0.40 0.45
2.17.2 0.70 0.75
2.18.1 0.40 0.45
2.18.2 0.70 0.75
2.19.1 0.20 0.25
2.19.2 0.40 0.45
2.20.1 0.25 0.20
2.20.2 0.45 0.40

3.1.1 0.25 0.20
3.1.2 0.45 0.40
3.2.1 0.20 0.25
3.2.2 0.40 0.45
3.3.1 0.40 0.35
3.3.2 0.70 0.60
3.4.1 0.35 0.30
3.4.2 0.60 0.55
3.5.1 0.35 0.30
3.5.2 0.60 0.55
3.6.1 0.30 0.35
3.6.2 0.55 0.60
3.7.1 0.20 0.25
3.7.2 0.40 0.45
3.8.1 0.15 0.20
3.8.2 0.25 0.35
3.9.1 0.20 0.25
3.9.2 0.35 0.45
3.10.1 0.25 0.30
3.10.2 0.45 0.55
3.11.1 0.25 0.30
3.11.2 0.45 0.55
3.12.1 0.15 0.20
3.12.2 0.25 0.35
3.13.1 0.25 0.30
3.13.2 0.45 0.55
3.14.1 0.20 0.25
3.14.2 0.35 0.45
3.15.1 0.30 0.35
3.15.2 0.55 0.60
3.16.1 0.30 0.35
3.16.2 0.55 0.60
3.17.1 0.40 0.35
3.17.2 0.70 0.60
3.18.1 0.25 0.30
3.18.2 0.45 0.55
3.19.1 0.30 0.35
3.19.2 0.55 0.60
3.20.1 0.35 0.30
3.20.2 0.60 0.55
4.1.1 0.30 0.25
4.1.2 0.45 0.40
4.2.1 0.25 0.30
4.2.2 0.40 0.45

4.3.1 0.25 0.30
4.3.2 0.40 0.45
4.4.1 0.25 0.30
4.4.2 0.40 0.45
4.5.1 0.25 0.30
4.5.2 0.40 0.45
4.6.1 0.35 0.40
4.6.2 0.60 0.70
4.7.1 0.40 0.35
4.7.2 0.70 0.60
4.8.1 0.20 0.25
4.8.2 0.35 0.40
4.9.1 0.20 0.25
4.9.2 0.35 0.40
4.10.1 0.35 0.30
4.10.2 0.60 0.45
4.11.1 0.15 0.20
4.11.2 0.25 0.35
4.12.1 0.15 0.20
4.12.2 0.25 0.35
4.13.1 0.30 0.35
4.13.2 0.45 0.45
4.14.1 0.30 0.30
4.14.2 0.45 0.45
4.15.1 0.30 0.30
4.15.2 0.45 0.45
4.16.1 0.15 0.20
4.16.2 0.25 0.35
4.17.1 0.20 0.20
4.17.2 0.35 0.35
4.18.1 0.25 0.25
4.18.2 0.45 0.40
4.19.1 0.25 0.25
4.19.2 0.45 0.40
4.20.1 0.30 0.30
4.20.2 0.55 0.45
5.1.1 0.40 0.35
5.1.2 0.70 0.60
5.2.1 0.40 0.35
5.2.2 0.70 0.60
5.3.1 0.35 0.30
5.3.2 0.60 0.55
5.4.1 0.25 0.20
5.4.2 0.45 0.35

5.5.1 0.40 0.35
5.5.2 0.70 0.60
5.6.1 0.15 0.20
5.6.2 0.25 0.35
5.7.1 0.20 0.15
5.7.2 0.35 0.25
5.8.1 0.25 0.20
5.8.2 0.45 0.35
5.9.1 0.25 0.20
5.9.2 0.45 0.35
5.10.1 0.25 0.20
5.10.2 0.45 0.35
5.11.1 0.15 0.15
5.11.2 0.25 0.25
5.12.1 0.20 0.20
5.12.2 0.35 0.35
5.13.1 0.15 0.15
5.13.2 0.25 0.25
5.14.1 0.40 0.35
5.14.2 0.70 0.60
5.15.1 0.25 0.25
5.15.2 0.45 0.45
5.16.1 0.25 0.25
5.16.2 0.45 0.45
5.17.1 0.20 0.20
5.17.2 0.35 0.35
5.18.1 0.25 0.25
5.18.2 0.45 0.45
5.19.1 0.15 0.20
5.19.2 0.25 0.35
5.20.1 0.30 0.25
5.20.2 0.55 0.45
6.1.1 0.20 0.20
6.1.2 0.35 0.35
6.2.1 0.25 0.25
6.2.2 0.45 0.45
6.3.1 0.30 0.30
6.3.2 0.55 0.55
6.4.1 0.25 0.25
6.4.2 0.40 0.40
6.5.1 0.45 0.40
6.5.2 0.70 0.70
6.6.1 0.20 0.25
6.6.2 0.35 0.35

