



**BULANIK ÇOK AMAÇLI PROGRAMLAMA
İLE KAPALI DÖNGÜ TEDARİK ZİNCİRİ
TASARIMI VE OPTİMİZASYONU**

Abdulkerim KARAASLAN

**Doktora tezi
İşletme Anabilim Dalı
Prof. Dr. Erkan OKTAY
2013
Her Hakkı Saklıdır**

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI

Abdulkerim KARAASLAN

BULANIK ÇOK AMAÇLI PROGRAMLAMA İLE KAPALI DÖNGÜ
TEDARİK ZİNCİRİ TASARIMI VE OPTİMİZASYONU

DOKTORA TEZİ

TEZ YÖNETİCİSİ
Prof. Dr. Erkan OKTAY

ERZURUM-2013



**T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**



TEZ KABUL TUTANAĞI

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Prof. Dr. Erkan OKTAY danışmanlığında, Abdulkerim KARAASLAN tarafından hazırlanan bu çalışma 23 / 08 / 2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İşletme Anabilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Aşır GENÇ

İmza:

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Erkan OKTAY

İmza:

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Osman DEMİRDÖĞEN

İmza:

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Mehmet Suphi ÖZÇOMAK

İmza:

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Emrah TALAŞ

İmza:

Yukarıdaki imzalar adı geçen öğretim üyelerine aittir. / /

Prof. Dr. Mustafa YILDIRIM
Enstitü Müdürü



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ BEYAN FORMU

23.08.2013

SOSYAL BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

BİLDİRİM

Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum " **BULANIK ÇOK AMAÇLI PROGRAMLAMA İLE KAPALI DÖNGÜ TEDARİK ZİNCİRİ TASARIMI VE OPTİMİZASYONU**" adlı tezin/raporun tamamen kendi çalışmam olduğunu ve her alıntıya kaynak gösterdiğimi taahhüt eder, tezimin/raporumun kağıt ve elektronik kopyalarının Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

Lisansüstü Eğitim-Öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

- ☐ Tezimin/Raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.
- ☐ Tezim/Raporum sadece Atatürk Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- ☐ Tezimin/Raporumun 3 yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.


Abdülkerim KARAASLAN



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ BEYAN FORMU

23.08.2013

SOSYAL BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

BİLDİRİM

Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum " **BULANIK ÇOK AMAÇLI PROGRAMLAMA İLE KAPALI DÖNGÜ TEDARİK ZİNCİRİ TASARIMI VE OPTİMİZASYONU**" adlı tezin/raporun tamamen kendi çalışmam olduğunu ve her alıntıya kaynak gösterdiğimi taahhüt eder, tezin/raporumun kağıt ve elektronik kopyalarının Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

Lisansüstü Eğitim-Öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

- ☐ Tezin/Raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.
- ☐ Tezim/Raporum sadece Atatürk Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- ☐ Tezin/Raporumun 3 yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.

Abdulkerim KARAASLAN

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	V
ABSTRACT	VI
KISALTMALAR DİZİNİ	VII
TABLolar DİZİNİ	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
ÖNSÖZ.....	XI
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

TEDARİK ZİNCİRİ SİSTEMLERİ

1.1. TEDARİK ZİNCİRİ	4
1.1.1. Tedarik Zincirinin Yapısı	6
1.1.2. Tedarik Zinciri Fonksiyonları.....	7
1.1.3. Tedarik Zinciri Çeşitleri	7
1.2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ	9
1.2.1. SCM'nin Yapısı	10
1.2.2. SCM Süreçleri	11
1.2.3. SCM'nin Fonksiyonları	11
1.2.4. SCM'nin Amaç ve Faydaları.....	12
1.3. TERSİNE TEDARİK ZİNCİRİ	13
1.3.1. İleri ve Tersine Lojistiğin Karşılaştırılması.....	16
1.4. KAPALI DÖNGÜ TEDARİK ZİNCİRİ.....	18
1.4.1. CLSC İşletme Modelleri	21
1.4.1.1. Bağımsız RL İçeren CLSC	21
1.4.1.2. İleri Teknoloji Ürünler İçin CLSC	22
1.4.1.3. Alternatif Yüksek Teknoloji Ürünleri İçin CLSC:	22
1.4.1.4. Tüketici Merkezli CLSC	23
1.4.2. CLSC Temel İşlemleri	24
1.4.3. Ürün Geri Dönüş Nedenleri	26
1.4.4. CLSC Geri Kazanım Seçenekleri	27

1.4.5. CLSC'nin Önemi ve Faydaları	30
1.4.6. İşletmelerin CLSC ile İlgilenmeme Sebepleri.....	33
1.4.7. CLSC Tasarım Prensipleri	34
1.5. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	35

İKİNCİ BÖLÜM

MODELİN ÇÖZÜMÜ İÇİN KULLANILAN METEDOLOJİ

2.1. TAMSAYILI PROGRAMLAMA	44
2.2. BULANIK MANTIK ve BULANIK KÜME TEORİSİ.....	46
2.2.1. Bulanık Mantık.....	46
2.2.2. Bulanık Küme	47
2.2.3. Üyelik Fonksiyonları	48
2.2.4. Bulanık Sayı	50
2.3. BULANIK DOĞRUSAL PROGRAMLAMA	52
2.3.1. Bulanık Kısıtlayıcı Bir Doğrusal Programlama Problemi	53
2.3.2. Bulanık Amaç Fonksiyonlu ve Bulanık Kısıtlayıcı Doğrusal Programlama Problemi	54
2.3.3. Amaç Fonksiyonu Parametrelerinin Bulanık Olduğu Doğrusal Programlama Problemi	55
2.3.4. Bulanık Parametrelili Doğrusal Programlama.....	55
2.4. BULANIK ÇOK AMAÇLI PROGRAMLAMA	55
2.4.1. Liang ve Cheng'in Bulanık Çok Amaçlı Yaklaşımı	56

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

GELİŞTİRİLEN CLSC MODELİ

3.1. MODELİN KAVRAMSAL TASARIMI ve ORGANİZASYONU	61
3.2. MODELİN SEMBOLLERİ	62
3.3. GELİR FONKSİYONLARI.....	66
3.3.1. Yeni Ürün Satışından Elde Edilen Gelir	67
3.3.2. Geri Kazanılmış Ürün Satışından Elde Edilen Gelir	67
3.3.3. Hurda Ürün Satışından Elde Edilen Gelir.....	67
3.3.4. Hurda Bileşen Satışından Elde Edilen Gelir.....	67

3.4. MALİYET FONKSİYONLARI	68
3.4.1.Satın Alma Maliyetleri.....	68
3.4.2. Toplam İşleme Maliyetleri.....	68
3.4.3. Taşıma Maliyetleri	70
3.4.4. Sabit Maliyetler	72
3.5. TESLİM SÜRELERİ FONKSİYONLARI	73
3.5.1. Dağıtım Merkezlerinden Müşterilere Yapılan Teslimattaki Gecikme.....	73
3.5.2. Geri Dönüşüm Merkezlerinden Fabrikalara Yapılan Teslimattaki Gecikme.....	73
3.5.3. Geri Dönüşüm Merkezlerinden Dağıtım Merkezlerine Yapılan Teslimattaki Gecikme	74
3.6. AMAÇ DENKLEMLER	74
3.6.1. Toplam Gelirin Maksimizasyonu	74
3.6.2. Toplam Maliyetin Minimizasyonu.....	74
3.6.3. Toplam Gecikmenin Minimizasyonu	74
3.7. KISIT DENKLEMLER.....	75
3.8. MODELİN VARSAYIMLARI	77

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

UYGULAMA

4.1. FMOLP PROBLEMİNİN ÇÖZÜMÜ	78
4.1.1. FMOLP'nin Oluşturulması.....	78
4.1.2. Kabul Edilebilir Minimum Alfa Seviyesinin Belirlenmesi ve Bulanık Katsayı ve Kısıt Sağ Taraf Değerlerinin Kesin Hale Dönüştürülmesi	80
4.1.3. Her Bir Bulanık Amaç Fonksiyon İçin ZgNIS ve ZgPIS Değerleri Hesaplanarak, Amaç Fonksiyonlarına İlişkin Üyelik Fonksiyonlarının Belirlenmesi.....	85
4.1.4. Yardımcı Değişken “L” Nin Modele Dâhil Edilmesiyle MOLP'nin Tek Amaçlı Klasik Doğrusal Programlama Modeline Dönüştürülmesi	87
4.1.5.“L” Yardımcı Değişkenin Amaç Fonksiyon Olduğu Tek Amaçlı Klasik Doğrusal Programlama Modelinin Çözülmesi	88

4.1.6. Elde Edilen Tatmin Seviyesi Karar Verici Tarafından Kabul Edilene Kadar İşlemin Tekrarlanması.....	90
4.2. SENARYO ANALİZLERİ.....	93
4.2.1. Problemin Farklı Alfa Kesim Seviyelerinde Çözümü.....	93
4.2.1.1. Alfa Kesim Seviyesi 0.1 İçin Problemin Çözümü	93
4.2.1.2. Alfa Kesim Seviyesi 0.9 İçin Problemin Çözümü	95
4.2.2. İyimser Çözüm.....	97
4.2.3. Kötümser Çözüm.....	98
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	102
KAYNAKÇA	104
EKLER.....	115
EK 1. MODELDE KULLANILAN PARAMETRELERİN DEĞERLERİ	115
EK-2 $\alpha = 0.5$ İÇİN PARAMETRELERİN DEĞERLERİ	129
EK-3. $\alpha = 0.5$ İÇİN BULANIKLIĞI GİDERİLMİŞ DEĞERLER	141
EK-4. $\alpha = 0.5$ İÇİN KARAR DEĞİŞKENLERİNİN OPTİMUM DEĞERLERİ	
ÖZGEÇMİŞ.....	157

ÖZET**DOKTORA TEZİ****BULANIK ÇOK AMAÇLI PROGRAMLAMA İLE KAPALI DÖNGÜ TEDARİK ZİNCİRİ TASARIMI VE OPTİMİZASYONU****Abdulkerim KARAASLAN****Tez Danışmanı: Prof. Dr. Erkan OKTAY****2013 – 159 Sayfa****Jüri : Prof. Dr. Erkan OKTAY (Danışman)****Prof. Dr. Aşır GENÇ****Prof. Dr. Osman DEMİRDÖĞEN****Doç. Dr. M. Suphi ÖZÇOMAK****Yrd. Doç. Dr. Emrah TALAS**

Yeniden üretim ve çevresel kaygılar, geri kazanım seçeneklerini içinde barındıran tersine tedarik zinciri ve kapalı döngü tedarik zinciri sistemlerine olan ilgiyi artırmıştır. Kapalı döngü tedarik zinciri, ileri ve tersine tedarik zinciri bütünleşmesinden oluşan bir yapıdır. Bu çalışmada ileri tedarik zinciri, tersine tedarik zinciri ve kapalı döngü tedarik zinciri kavramları anlatılmıştır.

Literatürde kapalı döngü tedarik zinciri tasarımı ile ilgili çok sayıda çalışma olmasına rağmen, henüz bulanık ortamda modellenmiş kapalı döngü tedarik zinciri tasarımı ile ilgili çalışma sayısı oldukça azdır. Bu çalışmada; çok periyotlu, çok bileşenli ileri ve tersine akışları içeren kapalı döngü tedarik zinciri için bulanık karma tamsayılı matematiksel bir model önerilmiştir. Önerilen modelde toplam gelirin maksimizasyonu, toplam maliyet ve ürün/bileşen teslimatlarında yaşanan gecikmelerin minimizasyonu amaçlanmaktadır. Modelde, amaç denklemler, amaç denklem katsayıları, kapasite ve talep kısıtları, iade ve geri kazanım oranları, ürün satış fiyatları ve tasarlanan sistemdeki tüm maliyet değerleri bulanık olup önerilen modelin çözümü bulanık çok amaçlı model yaklaşımı ile çözülmüş ve farklı alfa kesim seviyeleri ile iyimser ve kötümser senaryo analizleri yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kapalı Döngü Tedarik Zinciri, Bulanık Çok Amaçlı Programlama, Karma Tam Sayılı Programlama

ABSTRACT**Ph. D. DISSERTATION****DESIGN AND OPTIMIZATION OF CLOSED LOOP SUPPLY CHAIN WITH
FUZZY MULTI-OBJECTIVE PROGRAMMING****Abdulkerim KARAASLAN****Advisor: Prof. Dr. Erkan OKTAY****2013 - Page: 159****Jury : Prof. Dr. Erkan OKTAY****Prof. Dr. Aşır GENÇ****Prof. Dr. Osman DEMİRDÖĞEN****Assoc. Prof. Dr. M. Suphi ÖZÇOMAK****Assist. Prof. Dr. Emrah TALAŞ**

Researchers became more interested in reverse logistics and closed-loop supply chain (CLSC) networks which include recovery options with remanufacturing and environmental concerns. Closed loop supply chain is a structure of the combination of forward and reverse supply chains. In this study the concepts of forward supply chain, reverse supply chain and closed loop supply chain were introduced.

Although there are many researches on closed loop supply chain design in the literature, there is still lack of researches on closed loop supply chain designed in fuzzy environment. In this study, a mixed integer fuzzy mathematical model was proposed for closed loop supply chain that includes forward and reverse flows with multiple periods and multiple components. In the corresponding proposed model, the maximization of the total revenues and the minimization of total costs and delay in delivery of products and components were aimed. In the model, objective equations, objective function coefficients, capacity and demand constraints, return and recovery percentages, product sale prices and all cost values in the designed system were considered as fuzzy variables. The proposed model was solved with a fuzzy multi-objective approach and optimistic and pesimistic scenario analysis were made with different alpha cut levels.

Keywords: Closed-Loop Supply Chain, Fuzzy Multi-Objective Programming, Mixed Integer Linear Programming

KISALTMALAR DİZİNİ

CLSC	: Kapalı Döngü Tedarik Zinciri (Closed Loop Supply Chain)
CSCMP	: Tedarik Zinciri Yönetimi Profesyonelleri Konseyi (Council of Supply Chain Management Professionals)
FLP	: Bulanık Doğrusal Programlama (Fuzzy Linear Programming)
FMOLP	: Bulanık Çok Amaçlı Doğrusal Programlama (Fuzzy Multi Objective Linear Programming)
FMOP	: Bulanık Çok Amaçlı Programlama (Fuzzy Multi Objective Programming)
GAMS	: Genel Matematiksel Modelleme Sistemi (General Algebraic Modeling System)
MIP	: Karma Tamsayılı Programlama (Mixed Integer Programming)
MILP	: Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama (Mixed Integer Linear Programming)
MINLP	: Karma Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama (Mixed Integer Non Linear Programming)
MOP	: Çok Amaçlı Programlama (Multi Objective Programming)
MOLP	: Çok Amaçlı Doğrusal Programlama (Multi Objective Linera Programming)
OEM	: Orijinal Ürün Üreticisi (Original Equipment Manufacturer)
RL	: Tersine Lojistik (Reverse Logistics)
RSC	: Tersine Tedarik Zinciri (Reverse Supply Chain)
RSCM	: Tersine Tedarik Zinciri Yönetimi (Reverse Supply Chain Managament)
SCM	: Tedarik Zinciri Yönetimi (Supply Chain Managament)

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Tedarik Zinciri Optimizasyonunun İşletmeye Sağladığı Katma Değer	13
Tablo 1.2. İleri ve Tersine Lojistik Arasındaki Farklar	17
Tablo 1.3. İleri ve Ters Lojistik Maliyetleri	18
Tablo 1.4. Ürün Geri Kazanım Seçenekleri	29
Tablo 1.5. İleri Lojistik ve CLSC Tasarım İlkeleri	35
Tablo 4.1. Her Bir Amacın PIS ve NIS Değerleri	85
Tablo 4.2. Elde Edilen Optimal Sonuçlar.....	88
Tablo 4.3. Amaç Fonksiyon Değerleri	89
Tablo 4.4. Ağdaki Akış Miktarları ve Açılan Tesisler	90
Tablo 4.5. Güncellenen Üyelik Fonksiyonları Çözülen Modelin Sonuçları	93
Tablo 4.6. Elde Edilen Optimal Sonuçlar ($\alpha=0.1$).....	94
Tablo 4.7. Amaç Fonksiyon Değerleri ($\alpha=0.1$)	95
Tablo 4.8. Elde Edilen Optimal Sonuçlar ($\alpha=0.9$).....	95
Tablo 4.9. Amaç Fonksiyon Değerleri ($\alpha=0.9$)	96
Tablo 4.10. Elde Edilen İyimser Optimal Sonuçlar	97
Tablo 4.11. Amaç Fonksiyonun İyimser Değerleri	98
Tablo 4.12. Elde Edilen Kötümser Optimal Sonuçlar	99
Tablo 4.13. Amaç Fonksiyonun Kötümser Değerleri	100
Tablo 4.14. Tüm Çözümler ve İlgili Çözümlere İlişkin Amaç Fonksiyon Değerleri...	101

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Tedarik Zinciri Süreci.....	5
Şekil 1.2. Tedarik Zinciri	6
Şekil 1.3. Klasik Tedarik Zinciri.....	7
Şekil 1.4. Etkileşimli Tedarik Zinciri	7
Şekil 1.5. Tek Safhalı Tedarik Zinciri	8
Şekil 1.6. Çok Safhalı Tedarik Zinciri.	8
Şekil 1.7. SCM Yapısının Temel Elemanları.....	10
Şekil 1.8. SCM'nin Fonksiyonları	12
Şekil 1.9. Klasik RSC	14
Şekil 1.10. Tersine Dağıtım Ağ Yapısı.....	15
Şekil 1.11. Genel CLSC.....	20
Şekil 1.12. Bağımsız RL İçeren CLSC.	21
Şekil 1.13. İleri Teknoloji Ürünler İçin CLSC	22
Şekil 1.14. Düşük Teknoloji Ürünler İçin CLSC.....	23
Şekil 1.15. Tüketici Merkezli CLSC.....	24
Şekil 1.16. CLSC Temel İşlemler.	25
Şekil 1.17. Ürün Geri Kazanım Seçenekleri.....	27
Şekil 1.18. CLSC Geri Kazanım Seçenekleri Piramidi	30
Şekil 1.19. CLSC'nin Karlılık, Toplum ve Çevre ile İlişkisi.....	33
Şekil 2.1. Bir Üyelik Fonksiyonundaki Parametreler	49
Şekil 2.2. Üçgen Bulanık Sayı.	51
Şekil 2.3. Yamuk Bulanık Sayı.....	51
Şekil 2.4. Di Bulanık Sayısının Üçgensel Dağılımı	57
Şekil 2.5. Maksimizasyon Amaç Fonksiyonuna Ait Üyelik Fonksiyonu.....	59
Şekil 2.6. Minimizasyon Amaç Fonksiyonuna Ait Üyelik Fonksiyonu.	59
Şekil 3.1. Tasarlanan CLSC Ağı.....	61
Şekil 4.1. Kesin Olmayan Talep Değerinin Üçgensel Dağılımı.	82
Şekil 4.2. Kesin Olmayan Üretim Maliyeti Değerinin Üçgensel Dağılımı	83
Şekil 4.3. Birinci Amaca Ait Üyelik Fonksiyonu.	86
Şekil 4.4. İkinci Amaca Ait Üyelik Fonksiyonu.....	86
Şekil 4.5. Üçüncü Amaca Ait Üyelik Fonksiyonu.....	87

Şekil 4.6. Birinci Amaca Ait Üyelik Fonksiyonu	91
Şekil 4.7. İkinci Amaca Ait Üyelik Fonksiyonu	91
Şekil 4.8. Üçüncü Amaca Ait Üyelik Fonksiyonu	92



ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında ve lisansüstü eğitim sürecimin her aşamasında maddi/manevi katkılarıyla her türlü desteği sağlayan, değerli bilgi ve önerileri ile yardımlarını esirgemeyen kıymetli ve saygı değer hocam Prof. Dr. Erkan OKTAY'a, tez çalışması için geçici görevle gittiğim Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi İstatistik Bölümü'nde bana her türlü kolaylığı sağlayan ve bu tezin ortaya çıkmasında çok önemli katkıları olan değerli hocam Prof. Dr. Aşır GENÇ'e, tez çalışmasına katkı sağlayan, saygı değer hocalarım Yrd. Doç. Dr. Dilşat GÜZEL'e, Yrd. Doç. Dr. Ömer ALKAN'A ve kıymetli mesai arkadaşlarım Arş. Gör. Miraç EREN, ve lisansüstü eğitime birlikte başladığımız ve yardımlarına her zaman başvurduğum kıymetli arkadaşım Arş. Gör. Hayri ABAR'a , son olarak ise, yaşamım boyunca benden hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen, her zaman yanımda olan anne ve babama teşekkürlerimi borç bilirim.

Erzurum-2013**Abdulkerim KARAASLAN**

GİRİŞ

Teknolojinin hızla gelişimi ile tüketim hızının artması, karar vericileri atıklar ve ürün iadeleri konusunda düzenlemeler (katı atıkların, tıbbi atıkların, atık pil ve akümülatörlerin, atık elektrikli ve elektronik eşyaların kontrolü yönetmelikleri, v.b.) yapmaya zorlamıştır. Bu yasalarla genişleyen üretici sorumluluğuna ilave olarak tüketicilerdeki çevre bilincinin gelişmesi ve atıkların bir kısmının değerli hale gelmesi üreticileri, hammadde temininden başlayıp nihai ürünlerin tüketiciye akışıyla son bulan klasik tedarik zincirlerine, atık ve iade süreçlerini kapsayacak şekilde tersine tedarik zinciri (Reverse Supply Chain: RSC) faaliyetlerini eklemeleri yönünde baskı oluşturmuş ve bu ihtiyaçlara cevap verebilecek RSC ve kapalı döngü tedarik zinciri (Closed Loop Supply Chain: CLSC) ağ tasarımları önemli hale gelmiştir.

CLSC, hammadde temininden başlayarak nihai ürünün tüketiciye ulaştırılması ve artık kullanılmayan ya da ömrünü tamamlamış ürünlerin değer kazandırılması ya da bertarafı için tedarik zincirine tekrar dahil edilmesi ve çeşitli geri kazanım seçeneklerinden uygun olanı ile ürünlerin değerlendirilmesini, yani ileri ve tersine akışları bütünleştiren bir yapı olarak tanımlanabilir.

Tedarik zinciri, yapısı gereği talep, üretim ve teslim süreleri ve maliyet değerleri gibi birçok belirsizliği içinde barındırır. RSC'lerde belirsizlik ileri tedarik zincirlerine göre daha fazladır. Bunlara örnek olarak, iade zaman ve miktarları, geri kazanım seçenekleri, ürün geri kazanım oranları, geri kazanılmış ürünün kalitesi ve geri kazanılmış ürüne olan talep gibi belirsizlikler verilebilir.

Özellikle tedarik zinciri gibi sistemlerin doğasında olan eksik veri, ya da veri bulunmaması gibi sebeplerden dolayı olasılıklı mantığa dayalı yöntemlerin kullanılmasının pek mümkün olmadığı durumlarda bulanık yaklaşımların kullanılması daha etkili olabilir.

Bu çalışmada, bulanık ortamda CLSC’de, maksimum gelir, minimum maliyet, dağıtım merkezinden müşterilere, geri dönüşüm merkezlerinden dağıtım merkezlerine ve fabrikalara yapılan teslimatlar da, yaşanan gecikmenin minimizasyonu amaçları birleştirilerek açılacak fabrika, dağıtım merkezi, toplama merkezi ve geri dönüşüm merkezleri ile ağ üzerinde taşınacak ürün ve bileşen miktarları tespit edilmeye çalışılmıştır.

Problem; tedarikçi, fabrika, dağıtım merkezi ve müşteri bölgesi olmak üzere dört kademedan oluşan ileri tedarik zinciri ile toplama merkezi ve geri dönüşüm merkezi olmak üzere iki kademedan oluşan RSC’nin bütünleştirilmesinden meydana gelmiş CLSC’de, talepler, kapasiteler, maliyetler, toplama oranları ve geri dönüşüm oranları belirsizken ağdaki her bir eleman arasındaki ürün ya da bileşen akışı miktarlarının ve fabrika, dağıtım merkezi, toplama merkezi ve geri dönüşüm merkezlerinin sayısının her bir periyot için belirlenmesidir.

Bu çalışma; dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, tedarik zinciri kavramları açıklanmış RSC ve CLSC konuları ayrıntılı bir şekilde ele alınmış ve RSC ve CLSC ağ tasarımına yönelik literatür araştırması yapılmıştır.

İkinci bölümde, mevcut problem kapsamında önerilen matematiksel modelin çözümü için çalışmada kullanılan tamsayılı programlama, bulanık mantık, bulanık doğrusal programlama (Fuzzy Linear Programming: FLP), çok amaçlı programlama (Multi Objective Programming: MOP) ve Liang ve Chang (2009)’in bulanık çok amaçlı yaklaşımı genel hatları ile anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde, geliştirilen CLSC, amaç fonksiyon bileşenleri, karar bileşenleri ve kısıt denklemleri tanıtılmıştır. Tasarlanan CLSC’de ağda üç tip ürün gezmektedir. Bunlar fabrikaların tedarikçilerden bileşen temini ile ürettikleri yeni ürün, geri dönüşüm merkezlerinden yenilenip dağıtım merkezlerine gönderilen yenilenmiş ürün ve geri dönüşüm merkezlerinden fabrikalara gönderilen yenilenmiş bileşenlerden üretilen yenilenmiş ürün şeklindedir. Geliştirilen matematiksel model üç amaç içermektedir. Amaçlardan ilk ikisi tedarik zincirinin verimliliği ile sonuncusu da müşteri memnuniyeti ile ilişkilidir.

Bu amaçlar;

- ✓ **Toplam Gelirin Maksimizasyonu:** Toplam geliri; yeni ve yenilenmiş ürün satışı, toplama merkezlerince satılan hurda ürün ve geri dönüşüm merkezlerince satılan hurda bileşenlerden elde edilen gelir oluşturmaktadır. Bütün birimlerin satış fiyatları hem kendi aralarında hem de dönemler arasında farklılık göstermektedir. Çalışmada tüm satış fiyatları üçgensel bulanık sayı cinsinden ifade edilmiştir.
- ✓ **Toplam Maliyetin Minimizasyonu:** Toplam maliyeti; satın alma maliyetleri (ürün üretimi için bileşen ve müşterilerden toplanan ürünler için ödenen bedel), işleme maliyetleri (üretim maliyeti, dağıtım merkezleri için katlanılan değişken maliyet, inceleme sınıflama maliyeti, de-montaj maliyeti, ürün ve bileşen yenileme maliyeti), taşıma maliyetleri ve sabit maliyetlerin oluşturmaktadır. Çalışmada tüm maliyet değerleri birimler ve dönemler arası farklılık göstermektedir ve üçgensel bulanık sayı cinsinden ifade edilmiştir.
- ✓ **Teslim Sürelerindeki Gecikmenin Minimizasyonu:** Toplam Gecikme, dağıtım merkezlerinden müşteri bölgelerine, geri dönüşüm merkezlerinden dağıtım merkezlerine ve fabrikalara yapılan teslimatlardaki gerçekleşen süre ile beklenen süreler arasındaki pozitif farkların toplamından oluşmaktadır. Çalışmada; gerçekleşen süreler ve beklenen süreler üçgensel bulanık sayı cinsinden ifade edilmiştir.

Dördüncü bölümde, önerilen çok amaçlı karma tamsayılı doğrusal programlama modeli Liang ve Chang (2009)'ın bulanık çok amaçlı programlama (Fuzzy Multi Objective Programming: FMOP) yaklaşımı ile çözülmüş ve problem, farklı α kesim seviyeleri, iyimser ve kötümser senaryolar için yeniden çözülmüştür.

Çalışmanın sonuç kısmında ise genel bir değerlendirme yapılmış ve önerilerde bulunulmuştur.