6.7.1 0.35 0.30
 6.7.2 0.55 0.55
 6.8.1 0.25 0.25
 6.8.2 0.45 0.45
 6.9.1 0.15 0.20
 6.9.2 0.25 0.25
 6.10.1 0.30 0.25
 6.10.2 0.55 0.45
 6.11.1 0.25 0.20
 6.11.2 0.40 0.35
 6.12.1 0.20 0.25
 6.12.2 0.35 0.40
 6.13.1 0.20 0.25
 6.13.2 0.35 0.40
 6.14.1 0.20 0.25
 6.14.2 0.35 0.40
 6.15.1 0.30 0.25
 6.15.2 0.55 0.40
 6.16.1 0.35 0.30
 6.16.2 0.60 0.55
 6.17.1 0.30 0.25
 6.17.2 0.55 0.40
 6.18.1 0.25 0.20
 6.18.2 0.40 0.35
 6.19.1 0.20 0.25
 6.19.2 0.35 0.40
 6.20.1 0.20 0.25
 6.20.2 0.35 0.35;
 table c5(j,l,a,p) birim taşıma maliyeti
 1 2
 1.1.1 0.15 0.20
 1.1.2 0.25 0.40
 1.2.1 0.20 0.25
 1.2.2 0.30 0.45
 1.3.1 0.25 0.25
 1.3.2 0.40 0.45
 1.4.1 0.30 0.35
 1.4.2 0.45 0.60
 1.5.1 0.25 0.30
 1.5.2 0.40 0.50
 1.6.1 0.35 0.40
 1.6.2 0.50 0.65
 2.1.1 0.20 0.25
 2.1.2 0.35 0.45

2.2.1 0.15 0.20
 2.2.2 0.25 0.35
 2.3.1 0.20 0.20
 2.3.2 0.35 0.35
 2.4.1 0.30 0.25
 2.4.2 0.55 0.45
 2.5.1 0.25 0.30
 2.5.2 0.50 0.50
 2.6.1 0.35 0.30
 2.6.2 0.65 0.55
 3.1.1 0.75 0.80
 3.1.2 1.15 1.20
 3.2.1 0.95 0.95
 3.2.2 1.35 1.30
 3.3.1 0.80 0.90
 3.3.2 1.20 1.25
 3.4.1 0.90 0.75
 3.4.2 1.30 1.15
 3.5.1 0.85 0.75
 3.5.2 1.25 1.15
 3.6.1 0.80 0.80
 3.6.2 1.20 1.20
 4.1.1 0.95 0.80
 4.1.2 1.40 1.25
 4.2.1 0.85 0.95
 4.2.2 1.25 1.35
 4.3.1 1.00 0.85
 4.3.2 1.40 1.30
 4.4.1 0.90 0.85
 4.4.2 1.30 1.30
 4.5.1 0.95 1.00
 4.5.2 1.35 1.40
 4.6.1 0.90 0.75
 4.6.2 1.30 1.15;
 table t1(i,j,a,p,n) taşıma süresi
 1 2 3
 1.1.1.1 2.00 2.00 2.00
 1.1.1.2 0.00 2.00 0.00
 1.1.2.1 0.00 0.00 0.00
 1.1.2.2 0.00 0.00 0.00
 1.2.1.1 4.00 4.00 4.00
 1.2.1.2 0.00 4.00 0.00
 1.2.2.1 0.00 0.00 0.00
 1.2.2.2 0.00 0.00 0.00

1.3.1.1 23.00 23.00 23.00
 1.3.1.2 0.00 23.00 0.00
 1.3.2.1 3.00 3.00 3.00
 1.3.2.2 0.00 3.00 0.00
 1.4.1.1 92.00 92.00 92.00
 1.4.1.2 0.00 92.00 0.00
 1.4.2.1 9.00 9.00 9.00
 1.4.2.2 0.00 9.00 0.00
 2.1.1.1 5.00 5.00 5.00
 2.1.1.2 0.00 5.00 0.00
 2.1.2.1 0.00 0.00 0.00
 2.1.2.2 0.00 0.00 0.00
 2.2.1.1 2.00 2.00 2.00
 2.2.1.2 0.00 2.00 0.00
 2.2.2.1 0.00 0.00 0.00
 2.2.2.2 0.00 0.00 0.00
 2.3.1.1 27.00 27.00 27.00
 2.3.1.2 0.00 27.00 0.00
 2.3.2.1 3.00 3.00 3.00
 2.3.2.2 0.00 3.00 0.00
 2.4.1.1 88.00 88.00 88.00
 2.4.1.2 0.00 88.00 0.00
 2.4.2.1 9.00 9.00 9.00
 2.4.2.2 0.00 9.00 0.00
 3.1.1.1 10.00 10.00 10.00
 3.1.1.2 0.00 10.00 0.00
 3.1.2.1 1.00 1.00 1.00
 3.1.2.2 0.00 1.00 0.00
 3.2.1.1 4.00 4.00 4.00
 3.2.1.2 0.00 4.00 0.00
 3.2.2.1 1.00 1.00 1.00
 3.2.2.2 0.00 1.00 0.00
 3.3.1.1 32.00 32.00 32.00
 3.3.1.2 0.00 32.00 0.00
 3.3.2.1 4.00 4.00 4.00
 3.3.2.2 0.00 4.00 0.00
 3.4.1.1 96.00 96.00 96.00
 3.4.1.2 0.00 96.00 0.00
 3.4.2.1 10.00 10.00 10.00
 3.4.2.2 0.00 10.00 0.00
 4.1.1.1 16.00 16.00 16.00
 4.1.1.2 0.00 16.00 0.00
 4.1.2.1 1.00 1.00 1.00
 4.1.2.2 0.00 1.00 0.00

4.2.1.1 13.00 13.00 13.00
 4.2.1.2 0.00 13.00 0.00
 4.2.2.1 1.00 1.00 1.00
 4.2.2.2 0.00 1.00 0.00
 4.3.1.1 34.00 34.00 34.00
 4.3.1.2 0.00 34.00 0.00
 4.3.2.1 4.00 4.00 4.00
 4.3.2.2 0.00 4.00 0.00
 4.4.1.1 86.00 86.00 86.00
 4.4.1.2 0.00 86.00 0.00
 4.4.2.1 10.00 10.00 10.00
 4.4.2.2 0.00 10.00 0.00
 5.1.1.1 11.00 11.00 11.00
 5.1.1.2 0.00 11.00 0.00
 5.1.2.1 2.00 2.00 2.00
 5.1.2.2 0.00 2.00 0.00
 5.2.1.1 9.00 9.00 9.00
 5.2.1.2 0.00 9.00 0.00
 5.2.2.1 2.00 2.00 2.00
 5.2.2.2 0.00 2.00 0.00
 5.3.1.1 33.00 33.00 33.00
 5.3.1.2 0.00 33.00 0.00
 5.3.2.1 5.00 5.00 5.00
 5.3.2.2 0.00 5.00 0.00
 5.4.1.1 85.00 85.00 85.00
 5.4.1.2 0.00 85.00 0.00
 5.4.2.1 7.00 7.00 7.00
 5.4.2.2 0.00 7.00 0.00
 6.1.1.1 18.00 18.00 18.00
 6.1.1.2 0.00 18.00 0.00
 6.1.2.1 2.00 2.00 2.00
 6.1.2.2 0.00 2.00 0.00
 6.2.1.1 16.00 16.00 16.00
 6.2.1.2 0.00 16.00 0.00
 6.2.2.1 2.00 2.00 2.00
 6.2.2.2 0.00 2.00 0.00
 6.3.1.1 41.00 41.00 41.00
 6.3.1.2 0.00 41.00 0.00
 6.3.2.1 5.00 5.00 5.00
 6.3.2.2 0.00 5.00 0.00
 6.4.1.1 80.00 80.00 80.00
 6.4.1.2 0.00 80.00 0.00
 6.4.2.1 7.00 7.00 7.00
 6.4.2.2 0.00 7.00 0.00

7.1.1.1	2.00	2.00	2.00
7.1.1.2	0.00	2.00	0.00
7.1.2.1	0.00	0.00	0.00
7.1.2.2	0.00	0.00	0.00
7.2.1.1	6.00	6.00	6.00
7.2.1.2	0.00	6.00	0.00
7.2.2.1	0.00	0.00	0.00
7.2.2.2	0.00	0.00	0.00
7.3.1.1	22.00	22.00	22.00
7.3.1.2	0.00	22.00	0.00
7.3.2.1	3.00	3.00	3.00
7.3.2.2	0.00	3.00	0.00
7.4.1.1	93.00	93.00	93.00
7.4.1.2	0.00	93.00	0.00
7.4.2.1	9.00	9.00	9.00
7.4.2.2	0.00	9.00	0.00
8.1.1.1	5.00	5.00	5.00
8.1.1.2	0.00	5.00	0.00
8.1.2.1	1.00	1.00	1.00
8.1.2.2	0.00	1.00	0.00
8.2.1.1	4.00	4.00	4.00
8.2.1.2	0.00	4.00	0.00
8.2.2.1	1.00	1.00	1.00
8.2.2.2	0.00	1.00	0.00
8.3.1.1	28.00	28.00	28.00
8.3.1.2	0.00	28.00	0.00
8.3.2.1	4.00	4.00	4.00
8.3.2.2	0.00	4.00	0.00
8.4.1.1	89.00	89.00	89.00
8.4.1.2	0.00	89.00	0.00
8.4.2.1	8.00	8.00	8.00
8.4.2.2	0.00	8.00	0.00
9.1.1.1	24.00	24.00	24.00
9.1.1.2	0.00	24.00	0.00
9.1.2.1	3.00	3.00	3.00
9.1.2.2	0.00	3.00	0.00
9.2.1.1	28.00	28.00	28.00
9.2.1.2	0.00	28.00	0.00
9.2.2.1	3.00	3.00	3.00
9.2.2.2	0.00	3.00	0.00
9.3.1.1	4.00	4.00	4.00
9.3.1.2	0.00	4.00	0.00
9.3.2.1	1.00	1.00	1.00
9.3.2.2	0.00	1.00	0.00