BİRİNCİ BÖLÜM

TEDARİK ZİNCİRİ SİSTEMLERİ

1.1. TEDARİK ZİNCİRİ

Tedarik zinciri; ortaklar, tedarikçiler, imalatçılar, perakendeciler ve müşteriler arasında iletişimi geliştirmek, ortaklaşa çalışmak, müşteri isteklerini karşılamak, kaynakları etkin ve verimli kullanmak, planlı, hızlı ve esnek bir tedarik, üretim ve dağıtım zinciri kurmak temelleri üzerine ortaya çıkmış bir kavramdır (Güleş ve diğ., 2012:6).

Literatürde çok sayıda tedarik zinciri tanımı mevcut olup bu tanımlar genellikle aynı noktalara değinmektedir. Literatürde yer alan bazı tedarik zinciri tanımları şöyledir;

Tedarik zinciri, temin edilen hammaddelerin ara ürün ya da nihai ürüne dönüştürüldüğü ve bu ürünlerin de bir dağıtım sistemi sayesinde tüketicilere ulaştırıldığı bir şebekedir (Lee ve Billington, 1992:66).

Tedarik zinciri, ürünlerin bir yerden başka bir yere fiziksel olarak taşınmasının yanında bilgi ve para akışı ile düşünsel sermayenin oluşturulması ve dağılımını da içerir (Ayers, 2001:4).

Tedarik zinciri, tedarikçileri, üretim merkezlerini, depo ve dağıtım merkezlerini, perakende satış mağazalarını, bunun yanı sıra tesisler arası hammadde, yarı ürün ve nihai ürün akışını içeren ağıdır (Simchi-Levi, Kaminsky ve Simchi-Levi, 2004:1).

Tedarikçiler ve tüketiciler arasında en düşük maliyetle en yüksek hızda mal ve bilgi akışını geliştirmek için beraber çalışan kuruluşların küresel ağıdır (Govil ve Proth, 2002:7).

Tedarik zinciri kavramı son ürünün üretilmesi ve dağıtımı (tedarikçinin tedarikçisinden müşterinin müşterisine kadar) ile ilgili bütün faaliyetleri kapsar. Bu faaliyetler planlama, (tedarik ve talebin yönetimi), kaynak temini (hammadde ve yarı mamullerin temini), üretim (imalat ve montaj), teslimat (depolama ve stok takibi, sipariş

alım ve yönetimi, bütün kanal boyunca dağıtım ve müşteriye teslim) olmak üzere dört temel süreçten oluşur (Kulu, 2008:4).

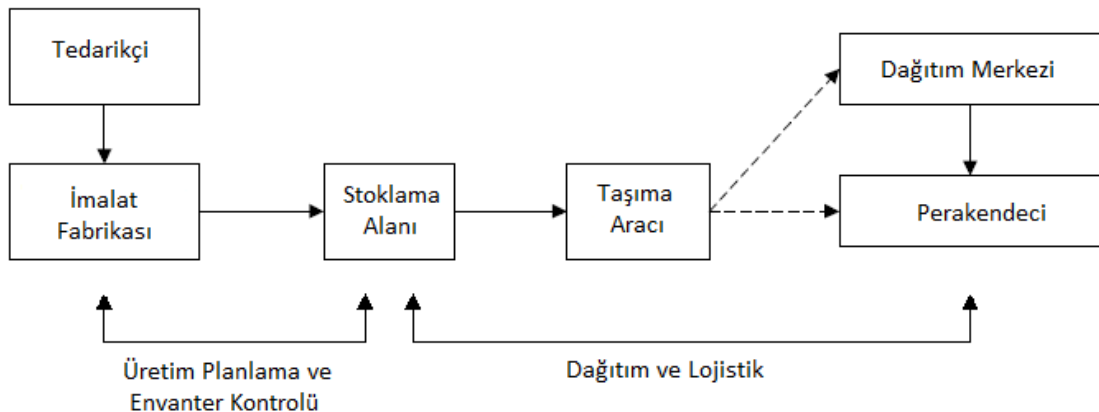
Bir başka tanıma göre tedarik zinciri;

- ✓ Hammadde, malzeme ve yarı ürünleri temin etmek,
- ✓ Hammadde ve malzemeler ile yarı ürünleri nihai ürünlere dönüştürmek,
- ✓ Ürünlere değer kazandırmak,
- ✓ Bu ürünleri perakendecilere veya müşterilere dağıtmak,
- ✓ Farklı süreçlerde faaliyet gösteren birimler (tedarikçiler, üreticiler, toptancılar, lojistik hizmeti sağlayıcılar ve perakendeciler) arasındaki bilgi alışverişini kolaylaştırmak için faaliyet gösteren birbiriyle ilişkili bir dizi iş sürecini senkronize eden bütünlüklük bir sistemdir (Min ve Zhou, 2002:231).

Tedarik zinciri; mal ve hizmetlerin tedarik aşamasından, üretimine ve nihai tüketiciye ulaşmasına kadar birbirini izleyen tüm halkaları kapsar. İş süreçleri açısından bakıldığında, tedarik zinciri; satış süreci, üretim, envanter yönetimi, malzeme temini, dağıtım, tedarik, satış tahmini ve müşteri hizmetleri gibi pek çok alanı içine almaktadır (Şen, 2006:5).

Tedarik zinciri, hammaddelerin elde edilmesinden, nihai ürünlerin müşterilere ulaştırılmasına kadar olan tüm faaliyetleri içeren bir yapıdır. Beamon'a göre, bir tedarik zinciri, iki temel süreçten oluşmaktadır:

- ✓ Üretim planlama ve envanter kontrol süreci
- ✓ Dağıtım ve lojistik süreci



Şekil 1.1. Tedarik Zinciri Süreci (Benita ve Beamon, 1998:3).

Üretim planlama ve envanter kontrol süreci; üretim ve depolama alt süreçlerinden oluşmaktadır. Daha spesifik olarak üretim planlama, tüm üretim sürecinin (hammadde ihtiyacının belirlenmesi, hammaddelerin tedarik edilmesi, üretim sürecinin tasarımı ve çizelgelemesi, vb.) tasarım ve yönetimini içermektedir. Envanter kontrolü ise, genelde nihai ürün olmak üzere hammaddeler ve ara ürün stoklarının yönetimini kapsamaktadır.

Dağıtım ve lojistik sürecinde, ürünlerin depolardan perakendecilere nasıl ulaştırılacağı, dağıtım merkezinin kullanılıp kullanılmayacağı belirlenir. Ürünlerin stoktan alınmasının, taşınmasının ve nihai ürün teslimatının yönetimini içeren bir süreçtir (Benita ve Beamon, 1998:3).

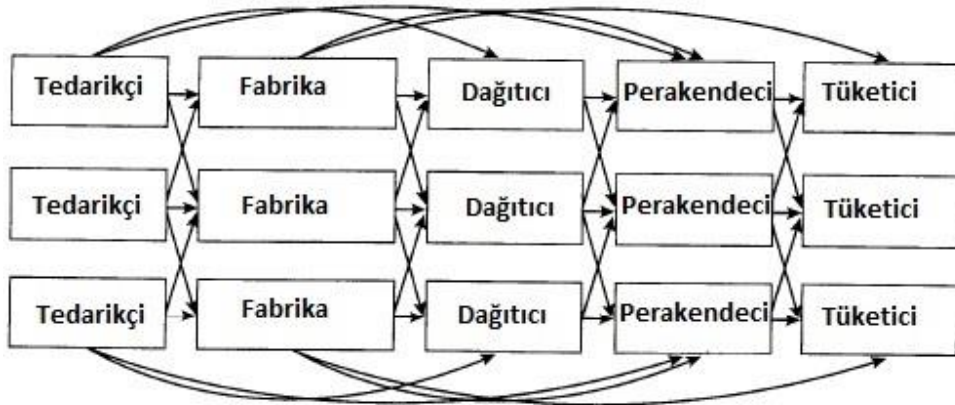
1.1.1. Tedarik Zincirinin Yapısı

Klasik bir tedarik zincirinde, hammaddeler tedarik edilir, ürünler üretilir, müşterilere ulaştırılmak üzere geçici stoklama için depolara gönderilir (Simchi-Levi, Simchi-Levi ve Kaminsky, 1999:1).

Tedarik zinciri müşterinin taleplerini yerine getirmek için doğrudan veya dolaylı entegre olmuş tüm tarafları içerir (Keskin, 2011:38).

Klasik bir tedarik zincirinin elemanları şunlardır; (Chopra ve Meindl, 2007:4-5)

- ✓ Bileşen/Hammadde Tedarikçileri
- ✓ Fabrikalar
- ✓ Toptancı/Dağıtım Merkezleri
- ✓ Perakendeciler
- ✓ Müşteriler



Şekil 1.2. Tedarik Zinciri (Chopra ve Meindl, 2007:5)

1.1.2. Tedarik Zinciri Fonksiyonları

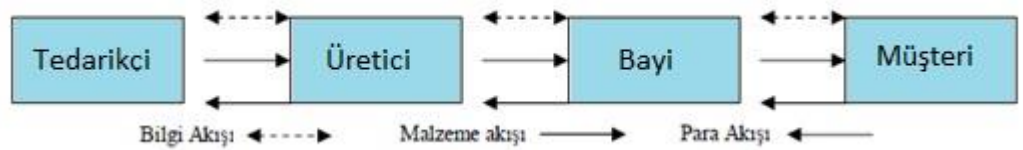
Tedarik zinciri, malzemelerin sağlanması, bu malzemelerin ara ve tamamlanmış ürünlere dönüşümü ve tamamlanmış ürünlerin müşterilere dağıtımını fonksiyonlarını yerine getiren araç ve dağıtım seçeneklerinin bir şebekesidir. Tedarik zinciri, bir işletmede doğru malzemelerin, hizmetlerin ve teknolojinin doğru kaynaktan, doğru zaman ve uygun kalitede satın alındığının garanti edilmesinden sorumludur (www.enm.blogcu.com).

Klasik bir tedarik zincirinde, tedarikçiden müşteriye doğru fiziksel ürün akışı müşteriden tedarikçiye doğru ise bilgi ve nakit akışı olmaktadır (Demirdöğen ve Küçük, 2007:2).



Şekil 1.3. Klasik Tedarik Zinciri (Güzel, 2011:4)

Etkileşimli tedarik zincirinde ise ürün ve nakit akışı geleneksel tedarik zincirinde olduğu gibi iken, bilgi akışı karşılıklı olarak gerçekleşmektedir (Demirdöğen ve Küçük, 2007: 2).

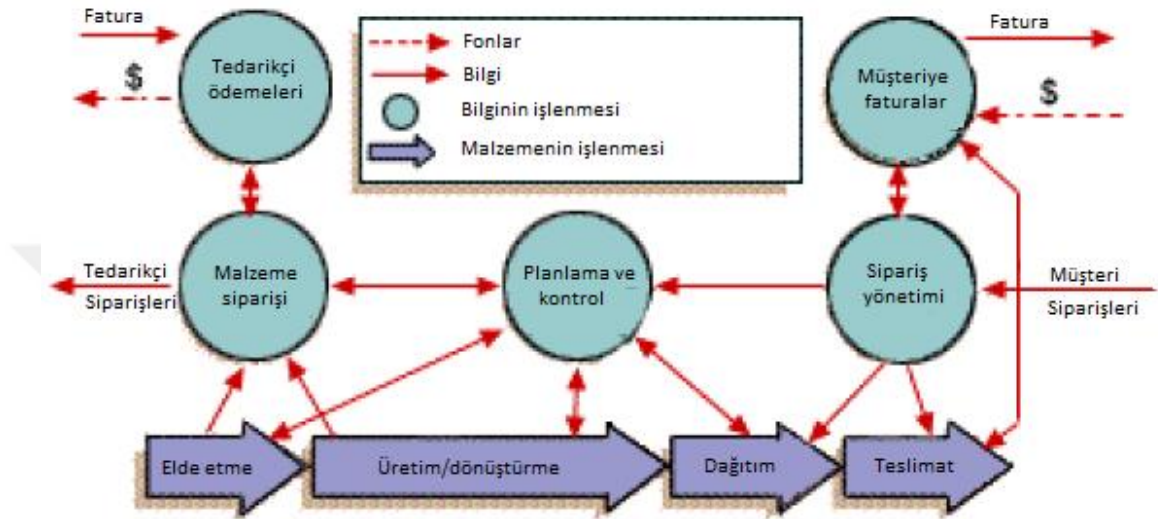


Şekil 1.4. Etkileşimli Tedarik Zinciri (Demirdöğen ve Küçük, 2007:3)

1.1.3. Tedarik Zinciri Çeşitleri

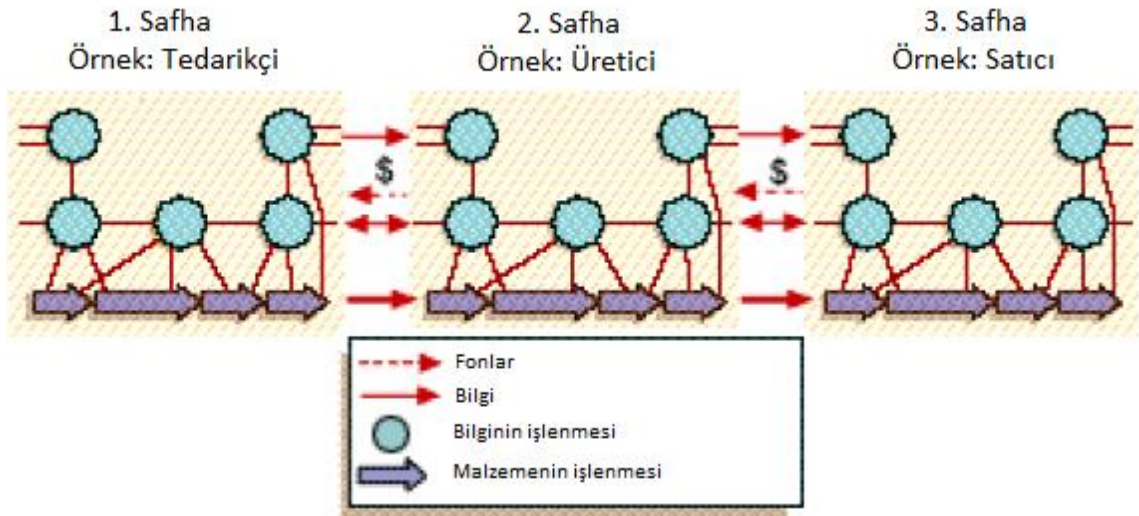
Tedarik zincirleri, zincirdeki unsurların artan karmaşıklığına göre tek ve çok safhalı olarak farklılıklar göstermektedir. Tek safhalı tedarik zinciri hammadde ve

malzemelerin elde edilmesi, üretim, dağıtım ve teslim fonksiyonlarını birleştirir. Bu tür tedarik zincirinde; birçok bilgi işleme ve karar verme fonksiyonu bulunmaktadır. Tek safhalı tedarik zinciri, tek şirketli klasik tedarik zinciri olup bugüne kadar tedarik zinciri yönetiminin odak noktası olmuştur (Metz, 1998:1). Şekil 1.5’ te tek safhalı tedarik zinciri yapısı gösterilmiştir.



Şekil 1.5. Tek Safhalı Tedarik Zinciri (Metz, 1998: 2).

Çok safhalı tedarik zinciri ise klasik çok işletmeli tedarik zincirleridir. Tek safhalı tedarik zincirlerinin çoklu kopyalarıdır (Metz, 1998: 2). Şekil 1.6’ da çok safhalı tedarik zinciri yapısı gösterilmiştir.



Şekil 1.6. Çok Safhalı Tedarik Zinciri (Metz, 1998:2).

1.2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

Tedarik zinciri yönetimi (Supply Chain Management: SCM), hammaddenin sisteme girip son kullanıcıya teslim edilmesine kadar gerçekleşen zincirdeki hem yukarı (upstream, girdi sağlayanlar), hem de aşağı (downstream, dağıtım ve pazarlama sonrası hizmetler) tüm malzeme ve bilgi akışlarını ifade eder. SCM son yıllarda iş dünyasında büyük ilgi görmeye başlayan bir alandır (Elagöz, 2008:132).

Tedarik Zinciri Yönetimi Profesyonelleri Konseyine göre (CSCMP); SCM, tedarik zincirinin ve bu zincir içinde yer alan tüm şirketlerin uzun vadeli performanslarını arttırmak amacıyla, söz konusu şirketlere ait işletme fonksiyonları ve planlarının, zincirdeki tüm şirketleri kapsayacak şekilde, sistematik ve stratejik koordinasyonudur (www.enm.yildiz.edu.tr).

SCM, malzeme ve ürünlerin, hammadde arzından nihai ürün aşamasına kadar yönetimini kapsayan; firmaların tedarikçilerinin proseslerinden, rekabet avantajlarını destekleyecek teknoloji ve yeteneklerinden nasıl yararlanacağı üzerine odaklanan ve işletme içi faaliyetleri, optimizasyon ve etkinlik ortak amaçları ile ticari ortaklıklar kurarak yayan bir yönetim şeklidir (Kannan ve Handfield, 1998:2).

SCM, stratejik düzeyde iç ve dış işletme süreçlerinin entegrasyonu gibi sorunlarla ilgilenirken, taktiksel bir araç olarak da üretim, dağıtım, tüketim ve geri dönüşüm ya da atıkların yeniden kazanımı süreci boyunca müşteri hizmetleri, iç ve dış ürün ve bilgi akışının kontrolü, etkin olmayan kanalların göz ardı edilmesi, maliyetler ve hammadde akışından süregelen fazlalıklar gibi birçok aşamaya yönetsel olarak uygulanabilir (Ross, 1998: 5).

SCM; müşteri hizmetlerini en düşük maliyette karşılamak, doğru zamanda doğru miktarda ve doğru yerde mal üretimi ve dağıtımını sağlamak üzere tedarikçiler, üreticiler, dağıtım merkezleri ve perakendecileri en verimli şekilde bütünleştiren bir yaklaşımdır (Simchi-Levi ve diğ, 2004:2).

SCM, ürün ve hizmetlerin üretim yerinden pazar yerine oradan da tüketiciye ulaştırılması problemleri ile bir bütün olarak ilgili en gelişmiş firma lojistiğidir (Schechter, 2002: 225).

SCM, son kullanıcı ihtiyaçlarının karşılanması için tedarik zinciri sürecinin tasarımı, idamesi ve yönetimidir (Ayers, 2001:7).

SCM, tedarik zincirindeki tüm üyeler için daha karlı sonuçlar elde etmeye odaklanır. SCM, daha az maliyetle yüksek tüketici faydası oluşturmak için bir bütün olarak tedarikçiler ile tüketiciler arasındaki ilişkinin yönetimidir (Christopher, 2011: 16).

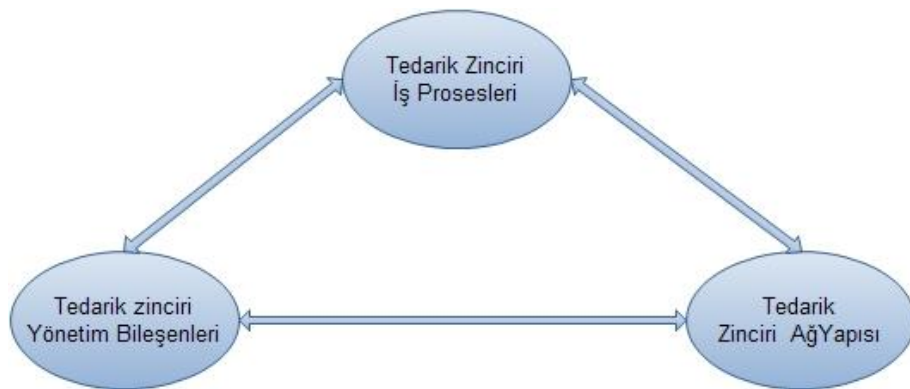
Yukarıda yapılan SCM tanımlarının ortak noktası tedarik zinciri elemanlarının (tedarikçiler, üreticiler, dağıtım merkezleri) bir bütünmüş gibi hareket etmesi ve tüm sistem maliyetinin minimizasyonudur.

1.2.1. SCM'nin Yapısı

SCM'nin yapısı üç temel ve ilişkili elemandan oluşmaktadır. Bunlar;

- ✓ Tedarik zinciri iş prosesleri (Müşteriye yönelik değer katıcı çıktılar üreten faaliyetlerdir)
- ✓ SCM bileşenleri (İş proseslerini oluşturan ve yöneten elemanlardır)
- ✓ Tedarik zinciri ağ yapısı (Tedarik zinciri içinde yer alan şirketlerin düzenlenmesidir)

şeklindedir (Şen, 2007:17).



Şekil 1.7. SCM Yapısının Temel Elemanları (Lambert ve Cooper, 2000: 70).

1.2.2. SCM Süreçleri

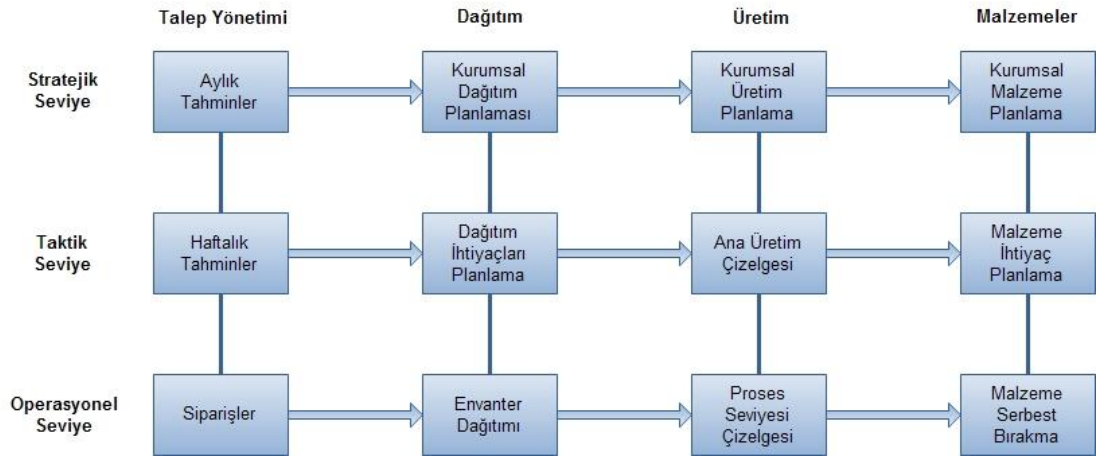
SCM'yi oluşturan süreçler için Global Tedarik Zinciri Forumu üyelerinin tanımladığı sekiz süreç mevcuttur (Croxtton ve diğ., 2001:14). Bu süreçler aşağıdaki gibidir:

- ✓ Müşteri İlişkileri Yönetimi (Customer Relationship Management)
- ✓ Müşteri Hizmet Yönetimi (Customer Service Management)
- ✓ Talep Yönetimi (Demand Management)
- ✓ Sipariş İşleme (Order Fulfillment)
- ✓ İmalat Akış Yönetimi (Manufacturing Flow Management)
- ✓ Satın alma (Procurement)
- ✓ Ürün Geliştirme ve Ticarileştirme (Product Development and Commercialization)
- ✓ İadeler (Returns)

1.2.3. SCM'nin Fonksiyonları

SCM fonksiyonları; stratejik, taktik ve operasyonel seviye olmak üzere üç seviyede çalışmaktadır.

Her bir seviye kararların alındığı sürenin periyodu ve bu periyot süresince alınan kararların sıklığı ile birbirinden farklılık göstermektedir. Stratejik seviyede; üretimin nerede tahsis edileceği ve en iyi kaynak bulma stratejisinin ne olacağı, taktik seviyede; tahmin yürütme, planlama, temin süresi kısa olan malzemelerin siparişi ve üretim ihtiyaçlarının karşılanması için fazla mesailerin çizelgelenip çizelgelenemeyeceği, operasyonel seviyede; envanter dağıtımı, detaylı çizelgeleme ve bir makine bozulduğu zaman siparişin nasıl sağlanacağı konuları ele alınmaktadır (Fox, Chionglo ve Barbuceanu, 1993:2).



Şekil 1.8. SCM'nin Fonksiyonları (Fox ve diğ., 1993:2)

1.2.4. SCM'nin Amaç ve Faydaları

Hammadde tedarikçileri, mamul ve hizmet üreticileri, dağıtım kanalları, perakendeciler gibi birçok işletmeyi kapsayan tedarik zincirinde, SCM, kaynakların ortak kullanımı sayesinde sinerji yaratmayı hedeflemektedir (Güleş ve diğ., 2007:11) Başlangıç noktası tüketici uç noktası ise hammadde tedarikçileri olan bir yığın işletme yerine bunların tamamını ifade eden tek bir firma görünümündeki tedarik zinciri; şirketlerin iç çalışmalarını en uygun ve basit bir şekilde getirirken, aynı zamanda tüm tedarik zincirinin çalışmasını incelemekte ve çalışmaları incelemek ve iyileştirmek suretiyle de şirketlerin tüketiciye karşı yapmaları gerekenleri en uygun duruma getirme olanakları sağlamaktadır (www.belgeler.com).

Tedarik zinciri tasarlanırken, zincir içerisindeki işletmelerin stoklarının minimize edilmesi, kalitenin iyileştirilmesi, teslim sürelerinin iyileştirilmesi, esneklik ve zincir boyunca kapasitenin dengelenmesi hedeflenir. Bu kapsamda tedarik zincirlerinin etkin bir şekilde oluşturulup yönetildiği bir işletmede aşağıdaki temel amaçlara ulaşılabilir (Büyükkökçü, 2007:19).

- ✓ Müşteri tatminini artırmak
- ✓ Çevrim zamanını azaltmak
- ✓ Stok ve stokla ilgili maliyetlerin azaltılmasını sağlamak
- ✓ Ürün hatalarını azaltmak
- ✓ Faaliyet maliyetlerini azaltmak

Bu amaçları gerçekleştirebilmek için firmaların, tedarikçileri ve onların tedarikçileri ile müşterileri ve onların müşterileri arasında tedarik zincirinin bütününde haberleşme ve bilgi paylaşımını artırmaları gerekmektedir (Türköz, 2007:7).

SCM'nin temel faydası, zincirdeki işletmelerin tüm faaliyetlerini içerecek şekilde plan yapması ve bu sayede hepsini ortak bir faydada buluşturmasıdır. Bu ortak fayda işletmeler arasındaki işbirliği ve yoğun iletişim sonucunda günümüzün rekabet öncelikleri olarak kabul edilen kalite, hız, maliyet ve güvenilirlik gibi konularında zincirin bütünü için avantaj elde etmesidir. (Güleş ve diğ., 2007:17). Etkin bir SCM'nin işletmeye sağladığı faydalara ilişkin yapılan bir çalışmada; tedarik zinciri optimizasyonu ile işletmeye sağlanan katma değer Tablo 1.1'de gösterilmiştir.

Tablo 1.1. Tedarik Zinciri Optimizasyonunun İşletmeye Sağladığı Katma Değer (Şen, 2006:6).

İyileşme Sağlanan Alanlar	Net Katkı (%)
Teslim Performansının İyileştirilmesi	15-28
Envanterin Azaltılması	25-60
Sipariş Karşılama Oranının İyileştirilmesi	20-30
Talep Tahmin Başarısı	25-80
Tedarik Çevrim Süresinin Kısaltılması	30-50
Lojistik Masraflarının Azaltılması	25-50
Verimlilik ve Kapasite Artışı	10-20

1.3. TERSİNE TEDARİK ZİNCİRİ

Küreselleşme ve bilgi teknolojilerindeki hızlı gelişim ürün yaşam döngüsünün kısalmasına ve müşteri tercih ve davranışlarının dinamik bir şekilde değişmesine yol açmıştır. Bu değişime uygun tedarik zincirlerinin tasarımı daha önemli hale gelmiştir. Son on yılda geri dönen ürünlerin toplanması ve geri dönüşümü gibi tersine lojistik (Reverse Logistics:RL) faaliyetlerini içinde barındıran tedarik zincirlerine (RSC, CLSC) artan bir ilgi vardır (Melo ve diğ., 2009:403).

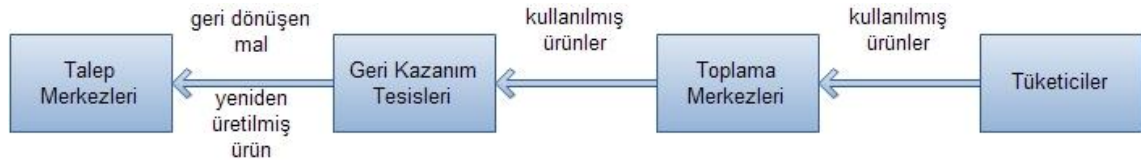
RL; hammaddelerin, nihai ürünlerin, süreçte bulunan envanterlerin ve bunlar hakkındaki bilgi akışının tüketim noktasından üretim noktasına tekrar değer elde etme veya düzgün bir şekilde elden çıkarma amacıyla verimli ve maliyet avantajlı akışını planlama yürütme ve kontrol etme sürecidir (Rogers, Tibben-Lembke ve Council, 1999:2).

RL; ürünlerin, parçaların ya da malzemelerin toplanıp üretim ya da geri dönüşüm sürecine dâhil edilmesinin ve gerektiğinde bu ürünlerin sahaya geri gönderilmesinin kontrol ve koordinasyonu olarakta ifade edilebilir (Nikolaidis, 2013:40).

Tersine tedarik zinciri yönetimi (Reverse Supply Chain Management:RSCM) anlayışı yaşam sürelerini tamamlamaları nedeniyle kullanım imkânı kalmamış ya da kalitesizlik, ürün geri çağırma ve garanti ve satış sonrası hizmet gibi nedenlerle iade edilen ürünlerin, tüketim noktalarından toplanması, muayene edilmesi ve bu ürünlere değer eklenerek ekonomiye tekrar kazandırılması çalışmalarını içermektedir. Bu süreçte rol alacak özel veya kamu sektörü firma ve kurumların tesis, bilgi yönetimi, insan kaynakları, ileri ve geri zincirlerin entegrasyonu gibi kısa ve uzun dönemli ihtiyaçlarını belirlemeyi ve bu ihtiyaçlara yönelik çözüm önerileri üretmeyi hedeflemektedir (Erol, 2006:4).

RSC, müşterilerden gelen iade ürünlerin bir toplama noktasına iadesi ile başlayan, bu iadelerin merkezi bir iade merkezinde toplandığı, toplanan ürünlerin incelenmesi ve sınıflandırılması işlemlerinin gerçekleştirildiği ve bir geri kazanım merkezinde yeniden üretim için değer oluşturabilecek bileşen ve malzemelerin dönüştürüldüğü ve ileri tedarik zincirinin çalışmasıyla müşteriye kadar tekrar uzanan bir ağ olarak tanımlanabilir (Özkır, 2009:13).

RSC (aynı zamanda RL olarak ta bilinir) kullanılmış ürünlerin toplanması, değer kazandırmak için işlenmesi ya da bertaraf edilmesi faaliyetlerini içerir. Herhangi bir RSC en az üç bileşenden oluşur bunlar; tüketicilerden geri dönen ya da toplanan ürünlerin toplandığı toplama merkezleri, yeniden üretim veya geri dönüşümün yapıldığı geri kazanım tesisleri ve geri kazanılmış ürünlerin satıldığı talep merkezleridir (Pochampally, Nukala ve Gupta, 2009:3). Şekil 1.9’da klasik bir RSC gösterilmiştir.



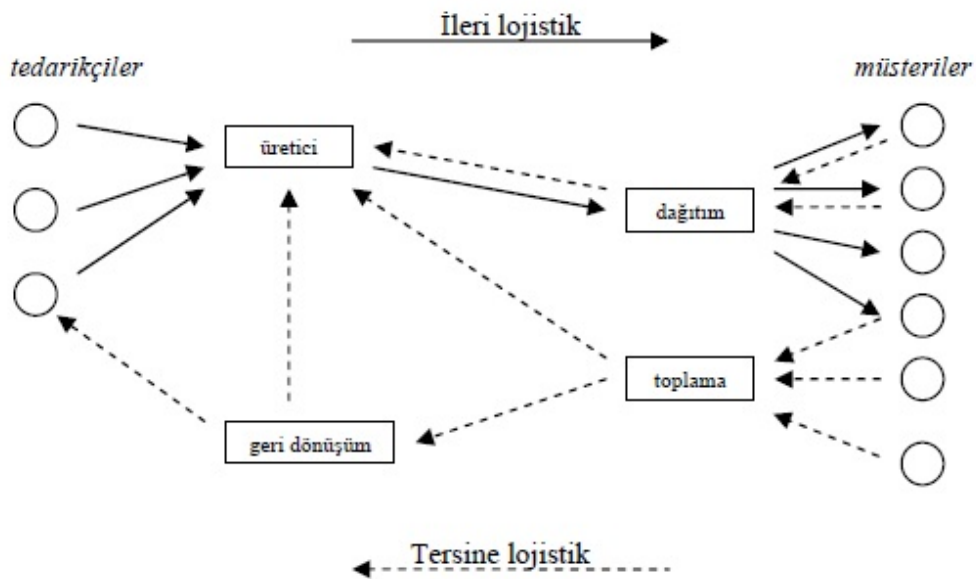
Şekil 1.9. Klasik RSC (Pochampally ve diğ., 2009:4).

İktisadi gelişmeler, çevre ve doğal kaynakların sürdürülebilirliği gibi insan yaşamına ait diğer durumların etkileri sebebiyle RL ağının tasarımı önemli bir sorundur (Amin, 2012:2).

Diğer bir sorun ise ileri ve tersine lojistik’de temel sorunlardan biri, iki dağıtımın nasıl bütünleştirileceğidir. Etkin bir dağıtım ağının oluşturulabilmesi için dikkat edilmesi gerekenler (Fleischmann ve diğ., 1997:4):

- ✓ Tersine dağıtım kanalında rol alan elemanların kim olduğu belirlenmelidir. Elemanlardan bazıları ileri lojistikte görev alan üyeler olabileceği gibi RL’ye özgü görevleri gerçekleştiren yeni üyeler de olabilir.
 - ✓ Tersine dağıtım kanalında hangi fonksiyonun nerede yerine getirileceği, tersine dağıtım kanalındaki olası fonksiyonlar olan toplama, ürün testi, sınıflandırma, taşıma ve ürün işlemenin nerede yapılacağı önceden belirlenmelidir.
 - ✓ İleri ve tersine dağıtım kanalı arasındaki ilişkinin ne olacağı, ileri ve tersine dağıtım ağlarının bütünleştirilmesi için her iki dağıtım ağındaki aktörler ayrı ayrı ele alındığında yetersiz olabilirler. İleri ve tersine dağıtım ağlarında aynı elemanlar kullanılıyor olsa bile iki dağıtımın fonksiyonları birbirinden farklı olduğu için bunların bütünleştirilmesinde karmaşıklıklar olacaktır.
- şeklinde sıralanabilir.

Şekil 1.10’da tersine dağıtım ağının yapısı en basit şekliyle ifade edilmiştir.



Şekil 1.10. Tersine Dağıtım Ağ Yapısı (Fleischmann ve diğ., 1997:5).

1.3.1. İleri ve Tersine Lojistiğin Karşılaştırılması

RL ve ileri yönlü lojistik arasında bazı önemli farklılıklar vardır. En önemli farklılık ileri lojistikte yeni bir mamulün üretimi ve dağıtımı söz konusu iken, RL’de kullanılmış mamullerin ayrıştırma, geri dönüşüm, geri kazanım ve yeniden üretim gibi çeşitli aşamalar sonrası dağıtımı söz konusudur (Güleş ve diğ., 2007:107).

Ters yöndeki akış, geri dönen ürünün kalite, miktar ve zamanlaması ile ilgili belirsizlikler sebebiyle, ileri yönlü akıştaki kadar planlı ve düzenli yapılamadığından çok daha maliyetli olmaktadır. Ayrıca, tersine akışta geri dönen ürünlerin taşınması, stoklanması ve elleçlenmesi de nispeten daha zordur ve özellikle tehlikeli madde içeren ürünler için özel ekipmanlar da gerekebilmektedir. RL ile ileri lojistik arasındaki bu farklılıklar sebebiyle bir işletmenin mevcut lojistik yapısına RL işlemlerini de dahil etmesi oldukça zordur (Büyükkelik. 2007:17). Tablo 1.2’de ileri ve tersine lojistiğin bazı özellikleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo 1.2. İleri ve Tersine Lojistik Arasındaki Farklar (Tibben-Lembke ve Rogers, 2002: 276).

İleri Lojistik	Tersine Lojistik
Tahminler göreceli olarak belirgindir.	Tahminler daha zordur
Taşıma tek noktadan çok noktaya doğrudur.	Taşıma çok noktadan tek noktaya doğru
Ürün kalitesi standarttır.	Ürün kalitesi standart değildir
Ürün paketi muntazamdır.	Ürün ambalajı genellikle hasarlıdır
Gidilecek yer belirlidir.	Gidilecek yer belirli değildir
Kanallar standartlaştırılmıştır.	İstisnalarla yönlendirilir
Fiyat göreceli olarak standarttır.	Fiyat birçok faktöre bağlıdır
Hız önemlidir.	Hız çoğunlukla öncelikler arasında değildir
İleri dağıtım maliyetleri muhasebe sistemleri tarafından dikkatle takip edilmektedir	Tersine maliyetler daha az belirgindir
Stok yönetimi tutarlıdır	Stok yönetimi tutarlı değildir
Ürün yaşam döngüsü yönetilebilir	Ürün yaşam döngüsü konusu daha karmaşıktır
Taraflar arası anlaşmalar belirgindir	Taraflar arası anlaşmalar ilave varsayımlar nedeniyle daha karmaşıktır
Pazarlama metotları belirlidir	Pazarlama birçok faktörden dolayı karmaşıktır
Ürünü izlemek için tam zamanlı bilgilere ulaşılabilir	Sürecin izlenebilirliği fazla şeffaf değildir

İleri lojistikte maliyetler tanımlanmıştır ve belirlidir. Ancak RL’de maliyetler ileri lojistikten farklı şekildedir (Karaçay, 2005:325). Tablo 1.3’ te ileri ve tersine lojistiğin maliyet açısından farklılıkları gösterilmiştir.

Tablo 1.3. İleri ve Ters Lojistik Maliyetleri (Tibben-Lembke ve Rogers, 2002: 278)

Maliyet	İleri lojistikle karşılaştırma
Taşımacılık	Daha fazla
Stok bulundurma maliyeti	Daha az
Fire	Daha az
Eskime (değer yitirme)	Daha fazla olabilir
Toplama	Çok yüksek- standartlaşma daha az
Sınıflandırma/kalite tanımlama	Daha fazla
Yenileme	Tersine lojistik için önemlidir, ileri lojistik için bulunmamaktadır
Defter değerindeki değişim	Tersine lojistik için önemlidir, ileri lojistik için bulunmamaktadır

1.4. KAPALI DÖNGÜ TEDARİK ZİNCİRİ

Klasik ileri tedarik zinciri süreci, tüketicide son bulur. CLSC ileri tedarik zincirinden farklı olarak geri dönüş faaliyetlerini içermekte ve üreticinin tüm tedarik zinciri faaliyetlerini bütünleştirmesi ile birlikte tedarik zincirine ilave değer kazandırılmasını amaçlanmaktadır. Dolayısıyla, CLSC faaliyetleri, klasik ileri tedarik zinciri faaliyetlerine ilave olarak RSC faaliyetlerini de içermektedir. Bu faaliyetler (Guide ve diğ., 2003:1);

- ✓ Son kullanıcıdan ürünlerin elde edilmesi
- ✓ Ürünlerin kullanım noktasından bozunma noktasına iletilmesi için RL uygulama
- ✓ Ürünün durumunu tespit etmek ve en yüksek ekonomik faydayı sağlayacak şekilde yeniden kullanım seçeneğini belirlemek üzere test etme, sınıflama, bozunma işlemleri
- ✓ Doğrudan yeniden kullanım, tamir, yeniden üretim, geri dönüşüm ve tamamen bozunma yeniden kullanım seçeneklerinden en yüksek ekonomik faydayı sağlayacak olan seçeneğin belirlenmesi
- ✓ Geri kazanılan ürünlerin yeniden pazarlanması ve dağıtım işlemleridir.

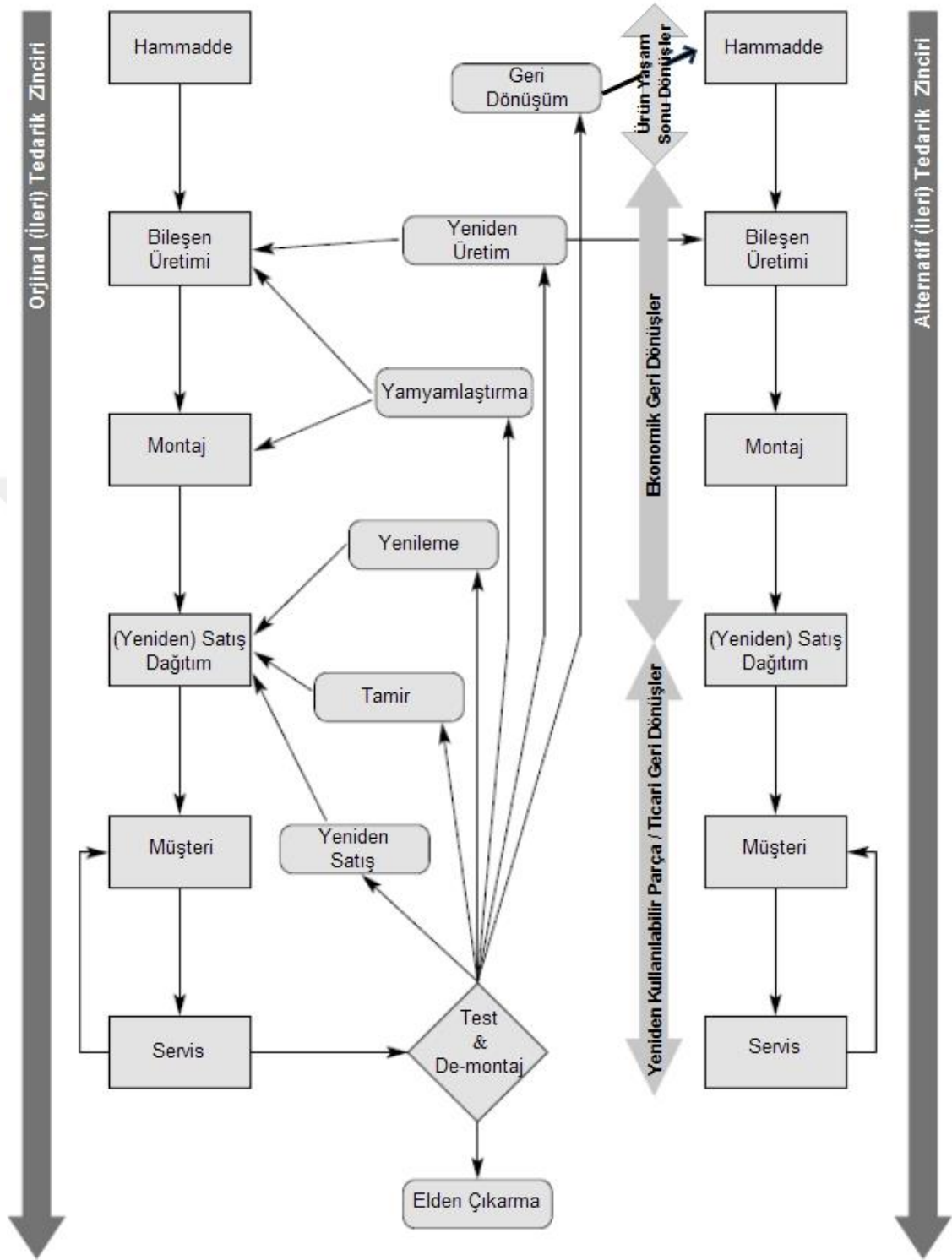
CLSC ileri tedarik zinciri ve RSC'den oluşmaktadır. Döngü, ürünün tamamı ile yeniden kullanımı, bileşen ya da malzemelerin yeniden kullanımı seçenekleri ile kapatılır (Krikke, Blanc ve Velde, 2004:24).

CLSC, bir ürünün ömür döngüsü boyunca değişik tür ve hacimlerde dinamik bir geri dönüşüm ile değer yaratımını en yüksek düzeye çıkarmayı amaçlayan sistemdir (Nikolaidis, 2013:21).

CLSC aşağıdaki faaliyetleri içerir (Blumberg, 2005:12).

- ✓ İleri lojistik ve SCM: Orijinal malzeme, parça ve nihai ürünlerin merkezi perakende ve dağıtım sistemine ve bölgesel ve yerel tedarik noktalarından son kullanıcıya doğru malzeme akışının kontrolü ve yönetimi
- ✓ RL: Bu sistem kapalı döngü sistemiyle bütünleşik ya da bağımsız olarak kurulabilir. Bu sistem malzeme, parça ve ürünlerin uygun geri kazanım işlemlerinin ardından dağıtılması
- ✓ Tamir, işleme, tanımlama ve elden çıkarma: RL faaliyetleri sonucu geri dönen ürünlerin incelenmesi sonucu tamir ya da elden çıkarma seçeneklerine karar verilmesi bu geri dönen ürün, bileşen ya da malzemelerin ileri tedarik zincirine ya da ikincil pazarlara satışı

Şekil 1.11'de genel bir CLSC modeli geri kazanım seçenekleri, geri dönüşler ileri ve RSC'nin tüm aşamaları gösterilmiştir.



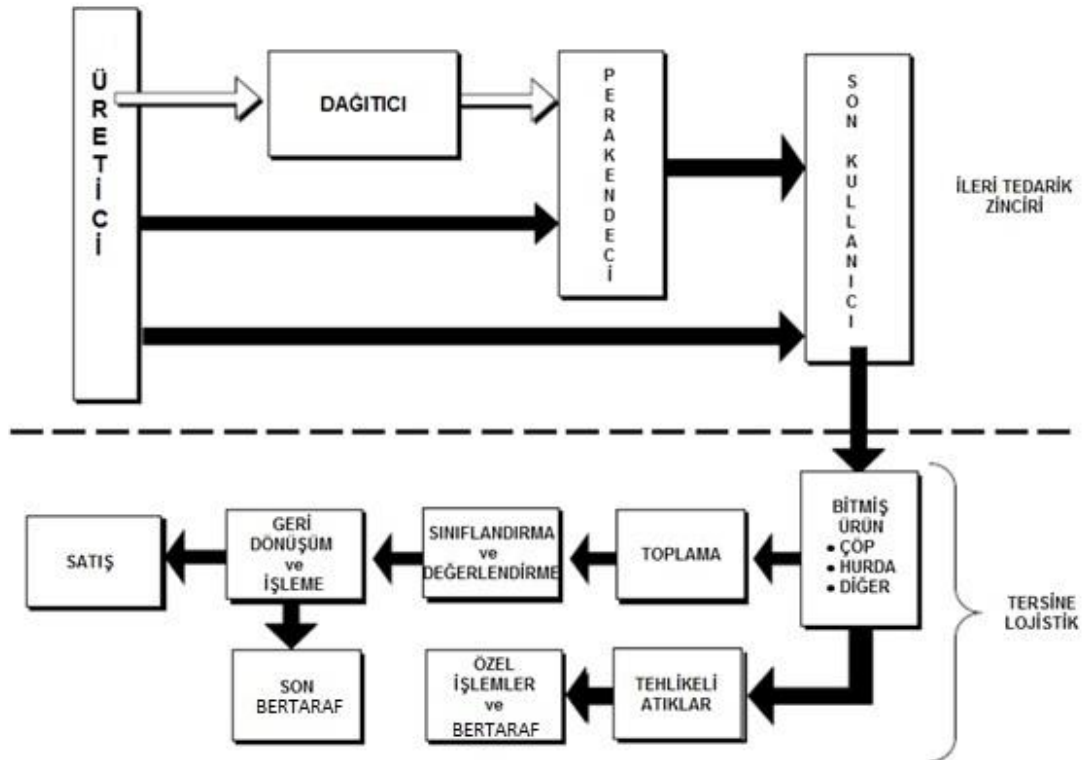
Şekil 1.11. Genel CLSC (Krikke ve diğ., 2004:27).

1.4.1. CLSC İşletme Modelleri

CLSC modelleri, üretici, satıcı, alıcı, kullanılan dağıtım kanalı ve kullanılan üçüncü ve dördüncü parti lojistik sağlayıcılarının özellikleri ve prosesteki materyalin değerine göre dört sınıfta incelenebilir. (Blumberg, 2005: 12-16) Bu modeller aşağıdaki gibi özetlenebilir.

1.4.1.1. Bağımsız RL İçeren CLSC

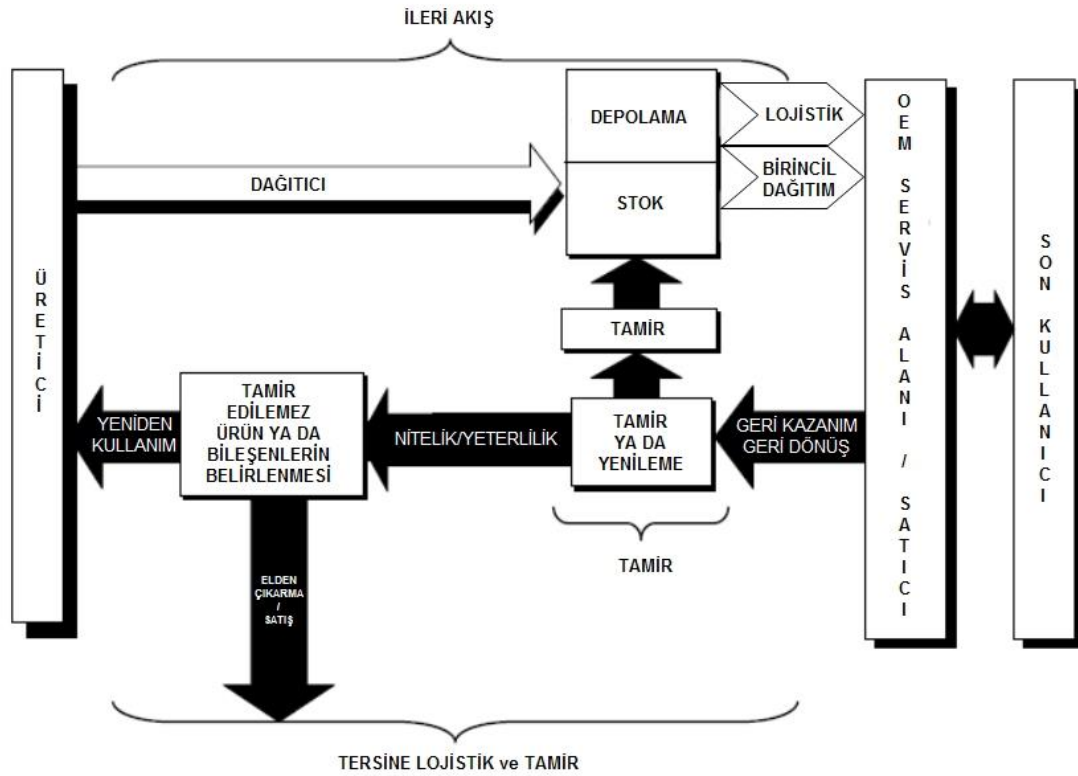
Bağımsız RL içeren CLSC modelinde istenmeyen malzeme ve ürünlerin işlenmesi ve uygun bir şekilde bertarafı ileri lojistikten bağımsız olarak gerçekleştirilir. Geleneksel atık ve hurda için uygun bir model şeklidir. Genellikle belediye hizmetlerinde atık yönetiminde tercih edilir. Model ekonomik bir şekilde bertaraf ve atık yönetimine odaklı bir modeldir. Şekil 1.12’de model tüm süreçleri ile gösterilmiştir.



Şekil 1.12. Bağımsız RL İçeren CLSC (Blumberg, 2005:13).

1.4.1.2. İleri Teknoloji Ürünler İçin CLSC

İleri teknoloji ürünler için entegre edilmiş ileri ve tersine lojistik ile tamir hizmeti döngüsü içeren CLSC’de genellikle OEM (Original Equipment Manufacturer: OEM) kendi üretim hattını destekler ve RL sürecinin sorumluluğunu doğrudan üzerine alır. Geri dönen ürünler, parçalar veya bileşenler OEM tarafından OEM’i temsil eden dolaylı kanallar ya da OEM’in kendi alan hizmet ağı aracılığıyla geri kazanımı gerçekleştirilir. RL akışı, ya malzemeyi yeniden tedarik için stoğa geri koymakla sonuçlanır ya da niteleme ve yeniden kullanım sürecine dönüşür. Niteleme işlemi sonucunda malzeme yeniden kullanılmak üzere üretim aşamasına gider veya ikincil pazarlara satılır.

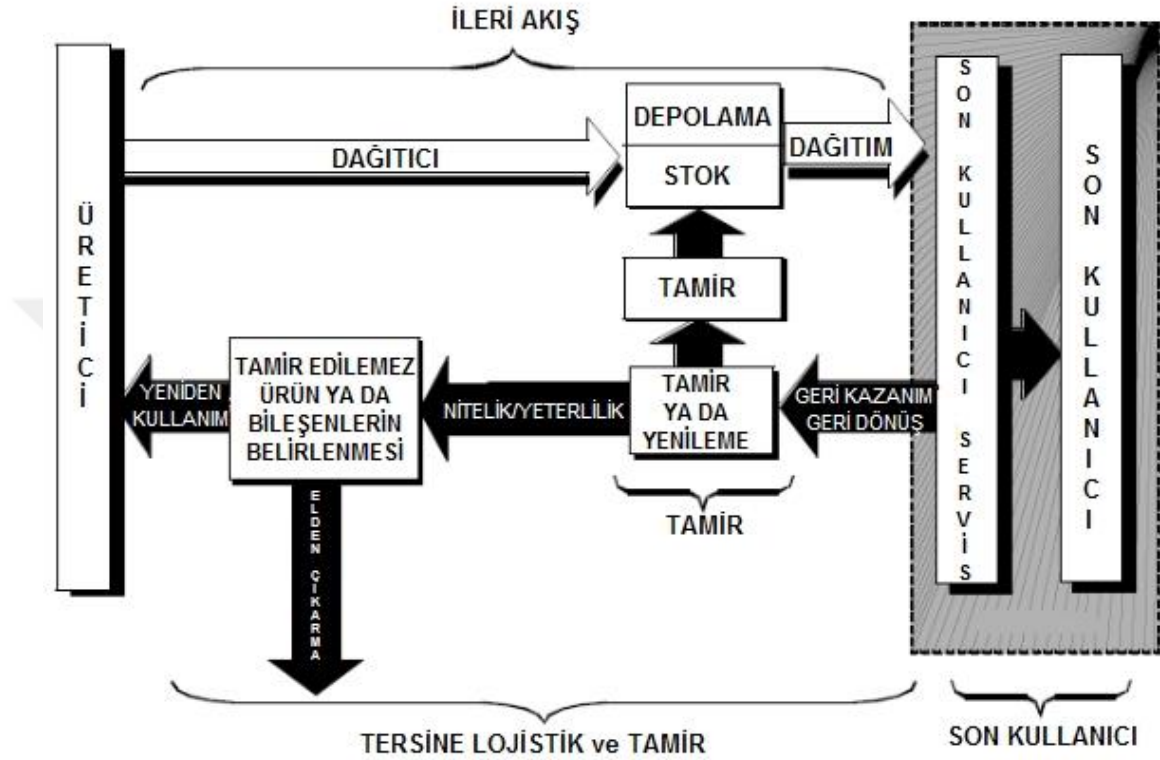


Şekil 1.13. İleri Teknoloji Ürünler İçin CLSC (Blumberg, 2005:14).