9.4.1.1 116.00 116.00 116.00
 9.4.1.2 0.00 116.00 0.00
 9.4.2.1 12.00 12.00 12.00
 9.4.2.2 0.00 12.00 0.00
 10.1.1.1 93.00 93.00 93.00
 10.1.1.2 0.00 93.00 0.00
 10.1.2.1 9.00 9.00 9.00
 10.1.2.2 0.00 9.00 0.00
 10.2.1.1 89.00 89.00 89.00
 10.2.1.2 0.00 89.00 0.00
 10.2.2.1 9.00 9.00 9.00
 10.2.2.2 0.00 9.00 0.00
 10.3.1.1 118.00 118.00 118.00
 10.3.1.2 0.00 118.00 0.00
 10.3.2.1 12.00 12.00 12.00
 10.3.2.2 0.00 12.00 0.00
 10.4.1.1 6.00 6.00 6.00
 10.4.1.2 0.00 6.00 0.00
 10.4.2.1 1.00 1.00 1.00
 10.4.2.2 0.00 1.00 0.00;
 table t2(j,k,a,p) taşıma süresi
 1 2
 1.1.1 2.00 2.00
 1.1.2 0.00 0.00
 1.2.1 4.00 4.00
 1.2.2 0.00 0.00
 1.3.1 23.00 23.00
 1.3.2 3.00 3.00
 2.1.1 5.00 5.00
 2.1.2 0.00 0.00
 2.2.1 2.00 2.00
 2.2.2 0.00 0.00
 2.3.1 27.00 27.00
 2.3.2 3.00 3.00
 3.1.1 24.00 24.00
 3.1.2 3.00 3.00
 3.2.1 28.00 28.00
 3.2.2 3.00 3.00
 3.3.1 4.00 4.00
 3.3.2 1.00 1.00
 4.1.1 93.00 93.00
 4.1.2 9.00 9.00
 4.2.1 89.00 89.00
 4.2.2 9.00 9.00

4.3.1 118.00 118.00

4.3.2 12.00 12.00;

table t3(k,l,a,p) taşıma süresi

1 2

1.1.1 2.00 2.00

1.1.2 0.00 0.00

1.2.1 4.00 4.00

1.2.2 0.00 0.00

1.3.1 6.00 6.00

1.3.2 1.00 1.00

1.4.1 12.00 12.00

1.4.2 2.00 2.00

1.5.1 10.00 10.00

1.5.2 1.00 1.00

1.6.1 18.00 18.00

1.6.2 2.00 2.00

2.1.1 5.00 5.00

2.1.2 0.00 0.00

2.2.1 2.00 2.00

2.2.2 0.00 0.00

2.3.1 4.00 4.00

2.3.2 1.00 1.00

2.4.1 9.00 9.00

2.4.2 2.00 2.00

2.5.1 6.00 6.00

2.5.2 1.00 1.00

2.6.1 20.00 20.00

2.6.2 2.00 2.00

3.1.1 23.00 23.00

3.1.2 3.00 3.00

3.2.1 27.00 27.00

3.2.2 3.00 3.00

3.3.1 29.00 29.00

3.3.2 4.00 4.00

3.4.1 35.00 35.00

3.4.2 5.00 5.00

3.5.1 33.00 33.00

3.5.2 4.00 4.00

3.6.1 41.00 41.00

3.6.2 5.00 5.00;

table t4(l,m,a,p) taşıma süresi

	1	2
1.1.1	1.00	1.00
1.1.2	0.00	0.00
1.2.1	1.00	1.00
1.2.2	0.00	0.00
1.3.1	2.00	2.00
1.3.2	0.00	0.00
1.4.1	1.00	1.00
1.4.2	0.00	0.00
1.5.1	2.00	2.00
1.5.2	0.00	0.00
1.6.1	2.00	2.00
1.6.2	0.00	0.00
1.7.1	1.00	1.00
1.7.2	0.00	0.00
1.8.1	1.00	1.00
1.8.2	0.00	0.00
1.9.1	5.00	5.00
1.9.2	0.00	0.00
1.10.1	4.00	4.00
1.10.2	0.00	0.00
1.11.1	4.00	4.00
1.11.2	0.00	0.00
1.12.1	3.00	3.00
1.12.2	0.00	0.00
1.13.1	3.00	3.00
1.13.2	0.00	0.00
1.14.1	2.00	2.00
1.14.2	0.00	0.00
1.15.1	2.00	2.00
1.15.2	0.00	0.00
1.16.1	3.00	3.00
1.16.2	0.00	0.00
1.17.1	12.00	12.00
1.17.2	2.00	2.00
1.18.1	10.00	10.00
1.18.2	1.00	1.00
1.19.1	6.00	6.00
1.19.2	1.00	1.00
1.20.1	2.00	2.00
1.20.2	0.00	0.00
2.1.1	4.00	4.00
2.1.2	0.00	0.00

2.2.1 4.00 4.00
2.2.2 0.00 0.00
2.3.1 3.00 3.00
2.3.2 0.00 0.00
2.4.1 5.00 5.00
2.4.2 0.00 0.00
2.5.1 3.00 3.00
2.5.2 0.00 0.00
2.6.1 3.00 3.00
2.6.2 0.00 0.00
2.7.1 4.00 4.00
2.7.2 0.00 0.00
2.8.1 4.00 4.00
2.8.2 0.00 0.00
2.9.1 1.00 1.00
2.9.2 0.00 0.00
2.10.1 1.00 1.00
2.10.2 0.00 0.00
2.11.1 2.00 2.00
2.11.2 0.00 0.00
2.12.1 1.00 1.00
2.12.2 0.00 0.00
2.13.1 2.00 2.00
2.13.2 0.00 0.00
2.14.1 3.00 3.00
2.14.2 0.00 0.00
2.15.1 2.00 2.00
2.15.2 0.00 0.00
2.16.1 3.00 3.00
2.16.2 0.00 0.00
2.17.1 10.00 10.00
2.17.2 1.00 1.00
2.18.1 6.00 6.00
2.18.2 1.00 1.00
2.19.1 5.00 5.00
2.19.2 1.00 1.00
2.20.1 7.00 7.00
2.20.2 1.00 1.00
3.1.1 6.00 6.00
3.1.2 1.00 1.00
3.2.1 6.00 6.00
3.2.2 1.00 1.00
3.3.1 4.00 4.00
3.3.2 1.00 1.00

3.4.1 5.00 5.00
3.4.2 1.00 1.00
3.5.1 5.00 5.00
3.5.2 1.00 1.00
3.6.1 5.00 5.00
3.6.2 1.00 1.00
3.7.1 6.00 6.00
3.7.2 1.00 1.00
3.8.1 5.00 5.00
3.8.2 1.00 1.00
3.9.1 6.00 6.00
3.9.2 1.00 1.00
3.10.1 5.00 5.00
3.10.2 1.00 1.00
3.11.1 6.00 6.00
3.11.2 1.00 1.00
3.12.1 5.00 5.00
3.12.2 1.00 1.00
3.13.1 4.00 4.00
3.13.2 1.00 1.00
3.14.1 2.00 2.00
3.14.2 0.00 0.00
3.15.1 2.00 2.00
3.15.2 0.00 0.00
3.16.1 3.00 3.00
3.16.2 0.00 0.00
3.17.1 7.00 7.00
3.17.2 1.00 1.00
3.18.1 9.00 9.00
3.18.2 1.00 1.00
3.19.1 1.00 1.00
3.19.2 0.00 0.00
3.20.1 7.00 7.00
3.20.2 1.00 1.00
4.1.1 12.00 12.00
4.1.2 2.00 2.00
4.2.1 12.00 12.00
4.2.2 2.00 2.00
4.3.1 13.00 13.00
4.3.2 2.00 2.00
4.4.1 11.00 11.00
4.4.2 2.00 2.00
4.5.1 12.00 12.00
4.5.2 2.00 2.00

4.6.1 13.00 13.00
4.6.2 2.00 2.00
4.7.1 12.00 12.00
4.7.2 2.00 2.00
4.8.1 12.00 12.00
4.8.2 2.00 2.00
4.9.1 10.00 10.00
4.9.2 1.00 1.00
4.10.1 9.00 9.00
4.10.2 1.00 1.00
4.11.1 10.00 10.00
4.11.2 1.00 1.00
4.12.1 10.00 10.00
4.12.2 1.00 1.00
4.13.1 11.00 11.00
4.13.2 1.00 1.00
4.14.1 11.00 11.00
4.14.2 1.00 1.00
4.15.1 11.00 11.00
4.15.2 1.00 1.00
4.16.1 10.00 10.00
4.16.2 1.00 1.00
4.17.1 1.00 1.00
4.17.2 0.00 0.00
4.18.1 15.00 15.00
4.18.2 2.00 2.00
4.19.1 7.00 7.00
4.19.2 1.00 1.00
4.20.1 14.00 14.00
4.20.2 2.00 2.00
5.1.1 10.00 10.00
5.1.2 1.00 1.00
5.2.1 11.00 11.00
5.2.2 1.00 1.00
5.3.1 10.00 10.00
5.3.2 1.00 1.00
5.4.1 12.00 12.00
5.4.2 2.00 2.00
5.5.1 11.00 11.00
5.5.2 1.00 1.00
5.6.1 11.00 11.00
5.6.2 1.00 1.00
5.7.1 10.00 10.00
5.7.2 1.00 1.00

5.8.1 12.00 12.00
5.8.2 2.00 2.00
5.9.1 6.00 6.00
5.9.2 1.00 1.00
5.10.1 6.00 6.00
5.10.2 1.00 1.00
5.11.1 5.00 5.00
5.11.2 1.00 1.00
5.12.1 6.00 6.00
5.12.2 1.00 1.00
5.13.1 6.00 6.00
5.13.2 1.00 1.00
5.14.1 7.00 7.00
5.14.2 1.00 1.00
5.15.1 6.00 6.00
5.15.2 1.00 1.00
5.16.1 7.00 7.00
5.16.2 1.00 1.00
5.17.1 14.00 14.00
5.17.2 2.00 2.00
5.18.1 1.00 1.00
5.18.2 0.00 0.00
5.19.1 9.00 9.00
5.19.2 1.00 1.00
5.20.1 12.00 12.00
5.20.2 2.00 2.00
6.1.1 17.00 17.00
6.1.2 2.00 2.00
6.2.1 17.00 17.00
6.2.2 2.00 2.00
6.3.1 18.00 18.00
6.3.2 2.00 2.00
6.4.1 19.00 19.00
6.4.2 2.00 2.00
6.5.1 18.00 18.00
6.5.2 2.00 2.00
6.6.1 17.00 17.00
6.6.2 2.00 2.00
6.7.1 18.00 18.00
6.7.2 2.00 2.00
6.8.1 18.00 18.00
6.8.2 2.00 2.00
6.9.1 16.00 16.00
6.9.2 2.00 2.00