1.4.1.3. Alternatif Yüksek Teknoloji Ürünleri İçin CLSC:

Düşük teknoloji ürünler için bağımsız ileri, tersine lojistik ve tamir hizmeti döngüsü içeren CLSC’de son kullanıcı dışı OEM ya da dolaylı satıcı kanalları yerine kendi donanımını ya da kendi tedarik zinciri sürecini kullanır. Bu durumda alıcı kendi

nüfuzunu ya da üçüncü parti tedarikçileri kullanarak RL ve tamir işlemleri için daha fazla sorumluluk alır. Esasında kimin hangi işlemlerden sorumlu olduğu haricinde bu süreç ileri teknoloji sürecine çok benzemektedir. Bu modelde ileri ve tersine lojistik birbirinden bağımsızdır ve OEM tüm süreci kontrol etmemektedir.



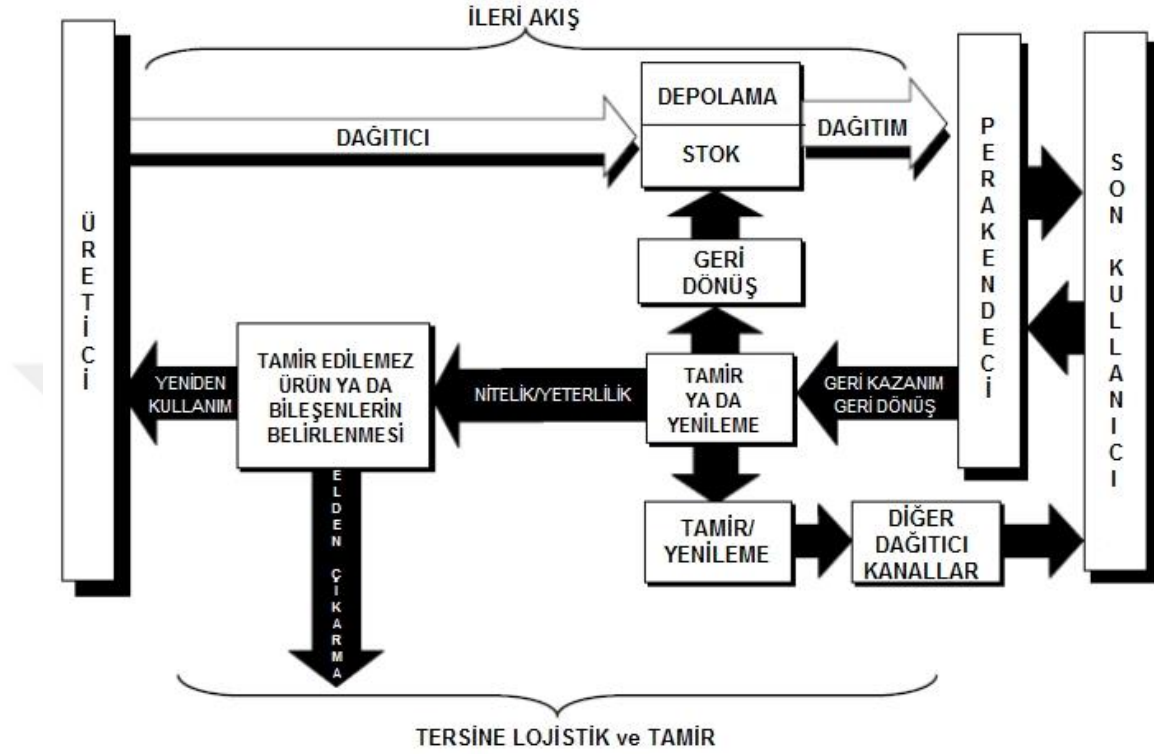
Şekil 1.14. Düşük Teknoloji Ürünler İçin CLSC (Blumberg, 2005:15).

1.4.1.4. Tüketici Merkezli CLSC

Tüketici merkezli CLSC'de başlıca etkileşim perakendeci ile OEM arasındadır. Alıcıdan satıcıya geri gönderilen ürünlerin bazıları hatalıdır ya da sadece satın alınıp geri iade edilmiştir. İadelerin bir kısmı satıcının envanterini düzenlemesi için geri gönderdiği satılamamış ürünlerdir. Bu süreç tipik bir tüketici ürünleri ve malzemeleri geri çağırma sürecidir. Modelde iki RL bağlantısı vardır, bunlar tüketiciden perakendeciye ve perakendeciden OEM'e şeklindedir.

Şekil 1.15'te tüketici merkezli CLSC gösterilmiştir. Bu tip modelde geri dönen ürünleri perakendeciler toplar ve geri kazanım ya da geri dönüş sürecine dâhil eder. Toplanan ürünlerin bir kısmı tamir ya da yenileme işlemine tabi tutularak üreticinin

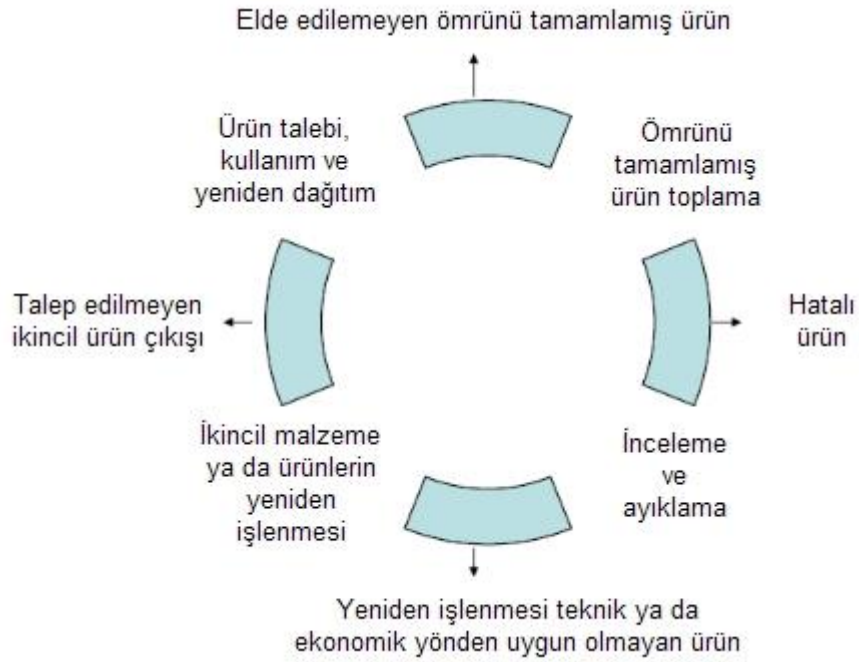
dağıtım kanalı ya da diğer dağıtıcı kanalları kullanarak son kullanıcılara ulaştırılır. Geri kalan ürünler niteleme işleminden sonra ikincil pazarlara satılır ya da yeniden üretimde kullanılmak üzere üreticilere gönderilir.



Şekil 1.15. Tüketici Merkezli CLSC (Blumberg, 2005:16).

1.4.2. CLSC Temel İşlemleri

Genel bir RSC ya da CLSC şekil 1.16'da gösterilen beş grup faaliyeti ihtiva eder (Kumar ve Malegaeant, 2006: 1129).



Şekil 1.16. CLSC Temel İşlemler (Kumar ve Malegaeant, 2006: 1129).

Toplama (Collection): Kullanılmış ürünlerin fiziksel olarak bir yerden başka bir yere taşınmasını içerir. Bazen satın alma, taşıma ve depolama faaliyetlerini de içerebilir (Fleischmann, 2000:49).

İnceleme ve Ayıklama (Inspection/Seperation): Kullanılmış ürünlerin tekrar kullanılabilir olduğuna ya da bozunması gerektiğine karar verilen aşamadır. De-montaj, parçalama, test, sıralama ve depolama faaliyetlerini de içerebilir (Fleischmann, 2000:50).

Yeniden İşleme (Re-processing): Yeniden kullanılabilir olacak olan ürünlere bazı işlemlerin uygulanması ile ürünlerin kullanılabilir hale getirilmesini içerir. Uygun görülen geri kazanım seçeneğine bağlı olarak de-montaj (disassembly), küçük parçalara ayırma (shredding), yenisi ile değiştirme (replecemant) ve tamir (repair) gibi faaliyetleri de içerebilir (Kumar ve Malegant, 2006: 1129).

Yok etme (Disposal): Teknik ya da ekonomik nedenlerden dolayı yeniden kullanımı mümkün olmayan ürünlerin yok edilmesi için yapılan uygulamaları içerir. Bu uygulamalar: Taşıma (transportation), Toprağa gömme (landfill) ve Yakma (incineration) işlemleridir (Fleischmann, 2000: 50).

Yeniden Dağıtım (Re-distribution): Yeniden kullanımı mümkün olan ürünlerin potansiyel yeni kullanıcılara ulaştırılmak üzere yeni pazarlara fiziksel olarak ürünlerin taşınması işlemidir. Satış (sales), taşıma (transportation) ve depolama (storage) faaliyetlerini içerir (Fleischmann, 2000: 50).

1.4.3. Ürün Geri Dönüş Nedenleri

Üretilen mamüller tedarik zincirinin herhangi bir aşamasında geri dönebilirler. Literatürde ürün iadelerinin sınıflandırılması ile ilgili çalışmalar mevcuttur.

Fleischmann, ürün iadelerini, kullanım sonu iadeleri, ticari iadeler, garanti iadeleri, üründe oluşan üretim hataları ve paketlemedeki hatalar sonucu oluşan iadeler olmak üzere beş sınıfta toplamıştır (Fleischmann, 2000: 22).

Ferguson ve Souza, CLSC'deki ürün geri dönüşlerini üç grupta ifade etmişlerdir (Ferguson ve Souza, 2010:3):

✓ **Tüketiciden dönen ürünler:** Bu tip geri dönüşler perakendecinin tüketicilerinden sebepsiz iade kabul politikalarından kaynaklanmaktadır. Örneğin 15-30 gün içerisinde, satılan yazıcıların yaklaşık %5-6'sı iade edilmektedir.

✓ **Ürün kullanım sonu dönüşleri:** Tüketiciler tarafından yoğun bir şekilde kullanılan çoğu olmasa da bir kısmı fonksiyonelliğini devam ettirmektedir. Örnek olarak batı ülkelerinde tüketicilerin ortalama 18 ayda cep telefonlarını değiştirmeleri verilebilir.

✓ **Ürün yaşam sonu dönüşleri:** Ürün yaşam döngüsünün sonuna varmış ürünlerin iadesini içerir. Bu tür geri dönüşler için uygun bozunma kararları verilmelidir. Örnek olarak fonksiyonelliğini yitirmiş ve tamiri ekonomik olmayacak şekilde pahalı olan çok eski elektronik ürünler, yıpranmış lastikler ve eski halılar verilebilir.

De Brito ve Dekker, ürün iadelerini üç grupta toplamıştır (De Brito ve Dekker, 2002:8):

✓ **Üretim İadeleri:** Hammadde fazlalıkları, kalite kontrol iadeleri ve üretim kalıntılarıdır.

✓ **Dağıtım İadeleri:** Ürün geri çağırılması, ticari iadeler (satılamayan ürünler ve hatalı ya da hasarlı teslimatlar) ve stok ayarlamaları

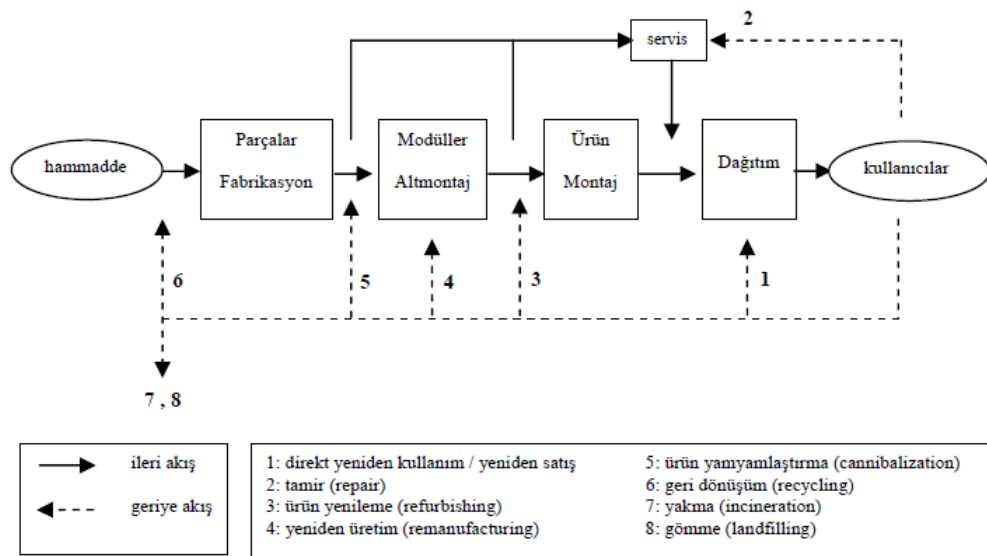
✓ Tüketici İadeleri: Geri ödeme garantisinden kaynaklı iadeler, garanti iadeleri, servise gönderilen ürünler, ürün kullanım sonu ve ürün yaşam döngüsünü tamamlamış ürünlerin iadeleri

Krikke ve diğ. ürün geri dönüşlerini dört grupta toplamışlardır (Krikke ve diğ., 2004:26):

- ✓ Ürün yaşam döngüsünü tamamlamış ürünlerin iadeleri
- ✓ Kullanılmayan ürünlerin iadesi
- ✓ Ticari iadeler: Bu tip iadelerin büyük bir çoğunluğunu e-ticarette satın alınan ürünlerin kısa bir süre içinde iadeleri oluşturmaktadır. Garanti iadeleri ve ürün geri çağırma kaynaklı iadelerde bu gruba dahil edilebilir.
- ✓ Yeniden kullanılabilir malzemelerin iadesi: Bu tip iadeler ana ürünün dağıtımı ve kullanımı sonucu gerçekleşen iadelerdir. Örnek olarak doldurulabilir kartuşlar, şişeler ve tek kullanımlık fotoğraf makineleri verilebilir.

1.4.4. CLSC Geri Kazanım Seçenekleri

Ürün geri kazanımı ve atık yönetimi faaliyetleri Şekil 1.17’de gösterilmiştir. Geri dönen ürün ve bileşenler direkt yeniden satılabilir, geri kazanılabilir ya da bozunması (yakma veya gömme) uygun görülebilir. Geri kazanım seçenekleri: tamir, yenileme, yeniden üretim, yamyamlaştırma ve geri dönüşümdür (Thierry ve diğ., 1995:117).



Tamir: Geri dönen kullanılmış ürünün yeniden çalışır veya kullanılabilir hale getirilmesi amaçlanır. Tamir edilmiş ürünün kalitesi yeni ürün kalitesine göre genellikle biraz daha düşüktür. Ürünün tamiri kırık veya bozulmuş parçaların tamiri veya değiştirilmesini içerir (Thierry ve diğ., 1995:118).

Ürün Yenileme: Kullanılmış ürünü belirlenmiş kalite standardına getirme işlemidir. Ürün de-monte edilip incelenir değiştirilmesi gereken bileşenler değiştirilir. Yenileme teknolojik güncellemeleri de içerebilir, ürünün bileşenleri daha yeni teknoloji ile üretilmiş olanlarla da değişebilir (Kumar ve Malegeant, 2006: 1129).

Yeniden Üretim: Yeniden üretimin amacı, kullanılmış ürünü yeni ürüne çok titiz bir şekilde uygulanan kalite standartlarına uygun hale getirmektir. Kullanılmış ürün tamamen de-monte edilir tüm bileşenler ve parçalar incelenir. Eskimiş, kırılmış ya da teknolojisi eskimiş bileşenler yenisi ile değiştirilir. Tamir edilebilir parça ve bileşenler tamir edilerek test edilir (Thierry ve diğ., 1995:119).

Ürün Yamyamlaştırma: Yukarıda bahsedilen üç geri kazanım seçeneğinde de kullanılmış ürünün büyük bir kısmı yeniden kullanılmaktadır. Yamyamlaştırmada ise ürünün küçük bir kısmı yeniden kullanılabilir. Amaç, yamyamlaştırma ile kullanılmış ürün ya da bileşenden kullanılabilir durumda olan sınırlı miktardaki parçanın alınmasıdır. Alınan bu parçalar tamir yenileme veya yeniden üretim faaliyetlerinde kullanılır (Thierry ve diğ., 1995:119).

Geri Dönüşüm: Diğer ürün geri kazanım seçeneklerinde amaç, kullanılmış ürün ve bileşenlerin fonksiyonlarının ve özelliklerinin mümkün olduğu kadar korunmasıdır. Geri dönüşümde ürün ve bileşenlerin fonksiyon ve özellikleri tamamen yok olur. Geri dönüşümün amacı kullanılmış ürün ve bileşenlerin materyallerinin yeniden kullanılmasıdır. Kazanılan materyallerin kalitesi yüksek ise orijinal parça üretiminde kullanılabilirken kalite yüksek değilse üretimin diğer kısımlarında kullanılabilirler (Thierry ve diğ., 1995:120).

Krikke ve diğ., ürün geri kazanım seçeneklerini Tablo 1.4'teki gibi geri kazanım seçeneklerindeki işlemler, çıktılar ve değerlendirme alanlarına göre ifade etmişlerdir (Krikke ve diğ., 2004:25).

Tablo 1.4. Ürün Geri Kazanım Seçenekleri (Krikke ve diğ., 2004:25).

Seçenekler	İşlemler	Çıktı	Değerlendirme alanı
Doğrudan yeniden kullanım	Hasar tespit ve düzeltme	Aynı ürün	Mevcut ya da benzer pazarlar
Tamir	Bazı bileşenleri onarma ya da değiştirme suretiyle ürünü çalışır hale getirme	Aynı ürün	Mevcut ya da benzer pazarlar
Yenileştirme	Bazı bileşenleri onarma ya da değiştirme suretiyle kritik parçaların incelenmesi ve geliştirilmesi	Geliştirilmiş orijinal ürün	Mevcut ya da benzer pazarlar
Yeniden imalat	Kısmen eski bileşenlerin kullanımı ile yeni ürünlerin imalatı	Yeni ürün	Mevcut ya da benzer pazarlar
Yamyamlştırma	Bileşenlerin geri kazanımı	Bazı parçalar yeniden kullanılır, diğerleri hurdaya ayrılır	Mevcut ve alternatif pazarlar
Hurda	Parçalama, tasnif, geri dönüşüm, elden çıkarma	Malzemeler ve atık madde	Alternatif pazarlar

CLSC, geri kazanım ve bozunma seçenekleri en çok değer üreten seçenektan en az değer üreten seçeneğe doğru, yeniden kullanım, tamir, yenileme, geri dönüştürme, yok etme ve atık gömme şeklindedir. Şekil 1.18’de değeri üretimine göre geri kazanım seçenekleri gösterilmektedir (Kumar ve Malegeant, 2006:1130).



Şekil 1.18. CLSC Geri Kazanım Seçenekleri Piramidi (Kumar ve Malegeant, 2006:1130)

1.4.5. CLSC'nin Önemi ve Faydaları

Son zamanlarda, ekonomik fayda sağlaması açısından tüketicilerden geri dönen ürünlerin yönetimi, üreticilerin ilgisini çekmektedir. Üreticilerin bu konuyu ele almalarındaki diğer önemli iki neden; resmi kısıtlamalar ve çevresel konulara tüketicinin bakış açısının değişmesidir. Bu resmi kısıtlamalar endüstrileşmiş birçok ülkede firmaların kullanılmış ürünlerini geri alma yasalarını uygulamasını kapsamaktadır. Bu yasalara göre, firmalar ürünlerini geri almak ve onları uygun bir şekilde bertaraf etmekle yükümlüdürler (Şengül, 2009:129).

Genellikle mamul miktarı ve geri dönen mamul değerinin yüksek olduğu endüstrilerde geri dönüşüm süreçlerinin geliştirilmesi için çok çaba sarf edilir. Otomotiv endüstrisi buna iyi bir örnek olabilir. Otomotiv parçası yeniden üretim derneğinin tahminine göre; yeniden üretilen otomotiv parçası değerinin ekonomik büyüklüğü 36 milyar \$ dır. Örneğin yedek parça olarak satılan marş ve alternatörlerin %90-95'i yeniden üretilmiş olan parçalardır. Ayrıca yeniden üretim büyük oranda kaynakların korunmasını sağlamaktadır. ARPA'ya (İleri Araştırma Projeleri Birliği) göre orijinal marşların yaklaşık %50'si geri dönüşüm süreci sonucunda elde edilmiştir. Bu durum milyonlarca ham petrol, çelik ve diğer materyallerin tasarrufunu sağlar (Rogers ve diğ., 1999:6).

Yeniden üretim ve RL'yi bütünleştiren CLSC, sosyal sorumluluğa artan ilgi ve ekonomik ömürleri süresince kaynak kullanımını azaltma gibi sosyal amaçları karşılamada önemli bir araç olarak kabul edilebilir (Wells ve Seitz, 2005:249).

Kumar ve Malegeant, CLSC'nin sağladığı fayda ve değer yaratan tedarik zinciri fırsatlarını aşağıdaki gibi ifade etmişlerdir (Kumar ve Malegeant, 2006:1130).

Hizmet/Pazar

- ✓ İade hizmeti müşteri memnuniyetini artırır
- ✓ Araştırma-geliştirme ve pazarlama süresi azalır
- ✓ Yedek parça bulunabilirliğinin artması
- ✓ Erken geri dönüşler sayesinde istenilen değişikliklerin ürüne zamanında uyarılması
- ✓ Yeniden yapılandırma sayesinde ürün kalitesi gelişir
- ✓ Proaktif onarım
- ✓ Yeşil imaj

Değer Yaratma Fırsatları

- ✓ Sorumluluk riski azalır
- ✓ Malzeme ve bileşenlerin yeniden kullanım değeri artar
- ✓ İş gücünün geri kazanım değeri artar
- ✓ Bertaraf maliyetlerinin azalır
- ✓ Zamanında geri dönüşlerle eskime riski azalır
- ✓ Yedek parçaların yeni üretimi azalır
- ✓ Geri dönüşlerin azalması

Çevre/Güven

- ✓ Çevreye etki azalır
- ✓ Yasalara uyma
- ✓ Hatalı ürünlerin geri çağırılması oranı artar

Yeniden üretim ve yenileme faaliyetlerini içeren CLSC, ürün kullanım ömrünün uzatılması ve enerji ve kaynak kullanımını azaltması sayesinde ekonomik ve çevresel fayda sağlar (Ferguson ve Souza, 2010:5).

CLSC, doğal kaynakları ve düzenli depolama alanlarını korunmasının yanında toksik maddelerin çevreye olan olumsuz etkilerini giderilmesine ayrıca geri kazanılmış malzemelerin kullanımı ile enerji tasarrufu sağlanmasına katkıda bulunur (Stindt ve Sahamie, 2012:2).

Gelişen teknoloji ve tüketicinin son teknolojiyi takip etme isteği tüketim hızını artırmış ve bu durum çeşitli çevre sorunlarına neden olmuştur. Bu problemlerin bertaraf edilmesi için kullanılmış ürünlerin üretim sürecine yeniden dâhil edilmesi gerekir ve böylece aşağıdaki kazanımlar da elde edilir (Pochampally ve diğ., 2009:271).

✓ **Doğal kaynakların korunması:** Üretim sürecinde işlenmemiş malzemeler yerine yeniden işleme süreci sonucunda elde edilen malzeme ve bileşenlerin kullanılması ile petrol ve maden gibi doğal kaynakların çıkarımına olan ihtiyaç azalır ve böylece doğal kaynakların israfı kısmen önlenmiş olur.

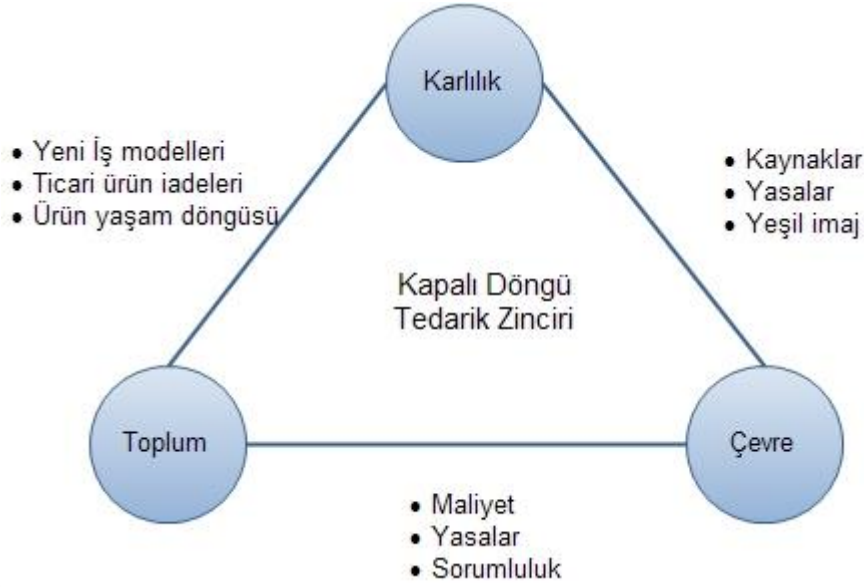
✓ **Enerjinin tasarrufu:** Üretim sürecinde işlenmemiş malzemeler yerine geri kazanılmış malzeme ve bileşenlerin kullanılması ile genellikle daha az enerji tüketilmiş olur.

✓ **Temiz su ve havanın korunması:** Üretim sürecinde işlenmemiş malzemelere kıyasla geri kazanılmış malzeme ve bileşen kullanımı hava ve su kirliliğini azaltır.

✓ **Çöp sahalarına (gömme alanı) olan ihtiyacın azalması:** Üretim sürecinde geri kazanılmış malzeme ve bileşen kullanımı atık miktarının azalmasını sağlar.

✓ **Para tasarrufu:** Üretim sürecinde geri kazanılmış malzeme ve bileşenlerin kullanılması işlenmemiş malzeme kullanımına kıyasla daha az maliyetlidir.

CLSC işletmelere düşük satın alma, üretim ve servis maliyetleri, düşük bozunma maliyeti, yeni pazarlara ulaşma ve oluşan yeşil imajdan dolayı ekstra satışlar gibi avantajlar sağlar (Flapper, Van Nunen ve Van Wassenhove, 2005:17). Şekil 1.19'da işletme (karlılık), çevre ve toplumun CLSC ile ilişkisi gösterilmiştir.



Şekil 1.19. CLSC'nin Karlılık, Toplum ve Çevre ile İlişkisi (Flapper ve diğ., 2005:197).

1.4.6. İşletmelerin CLSC ile İlgilenmeme Sebepleri

Kumar ve Malegeant, işletmelerin geri dönen ürünlere değer kazandırma ve dolayısı ile CLSC ile ilgilenmeme sebeplerini aşağıdaki gibi ifade etmişlerdir (Kumar ve Malegeant, 2006: 1129-1130).

✓ İşletmeler genellikle ana işlerine odaklıdırlar ve CLSC sistemlerinin farkında değildirler.

✓ CLSC'nin kurulması RL faaliyetlerinin de sisteme dâhil olması nedeni ile elde etme, taşıma, yeniden üretim, yeniden üretim tesisi kurulumu gibi ek maliyetlere katlanması anlamına gelir.

✓ CLSC geri kazanım için ürün tasarımı, yeniden yapılandırma, ürün veri yönetimi, kurulu sistem desteği, ürün ömrü senaryoları gibi düşünülmesi gereken ek işlemlerden dolayı SCM sürecini karmaşıktırır.

✓ Pazarlamacılar kullanılmış ürünlerin yeniden kullanımının marka imajını zedeleyeceğini düşünebilirler.

✓ CLSC tasarımı geri dönüş zamanı ve geri kazanım miktarında belirsizlik, geri kazanımları talep ile dengelemek, demontaj, geri dönüştürülen malzemelerdeki belirsizlik, RL, malzemeleri eşleştirme mecburiyeti, güzergâh belirsizliği, işlem süresi belirsizliği gibi zorluklar içerir.

✓ Dayanıksız ürünler gibi bazı ürün grupları için CLSC'nin uygulanmasında çeşitli zorluklar mevcuttur.

1.4.7. CLSC Tasarım Prensipleri

CLSC'nin ileri lojistikten hangi açılardan farklı olduğunu ve bu farklılığın tasarım prensiplerini nasıl etkilediğini incelemek gereklidir (Krikke ve diğ., 2001:2-3).

CLSC ileri lojistikten şu açılardan farklıdır

✓ Maliyet ve hizmete ek olarak amaç fonksiyonunu karmaşıklaştıran çevresel faktörler vardır.

✓ Kapalı döngülü sistemlerde ürün akışı sayısının artmasına ve ürün akışları arasındaki etkileşime bağlı olan sistemin aşırı karmaşık ve miktar, kalite, mahiyet ve zamanlama konuları ile ilişkin sistemin tedarik tarafı belirsizdir.

✓ Çoğu zaman arz ile talep arasında bir uyumsuzluk vardır. Bu uyumsuzluk, üretim ve geri dönen ürünlerin talep ve üreticinin gereksinimleri ile uyuşmamasıdır.

✓ Kullanılmış ürünler RSC için ham maddelerdir. İleri zincirden farklı olarak birçok hammadde kaynağı vardır ve bu hammaddeler çok az ya da sıfır maliyetle elde edilirler. Buna rağmen bu geri kazanım akışının değeri çok düşük olur ve toplam akışın küçük bir kısmı ile sınırlandırılabilir.

✓ Keşfedilmemiş pazar fırsatları, çevresel gereklilikler yeni pazarların oluşmasına temel teşkil edebilir ya da bu gereklilikler üretim sürecinin türev ürünleri için mevcut organizasyonların yeniden yapılanması ile sonuçlanabilir.

CLSC ile ileri lojistik arasındaki bu farklılıklar CLSC tasarımında ileri lojistik tasarım ilkelerine ilave ilkeler olmasını gerektirir. Bu prensipler aşağıdaki Tablo 1.5' te gösterilmiştir.

Tablo 1.5. İleri Lojistik ve CLSC Tasarım İlkeleri (Krikke ve diğ., 2001,4-7).

Lojistik tasarım ilkeleri	CLSC tasarımı için ilave ilkeler
Kurumsal strateji için lojistik bağlantısı	Tedarikçilere sürdürülebilirlik standardı dayat
Kapsamlı örgütlenme	Ürün yaşam döngüsü ve çevresel etkileri göz önünde bulundur
Bilginin gücünü kullanma	ISO 9000-14000 gibi yönetim araçlarını kullan
İnsan kaynaklarını vurgulama	Yeni pazarlar oluşturun
Stratejik işbirliği oluşturma	Belirsizliği yönet
Finansal performansa odaklanma	Tasarlanan ağı geri kazanım seçenekleri ile eşleştir
Optimum hizmet seviyesi hedefi	Geri dönüşümü geliştir
Detayların yönetimi	Geri dönüş oran ve kalitesini artır
Lojistik hacmini güçlendirme	
Performansı ölç ve tepki ver	

1.5. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürde tedarik zinciri ağ tasarımıyla yönelik çok sayıda çalışma yapılmıştır. RSC ve CLSC ağ tasarımlarına ise son yıllarda artan bir ilgi vardır.

Fleischmann ve diğ., (1997) çalışmalarında RL konusu ile ilgili bir literatür taraması yapmışlardır. Yazarlar, mevcut çalışmaları dağıtım planlaması, envanter ve üretim planlaması olmak üzere üç temel başlık altında değerlendirmişlerdir. Çalışmada ek olarak ileri ve tersine lojistiğin benzer ve farklı yönlerine vurgu yapılmıştır.

Rubio, Chamorro ve Miranda, (2008) 1995-2005 yılları arasında RL ile ilgili bilimsel dergilerde yayımlanan çalışmaları incelemişlerdir.

Melo, Nickel ve Saldanha-da-Gama, (2009) etkin bir SCM planlaması için kuruluş yeri seçiminin önemine vurgu yapmış ve çalışmalarında SCM’de kuruluş yeri modellerinin uygulanması ile ilgili bir literatür araştırması yapmışlardır. Yapılan literatür araştırmasındaki yayınların %75’inde maliyet minimizasyonu, %16’sında da

kâr maksimizasyonu amaçlanmıştır. Çalışmaların %9'unun ise çok amaçlı olduğunu belirtmişlerdir.

Guide ve Van Wassenhove (2009), çalışmalarında geri dönen ürünlerin geri dönüşümünün karlılığına vurgu yapmış ve CLSC'nin gelişimini beş aşamada açıklamışlardır. Bunlar; yeniden üretimin teknik olarak ele alınması, RL sürecinde yeniden üretimden değer kazanımı, RSC'nin koordinasyonu, döngünün kapatılması, fiyat ve pazarlardır.

Pokharel ve Mutha (2009), çalışmalarında kullanılan ürünlerin toplanması ile başlayan ve geri dönüştürülen materyal, yedek parça elde edinimi, yeniden üretilen ürün ve atık materyallerin elden çıkarılması ile biten RL sürecini incelemiş ve RL makalelerini taramışlardır.

Akçalı ve Çetinkaya (2011), RL ve CLSC ile ilgili literatür araştırması yapmış, çalışmalarını talep ve geri dönüşüm sürecinin modellenmesine göre belirli yada olasılıklı olmak üzere iki başlıkta sınıflandırmışlardır.

Jayaraman, Jr ve Srivastava (1999), bir karma tam sayılı programlama (Mixed Integer Programming: MIP) modeli önermişlerdir. Geliştirilen modelde yeniden üretim ve dağıtım tesisi kuruluş yeri seçiminin, ürünlerin yeniden üretilmesi ve taşınmasının, en uygun stok miktarlarının tespit edilmesi ve aynı zamanda maliyetlerin minimize edilmesini amaçlamışlardır.

Fleischmann ve diğ. (2001), RL ağ tasarımı ele almışlardır. Özgün bir tesis yeri modeli sunmuşlar, geleneksel lojistikten farklarını tartışmış ve ürün geri dönüş akışının lojistik ağı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Ürün geri dönüşümünün ürün içeriğine çok bağlı olduğunu vurgulamışlardır.

Krikke, Bloemhof-Ruwaard, Van Wassenhove (2003), çoklu ürün tasarımı ve geri kazanım seçenekleri içeren CLSC tasarımı için bir karma tam sayılı doğrusal programlama (Mixed Integer Linear Programming: MILP) modeli önermişlerdir. CLSC tasarım problemini bir Japon tüketici elektronik firmasının gerçek verilerini kullanarak buzdolaplarına uygulamışlardır. Sözü edilen modelde amaç, tedarik zinciri maliyetlerini, enerji kullanımını ve atıkları minimize etmektir.

Beamon ve Fernandes (2004), çalışmalarında, belirli arz ve talebe göre bir model geliştirerek geri dönüştürülebilir bir ürün için maliyet minimizasyonu amaçlı bir ağ tasarımı önermişlerdir. Tasarlanan modelde, ürün geri dönüştürülür ve dağıtım merkezleri yoluyla tüketici alanlarına sevk edilir. Tüketici alanlarında kullanılmış ürünler özel bir tüketici alanındaki talebin yüzdesi olarak modellenir. Kullanılmış ürünler dağıtım veya toplama merkezleri vasıtasıyla üretim tesislerine gönderilir.

Sheu, Chou ve Hu (2005), bir yeşil tedarik zincirinde hem bütünleştirilmiş lojistik hem de kullanılmış ürün RL operasyonlarını sistematik olarak optimize eden çok amaçlı bir doğrusal programlama (Linear Programming: LP) modeli önermişlerdir. RL için kullanılmış ürün geri dönüş oranı ve devlet kurumlarından gelen destekler gibi faktörler modelde göz önünde bulundurulmuştur. Modelin amaçları imalat ve RSC esasına dayanan net kârların maksimize edilmesidir. Önerilen model bilgisayar üreten bir firmada uygulanmış ve firmanın toplam net kârının mevcut duruma kıyasla %21 oranında arttığı tespit edilmiştir.

Salema, Póvoa ve Novais (2005), çalışmalarında, belirli arz ve taleple ileri ve tersine ağı eş zamanlı olarak optimize eden bir MIP modeli önermişlerdir. Önerilen model başlangıçta tek ürün için tasarlanmış daha sonra çok ürünlü olacak şekilde geliştirilmiştir. Üretilen ürünler dağıtım merkezleri yoluyla tüketici alanlarına sevk edilmektedir. Tüketici alanlarından alınan kullanılmış ürünler toplama merkezleri yoluyla karma üretim/geri dönüşüm merkezlerine sevk edilmektedir.

Inderfurth (2005), ürün geri kazanım yönetiminde kârlılık ile çevresel sorumluluk arasındaki ilişkiyi incelemiş ve talep, ürün geri dönüşleri ve geri dönen ürün kalitesinin belirsiz olduğu bir CLSC ağında maliyetleri düşürmenin ürün geri kazanım sürecini nasıl etkilediğini olasılıklı programlama ile göstermiştir.

Kim ve diğ. (2006), MIP ile üreticinin kârını maksimize edecek genel CLSC ağı önermişlerdir. Modelde, müşterilerden geri dönen ürünler toplanıp de-monte edilmektedir. De-monte edilen ürünler tekrar kullanılabilir bileşenler ve atıklar olmak üzere iki kategoriye ayrılmaktadır. Tekrar kullanılabilir parçalar yenilenme ve tamir edilmek üzere yenileme bölümüne taşınmaktadır. Daha sonra, yenilenen ve üretilen bileşenlerin sayısına göre dış tedarikçiden yeni bileşenler satın alınmaktadır.

Min, Ko ve Ko (2006), CLSC’de iade edilen ürünlerin toplanması problemini incelemişlerdir. Karma tam sayılı doğrusal olmayan programlama (Mixed Integer Non Linear Programming: MINLP) modeli önermişler ve modelin çözümü için de genetik algoritmalarından yararlanmışlardır.

Lu ve Bostel (2007), kuruluş yeri alternatifleri içeren iki aşamalı bir RL modeli sunmuşlardır. İleri ve tersine akışları ve bu akışların karşılıklı etkileşimlerini eş zamanlı olarak göz önünde bulunduran bir MIP modeli önermişlerdir.

Ko ve Evans (2007), çok dönemli, iki aşamalı, çoklu ürünlü ağ tasarım sorununu çözmek için ileri ve tersine akışları eş zamanlı olarak göz önünde bulunduran bir MIP modeli önermişlerdir. Çalışmalarında bu gibi ağ tasarım problemlerinin çözümünün güç olduğunu vurgulamışlar ve problemin çözümünü genetik algoritma ile yapmışlardır.

Listeş (2007), hem tedarik hem de dönüşüm kanallarına sahip bir CLSC ağ tasarımı için maliyet minimizasyonu amaçlı olasılıklı tamsayılı bir model önermiştir. Modelin çözümünde dal-kesme yöntemini kullanmış ve talep ve geri dönüş parametrelerinin farklı seviyelerini kullanarak senaryo analizleri de yapmıştır.

Salema, Póvoa ve Novais (2007), çok ürünlü, kapasite sınırlarının, talep ve geri dönüş belirsizliklerinin olduğu bir durumda, MIP ile genel bir RL ağ modeli sunmuşlardır.

Selim ve Özkarahan (2008), tedarik zinciri ağ tasarım için belirsiz talep ve belirsiz karar vericilerin istek düzeyleri göz önüne alınarak bulanık çok amaçlı doğrusal programlama (Fuzzy Multi Objective Linear Programming: FMOLP) modeli geliştirilmişlerdir. Geliştirilen modelin amacı istenen hizmet düzeyini tatmin ederken fabrika ve depoların sayısı, kapasite ve konumlarını perakendecilere ürün akışını en az maliyetle gerçekleştirecek şekilde belirlemektir.

Üster ve diğ. (2007), ağdaki ileri ve tersine akışlarını koordine ederek ve işleme, dağıtım ve kuruluş maliyetlerini minimize ederek toplama merkezlerinin ve geri dönüşüm tesislerinin yerlerinin belirlendiği çok ürünlü bir CLSC ağ tasarım modeli ortaya koymuşlardır. Yazarlar, modeli çözmek için Benders ayrıştırması algoritmasından faydalanmışlardır.

Demirel ve Gökçen (2008), hem ileri hem de tersine akışlara sahip yeniden imalat sistemi için toplam maliyeti minimize etmeyi amaçlayan çok ürünlü, çok aşamalı bir MIP modeli önermişlerdir. Düşük, orta ve yüksek geri dönüş oranlarına göre üç farklı senaryo ile modeli çözülmüşlerdir.

Pati, Vrat ve Kumar (2008), kuruluş yeri seçimini ve çok parçalı, çok aşamalı ve çok tesisli karar verme altyapısına sahip geri dönüşebilir farklı türdeki atık kâğıtların akışını ve güzergâhını tespit etmek için bir karma tam sayılı hedef programlama modeli kurmuşlardır. Modelin üç amacı vardır. Bunlar; RL maliyetlerinin düşürülmesi, kaynakta ayrıştırma sayesinde geri dönüştürülen kâğıdın kalitesinin geliştirilmesi ve kâğıt geri dönüşüm seviyesinin artırılması ile çevresel faydanın artırılmasıdır.

Du ve Evans (2008), çalışmalarında iki amaçlı bir model önermişlerdir. Amaçlar, toplam maliyetleri ve döngü süresi gecikmelerini minimize etmektir. Modelin çözümünde üç farklı yaklaşımın kombinasyonu kullanılmıştır. Bu yaklaşımlar; iki aşamalı simpleks, dağınık arama yöntemi ve sınırlama yöntemleridir.

Francas ve Minner (2009), tesislerinde yeni ürünler üreten ve geri dönen ürünleri yeniden üreten bir firmanın ağ tasarım problemini iki aşamalı olasılıklı programlama ile formüle etmişlerdir. Talep ve geri dönüşler belirsizken, üretim ve yeniden üretim alternatifleri ağın kapasite kararlarını ve performansını incelemişlerdir.

Pishvae, Jolai ve Razmi (2009), ileri ve tersine lojistik ağlarının bütünleştiği CLSC ağ tasarımı için talebin, geri dönüş miktar ve kalitesinin ve tüm maliyet değişkenlerinin belirsiz olduğu olasılıklı MILP modeli önermişlerdir.

Kannan, Noorul Haq ve Devika (2009), genetik algoritma ve parçacık sürü optimizasyonu algoritması kullanarak çok aşamalı bütünleştirilmiş bir ileri lojistik stok dağıtım tedarik zinciri modeli ve çok aşamalı kapalı döngü stok dağıtım tedarik zinciri modeli önermişlerdir.

Lee, Gen ve Rhee (2009), genetik algoritma kullanarak CLSC ağı için çok aşamalı, çok ürünlü sabit açma maliyetleri ve RL taşıma maliyetlerini minimize eden matematiksel bir model kurmuşlardır. Modelde tedarikçi seçimi göz önünde bulundurulmamış ve yalnızca bir tedarikçinin olduğu varsayılmıştır.

Xanthopoulos ve Iakovou (2009), çalışmalarında elektrik ve elektronik ürünlerinin yaşam sonu geri dönüşleri ile ürünlerin geri kazanım süreçlerinin en uygun tasarım problemini ele almışlardır. Lojistik için iki aşamalı bir model geliştirmişlerdir. Birinci aşamada, çok kriterli karar verme modeli yardımıyla uygun bileşenler belirlenmiştir. İkinci aşamada ise, ağ yapılandırması için çok dönemli bir MIP modeli uygulamışlardır.

Cruz-Rivera ve Ertel (2009), çalışmada Meksika'daki hurda araçların toplanması için CLSC modeli kurmuşlardır. Üç farklı toplama yüzdelerine göre (%100, %90 ve %75) senaryo analizleri yapmışlardır. Ayrıca, mevcut ELV (End of Life Vehicle, Araç Yaşam sonu) yönetim sisteminin genel bir tanımını da yapmışlardır.

Gupta ve Evans (2009), CLSC ağını modellemek için bir hedef programlama yaklaşımı önermişlerdir. Önerdikleri modelde ileri ve tersine tedarik zinciri toplam kârını maksimize etmeyi amaçlamışlardır.

Yang, Wang ve Li (2009), hammadde tedarikçileri, üreticiler, perakendeciler, tüketiciler ve geri dönüşüm tesisleri içeren bir CLSC ağı tasarlamışlardır. Çalışmanın amacı değişimsel eşitsizlikler teorisi kullanarak tasarlanan CLSC ağının denge durumunun formülasyonu ve optimizasyonudur.

Wang ve Hsu (2010), ileri ve tersine lojistik ağlarını bütünleştiren MIP modeli ile genel bir CLSC modeli önermişlerdir. Modelde; fabrikalar, dağıtım merkezleri ve RSC birimlerinin seçim kararlarının maliyetinin minimizasyonu amaçlanmış ve problemin çözümünde genetik algoritma kullanılmışlardır.

Kannan, Sasikumar ve Devika (2010), ürün geri dönüşleri için çok aşamalı, çok dönemli, çok ürünlü bir CLSC ağı geliştirmişler ve kararlar malzeme temini, üretim, dağıtım, geri dönüşüm ve yok etme süreçlerini dikkate alarak vermişlerdir. Önerilen MILP modelinin çözümünde genetik algoritma kullanılmıştır.

Achillas ve diğ. (2010), elektronik ürünlerin RL ağını optimize etmek için karar vericilere bir karar destek aracı sunmuşlardır. Bu yönde, toplama noktalarının ve geri dönüşüm tesislerinin mevcut alt yapısını dikkate alarak MILP modeli kurmuşlardır. Önerilen modelin uygulanabilirliğini Yunanistan'da bir vaka çalışması ile test edilmişlerdir.

Sasikumar, Kannan ve Haq (2010), çok aşamalı bir RL ağı için, kâr maksimizasyonu amaçlı, açılacak olan tesislerin sayısı, konumu ve ağıdaki akış miktarlarının tahsisinin belirlenmesine yardımcı olan MIP modeli geliştirmişlerdir. İkincil pazarlar için bir kamyon lastiği geri dönüşüm örneği kullanarak modeli gerçek hayata uyarlamışlardır.

Qin ve Ji (2010), belirsiz ortamda ürün geri kazanım ağı tasarımı için bulanık programlama araçları kullanmışlardır. Bu çalışmanın temel özelliği, maliyetlerin ve geri dönüşlerin üçgensel bulanık sayılarla ifade edilmiş olmalarıdır. Yazarlar modeli çözmek için bulanık simülasyon ve genetik algoritmanın entegrasyonundan oluşan bir melez algoritma önermişlerdir.

El-Sayed, Afia ve El-Kharbotly (2010), talebin belirsiz olduğu çok dönemli, çok aşamalı ileri ve tersine lojistik ağı dizaynı için toplam kârı maksimize edecek olasılıklı MILP modeli önermişlerdir.

Shi ve diğ. (2010), lagrange gevşetmesi yöntemine dayanan bir çözüm yaklaşımı geliştirerek talep ve geri dönüşlerin belirsiz olduğu bir yeniden üretim sisteminin kârını maksimize ederken üretim ve geri dönüşüm kararlarını optimize eden bir matematiksel model önermişlerdir.

Pishvae ve Torabi (2010), belirsiz ve kesin olmayan parametreler içeren CLSC ağ tasarım problemi için toplam maliyeti ve dağıtım merkezlerinden müşterilere yapılan teslimatlardaki gecikme sürelerini minimize etmeyi amaçlayan bir çok amaçlı olasılıklı MIP modeli önermişlerdir.

Pishvae, Farahani ve Dullaert (2010), CLSC için iki amaçlı bir MINLP modeli geliştirmişlerdir. Modelde temel amaç toplam maliyetleri minimize etmek ve ikinci amaç lojistik ağın duyarlılığını maksimize etmektir.

Paksoy, Bektaş ve Özceylan (2011), taşınan ticari mallar ve ortaya çıkan emisyonun farklı maliyetleri arasındaki ödünleşmeyi ortaya koyan bir CLSC problemi optimizasyonu için MIP modeli önermişlerdir.

Shi, Zhang ve Sha (2011), çok ürünlü bir kapalı döngü sistemi için üretim planlaması çalışmışlardır. Üreticiler ürün tedariki için iki farklı kanala sahiptir. Bunlar yeni üretilmiş ürünler ve yeniden üretim süreci sonunda yenilenmiş ürünlerdir. Yeniden

üretim süreci müşterilerden kullanılmış ürünlerin geri satın alınması ile başlar ve bu ürünlerin yeniden üretilmesi sonrasında yeni üretilen ürünlerle birlikte satılır. Problem talep ve ürün geri dönüşleri belirsizken üreticinin beklenen kârının maksimizasyonu ve aynı zamanda, yeni ve yeniden üretim yoluyla üretilen ürün miktarlarını ve kullanılmış ürün elde etme fiyatını, kapasite kısıtı altında çözme problemidir. Problemin çözümü için lagrange gevşetmesi yaklaşımından yararlanmışlardır.

Pishvae, Rabbani ve Torabi (2011), CLSC ağ tasarımı problemindeki verilerin doğasından kaynaklı belirsizliği gidermek için bir optimizasyon modeli önermişlerdir. İlk olarak CLSC ağ tasarımı için deterministik MILP modeli geliştirmişlerdir. Sonra önerilen MILP modelini talep, geri dönüşler ve taşıma maliyetlerindeki belirsizlikleri dikkate alarak revize etmiş, muadili bir optimizasyon modeli önermiş ve farklı problemlerde bu iki modelden elde edilen sonuçları karşılaştırmışlardır.

Alimoradi, Yussuf ve Zulkifli (2011), bir CLSC tasarlamışlar, yeniden üretim tesislerinin yerini belirlemede bulanık TOPSIS yönteminden yararlanmışlardır.

Wei ve Zhao (2011), CLSC’de tüketici talepleri, yeniden üretim maliyetleri ve toplama maliyetleri belirsizken rekabetçi perakende yapısı ile en uygun fiyatı belirleme problemini ele almışlar ve çözüm için oyun ve bulanık teoriden yararlanmışlardır.

Zarandi, Sisakht ve Davari (2011), CLSC ağ tasarımı problemi için etkileşimli bulanık hedef programlama modeli önermişlerdir. Modelin amacı istenen hizmet düzeyini tatmin ederken maliyetleri minimize etmek ve tesisler için optimum sayı ve kuruluş yerlerini belirlemektir.

Kenné, Dejax ve Gharbi (2012), makinalarında belirsiz bozulma ve tamir durumları içeren, tek ürün için üretim ve yeniden üretim operasyonlarını bünyesinde birleştirmiş bir CLSC için üretim planlaması çalışmışlardır. Araştırmanın amacı toplam maliyetleri minimize edecek olasılıklı dinamik programlama ile üretim/yeniden üretim politikası önermektir.

Amin ve Zhang (2012), tedarikçi seçimi ve siparişlerin tatminini içeren CLSC için iki aşamadan oluşan matematiksel model önermişlerdir. İlk aşamada nitel kriterlere göre tedarikçileri değerlendirmek için bulanık bir yöntem tasarlamış ve her bir tedarikçiye ağırlık vermişlerdir. İkinci aşamada kârı ve tedarikçilerin ağırlığını maksimize ederken

kusur oranlarını minimize edecek çok amaçlı doğrusal programlama (Multi Objective Linear Programming: MOLP) modeli önermişlerdir.

Özceylan ve Paksoy (2013), çok dönemli, çok ürünli ileri ve geri akışları içeren bir CLSC için tamsayıli bulanık matematiksel bir model önermişlerdir. Amaçlar, kapasite ve talep kısıtları ve geri dönüş oranlarının bulanık olduğu modeli FMOP ile çözmüş ve uygulanabilirliğini göstermek açısından senaryo analizleri yapmışlardır.

Özceylan ve Paksoy (2013), çalışmalarında, çok dönemli, çok bileşenli ileri ve tersine akışları içeren CLSC için karma tam sayılı matematiksel programlama önermişlerdir. Önerilen model fabrika ve perakendecilerin konumunu belirlerken taşınan üretilen ve de-monte edilen ürün miktarlarının optimal olduğunu garanti etmektedir. Önerilen modelde ayrıca bir önceki dönemde toplanan kullanılmış ürünlerin bir sonraki döneme geçişi sağlanır.

İKİNCİ BÖLÜM

MODELİN ÇÖZÜMÜ İÇİN KULLANILAN METEDOLOJİ

2.1. TAMSAYILI PROGRAMLAMA

Tamsayılı programlama, değişkenlerinden bazılarının veya tümünün tamsayılı (ya da kesikli) değerler aldığı bir doğrusal programlama problemidir. Uygulamada karşılaşılan birçok problemin yapısı gereği, problemde yer alan değişkenlerin tümü ya da bir kısmı tamsayı değerli olmak durumundadır (Başkaya, 2005:1). Bu nedenden, değişkenlerin kesikli olarak tanımlandığı problemler literatürde kesikli optimizasyon problemleri ve özelde de tamsayılı optimizasyon problemleri olarak ele alınır (Bakır ve Altunkaynak, 2003:148). Tamsayılı programlama, işletme, iktisat, mühendislik, istatistik ve matematik gibi bilim dallarının uğraştıkları, planlama, ulaşım, üretim, telekomünikasyon, güvenlik, modelleme, öngörü, finans, yatırım, sigortacılık ve bunu gibi birçok alanda karşılaşılan problemlerin çözümünde yaygın bir şekilde kullanılır (Hakan, 2010:2).

Karar değişkenlerinin tanım kümelerine göre, tamsayılı programlama problemlerini dört grup altında toplamak mümkündür.

Saf tamsayılı programlama: Tüm değişkenlerin tamsayı olması gerektiği bir tamsayılı programlama problemine saf tam sayılı programlama problemi denir. Personel programlama problemleri saf tamsayılı programlama problemlerine örnek olarak verilebilir.

Örneğin;

$$\mathbf{Maks\ } Z = 3x_1 + 2x_2 \quad (2.1)$$

Kısıtlar;

$$x_1 + x_2 \leq 6$$

$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ ve } x_1, x_2 \text{ tamsayı}$$

Karma tamsayılı programlama: Sadece bazı değişkenlerin tamsayı diğerlerinin ise reel değerler olmasının gerektiği tamsayılı programlama problemi MIP problemi olarak adlandırılır.

Örneğin;

$$\mathbf{Maks\ } Z = 3x_1 + 2x_2 \quad (2.2)$$

Kısıtlar;

$$x_1 + x_2 \leq 6$$

$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ ve } x_1 \text{ tamsayı}$$

0-1 Tamsayılı Programlama: Tüm değişkenlerin 0 ya da 1'e eşit olmasının istendiği bir tamsayılı programlama problemine 0-1 tamsayılı programlama problemi denir. Sırt çantası problemleri 0-1 tamsayılı programlama problemlerine örnek olarak verilebilir.

Örneğin;

$$\mathbf{Maks\ } Z = x_1 - x_2 \quad (2.3)$$

Kısıtlar;

$$x_1 + 2x_2 \leq 2$$

$$2x_1 - x_2 \leq 1$$

$$x_1, x_2 = 0 \text{ ya da } 1$$

0-1 Karma tamsayılı programlama: Bazı değişkenlerin 0 ya da 1 değerini aldığı, geriye kalan değişkenlerin ise sürekli değişkenler olarak tanımlandığı modellere 0-1 karma tamsayılı programlama modelleri denir. Genellikle üretim planlaması problemleri bu türden problemlerdir.

Örneğin;

$$\mathbf{Maks\ } Z = x_1 - x_2 \quad (2.4)$$

Kısıtlar;

$$x_1 + 2x_2 \leq 2$$

$$2x_1 - x_2 \leq 1$$

$$x_1 \geq 0 \text{ ve } x_2 = 0 \text{ ya da } 1$$

Bu çalışmada kullanılan değişkenlerin bazıları 0 ya da 1 değerleri de sürekli değerler almıştır ve dolayısıyla tasarlanan CLSC ağ problemi 0-1 karma tamsayılı programlama modelidir.