6.10.1 16.00 16.00
 6.10.2 2.00 2.00
 6.11.1 15.00 15.00
 6.11.2 2.00 2.00
 6.12.1 17.00 17.00
 6.12.2 2.00 2.00
 6.13.1 16.00 16.00
 6.13.2 2.00 2.00
 6.14.1 15.00 15.00
 6.14.2 2.00 2.00
 6.15.1 14.00 14.00
 6.15.2 2.00 2.00
 6.16.1 14.00 14.00
 6.16.2 2.00 2.00
 6.17.1 6.00 6.00
 6.17.2 1.00 1.00
 6.18.1 21.00 21.00
 6.18.2 3.00 3.00
 6.19.1 13.00 13.00
 6.19.2 2.00 2.00
 6.20.1 19.00 19.00
 6.20.2 2.00 2.00;
 table t5(j,l,a,p) taşıma süresi
 1 2
 1.1.1 2.00 2.00
 1.1.2 0.00 0.00
 1.2.1 4.00 4.00
 1.2.2 0.00 0.00
 1.3.1 6.00 6.00
 1.3.2 1.00 1.00
 1.4.1 12.00 12.00
 1.4.2 2.00 2.00
 1.5.1 10.00 10.00
 1.5.2 1.00 1.00
 1.6.1 18.00 18.00
 1.6.2 2.00 2.00
 2.1.1 5.00 5.00
 2.1.2 0.00 0.00
 2.2.1 2.00 2.00
 2.2.2 0.00 0.00
 2.3.1 4.00 4.00
 2.3.2 1.00 1.00
 2.4.1 9.00 9.00
 2.4.2 2.00 2.00

2.5.1 6.00 6.00
 2.5.2 1.00 1.00
 2.6.1 20.00 20.00
 2.6.2 2.00 2.00
 3.1.1 23.00 23.00
 3.1.2 3.00 3.00
 3.2.1 28.00 28.00
 3.2.2 3.00 3.00
 3.3.1 29.00 29.00
 3.3.2 4.00 4.00
 3.4.1 35.00 35.00
 3.4.2 5.00 5.00
 3.5.1 33.00 33.00
 3.5.2 4.00 4.00
 3.6.1 41.00 41.00
 3.6.2 5.00 5.00
 4.1.1 93.00 93.00
 4.1.2 9.00 9.00
 4.2.1 89.00 89.00
 4.2.2 9.00 9.00
 4.3.1 87.00 87.00
 4.3.2 8.00 8.00
 4.4.1 86.00 86.00
 4.4.2 7.00 7.00
 4.5.1 98.00 98.00
 4.5.2 10.00 10.00
 4.6.1 75.00 75.00
 4.6.2 7.00 7.00;
 table demand(m,p) talep
 1 2
 1 18000 20000
 2 10000 12000
 3 12000 15000
 4 8000 10000
 5 2000 3000
 6 7500 9000
 7 16000 18000
 8 9000 10000
 9 10500 12000
 10 5000 7000
 11 14000 15000
 12 8500 10000
 13 12000 14000
 14 6000 7500

15 15000 16000

16 8000 10000

17 17500 20000

18 3500 5000

19 6000 8000

20 2000 2500;

table b(i,p,n) tedarikçi kapasitesi

	1	2	3
1.1	1000000	1200000	1500000
1.2	1650000	1135000	975000
2.1	1750000	1675000	1400000
2.2	850000	640000	575000
3.1	850000	950000	725000
3.2	1940000	2100000	1485000
4.1	2000000	1800000	1560000
4.2	2050000	1750000	1350000
5.1	1800000	1450000	1150000
5.2	1470000	1100000	985000
6.1	1280000	750000	980000
6.2	975000	550000	875000
7.1	1350000	1050000	845000
7.2	595000	680000	790000
8.1	980000	1200000	750000
8.2	1780000	1250000	1515000
9.1	500000	650000	900000
9.2	895000	550000	785000
10.1	1400000	1150000	1375000
10.2	1140000	975000	1250000;

table e(j,p) üretici kapasitesi

	1	2
1	700000	750000
2	500000	550000
3	1000000	1200000
4	1500000	1800000;

table h(k,p) dağıtım merkezi kapasitesi

	1	2
1	500000	520000
2	350000	380000
3	750000	800000;

table g(l,p) depo kapasitesi

	1	2
1	350000	400000
2	250000	280000
3	150000	170000

```

4 180000 200000
5 200000 230000
6 100000 110000;
parameter w1(i) performans katsayısı
/1 0.15
2 0.11
3 0.08
4 0.12
5 0.11
6 0.06
7 0.12
8 0.08
9 0.09
10 0.08/;
parameter w2(j) performans katsayısı
/1 0.20
2 0.31
3 0.30
4 0.19/;
parameter w3(k) performans katsayısı
/1 0.31
2 0.38
3 0.31/;
parameter w4(l) performans katsayısı
/1 0.15
2 0.19
3 0.20
4 0.12
5 0.19
6 0.15/;
table u(p,n) komponent kullanım miktarı
1 2 3
1 2 1 2
2 0 1 0;
positive variables
x1(i,j,a,p,n)
x2(j,k,a,p)
x3(k,l,a,p)
x4(l,m,a,p)
x5(j,l,a,p);
variable
**z1;
**z2;
z3;