2.2. BULANIK MANTIK ve BULANIK KÜME TEORİSİ

2.2.1. Bulanık Mantık

“Bulanıklık” kavramı ilk olarak Amerikalı filozof Black (1937) tarafından ortaya atılmıştır. Ve bundan otuz yıl kadar sonra 1962 yılında Zadeh tarafından ele alınmıştır (Yapıcı, 2000:5). Zadeh, geleneksel matematiğin insan ürünü sistemlerden daha karmaşık olan biyolojik sistemleri çözümlemedeki yetersizliğine vurgu yapmış ve olasılık dağılımı ile tanımlanamayan bulanık sayı matematiğine ihtiyaç duyulduğunu belirtmiştir (Zadeh, 1962:857).

Doğal süreçler klasik yöntemlere her zaman rahat modelleme imkânı vermez. Belirsizlik durumlarına uygun kullanılabilecek yöntembilimler de mevcuttur. L.A. Zadeh 'in ileri sürdüğü terimle esnek yöntemler (soft computing) olarak ifade edilebilecek bu grup içerisinde yapay sinir ağları, evrimsel hesaplama, olasılıkçı akıl yürütme, kaotik modelleme ve bulanık mantık gibi yöntembilimler bulunmaktadır. Bulanık mantık kesin akıl yürütme yerine yaklaşık akıl yürütmeye odaklanmaktadır. İki değerli mantıkta her şey ya doğru ya da yanlıştır (Baykal ve Beyan, 2004a:102).

Klasik mantık sistemleri, sadece belirli koşullarda oluşan, doğruluk değerleri tamamen doğru ya da tamamen yanlıştan birisine sahip önermelerle ilgilenir. Belirsizlikle ilgilenmez. Üçüncü bir durumun gerçekleşmesinin imkânsız olduğu varsayılır. Bu nedenle klasik mantık iki değerli mantık olarak da bilinir. Diğer taraftan, klasik kümelerle dayanarak oluşturulan önermelerin, ikiden fazla doğruluk değeri ile eşleştirilebildiği mantık sistemlerine çok değerli mantık denir. Çok değerli mantıkta, önermelerin tamamen doğru, tamamen yanlış ve kısmen doğru (kısmen yanlış) olduğu kabul edilir (Tuş, 2006:5).

Bulanık mantık iki anlamda kullanılmaktadır. Dar anlamda bulanık mantık, klasik iki değerli mantığın genelleştirilmiş halidir. Geniş anlamda ise bulanık kümeleri kullanan bütün teorileri ve teknolojileri ifade eder (Baykal ve Beyan, 2004b:39).

2.2.2. Bulanık Küme

Bulanık küme kavramı ilk kez 1965'te Zadeh tarafından ortaya atılmıştır. Zadeh 1965'te yayınladığı bulanık kümeler isimli makalesinde bulanık kümeyi, X uzayda bir noktalar kümesi olsun, x ise bu kümenin bir elemanı olsun ($X = \{x\}$), X kümesinde bir $\tilde{A}$ bulanık kümesini X teki her bir noktayı $[0,1]$ aralığında bir reel sayı ile ilişkilendiren, x in $\tilde{A}$ bulanık kümesindeki üyelik derecesini temsil eden bir $\mu_{\tilde{A}}(x)$ üyelik fonksiyonu ile tanımlamıştır (Zadeh, 1965:339)

Bulanık bir küme, sınır koşulları esnek olarak tanımlanan bir kümedir. Bulanık küme teorisi, kısmi üyeliğe izin vererek geleneksel küme teorisini genelleştirir ve küme üyeliği için $[0,1]$ aralığındaki herhangi bir değeri kabul eder. Bulanık bir küme, evrensel kümedeki her bir elemanın $[0,1]$ aralığındaki bir sayı ile eşlendiği,

$$\mu_{\tilde{A}}(x) \rightarrow [0, 1] \quad (2.5)$$

biçimindeki üyelik fonksiyonu ile tanımlanır. Bulanık kümelerde bir nesnenin üyelik derecesi, 0 ve 1 arasındaki bir sayı ile açıklanır. Burada, 0 sayısı ilgili nesnenin kümenin üyesi olmadığını, 1 sayısı ilgili nesnenin kümenin tam üyesi olduğunu ve bu iki değer arasındaki herhangi bir sayı ise ilgili nesnenin kümeye üyelik derecesini veya kısmi üyeliğini gösterir. Buna göre, bulanık küme teorisinde kümenin elemanı olmayan nesnelerden, kümenin tam elemanı olan nesnelere doğru esnek ve dereceli bir geçişe izin verilir (Özkan, 2003:6).

Bulanık bir küme, bir nesne ve bu nesnenin ilgili kümeye üyelik derecesini gösteren

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) | x \in X\} \quad (2.6)$$

şeklindeki sıralı çiftlerle ifade edilir. Burada her bir $(x, \mu_{\tilde{A}}(x))$ çiftine bulanık teklik denir. Bir bulanık teklik, $\mu_{\tilde{A}}(x) / x$ olarak da tanımlanabilir. Eğer X kümesi, $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ şeklinde kesikli bir küme ise; bir bulanık $\tilde{A}$ kümesi

$$\tilde{A} = \mu_{\tilde{A}}(x_1)/x_1 + \dots + \mu_{\tilde{A}}(x_n)/x_n = \sum_{i=1}^n \mu_{\tilde{A}}(x_i) / x_i \quad (2.7)$$

şeklinde gösterilir. Eğer X kesikli olmayan bir küme ise;

$\tilde{A}$ bulanık kümesi

$$\tilde{A} = \int_X \mu_A(x_i) / x_i \quad (2.8)$$

olarak ifade edilir.

$\tilde{A}$ bulanık kümesi için verilen ifadelerde $\sum$, $\int$, $/$ ve $+$ işaretleri cebirsel anlamda sırasıyla toplam, integral alma, bölme ve toplama işlemlerini göstermez. $\sum$, $\int$ işaretleri bulanık tekliklerin sırasıyla kesikli ve sürekli evrenlerde bir araya getirilmesini ifade eder. $/$ simgesi, matematiksel olarak $(x, \mu_{\tilde{A}}(x))$ tekliğini ifade etmek için kullanılan bir araçtır. $+$ işareti ise, bulanık tekliklerin birleşimini gösteren bir simgedir (Eroğlu, 2006:29).

2.2.3. Üyelik Fonksiyonları

Bir bulanık küme içerisindeki tüm bilgiler, bulanık kümenin üyelik fonksiyonu tarafından temsil edilmektedir (Başkaya, 2005:110). Üyelik fonksiyonu, X evrensel kümesine ait bir x ögesinin A klasik kümesine ya da A bulanık kümesine ait olma derecesini gösteren fonksiyondur (Yapıcı, 2000:14). Çok sayıda üyelik fonksiyonu tipi olmakla beraber pratikte en fazla kullanılanlar üçgen, yamuk, çan eğrisi, Gaussian ve sigmodial fonksiyonlarıdır (Baykal ve Beyan, 2004a:105).

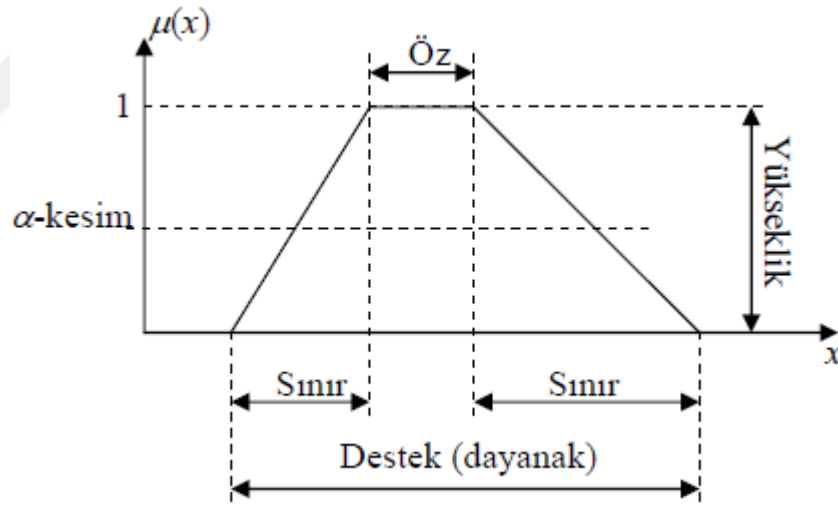
Bir üçgen üyelik fonksiyonu a_1, a_2 ve a_3 olmak üzere üç parametre ile tanımlanır.

$$\mu_A(x; a_1, a_2, a_3) = \begin{cases} a_1 \leq x \leq a_2 \text{ ise } (x - a_1)/(a_2 - a_1) \\ a_2 \leq x \leq a_3 \text{ ise } (a_3 - x)/(a_3 - a_2) \\ x > a_3 \text{ veya } x < a_1 \text{ ise } 0 \end{cases} \quad (2.9)$$

Bir yamuk üyelik fonksiyonu a_1, a_2, a_3 ve a_4 olmak üzere dört parametre ile tanımlanır. Aslında üçgen üyelik fonksiyonu yamuk üyelik fonksiyonunun özel bir durumudur.

$$\mu_A(x; a_1, a_2, a_3, a_4) = \begin{cases} a_1 \leq x \leq a_2 \text{ ise } (x - a_1)/(a_2 - a_1) \\ a_2 \leq x \leq a_3 \text{ ise } 1 \\ a_3 \leq x \leq a_4 \text{ ise } (a_4 - x)/(a_4 - a_3) \\ x > a_4 \text{ veya } x < a_1 \text{ ise } 0 \end{cases} \quad (2.10)$$

Bulanık kümelerdeki üyelik fonksiyonlarının temel olarak “destek”, “öz”, “ α -kesim” ve “yükseklik” olmak üzere dört parametresi vardır. Bütün bu parametreler Şekil 2.1’de gösterilmektedir. Üyelik fonksiyonunun sıfırdan büyük olduğu bölgeye destek (dayanak) denir. Elemanların bir bulanık kümeye maksimum üyelik derecesinde (maksimum üyelik derecesi genelde 1’dir) ait oldukları bölgeye öz denir. Belirli bir α yüksekliğinden, üyelik fonksiyonunun bir baştan diğer başa kesilmesine α -kesim denir. Bir üyelik fonksiyonunun aldığı en yüksek değere yükseklik denir. Üyelik dereceleri 1’e veya 0’a eşit olmayan öğelerin oluşturduğu kısımlara da üyelik fonksiyonunun “sınırları” veya “geçiş bölgeleri” denir (Başaran, 2005:99)



Şekil 2.1. Bir Üyelik Fonksiyonundaki Parametreler (Başaran, 2005:99)

Belirsizlik durumlarında en uygun yöntem küme elemanlarına değişik üyelik derecelerinin verilmesi ile sağlanabilir. Tanım gereği her bir bulanık eleman için üyelik derecelerinin aşağıdaki üç temel özelliği sağlanmalıdır (Baykal ve Beyan, 2004b:90);

✓ Bulanık küme normal olmalıdır. Bunun için en azından o kümede bulunan öğelerden bir tanesinin en büyük üyelik derecesi olan 1’e sahip olması gerekir.

✓ Bulanık küme monoton olmalıdır. Yani üyelik derecesi 1'e eşit olan öğeye yakın sağda ve solda üyelik derecelerinin de 1'e yakın olması gerekir.

✓ Bulanık küme simetrik olmalıdır. Üyelik derecesi 1'e eşit olan öğeden sağa ve sola eşit mesafede hareket edildiği zaman bulunan öğelerin üyelik derecelerinin birbirlerine eşit olması gerekir.

Bulanık küme bu üç şarttan ilk ikisini mutlaka sağlayacak şekilde üyelik derecesi fonksiyonlarına sahip olmalıdır.

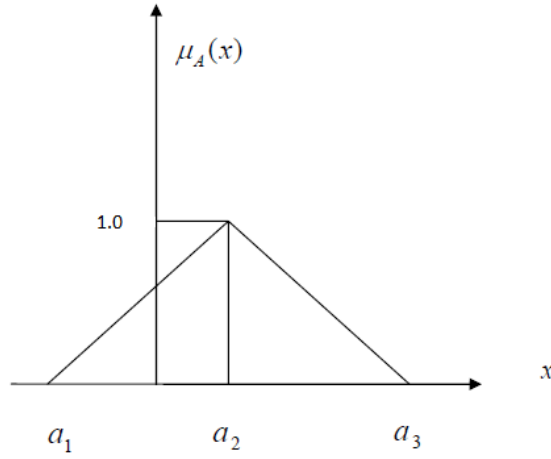
2.2.4. Bulanık Sayı

Bulanık sayılar dışbükey, normalleştirilmiş, sınırlı-süreklili üyelik fonksiyonu olan ve gerçel sayılarda tanımlanmış bir bulanık küme olarak ifade edilir. Bulanık sayı normal ve dışbükey olmalıdır. Bulanık kümeler üyelik fonksiyonlarıyla tanımlandıkları için bulanık sayılar da kendi üyelik fonksiyonları ile aynı kavramdırlar. Bu nedenle üyelik fonksiyonu çeşidi kadar bulanık sayı çeşidi vardır (Baykal ve Beyan, 2004a:115). Literatürde üçgen ve yamuk bulanık sayılar sıklıkla kullanılır (Baykal ve Beyan, 2004b:234).

a_1 ve a_3 ; bulanık küme desteğinin alt ve üst sınır değerleri ve, a_2 , tam üyelikli tek sayı olmak üzere üçgen bulanık sayı tanımı;

$$\mu_A(x) = \mu_A(x; a_1, a_2, a_3) = \begin{cases} a_1 \leq x \leq a_2 \text{ ise } (x - a_1)/(a_2 - a_1) \\ a_2 \leq x \leq a_3 \text{ ise } (a_3 - x)/(a_3 - a_2) \\ x > a_3 \text{ veya } x < a_1 \text{ ise } 0 \end{cases} \quad (2.11)$$

olarak yapılabilir. $\mu_A(a_2) = 1$ olmak üzere a_2 'ye üçgen bulanık sayının tepesi denir. a_2 'nin a_1 ve a_3 'ün orta noktası olma zorunluluğu yoktur.

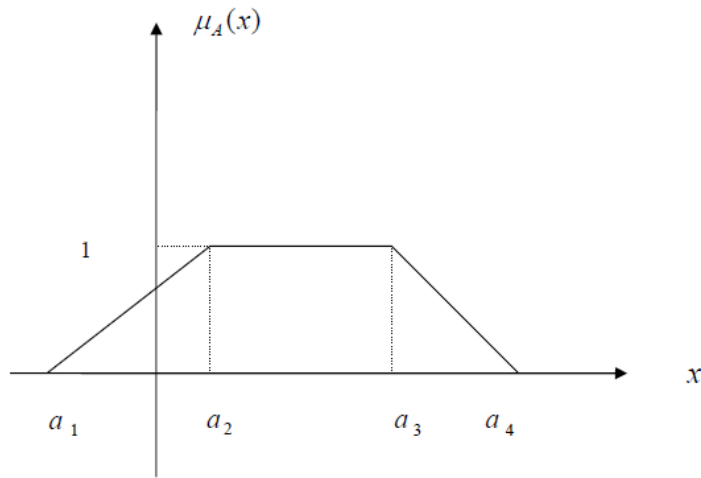


Şekil 2.2. Üçgen Bulanık Sayı.

Yamuk bulanık sayı dört parametre ile tanımlanır. a_1 ve a_4 ; bulanık küme desteğinin alt ve üst sınır değerleri ve a_2 ve a_3 ; tam üyelikli sayıların kümesinin sınırlarını göstermek üzere;

$$\mu_A(x) = \mu_A(x; a_1, a_2, a_3, a_4) = \begin{cases} a_1 \leq x \leq a_2 \text{ ise } (x - a_1)/(a_2 - a_1) \\ a_2 \leq x \leq a_3 \text{ ise } 1 \\ a_3 \leq x \leq a_4 \text{ ise } (a_4 - x)/(a_4 - a_3) \\ x > a_4 \text{ veya } x < a_1 \text{ ise } 0 \end{cases} \quad (2.12)$$

şeklinde tanımlanır. Yamuk bulanık sayı üyelik derecesi en büyük olan ($\alpha = 1$) birden çok nokta olması anlamına gelir (Baykal ve Beyan, 2004b:239).



Şekil 2.3. Yamuk Bulanık Sayı.

2.3. BULANIK DOĞRUSAL PROGRAMLAMA

Doğrusal programlamanın temel konusu, sınırlı kaynakların yarışan faaliyetler arasında en iyi (optimal) biçimde dağıtımının sağlanması problemi ile ilgilidir (Öztürk, 2011:31).

Doğrusal programlama tekniğini kullanırken; belirlilik önemli bir yer tutmaktadır. Bu belirlilik, amacın, kısıtlayıcı şartların tam olarak tanımlanması koşulu ve değişkenlerin kantitatif olması koşullarından ortaya çıkmaktadır. Bu anlamda belirlilik altında oluşan karar durumu; kısıtlayıcı kümeleri tarafından tanımlanan olası alternatifleri, minimizasyon yada maksimizasyon olabilecek olan amaç fonksiyonunu içermektedir. Çözüm ise; kısıtlayıcıları doyuran ve amaç fonksiyonunu maksimize yahut minimize eden alternatif olarak tanımlanmaktadır (Ural, 2006:68).

En genel haliyle bir doğrusal programlama problemi,

$$\text{Min/Maks } c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \quad (2.13)$$

Kısıtlar

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2$$

...

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m$$

$$x_1, \dots, x_n \geq 0$$

biçimindedir. Buradan;

$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$, amaç fonksiyonu,

$c_i = c_1, c_2, \dots, c_n$, maliyet/kar katsayıları

$x_i = x_1, x_2, \dots, x_n$, karar değişkenleri

a_{ij} = kısıt matrisi A 'yı oluşturan teknolojik katsayılar ($i = 1, 2, \dots, m$ ve $j = 1, 2, \dots, n$)

b_i = sağ taraf vektörü b 'yi oluşturan sağ taraf sabitleri

$x_1, \dots, x_n \geq 0$ negatif olmama kısıtıdır (Paksoy, Yapıcı ve Özceylan, 2013:91).

Geleneksel bir doğrusal programlama problemi matris notasyonu ile aşağıda verildiği gibi ifade edilebilir (Özkan, 2003:161)

$$\mathbf{Maks} \mathbf{Z} = \mathbf{c}^T \mathbf{x} \quad (2.14)$$

Kısıtlayıcılar

$$\mathbf{Ax} \leq \mathbf{b}$$

$$\mathbf{x} \geq 0$$

Burada, $\mathbf{c}^T \mathbf{x}$ terimi $\sum_{j=1}^n c_j x_j$ ifadesini, $\mathbf{Ax} \leq \mathbf{b}$ denklemi ise $\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i$ ($i = 1, 2, \dots, m$) ifadesini gösterir. Bu modelde, c_j , a_{ij} ve b_i parametreleri kesin (tam) olarak bilinir. Ayrıca, kısıtlayıcı kümesindeki $\leq$ işareti, uygun çözüm alanını oluşturabilmek için karşılanması gereken matematiksel bir zorunluluktur.

Doğrusal programlama modellerindeki bulanıklık, amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcı katsayılarının tam olarak bilinmediği ve modeldeki bazı eşitsizlikler (ve eşitlikler) için net olmayan sınırların tanımlanabileceği anlamına gelir. Bunlar, eksik bilgidен veya yapısal durumdan kaynaklanabilir. FLP problemleri, bulanıklık kavramının ele alınış şekline göre birçok sınıfa ayrılmıştır. Literatürde yaygın olarak kullanılan sınıflama, bulanık kısıtlayıcı doğrusal programlama, bulanık amaç fonksiyonlu ve bulanık kısıtlayıcı doğrusal programlama, bulanık amaç katsayılı doğrusal programlama ve bulanık parametrelili doğrusal programlama problemleri şeklindedir (Özkan, 2003:162-164).

2.3.1. Bulanık Kısıtlayıcı Bir Doğrusal Programlama Problemi

Bulanık kısıtlayıcı bir doğrusal programlama modeli

$$\mathbf{Maks} \mathbf{Z} = \mathbf{cx} \quad (2.15)$$

Kısıtlayıcılar

$$(\mathbf{Ax})_i \leq \tilde{b}_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\mathbf{x} \geq 0$$

şeklinde ifade edilebilir. Verdegay bulanık kısıtlayıcılı doğrusal programlama probleminin çözümünü parametrik programlama ile çözümlemiştir. Werners kısıtların bulanık olmasının amaç fonksiyonunda bulanık olmasını gerektirdiğini belirtmiştir (Lai ve Hwang, 1992:79)

2.3.2. Bulanık Amaç Fonksiyonlu ve Bulanık Kısıtlayıcılı Doğrusal Programlama Problemi

Bulanık amaç fonksiyonlu ve bulanık kısıtlayıcılı doğrusal programlama problemi

$$\widetilde{Maks} Z = cx \quad (2.16)$$

Kısıtlayıcılar

$$(Ax)_i \leq \tilde{b}_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$x \geq 0$$

şeklinde ifade edilir. Bu tip problemler için Zimmerman ve Chanas çözüm önerilerinde bulunmuşlardır (Lai ve Hwang, 1992:95).

Bu modelde, amaç fonksiyonundaki bulanıklık, karar vericinin ulaşmak istediği erişim düzeyinin bulanık olması ile ifade edilir. Ayrıca, bu modellerde amaç fonksiyonu parametreleri ve teknoloji katsayıları bulanık olmayan bir şekilde belirlenir. Bulanık amaç ve bulanık kısıtlayıcılı doğrusal programlama problemlerinin çözülebilmesi için, bulanık amaç ve bulanık kısıtlayıcılara ilişkin erişim düzeyleri ile bu erişim düzeylerine tanınan maksimum toleransların belirlenmesi gerekir. Zimmerman'a göre, erişim düzeyi ve maksimum toleranslar karar verici tarafından belirlenebilir. Bu durumda, bulanıklığı niteleyen üyelik fonksiyonları problemin çözüm sürecinden önce oluşturulur. Chanas, bulanık kısıtlayıcıların belirlediği uygun çözüm alanı hakkındaki bilgi eksikliği yüzünden, amaç fonksiyonuna ilişkin erişim düzeyi ile tolerans miktarının karar verici tarafından başlangıçta belirlenemeyeceğini öne sürmüştür. Chanas, bulanık amaç fonksiyonlu ve bulanık kısıtlayıcılı doğrusal programlama problemleri için, parametrik programlama sonrası karar verici tercihini dikkate alan bir çözüm yaklaşımı önermiştir (Özkan, 2003:165).

2.3.3. Amaç Fonksiyonu Parametrelerinin Bulanık Olduğu Doğrusal Programlama Problemi

Amaç fonksiyon parametrelerinin bulanık olduğu doğrusal programlama

$$\widetilde{Maks} Z = cx \quad (2.17)$$

Kısıtlayıcılar

$$(Ax)_i \leq \tilde{b}_i, \forall i$$

$$x \geq 0$$

şeklinde ifade edilir (Lai ve Hwang, 1992:119). Verdegay, bulanık amaç katsayılı doğrusal programlama problemlerinin dualiteden dolayı, bulanık kısıtlayıcılı doğrusal programlama problemi olarak çözülebileceğini öne sürmüştür (Özkan, 2003:165).

2.3.4. Bulanık Parametrelili Doğrusal Programlama

Tüm katsayıların bulanık olduğu doğrusal programlama

$$Maks Z = \tilde{c}x \quad (2.18)$$

Kısıtlayıcılar

$$(\tilde{A}x)_i \leq \tilde{b}_i, \forall i$$

$$x \geq 0$$

şeklinde ifade edilir (Lai ve Hwang, 1992:121). Bu model için, parametrik programlama temeline dayanan ve parametrelerdeki bulanıklığın karar verici ile etkileşime girerek tanımlandığı bir çözüm yaklaşımı Carlsson ve Korhonen tarafından önerilmiştir (Özkan, 2003:166).

2.4. BULANIK ÇOK AMAÇLI PROGRAMLAMA

İlk geliştirildiğinden bu yana klasik doğrusal programlama belirli bir amacın belirli kısıtlar altında optimum karar değişkeni değerlerini veren bir yöntem olarak tanımlanmış ve kullanılagelmiştir. Ancak hayatın tek bir amaçla sınırlandırılmayacak

kadar karmaşık olması, yöntemin sadece tek bir amacı en uygun koşullarda sağlamaya yönelik yapısını zorlamış ve zaman içinde, klasik doğrusal programlama temel algoritması korunarak, birden fazla modelin eş zamanlı modellenmesi için MOLP modelleri geliştirilmiştir (Paksoy, Yapıcı ve Özceylan, 2013:175).

MOLP, iki veya daha fazla amaç fonksiyonu içeren optimizasyon tekniğidir ve klasik (tek amaçlı) doğrusal programlamadan farkı, sadece amaç fonksiyonlarının yapısından meydana gelmektedir. Klasik doğrusal programlamada çözümün hedefi, amaç fonksiyonunun en iyi değerini veren değişkenlerin belirlenmesidir. Bu sebeple amaç fonksiyonunun optimum değeri tektir. Diğer yandan, MOLP birden fazla maksimizasyon ve minimizasyon yönlü amaçların her ikisine de sahip olabilir. MOLP’da çözüm aynı kısıt setinde her bir amaç için ayrı ayrı aranır. Bu da doğal olarak her bir amacı gerçekleştirecek şekilde farklı çözüm değerlerinin ortaya çıkması anlamına gelecektir (Umarusman ve Yaralıoğlu, 2010:64).

Dolayısıyla örneğimizdeki gibi taşıma maliyetlerinin minimizasyonu ve teslimatlardaki gecikmelerin minimizasyonu gibi çelişen amaçlara sahip durumlarda bütün amaç fonksiyonların aynı anda optimum olması mümkün değildir.

2.4.1. Liang ve Cheng’in Bulanık Çok Amaçlı Yaklaşımı

Problemin çözümü için kullanılan yöntem Liang ve Cheng (2009)’in geliştirdiği FMOP yaklaşımıdır.

Bu çözüm yöntemi, aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır (Liang ve Cheng, 2009:3372)

1. Orijinal FMOLP modeli oluşturulur.

Problemimizdeki gibi amaç fonksiyon katsayıları, amaç fonksiyon ve sağ taraf değerleri bulanık olan çok amaçlı bir model olsun

$$\mathbf{Max} (Z_g) \cong \tilde{c}_j x_j \quad g \text{ amaç fonksiyonları indeksi, } g=1,2, \dots, G \quad (2.19)$$

$$\mathbf{Min} (Z_g) \cong \tilde{c}_j x_j$$

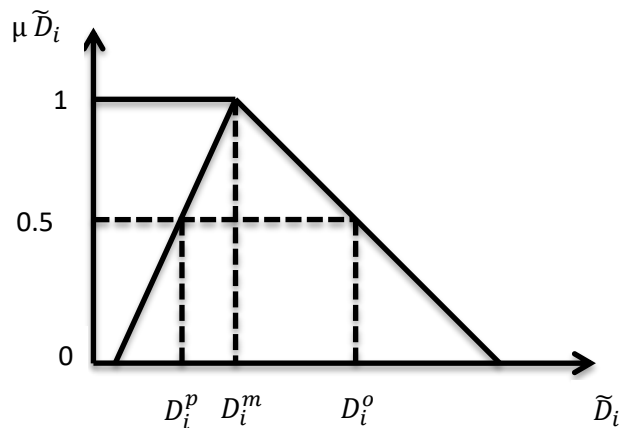
$$\sum_{j=1}^n A_{ij} x_j \leq \tilde{D}_i$$

$$x_j \geq 0$$

2. Verilen minimum kabul edilebilir üyelik seviyesi (α) göz önüne alınarak, bulanık sağ taraf değerlerine sahip olan kısıtlar, ağırlıklı ortalama yöntemi kullanılarak bulanık olmayan kısıtlara dönüştürülür.

Liang ve Cheng (2009) 'in çalışmalarındaki amaç denklemler ve kısıtların sağ taraf değerleri bulanıktır. Bu çalışma da amaç denklem katsayıları da bulanık olarak düşünülmüş ve bu bulanık katsayı değerleri de kısıt sağ taraf değerlerinde olduğu gibi ağırlıklı ortalama yöntemi kullanılarak bulanık olmayan katsayı değerlerine dönüştürülmüştür.

Liang ve Cheng (2009) bulanık değerlerin üçgen bir yapıda olduğunu varsaymış ve bu üçgen yapının sol, orta ve sağ değerlerini ise sırasıyla en kötümser değer (p= pessimistic), en olası değer (m= most likely) ve en iyimser değer (o= optimistic) olarak tanımlamıştır. Amaç fonksiyonun içeriğine bağlı olarak iyimser ve kötümser değerlerin yeri değişebilmektedir. Örneğin amaç fonksiyonu minimizasyon ise üçgensel sayıların büyük olanı en kötümser sayı iken, amaç fonksiyon maksimizasyon olduğunda ise en büyük değer en iyimser değer olabilmektedir (Özgen, 2008:30). Şekil 2.4 'te bulanık değer üçgen bulanık sayı olarak ($\tilde{D}_i = D_i^p, D_i^m, D_i^o$) gösterimi verilmiştir.



Şekil 2.4. $\tilde{D}_i$ Bulanık Sayısının Üçgensel Dağılımı

Kötümser, olası ve iyimser değerler ile tanımlanan bulanık katsayılar ya da sağ taraf sabitleri, ağırlıklandırılmış ortalama ağırlık yöntemi ile kesin değerlere dönüştürülür. Kabul edilebilir en düşük üyelik seviyesi (α) verildiğinde, eşitlik (2.19)'da verilen bulanık sağ taraf değerine sahip olan kısıt için bulanık olmayan eşitlik ifadesi aşağıdaki gibi olacaktır.

$$\sum_{j=1}^n A_{ij} x_j \leq w_1 D_i^p + w_2 D_i^m + w_3 D_i^o \quad (2.20)$$

Eşitlik (2.20)'de w_1 , w_2 ve w_3 bulanık sağ taraf değerinin en kötümser, en olası ve en iyimser değerlerinin ağırlıklarını ifade etmektedir ve eşitlik (2.21)'i sağlayacak şekilde karar vericinin bilgi ve tecrübesine bağlı olarak belirlenen öznel değerlerdir.

$$w_1 + w_2 + w_3 = 1 \quad (2.21)$$

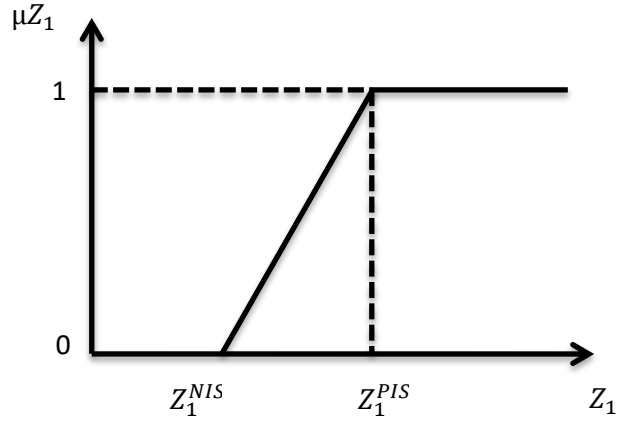
Gerçek hayatta ağırlık katsayıları ve α değerleri karar vericinin bilgi ve tecrübesine bırakılmış olsa da Liang ve Cheng (2009) bu değerler için $w_1=1/6$, $w_2=4/6$, $w_3=1/6$ ve $\alpha=0.5$ olarak alınabileceğini belirtmişler ve ayrıca önem verilen değerlerin en büyük katsayıya sahip olması gerektiğini önermişlerdir.

3. Her bir bulanık amaç fonksiyon için Z_g^{NIS} ve Z_g^{PIS} değerleri hesaplanarak, amaç fonksiyonlarına ilişkin üyelik fonksiyonları belirlenir.

Bu aşamaya kadar olan kısım, bulanık amaç katsayılarının ve bulanık kısıtların kesin değerler ile ifade edilmesinden oluşmaktadır. Modelin doğrusal programlama ile çözülebilmesi için bulanık amaçların da bulanık olmayan ifadelere dönüştürülmesi gerekmektedir. Liang ve Cheng (2009) amaç fonksiyonlarının dönüştürülmesi için her bir amaç fonksiyon için Z_g^{PIS} ve Z_g^{NIS} değerlerinin hesaplanması gerektiğini belirtmişlerdir.

Bir amacın Z_g^{PIS} değeri o amacın modelde tek başına çözülmesi sonucunda elde edilen amaç fonksiyon değeri olup, Z_g^{NIS} değeri ise diğer amacın amaç fonksiyon olması durumunda hesaplanan ilk amacın değeri olup, bu değer ilgili amacın en kötü değeridir. (Paksoy, Yapıcı ve Özceylan, 2013:195).

Şekil 2.5 maksimizasyon amaç fonksiyonuna ait üyelik fonksiyonunu göstermektedir.

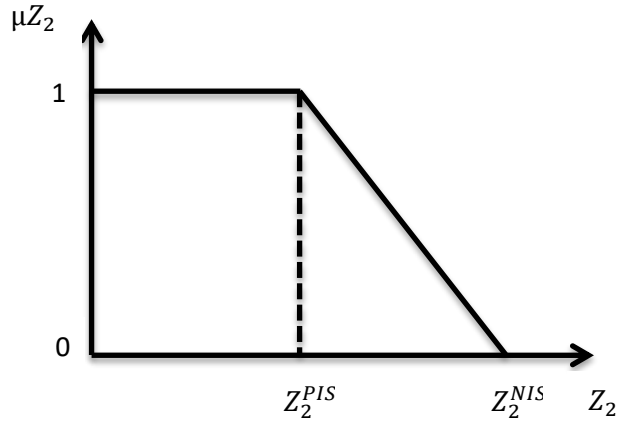


Şekil 2.5. Maksimizasyon Amaç Fonksiyonuna Ait Üyelik Fonksiyonu

Şekil 2.5'ten çıkarılabilecek amaç fonksiyonuna ait üyelik fonksiyonu;

$$\mu_{Z_1} = \begin{cases} 1, & Z_1 > Z_1^{PIS} \\ \frac{Z_1 - Z_1^{NIS}}{Z_1^{PIS} - Z_1^{NIS}}, & Z_1^{NIS} \leq Z_1 \leq Z_1^{PIS} \\ 0, & Z_1 < Z_1^{NIS} \end{cases} \quad (2.22)$$

Şekil 2.6 minimizasyon amaç fonksiyonuna ait üyelik fonksiyonunu göstermektedir.



Şekil 2.6. Minimizasyon Amaç Fonksiyonuna Ait Üyelik Fonksiyonu.

Şekil 2.6'dan çıkarılabilecek amaç fonksiyonuna ait üyelik fonksiyonu;

$$\mu_{Z_2} = \begin{cases} 1, & Z_2 \leq Z_2^{NIS} \\ \frac{Z_2^{NIS} - Z_2}{Z_2^{NIS} - Z_2^{NIS}}, & Z_2^{NIS} < Z_2 < Z_2^{NIS} \\ 0, & Z_2 \geq Z_2^{NIS} \end{cases} \quad (2.23)$$

4. Yardımcı değişken “ L ” nin modele dâhil edilmesiyle MOLP modeli tek amaçlı klasik doğrusal programlama modeline dönüştürülür. Bu yeni değişken “ L ” karar vericinin bulanık amaçlarına ilişkin toplam tatmin düzeyi olarak tanımlanabilir.

$$\text{Max } L \quad (2.24)$$

$$L \leq \frac{Z_1 - Z_1^{NIS}}{Z_1^{NIS} - Z_1^{NIS}}$$

$$L \leq \frac{Z_2^{NIS} - Z_2}{Z_2^{NIS} - Z_2^{NIS}}$$

$$\sum_{j=1}^n A_{ij} x_j \leq w_1 D_i^p + w_2 D_i^m + w_3 D_i^o$$

$$x_j \geq 0$$

$$L \in [0,1]$$

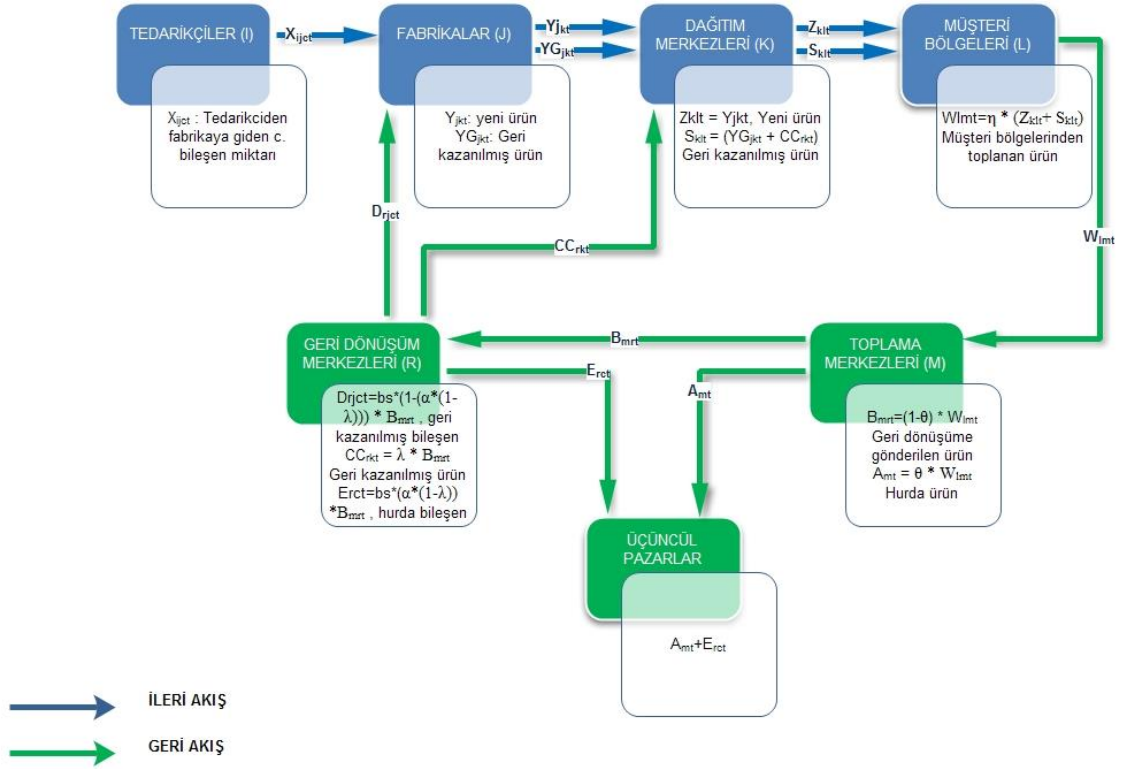
5. “ L ” yardımcı değişkenin amaç fonksiyon olduğu tek amaçlı klasik doğrusal programlama modeli çözülür.

6. Elde edilen tatmin seviyesi karar verici tarafından kabul edilene kadar işlem tekrarlanır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

GELİŞTİRİLEN CLSC MODELİ

3.1. MODELİN KAVRAMSAL TASARIMI ve ORGANİZASYONU



Şekil 3.1. Tasarlanan CLSC Ağı.

Tedarikçiler: Tasarlanan modelde dört tedarikçi mevcuttur. Tedarikçiler geri dönüşüm merkezlerinin yetersiz kaldığı durumlarda fabrikalara bileşen temin etmekle sorumlu olan tesislerdir

Fabrikalar: Tasarlanan modelde potansiyel dört fabrika mevcuttur. Fabrikalarda bir çeşit ürün üretilmek istenir ve ürün birer adet, c_1 ve c_2 bileşeninden oluşur. Bu bileşenleri tedarikçilerden satın alan fabrikalar üretimi gerçekleştirip nihai ürünü elde ederler ve ayrıca fabrikalar geri dönüşüm merkezlerinden gelen geri kazanılmış bileşenlerden de ürün üretilip müşteri bölgelerine ulaştırmaları için dağıtım merkezlerine gönderirler.

Dağıtım merkezleri: Tasarlanan modelde potansiyel dört dağıtım merkezi mevcuttur. Fabrikalardan gelen yeni ürün ve geri kazanılmış bileşenlerden üretilen ürünlerin yanında geri dönüşüm merkezlerinden gelen geri kazanılmış ürünleri müşteri bölgelerine ulaştırırlar.

Müşteri bölgeleri: Tasarlanan modelde beş müşteri bölgesi mevcuttur. Müşteriler yeni ürünün yanında geri kazanılmış ürün de talep etmektedirler.

Toplama merkezleri: Tasarlanan modelde üç potansiyel toplama merkezi mevcuttur. Toplama merkezleri müşteri bölgelerinden ürün toplama ve bu ürünleri inceleme sınıflama sürecine tabi tutmakla görevlidirler. Geri dönüşümü özendirmek ve ürün toplamayı kolaylaştırmak açısından müşteri bölgelerindeki ekonomik ömrünü tamamlamış ya da artık kullanılmayan ürünleri satın alıp, bu ürünleri inceleyip sınıflayarak, tamamı ile çalışmayan ya da geri kazanılamayacak olanları üçüncül pazarlara satarlar, geriye kalan ürünleri geri dönüşüm merkezlerine gönderirler.

Geri dönüşüm merkezleri: Tasarlanan modelde üç potansiyel geri dönüşüm merkezi vardır. Geri dönüşüm merkezleri toplama merkezlerinden gelen ürünlerden tamamı ile geri kazanılabilecek olanları yeniler ve müşterilere ulaştırılmak üzere dağıtım merkezlerine gönderir. Geriye kalan ürünleri de-monte ederek çalışan bileşenleri ayıklar, yeniler ve yeniden üretimde kullanılması için fabrikalara gönderir. De-montaj sonrası açığa çıkan geri kazanılamayacak olan bileşenlerin de üçüncül pazarlara satışını yapar.

3.2. MODELİN SEMBOLLERİ

İNDİSLER

i	Tedarikçiler kümesi
j	Fabrikalar kümesi
k	Dağıtım merkezleri kümesi
l	Müşteriler kümesi
m	Toplama merkezleri kümesi
r	Geri dönüşüm merkezleri kümesi

- c Bileşen kümesi
 t Periyot kümesi

DEĞİŞKENLER

- X_{ijct} t . periyotta i . tedarikçiden j . fabrikaya taşınan c . bileşen miktarı
- Y_{jkt} t . periyotta j . fabrikadan k . dağıtım merkezine taşınan yeni ürün miktarı
- YG_{jkt} t . periyotta j . fabrikadan k . dağıtım merkezine taşınan geri kazanılmış bileşenlerden üretilen ürün miktarı
- Z_{klt} t . periyotta k . dağıtım merkezinden l . müşteri bölgesine taşınan yeni ürün miktarı
- S_{klt} t . periyotta k . dağıtım merkezinden l . müşteri bölgesine taşınan geri kazanılmış ürün miktarı
- W_{lmt} t . periyotta m . toplama merkezinin l . müşteri bölgesinden topladığı kullanılmış ürün miktarı
- A_{mt} t . periyotta m . toplama merkezinin üçüncül pazarlara sattığı hurda ürün miktarı
- B_{mrt} t . periyotta m . toplama merkezinden r . geri dönüşüm merkezine gönderilen ürün miktarı
- CC_{rkt} t . periyotta r . geri dönüşüm merkezinden k . dağıtım merkezine gönderilen geri kazanılmış ürün miktarı
- D_{rjct} t . periyotta r . geri dönüşüm merkezinden j . fabrikaya gönderilen geri kazanılmış c . bileşen miktarı
- E_{rct} t . periyotta r . geri dönüşüm merkezinin üçüncül pazarlara sattığı c . hurda bileşen miktarı
- F_{jt} j . fabrika t . periyotta açıksa 1, değilse 0
- G_{kt} k . dağıtım merkezi t . periyotta açıksa 1, değilse 0
- H_{mt} m . toplama merkezi t . periyotta açıksa 1, değilse 0

I_{rt} r . geri dönüşüm merkezi t . periyotta açıksa 1, değilse 0

PARAMETRELER

$\tilde{k}_{ict}$ i . tedarikçinin t . periyottaki c . bileşen kapasitesi

$\tilde{k}_{jt}$ j . fabrikanın t . periyottaki nihai ürün kapasitesi

$\tilde{k}_{kt}$ k . dağıtım merkezinin t . periyottaki ürün kapasitesi

$\tilde{k}_{mt}$ m . toplama merkezinin t . periyottaki ürün kapasitesi

$\tilde{k}_{rt}$ r . geri dönüşüm merkezinin t . periyottaki ürün kapasitesi

$\tilde{d}_{lt}$ t . periyotta l . müşterinin toplam ürün talebi

m_{ij} i . tedarikçi ile j . fabrika arası mesafe

m_{jk} j . fabrika ile k . dağıtım merkezi arası mesafe

m_{kl} k . dağıtım merkezi ile l . müşteri arası mesafe

m_{lm} l . müşteri bölgesi ile m . toplama merkezi arası mesafe

m_{mr} m . toplama merkezi ile r . geri dönüşüm merkezi arası mesafe

m_{rk} r . geri dönüşüm merkezi ile k . dağıtım merkezi arası mesafe

m_{rj} r . geri dönüşüm merkezi ile j . fabrika arası mesafe

$\widetilde{sfyt}_{lt}$ t . periyotta l . müşteri bölgesindeki yeni ürün satış fiyatı

$\widetilde{sfytg}_{lt}$ t . periyotta l . müşteri bölgesindeki yenilenmiş ürün satış fiyatı

$\widetilde{hfyt}_{mt}$ t . periyotta m . toplama merkezinin hurda ürün satış fiyatı

$\widetilde{hcfyt}_{rt}$ t . periyotta r . geri dönüşüm merkezinin hurda bileşen satış fiyatı

$\widetilde{sm}_{jt}$ j . fabrikanın t . periyottaki çalışması sırasında oluşan sabit maliyet

$\widetilde{sm}_{kt}$ k . dağıtım merkezinin t . periyottaki çalışması sırasında oluşan sabit maliyet

$\widetilde{sm}_{mt}$ m . toplama merkezinin t . periyottaki çalışması sırasında oluşan sabit maliyet

$\widetilde{sm}_{rt}$	r . geri dönüşüm merkezinin t . periyottaki çalışması sırasında oluşan sabit maliyet
$\widetilde{um}_{jt}$	j . fabrikanın t . periyottaki bir birim ürün üretim maliyeti
$\widetilde{bsa}_{jict}$	j . fabrikanın t . periyottaki i . tedarikçiden c . bileşen satın alma maliyeti
$\widetilde{dam}_{kt}$	dağıtım merkezinin t . periyottaki işleyişi sırasında oluşan birim başına değişken maliyet
$\widetilde{kud}_{mt}$	m . toplama merkezinin t . periyottaki kullanılmış ürün alma maliyeti
$\widetilde{im}_{mt}$	m . toplama merkezinin t . periyottaki bir ürünü inceleme sınıflama maliyeti
$\widetilde{dm}_{rt}$	r . geri dönüşüm merkezinin t . periyottaki bir ürünü de montaj maliyeti
$\widetilde{uym}_{rt}$	r . geri dönüşüm merkezinin t . periyottaki bir ürünü yenileme maliyeti
$\widetilde{bym}_{rct}$	r . geri dönüşüm merkezinin t . periyottaki bir c . bileşeni yenileme maliyeti
$\widetilde{t}_{it}$	i . tedarikçinin t . periyotta bir c . bileşeni taşıma maliyeti
$\widetilde{t}_{ij}$	j . fabrikanın t . periyotta bir birim ürünü taşıma maliyeti
$\widetilde{t}_{kt}$	k . dağıtım merkezinin t . periyotta bir birim ürünü taşıma maliyeti
$\widetilde{t}_{lt}$	l . müşterinin t . periyotta bir birim ürünü taşıma maliyeti
$\widetilde{t}_{mt}$	m . toplama merkezinin t . periyotta bir birim ürünü taşıma maliyeti
$\widetilde{t}_{rt}$	r . geri dönüşüm merkezinin t . periyotta bir birim ürünü taşıma maliyeti
$\widetilde{t}_{rct}$	r . geri dönüşüm merkezinin t . periyotta bir c . bileşen taşıma maliyeti
$\widetilde{tgs}_{klt}$	k . dağıtım merkezinden l . müşteri bölgesine t . periyotta ürün tesliminde gerçekleşen süre
$\widetilde{tbs}_{klt}$	l . müşteri bölgesinin t . periyotta k . dağıtım merkezinden yapılacak teslimat için beklediği süre
D_{tl}	$= \{ k \mid \widetilde{tgs}_{klt} \geq \widetilde{tbs}_{klt} \}$ t zamanda
$\widetilde{tgs}_{rjt}$	r . geri dönüşüm merkezinden t . periyotta j . fabrikaya bileşen tesliminde gerçekleşen süre

$\widetilde{tgs}_{rjt}$ j . fabrikanın t . periyotta r . geri dönüşüm merkezinden yapılacak teslimat için beklediği süre

D_{tj} = $\{ r \mid \widetilde{tgs}_{rjt} \geq \widetilde{tbs}_{rjt} \}$ t zamanda

$\widetilde{tgs}_{rkt}$ r . geri dönüşüm merkezinden t . periyotta k . dağıtım merkezine ürün tesliminde gerçekleşen süre

$\widetilde{tbs}_{rkt}$ k . dağıtım merkezinin t . periyotta r . geri dönüşüm merkezinden yapılacak teslimatta beklediği süre

D_{tj} = $\{ r \mid \widetilde{tgs}_{rkt} \geq \widetilde{tbs}_{rkt} \}$ t zamanda

F Açılacak fabrikanın üst sınırı

D Açılacak dağıtım merkezinin üst sınırı

T Açılacak toplama merkezinin üst sınırı

G Açılacak geri dönüşüm merkezinin üst sınırı

bs Bir birim ürün içindeki c. bileşen sayısı

$\hat{\eta}$ Müşterilerden satın alınan kullanılmış ürün yüzdesi

$\tilde{\lambda}$ Kullanılmış ürünler içerisinde tamamı ile çalışan (yenilenmesine karar verilen) ürün yüzdesi

$\tilde{\theta}$ Kullanılmış ürünler içerisinde atığa gönderilen ürün yüzdesi

$\tilde{\alpha}$ De montaj sonrası atığa gönderilen bileşen yüzdesi

3.3. GELİR FONKSİYONLARI

Tasarlanan CLSC’de, dört adet gelir kaynağı mevcuttur. Bunlar, yeni ürünlerin satışından, geri kazanılmış ürünlerin satışından, hurda ürün satışından ve hurda bileşen satışından elde edilen gelirlerdir.

3.3.1. Yeni Ürün Satışından Elde Edilen Gelir

Yeni ürünlerin satışından elde edilen toplam gelir; $\widetilde{sfyt}_{lt}$ t . periyotta l . müşteri bölgesindeki ürün satış fiyatı ve Z_{klt} t . periyotta k . dağıtım merkezinden l . müşteri bölgesine taşınan yeni ürün miktarı olmak üzere,

$$\sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \sum_{t=1}^T \widetilde{sfyt}_{lt} * Z_{klt} \quad (3.1)$$

şeklinde hesaplanır.

3.3.2. Geri Kazanılmış Ürün Satışından Elde Edilen Gelir

Geri kazanılmış ürünlerin satışından elde edilen toplam gelir; $\widetilde{sfytg}_{lt}$ t . periyotta l . müşteri bölgesindeki geri kazanılmış ürün satış fiyatı ve S_{klt} t . periyotta k . dağıtım merkezinden l . müşteri bölgesine taşınan toplam geri kazanılmış ürün miktarı olmak üzere,

$$\sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \sum_{t=1}^T \widetilde{sfytg}_{lt} * S_{klt} \quad (3.2)$$

şeklinde hesaplanır.

3.3.3. Hurda Ürün Satışından Elde Edilen Gelir

Hurda ürünlerin satışından elde edilen toplam gelir; $\widetilde{hfyt}_{mt}$ t . periyotta m . toplama merkezinin hurda ürün satış fiyatı ve A_{mt} t . periyotta m . toplama merkezinden üçüncül pazarlara taşınan hurda ürün miktarı olmak üzere,

$$\sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^T \widetilde{hfyt}_{mt} * A_{mt} \quad (3.3)$$

şeklinde hesaplanır.

3.3.4. Hurda Bileşen Satışından Elde Edilen Gelir

Hurda bileşenlerin satışından elde edilen toplam gelir; $\widetilde{hcfyt}_{rt}$ t . periyotta r . geri dönüşüm merkezinin hurda bileşen satış fiyatı ve E_{rct} t . periyotta r . geri dönüşüm merkezinden üçüncül pazarlara taşınan hurda bileşen miktarı olmak üzere,

$$\sum_{r=1}^R \sum_{c=1}^C \sum_{t=1}^T \widetilde{hcfyt}_{rt} * E_{rct} \quad (3.4)$$

şeklinde hesaplanır.

3.4. MALİYET FONKSİYONLARI

Tasarlanan CLSC’de göz önünde bulundurulanan maliyet bileşenleri, satın alma maliyetleri, işleme maliyetleri, taşıma maliyetleri ve sabit maliyetlerdir.

3.4.1. Satın Alma Maliyetleri

Tasarlanan CLSC’de bileşenlerin tedarikçilerden alınması ve müşteri bölgelerinden müşterilerin kullanım ürünü bitmiş veya artık kullanmadıkları ürünlerin alınması durumunda olmak üzere iki çeşit satın alma maliyeti oluşmaktadır.

Tasarlanan CLSC’de fabrikalar bileşen ihtiyacını geri dönüşüm merkezinden ve tedarikçilerden karşılar, bileşen ihtiyacının tedarikçilerden karşılanması durumunda ortaya çıkan satın alma maliyeti; $\widetilde{bsa}_{ijct}$ j . fabrikanın t . periyotta c . bileşeni i . tedarikçiden alma maliyeti ve X_{ijct} t . periyotta j . fabrikanın i . tedarikçiden aldığı c . bileşen miktarı olmak üzere,

$$\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{c=1}^C \widetilde{bsa}_{ijct} * X_{ijct} \quad (3.5)$$

şeklinde ifade edilir.

Müşterilerden toplanan ürünler için geri dönüşümü özendirme amacı ile ödeme yapılmaktadır. Müşterilerden toplanan kullanılmış ürün alma maliyeti, $\widetilde{kud}_{mt}$ t . periyotta m . toplama merkezinin kullanılmış ürün alma maliyeti ve W_{lmt} t . periyotta l . müşteri bölgesinden m . toplama merkezine taşınan kullanılmış ürün miktarı olmak üzere

$$\sum_{t=1}^T \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M \widetilde{kud}_{mt} * W_{lmt} \quad (3.6)$$

şeklinde ifade edilir.

3.4.2. Toplam İşleme Maliyetleri

Tasarlanan CLSC kapsamında ele alınan işleme maliyetleri beş bileşenden oluşmaktadır. Bunlar;

- Toplam üretim maliyeti
- Toplam dağıtım merkezi değişken maliyeti
- Toplam inceleme sınıflama maliyeti
- Toplam de-montaj maliyeti
- Toplam yenileme maliyetidir.

Toplam üretim maliyeti, $\widetilde{um}_{jt}$ t . periyotta j . fabrikadaki ürün üretme maliyeti, Y_{jkt} t . periyotta j . fabrikadan k . dağıtım merkezine gönderilen yeni ürün miktarı ve YG_{jkt} t . periyotta j . fabrikadan k . dağıtım merkezine gönderilen geri kazanılmış bileşenlerden üretilen ürün miktarı olmak üzere

$$\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \widetilde{um}_{jt} * Y_{jkt} + YG_{jkt} \quad (3.7)$$

şeklinde ifade edilir.