```

binary variables $y(j)$, $z(k)$, $v(l)$;

equations

*amac1

*amac2

amac3

$k1(i,p,n)$

$k2(j,p)$

$k3(k,p)$

$k4(l,p)$

$k5(j,p,n)$

$k6(k,p)$

$k7(l,p)$

$k8(m,p)$

$k9(l,m,a,p)$

$k10$

$k11$

$k12$

$k13$

$k14$

$k15$

$k16$

$k17$

$k18$

$k19$

$k20$

$k21$

$k22$

$k23$

$k24$

$k25$

$k26$

$k27$

$k28$

$k29$

$k30$

$k31$

$k32$

$k33$

$k34$

$k35$

$k36$

$k37$

$k38$

$k39$

k40

k41

k42

k43

k44

k45

k46

k47

k48

k49

k50

k51

k52

k53

k54

k55

k56

k57

k58

k59

k60

k61

k62

k63

k64

k65

k66

k67

k68

k69

k70

k71;

****amac1..** z1=e=sum((i,j,a,p,n), c1(i,j,a,p,n)*x1(i,j,a,p,n))+

*sum((j,k,a,p), c2(j,k,a,p)*x2(j,k,a,p))+

*sum((k,l,a,p), c3(k,l,a,p)*x3(k,l,a,p))+

*sum((l,m,a,p), 2*c4(l,m,a,p)*x4(l,m,a,p))+

*sum((j,l,a,p), c5(j,l,a,p)*x5(j,l,a,p))+

*sum((j),F1(j)*y(j))+ sum((k),F2(k)*z(k))+ sum((l),F3(l)*v(l));

****amac2..** z2=e=sum((i,j,a,p,n), t1(i,j,a,p,n)*x1(i,j,a,p,n))+

*sum((j,k,a,p), t2(j,k,a,p)*x2(j,k,a,p))+

*sum((k,l,a,p), t3(k,l,a,p)*x3(k,l,a,p))+

*sum((l,m,a,p), t4(l,m,a,p)*x4(l,m,a,p))+

*sum((j,l,a,p), t5(j,l,a,p)*x5(j,l,a,p));

amac3.. z3=e=sum((i,j,a,p,n), w1(i)*x1(i,j,a,p,n))+

$\text{sum}((j,k,a,p), w2(j)*x2(j,k,a,p))+$
 $\text{sum}((k,l,a,p), w3(k)*x3(k,l,a,p))+$
 $\text{sum}((l,m,a,p), w4(l)*x4(l,m,a,p))+$
 $\text{sum}((j,l,a,p), w2(j)*x5(j,l,a,p));$
 $k1(i,p,n).. \text{sum}((j,a), x1(i,j,a,p,n))=l=b(i,p,n);$
 $k2(j,p).. \text{sum}((k,a), x2(j,k,a,p))+ \text{sum}((l,a), x5(j,l,a,p))=l=e(j,p)*y(j);$
 $k3(k,p).. \text{sum}((l,a), x3(k,l,a,p))=l=h(k,p)*z(k);$
 $k4(l,p).. \text{sum}((m,a), x4(l,m,a,p))=l=g(l,p)*v(l);$
 $k5(j,p,n).. \text{sum}((i,a), x1(i,j,a,p,n))=e=u(p,n)*\text{sum}((k,a), x2(j,k,a,p))+u(p,n)*\text{sum}((l,a), x5(j,l,a,p));$
 $k6(k,p).. \text{sum}((j,a), x2(j,k,a,p))=e=\text{sum}((l,a), x3(k,l,a,p));$
 $k7(l,p).. \text{sum}((j,a), x5(j,l,a,p))+\text{sum}((k,a), x3(k,l,a,p))=e=\text{sum}((m,a), x4(l,m,a,p));$
 $k8(m,p).. \text{sum}((l,a), x4(l,m,a,p))=g=\text{demand}(m,p);$
 $k9(l,m,a,p).. t4(l,m,a,p)*v(l)=l=Q;$
 $k10.. \text{sum}((j), y(j))=l=O;$
 $k11.. \text{sum}((k), z(k))=l=R;$
 $k12.. \text{sum}((l), v(l))=l=S;$
 $k13.. \text{sum}((p,n), x1("1", "1", "2", p,n))=e=0;$
 $k14.. \text{sum}((p,n), x1("1", "2", "2", p,n))=e=0;$
 $k15.. \text{sum}((p,n), x1("2", "1", "2", p,n))=e=0;$
 $k16.. \text{sum}((p,n), x1("2", "2", "2", p,n))=e=0;$
 $k17.. \text{sum}((p,n), x1("7", "1", "2", p,n))=e=0;$
 $k18.. \text{sum}((p,n), x1("7", "2", "2", p,n))=e=0;$
 $k19.. \text{sum}((p), x2("1", "1", "2", p))=e=0;$
 $k20.. \text{sum}((p), x2("1", "2", "2", p))=e=0;$
 $k21.. \text{sum}((p), x2("2", "1", "2", p))=e=0;$
 $k22.. \text{sum}((p), x2("2", "2", "2", p))=e=0;$
 $k23.. \text{sum}((p), x3("1", "1", "2", p))=e=0;$
 $k24.. \text{sum}((p), x3("1", "2", "2", p))=e=0;$
 $k25.. \text{sum}((p), x3("2", "1", "2", p))=e=0;$
 $k26.. \text{sum}((p), x3("2", "2", "2", p))=e=0;$
 $k27.. \text{sum}((p), x4("1", "1", "2", p))=e=0;$
 $k28.. \text{sum}((p), x4("1", "2", "2", p))=e=0;$
 $k29.. \text{sum}((p), x4("1", "3", "2", p))=e=0;$
 $k30.. \text{sum}((p), x4("1", "4", "2", p))=e=0;$
 $k31.. \text{sum}((p), x4("1", "5", "2", p))=e=0;$
 $k32.. \text{sum}((p), x4("1", "6", "2", p))=e=0;$
 $k33.. \text{sum}((p), x4("1", "7", "2", p))=e=0;$
 $k34.. \text{sum}((p), x4("1", "8", "2", p))=e=0;$
 $k35.. \text{sum}((p), x4("1", "9", "2", p))=e=0;$
 $k36.. \text{sum}((p), x4("1", "10", "2", p))=e=0;$
 $k37.. \text{sum}((p), x4("1", "11", "2", p))=e=0;$
 $k38.. \text{sum}((p), x4("1", "12", "2", p))=e=0;$
 $k39.. \text{sum}((p), x4("1", "13", "2", p))=e=0;$
 $k40.. \text{sum}((p), x4("1", "14", "2", p))=e=0;$

```

k41.. sum((p), x4("1", "15", "2", p))=e=0;
k42.. sum((p), x4("1", "16", "2", p))=e=0;
k43.. sum((p), x4("1", "20", "2", p))=e=0;
k44.. sum((p), x4("2", "1", "2", p))=e=0;
k45.. sum((p), x4("2", "2", "2", p))=e=0;
k46.. sum((p), x4("2", "3", "2", p))=e=0;
k47.. sum((p), x4("2", "4", "2", p))=e=0;
k48.. sum((p), x4("2", "5", "2", p))=e=0;
k49.. sum((p), x4("2", "6", "2", p))=e=0;
k50.. sum((p), x4("2", "7", "2", p))=e=0;
k51.. sum((p), x4("2", "8", "2", p))=e=0;
k52.. sum((p), x4("2", "9", "2", p))=e=0;
k53.. sum((p), x4("2", "10", "2", p))=e=0;
k54.. sum((p), x4("2", "11", "2", p))=e=0;
k55.. sum((p), x4("2", "12", "2", p))=e=0;
k56.. sum((p), x4("2", "13", "2", p))=e=0;
k57.. sum((p), x4("2", "14", "2", p))=e=0;
k58.. sum((p), x4("2", "15", "2", p))=e=0;
k59.. sum((p), x4("2", "16", "2", p))=e=0;
k60.. sum((p), x4("3", "14", "2", p))=e=0;
k61.. sum((p), x4("3", "15", "2", p))=e=0;
k62.. sum((p), x4("3", "16", "2", p))=e=0;
k63.. sum((p), x4("3", "19", "2", p))=e=0;
k64.. sum((p), x4("4", "17", "2", p))=e=0;
k65.. sum((p), x4("5", "18", "2", p))=e=0;
k66.. sum((p), x5("1", "1", "2", p))=e=0;
k67.. sum((p), x5("1", "2", "2", p))=e=0;
k68.. sum((p), x5("2", "1", "2", p))=e=0;
k69.. sum((p), x5("2", "2", "2", p))=e=0;
k70.. sum((i,j,a,p,n), c1(i,j,a,p,n)*x1(i,j,a,p,n))+
sum((j,k,a,p), c2(j,k,a,p)*x2(j,k,a,p))+
sum((k,l,a,p), c3(k,l,a,p)*x3(k,l,a,p))+
sum((l,m,a,p), 2*c4(l,m,a,p)*x4(l,m,a,p))+
sum((j,l,a,p), c5(j,l,a,p)*x5(j,l,a,p))+
sum((j),F1(j)*y(j))+ sum((k),F2(k)*z(k))+ sum((l),F3(l)*v(l)) = l=1572500 ;
k71..sum((i,j,a,p,n), t1(i,j,a,p,n)*x1(i,j,a,p,n))+
sum((j,k,a,p), t2(j,k,a,p)*x2(j,k,a,p))+
sum((k,l,a,p), t3(k,l,a,p)*x3(k,l,a,p))+
sum((l,m,a,p), t4(l,m,a,p)*x4(l,m,a,p))+
sum((j,l,a,p), t5(j,l,a,p)*x5(j,l,a,p)) =l=133199500;

model uygulama /all/;

solve uygulama using mip maximizing z3;

display x1.l, x2.l, x3.l, x4.l, x5.l ;

```

ÖZGEÇMİŞ



KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Nilgün Ceyda ÖZER
Doğum Tarihi ve Yeri : 03.08.1988 / İstanbul
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : nilozer4@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Endüstri Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2008
Lise	Fen / Matematik	Dede Korkut Anadolu Lisesi	2007

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2012-Devam	Bosch Sanayi ve Ticaret A.Ş.	Lojistik Koordinatörü
2011-2012	Bosch Sanayi ve Ticaret A.Ş.	Stajyer

YAYINLARI

Makale

1. Depo Sistemlerinin Analizi ve İyileştirilmesine Yönelik Bir Uygulama

Proje

1. Sağlık Hizmetlerinde Toplam Kalite Yönetimi ve İstatistik Kullanımı
2. Yönetim Bilişim Sistemleri (YBS) ve Ford Otosan Gölcük Yerleşkesinin YBS Açısından İncelenmesi

ÖDÜLLERİ

1. YTÜ Endüstri Mühendisliği 2012 Bölüm Birinciliği