Dağıtım merkezleri işleyişini sürdürürken ürün başına bir maliyete katlanmaktadır. Toplam dağıtım merkezi değişken maliyeti, $\widetilde{dam}_{kt}$ t . periyotta k . dağıtım merkezi değişken maliyeti, Z_{klt} t . periyotta k . dağıtım merkezinden l . müşteri bölgelerine gönderilen yeni ürün miktarı ve S_{klt} t . periyotta k . dağıtım merkezinden l . müşteri bölgelerine gönderilen geri kazanılmış ürün miktarı olmak üzere

$$\sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \widetilde{dam}_{kt} * Z_{klt} + S_{klt} \quad (3.8)$$

şeklinde ifade edilir.

Toplam inceleme sınıflama maliyeti, $\widetilde{im}_{mt}$ t . periyotta m . toplama merkezinin ürün başına inceleme ve sınıflama maliyeti ve W_{lmt} t . periyotta l . müşteri bölgesinden m . toplama merkezince toplanan ürün miktarı olmak üzere

$$\sum_{t=1}^T \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M \widetilde{im}_{mt} * W_{lmt} \quad (3.9)$$

şeklinde ifade edilir.

Toplam de-montaj maliyeti, $\widetilde{dm}_{rt}$ t . periyotta r . geri dönüşüm merkezindeki birim başına de-montaj maliyeti, $(1 - \lambda)$ t . periyotta m . toplama merkezinden r . geri dönüşüm merkezine giden ürünlerden kısmen çalışır durumda olanların oranı ve B_{mrt} m . toplama merkezinden r . geri dönüşüm merkezine giden ürün miktarı olmak üzere

$$\sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M \sum_{r=1}^R \widetilde{dm}_{rt} * (1 - \lambda) * B_{mrt} \quad (3.10)$$

şeklinde ifade edilir.

Toplam yenileme maliyeti ürün ve bileşen yenileme maliyetlerinden oluşmaktadır. Toplam yenileme maliyeti, $\widetilde{uym}_{rt}$ t . periyotta r . geri dönüşüm merkezinin birim başına ürün yenileme maliyeti, $\widetilde{bym}_{rct}$ t . periyotta r . geri dönüşüm merkezinin c . bileşen yenileme maliyeti, λ t . periyotta m . toplama merkezinden r . geri dönüşüm merkezine giden ürünlerden çalışır durumda olanların oranı, $1 - (\alpha * (1 - \lambda))$ t . periyotta m . toplama merkezinden r . geri dönüşüm merkezine giden ürünlerden kısmen çalışır durumda olan ürünlerdeki de-montaj sonrası ortaya çıkan çalışan bileşen oranı ve B_{mrt} t . periyottaki m . toplama merkezinden r . geri dönüşüm merkezine gönderilen ürün miktarı olmak üzere,

$$\sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M \sum_{r=1}^R \widetilde{uym}_{rt} * \lambda * B_{mrt} + bs * \widetilde{bym}_{rct} * 1 - (\alpha * (1 - \lambda)) * B_{mrt} \quad (3.11)$$

şeklinde ifade edilir.

3.4.3. Taşıma Maliyetleri

Taşıma maliyetleri, tasarlanan CLSC'deki her bir eleman için farklılık göstermektedir. Verilen taşıma maliyetleri ürün ya da bileşenin bir biriminin bir birim mesafe boyunca taşınmasıdır.

i . tedarikçiden j . fabrikaya olan uzaklık m_{ij} , X_{ijct} t . periyotta i . tedarikçiden j . fabrikaya taşınan c . bileşen miktarı ve $\tilde{t}_{it}$ t . periyotta i . tedarikçiden bir birim bileşen taşıma maliyeti olmak üzere, tedarikçilerden fabrikalara bileşen taşınımının toplam maliyeti

$$\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{c=1}^C \tilde{t}_{it} * m_{ij} * X_{ijct} \quad (3.12)$$

şeklinde ifade edilir.

j . fabrikadan k . dağıtım merkezine olan uzaklık m_{jk} , $(Y_{jkt} + YG_{jkt})$ t . periyotta j . fabrikadan k . dağıtım merkezine gönderilen toplam ürün miktarı ve $\tilde{t}_{jt}$ t . periyotta j . fabrikadan bir birim ürün taşıma maliyeti olmak üzere, fabrikalardan dağıtım merkezlerine ürün taşınımının toplam maliyeti

$$\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \tilde{t}_{ft} * m_{jk} * (Y_{jkt} + YG_{jkt}) \quad (3.13)$$

şeklinde ifade edilir.

k . dağıtım merkezinden l . müşteri bölgelerine olan uzaklık m_{kl} , $(Z_{klt} + S_{klt})$ t . periyotta k . dağıtım merkezinden l . müşteri bölgesine gönderilen toplam ürün miktarı ve $\tilde{t}_{kt}$ t . periyotta k . dağıtım merkezinden bir birim ürün taşıma maliyeti olmak üzere, dağıtım merkezlerinden müşteri bölgelerine taşımanın toplam maliyeti

$$\sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \tilde{t}_{kt} * m_{kl} * (Z_{klt} + S_{klt}) \quad (3.14)$$

şeklinde ifade edilir.

l . müşteri bölgesinden m . toplama merkezine olan uzaklık m_{lm} , W_{lmt} t . periyotta l . müşteri bölgesinden m . toplama merkezine taşınan ürün miktarı ve $\tilde{t}_{lt}$ t . periyotta l . müşteri bölgesinden bir birim ürün taşıma maliyeti olmak üzere, müşteri bölgelerinden toplama merkezlerine taşımanın toplam maliyeti

$$\sum_{t=1}^T \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M \tilde{t}_{lt} * m_{lm} * W_{lmt} \quad (3.15)$$

şeklinde ifade edilir.

m . toplama merkezinden r . geri dönüşüm merkezine olan uzaklık m_{mr} , B_{mrt} t . periyotta m . toplama merkezinden r . geri dönüşüm merkezine gönderilen ürün miktarı ve $\tilde{t}_{mt}$ t . periyotta m . toplama merkezinden bir birim ürün taşıma maliyeti olmak üzere, toplama merkezlerinden geri dönüşüm merkezlerine yapılan taşımanın toplam maliyeti

$$\sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M \sum_{r=1}^R \tilde{t}_{mt} * m_{mr} * B_{mrt} \quad (3.16)$$

şeklinde ifade edilir.

r . geri dönüşüm merkezinden j . fabrikaya olan uzaklık m_{rj} , D_{rjct} t . periyotta r . geri dönüşüm merkezinden j . fabrikaya taşınan c . bileşen miktarı ve $\tilde{t}_{rct}$ t . periyotta r . geri dönüşüm merkezinden bir birim c . bileşen taşıma maliyeti olmak üzere, geri dönüşüm merkezinden fabrikaya bileşen taşımanın toplam maliyeti

$$\sum_{t=1}^T \sum_{r=1}^R \sum_{j=1}^J \sum_{c=1}^C \tilde{t}_{rct} * m_{rj} * D_{rjct} \quad (3.17)$$

şeklinde ifade edilir.

r . geri dönüşüm merkezinden k . dağıtım merkezine olan uzaklık m_{rk} , C_{rkt} t . periyotta r . geri dönüşüm merkezinden k . dağıtım merkezine taşınan ürün miktarı ve $\tilde{t}_{rt}$ t . periyotta r . geri dönüşüm merkezinden bir birim ürün taşıma maliyeti olmak üzere, geri dönüşüm merkezinden dağıtım merkezine ürün taşımanın toplam maliyeti

$$\sum_{t=1}^T \sum_{r=1}^R \sum_{k=1}^K \tilde{t}_r * m_{rk} * C_{rkt} \quad (3.18)$$

şeklinde ifade edilir.

3.4.4. Sabit Maliyetler

$\widetilde{sm}_{jt}$ t . periyotta j . fabrikanın sabit maliyeti ve F_{jt} t . periyotta j . fabrikanın açık olup olmama durumunu göstermek üzere, açılacak tüm fabrikaların sabit maliyetleri

$$\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J \widetilde{sm}_{jt} * F_{jt} \quad (3.19)$$

şeklinde ifade edilir.

$\widetilde{sm}_{kt}$ t . periyotta k . dağıtım merkezinin sabit maliyeti ve G_{kt} t . periyotta k . dağıtım merkezinin açık olup olmama durumunu göstermek üzere, açılacak tüm dağıtım merkezlerinin sabit maliyeti

$$\sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^K \widetilde{sm}_{kt} * G_{kt} \quad (3.20)$$

şeklinde ifade edilir.

$\widetilde{sm}_{mt}$ t . periyotta m . toplama merkezinin sabit maliyeti ve H_{mt} t . periyotta m . toplama merkezinin açık olup olmama durumunu göstermek üzere, açılacak tüm toplama merkezlerinin sabit maliyeti

$$\sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M \widetilde{sm}_{mt} * H_{mt} \quad (3.21)$$

şeklinde ifade edilir.

$\widetilde{sm}_{rt}$ t . periyotta r . geri dönüşüm merkezinin sabit maliyeti ve I_{rt} t . periyotta r . geri dönüşüm merkezinin açık olup olmama durumunu göstermek üzere, açılacak tüm geri dönüşüm merkezlerinin sabit maliyeti

$$\sum_{t=1}^T \sum_{r=1}^R \widetilde{sm}_{rt} * I_{rt} \quad (3.22)$$

şeklinde ifade edilir.

3.5. TESLİM SÜRELERİ FONKSİYONLARI

İlk iki amaç tedarik zincirinin verimliliği ile üçüncü amaç ise müşteri memnuniyeti ile ilişkilendirilebilir. Üçüncü amaçta dağıtım merkezinden müşterilere, geri dönüşüm merkezlerinden dağıtım merkezlerine ve fabrikalara yapılan teslimatlarda, gerçekleşen teslim süresi ile beklenen teslim süreleri arasındaki farkların minimizasyonu hedeflenmektedir.

3.5.1. Dağıtım Merkezlerinden Müşterilere Yapılan Teslimattaki Gecikme

$\widetilde{tgs}_{klt} - \widetilde{tbs}_{klt}$ t . periyotta k . dağıtım merkezinden l . müşteri bölgelerine yapılan ürün teslimatı için, gerçekleşen süre ile müşterilerin teslimatın gerçekleşmesini bekledikleri süre arasındaki pozitif fark ve $(Z_{klt} + S_{klt})$ t . periyotta k . dağıtım merkezinden l . müşteri bölgesine teslim edilen toplam ürün miktarı olmak üzere, dağıtım merkezlerinden müşteri bölgelerine yapılan ürün teslimatındaki toplam gecikme süresi

$$\sum_{t=1}^T \sum_{l=1}^L \sum_{k \in D_{tm}}^K (\widetilde{tgs}_{klt} - \widetilde{tbs}_{klt}) * (Z_{klt} + S_{klt}) \quad (3.23)$$

şeklinde ifade edilir.

3.5.2. Geri Dönüşüm Merkezlerinden Fabrikalara Yapılan Teslimattaki Gecikme

$(\widetilde{tgs}_{rjt} - \widetilde{tbs}_{rjt})$ t . periyotta r . geri dönüşüm merkezinden j . fabrikaya yapılan bileşen teslimatı için, gerçekleşen süre ile fabrikaların teslimatın gerçekleşmesini bekledikleri süre arasındaki pozitif fark ve D_{rjct} t . periyotta r . geri dönüşüm merkezinden j . fabrikaya gönderilen c . bileşen miktarı olmak üzere, geri dönüşüm merkezlerinden fabrikalara bileşen teslimatındaki toplam gecikme süresi

$$\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J \sum_{c=1}^C \sum_{r \in D_{ij}}^R (\widetilde{tgs}_{rjt} - \widetilde{tbs}_{rjt}) * D_{rjct} \quad (3.24)$$

şeklinde ifade edilir.

3.5.3. Geri Dönüşüm Merkezlerinden Dağıtım Merkezlerine Yapılan Teslimattaki Gecikme

$(\widetilde{tgs}_{rkt} - \widetilde{tbs}_{rkt})$ t . periyotta r . geri dönüşüm merkezinden k . dağıtım merkezine yapılan ürün teslimatı için, gerçekleşen süre ile dağıtım merkezlerinin teslimatın gerçekleşmesini bekledikleri süre arasındaki pozitif fark ve C_{rkt} t . periyotta r . geri dönüşüm merkezinden k . dağıtım merkezine gönderilen ürün miktarı olmak üzere, geri dönüşüm merkezlerinden dağıtım merkezine ürün teslimatındaki toplam gecikme süresi

$$\sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^K \sum_{r \in D_{tk}}^R (\widetilde{tgs}_{rkt} - \widetilde{tbs}_{rkt}) * C_{rkt} \quad (3.25)$$

şeklinde ifade edilir.

3.6. AMAÇ DENKLEMLER

3.6.1. Toplam Gelirin Maksimizasyonu

$$\max \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \sum_{t=1}^T \widetilde{sftyt}_{lt} * Z_{klt} + \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \sum_{t=1}^T \widetilde{sftytg}_{lt} * S_{klt} + \sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^T \widetilde{hfyt}_{mt} * A_{mt} + \sum_{r=1}^R \sum_{c=1}^C \sum_{t=1}^T \widetilde{hcfyt}_{rt} * E_{rct} \quad (3.26)$$

3.6.2. Toplam Maliyetin Minimizasyonu

$$\begin{aligned} \min & \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{c=1}^C \widetilde{bsa}_{jict} * X_{ijct} + \sum_{t=1}^T \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M \widetilde{kud}_{mt} * W_{lmt} + \\ & \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \widetilde{um}_{jt} * (Y_{jkt} + YG_{jkt}) + \sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \widetilde{dam}_{kt} * (Z_{klt} + S_{klt}) + \\ & \sum_{t=1}^T \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M \widetilde{im}_{mt} * W_{lmt} + \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M \sum_{r=1}^R \widetilde{dm}_{rt} * (1 - \lambda) * B_{mrt} + \\ & \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M \sum_{r=1}^R \widetilde{uym}_{rt} * \lambda * B_{mrt} + bs * \widetilde{bym}_{rct} * 1 - (\alpha * (1 - \lambda)) * B_{mrt} + \\ & \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{c=1}^C \widetilde{it}_{it} * m_{ij} * X_{ijct} + \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \widetilde{jt}_{jt} * m_{jk} * (Y_{jkt} + YG_{jkt}) + \\ & \sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \widetilde{kt}_{kt} * m_{kl} * (Z_{klt} + S_{klt}) + \sum_{t=1}^T \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M \widetilde{lt}_{lt} * m_{lm} * W_{lmt} + \\ & \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M \sum_{r=1}^R \widetilde{mt}_{mt} * m_{mr} * B_{mrt} + \sum_{t=1}^T \sum_{r=1}^R \sum_{j=1}^J \sum_{c=1}^C \widetilde{rct}_{rct} * m_{rj} * D_{rjct} + \\ & \sum_{t=1}^T \sum_{r=1}^R \sum_{k=1}^K \widetilde{rt}_{rt} * m_{rk} * C_{rkt} + \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J \widetilde{sm}_{jt} * F_{jt} + \sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^K \widetilde{sm}_{kt} * G_{kt} + \\ & \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M \widetilde{sm}_{mt} * H_{mt} + \sum_{t=1}^T \sum_{r=1}^R \widetilde{sm}_{rt} * I_{rt} \end{aligned} \quad (3.27)$$

3.6.3. Toplam Gecikmenin Minimizasyonu

$$\begin{aligned} \min & \sum_{t=1}^T \sum_{l=1}^L \sum_{k \in D_{tm}}^K (\widetilde{tgs}_{klt} - \widetilde{tbs}_{klt}) * (Z_{klt} + S_{klt}) + \\ & \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J \sum_{c=1}^C \sum_{r \in D_{tj}}^R (\widetilde{tgs}_{rjt} - \widetilde{tbs}_{rjt}) * D_{rjct} + \min \sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^K \sum_{r \in D_{tk}}^R (\widetilde{tgs}_{rkt} - \\ & \widetilde{tbs}_{rkt}) * C_{rkt} \end{aligned} \quad (3.28)$$

3.7. KISIT DENKLEMLER

1- Her bir tedarikçi en fazla kapasitesi kadar bileşen bulundurabilir.

$$\sum_{j=1}^J X_{ijct} \leq \tilde{k}_{ict} \quad \forall i, c, t \quad (3.29)$$

2- Her bir fabrika en fazla kapasitesi kadar ürün işleyebilir.

$$\sum_{k=1}^K Y_{jkt} + YG_{jkt} \leq \tilde{k}_{jt} * F_{jt} \quad \forall j, t \quad (3.30)$$

3- Her bir dağıtım merkezi en fazla kapasitesi kadar ürün bulundurabilir.

$$\sum_{l=1}^L (Z_{klt} + S_{klt}) \leq \tilde{k}_{kt} * G_{kt} \quad \forall k, t \quad (3.31)$$

4- Her bir toplama merkezi en fazla kapasitesi kadar ürün bulundurabilir.

$$\sum_{r=1}^R B_{mrt} + A_{mt} \leq \tilde{k}_{mt} * H_{mt} \quad \forall m, t \quad (3.32)$$

5- Her bir geri dönüşüm merkezi en fazla kapasitesi kadar ürün bulundurabilir

$$\sum_{k=1}^K C_{rkt} + \sum_{i=1}^I \frac{D_{rjct}}{bs} + \frac{E_{rct}}{bs} \leq \tilde{k}_{rt} * I_{rt} \quad \forall r, t \quad (3.33)$$

6- Müşteri bölgelerinin toplam talebi yeni üretilen ve geri kazanılmış ürünlerin toplamına eşittir.

$$\sum_{k=1}^K (Z_{klt} + S_{klt}) = \tilde{d}_{lt} \quad \forall l, t \quad (3.34)$$

7- Periyotlar arası ürün ve bileşen geçişi

$$\sum_{i=1}^I X_{ijct} + \sum_{r=1}^R D_{rjc(t-1)} - bs * (Y_{jkt} + YG_{jkt}) = 0 \quad \forall j, c, t \quad (3.35)$$

8- Denge kısıtı (fabrika ve geri dönüşüm merkezlerinden gelen ürünler dağıtım merkezlerinden müşteri bölgelerine ulaştırılan ürünlere eşittir)

$$\sum_{j=1}^J (Y_{jkt} + YG_{jkt}) + \sum_{r=1}^R C_{rk(t-1)} - \sum_{l=1}^L (Z_{klt} + S_{klt}) = 0 \quad \forall k, t \quad (3.36)$$

9- Müşterilerden belli bir oranda ürün toplama

$$\eta \sum_{k=1}^K (Z_{klt} + S_{klt}) - \sum_{m=1}^M W_{lmt} = 0 \quad \forall l, t \quad (3.37)$$

10- Toplama merkezlerindeki ürünlerin bir kısmının üçüncül pazarlara gönderilmesi

$$\theta \sum_{l=1}^L W_{lmt} - A_{mt} = 0 \quad \forall m, t \quad (3.38)$$

11- Toplama merkezlerindeki geri kalan ürünleri geri dönüşüm merkezlerine gönderilmesi

$$(1 - \theta) \sum_{l=1}^L W_{lmt} - \sum_{r=1}^R B_{mrt} = 0 \quad \forall m, t \quad (3.39)$$

12- Geri dönüşüm merkezlerine gelen ürünlerin bir kısmının yenilenip dağıtım merkezlerine gönderilmesi (geri dönüşümde yenilenen ürünler = dağıtımdan müşterilere giden yenilenmiş ürüne)

$$\lambda * \sum_{r=1}^R B_{mrt} - \sum_{k=1}^K C_{rkt} = 0 \quad \forall r, t \quad (3.40)$$

13- Geri dönüşüm merkezlerine de-montajı için gelen ürünlerin de-montajı sonrası açığa çıkan bileşenlerin bir kısmının yenilenip fabrikalara gönderilmesi

$$bs * (1 - (\alpha * (1 - \lambda))) \sum_{m=1}^M B_{mrt} - \sum_{j=1}^J D_{rjct} = 0 \quad \forall c, r, t \quad (3.41)$$

14- Geri dönüşüm merkezlerine de-montajı için gelen ürünlerin de-montajı sonrası açığa çıkan hurda bileşenlerin üçüncül pazarlara gönderilmesi

$$bs * \alpha * (1 - \lambda) \sum_{m=1}^M B_{mrt} - E_{rct} = 0 \quad \forall c, r, t \quad (3.42)$$

15- Açılacak fabrika üst sınırı,

$$\sum_{j=1}^J F_{jt} \leq F \quad \forall t \quad (3.43)$$

16- Açılacak dağıtım merkezi üst sınırı

$$\sum_{k=1}^K G_{kt} \leq D \quad \forall t \quad (3.44)$$

17- Açılacak toplama merkezi üst sınırı

$$\sum_{m=1}^M H_{mt} \leq T \quad \forall t \quad (3.45)$$

18- Açılacak geri dönüşüm merkezi üst sınırı

$$\sum_{r=1}^R I_{rt} \leq G \quad \forall t \quad (3.46)$$

$$19- X_{ijct}, Y_{jkt}, YG_{jkt}, Z_{klt}, S_{klt}, W_{lmt}, A_{mwt}, B_{mrt}, C_{rkt}, D_{rjct}, E_{rwct} \geq 0 \quad (3.47)$$

$$20- F_{jt}, G_{kt}, H_{mt}, I_{rt} = \{0, 1\} \quad (3.48)$$

3.8. MODELİN VARSAYIMLARI

- Tasarlanan CLSC'nin altı elemanı vardır. Bunlar; tedarikçiler, fabrikalar, dağıtım merkezleri, müşteri bölgeleri, toplama merkezleri, geri dönüşüm merkezleridir.
- Problemden maksimum dörder adet alternatif fabrika ve dağıtım merkezi, üçer adet alternatif toplama merkezi ve geri dönüşüm merkezi vardır. Tesisler başlangıçta açık değildir.
- Tedarikçi ve müşteri bölgeleri sayısı önceden bellidir, dört tedarikçi ve beş müşteri bölgesi mevcuttur.
- Tüm amaç fonksiyonları ve kısıtlar doğrusaldır.
- Tesisler arası mesafeler planlama dönemi boyunca belirli ve sabittir.
- Müşteri bölgelerinin talepleri eksiksiz karşılanmaktadır. Müşteri bölgelerinin talepleri yeni ve yenilenmiş üründen oluşmaktadır.
- Amaç fonksiyonları bulanıktır.
- Amaç fonksiyon katsayıları bulanıktır.
- Tüm maliyet değerleri, kapasiteler, teslimatta gerçekleşen süre ve beklenen süreler bulanıktır.
- Talep değerleri bulanıktır.
- Ürün toplama oranı bir önceki dönem müşteri talebinin bir oranıdır ve bu oran bulanıktır.
- Ürün ve bileşen geri dönüşüm ve atığa gitme oranları bulanıktır.
- Bulanık değerlerde üçgensel dağılım kullanılmıştır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

UYGULAMA

CLSC ağ tasarım problemlerinde uygulama için veri bulmanın neredeyse imkânsız olması ya da eksik verilerle çalışılmak zorunda olması sebebiyle hipotetik verilerle çalışılmış, veriler kesikli düzgün ve poisson dağılıma göre belirlenen aralıklarda türetilmiş Ek 1.'de verilmiştir. Çalışılan alanın doğası gereği belirsizlikler hesaba katılmış ve amaç fonksiyonları, amaç fonksiyon katsayıları ve kısıt sağ taraf değerlerinin bulanık olduğu bir ağ modellenmiştir. Modelde üzerinde “~” olan kesin olmayan katsayılar üçgensel bulanık sayılarla ifade edilmiştir. Maliyeti ifade eden katsayılarda iyimser değer küçük olan değer iken, kapasite, kar, talep gibi katsayılarda iyimser değer büyük olan değerdir.

4.1. FMOLP PROBLEMİNİN ÇÖZÜMÜ

4.1.1. FMOLP'nin Oluşturulması

Tanımlanan problemin çözümü için geliştirilen FMOLP modeli aşağıdaki gibidir.

Amaç denklemler

$$\begin{aligned} \max \sum_{k=1}^4 \sum_{l=1}^5 \sum_{t=1}^4 \widetilde{sftyt}_{lt} * Z_{klt} + \sum_{k=1}^4 \sum_{l=1}^5 \sum_{t=1}^4 \widetilde{sftytg}_{lt} * S_{klt} + \\ \sum_{m=1}^3 \sum_{t=1}^4 \widetilde{hfyt}_{mt} * A_{mt} + \sum_{r=1}^3 \sum_{c=1}^2 \sum_{t=1}^4 \widetilde{hcfyt}_{rt} * E_{rct} \end{aligned} \quad (4.1)$$

$$\begin{aligned} \min \sum_{t=1}^4 \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 \sum_{c=1}^2 \widetilde{bsa}_{ijct} * X_{ijct} + \sum_{t=1}^4 \sum_{l=1}^5 \sum_{m=1}^3 \widetilde{kud}_{mt} * W_{lmt} + \\ \sum_{t=1}^4 \sum_{j=1}^4 \sum_{k=1}^4 \widetilde{um}_{jt} * (Y_{jkt} + YG_{jkt}) + \sum_{t=1}^4 \sum_{k=1}^4 \sum_{l=1}^5 \widetilde{dam}_{kt} * (Z_{klt} + S_{klt}) + \\ \sum_{t=1}^4 \sum_{l=1}^5 \sum_{m=1}^3 \widetilde{im}_{mt} * W_{lmt} + \sum_{t=1}^4 \sum_{m=1}^3 \sum_{r=1}^3 \widetilde{dm}_{rt} * (1 - \lambda) * B_{mrt} + \\ \sum_{t=1}^4 \sum_{m=1}^3 \sum_{r=1}^3 \widetilde{uym}_{rt} * \lambda * B_{mrt} + bs * \widetilde{bym}_{rct} * 1 - (\alpha * (1 - \lambda)) * B_{mrt} + \\ \sum_{t=1}^4 \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 \sum_{c=1}^2 \widetilde{it} * m_{ij} * X_{ijct} + \sum_{t=1}^4 \sum_{j=1}^4 \sum_{k=1}^4 \widetilde{jt} * m_{jk} * (Y_{jkt} + YG_{jkt}) + \\ \sum_{t=1}^4 \sum_{k=1}^4 \sum_{l=1}^5 \widetilde{kt} * m_{kl} * (Z_{klt} + S_{klt}) + \sum_{t=1}^4 \sum_{l=1}^5 \sum_{m=1}^3 \widetilde{lt} * m_{lm} * W_{lmt} + \\ \sum_{t=1}^4 \sum_{m=1}^3 \sum_{r=1}^3 \widetilde{mt} * m_{mr} * B_{mrt} + \sum_{t=1}^4 \sum_{r=1}^3 \sum_{j=1}^4 \sum_{c=1}^2 \widetilde{rct} * m_{rj} * D_{rjct} + \\ \sum_{t=1}^4 \sum_{r=1}^3 \sum_{k=1}^4 \widetilde{rt} * m_{rk} * C_{rkt} + \sum_{t=1}^4 \sum_{j=1}^4 \widetilde{sm}_{jt} * F_{jt} + \sum_{t=1}^4 \sum_{k=1}^4 \widetilde{sm}_{kt} * G_{kt} + \\ \sum_{t=1}^4 \sum_{m=1}^3 \widetilde{sm}_{mt} * H_{mt} + \sum_{t=1}^4 \sum_{r=1}^3 \widetilde{sm}_{rt} * I_{rt} \end{aligned} \quad (4.2)$$

$$\begin{aligned} & \min \sum_{t=1}^4 \sum_{l=1}^5 \sum_{k \in D_{tm}}^4 (\widetilde{tgs}_{klt} - \widetilde{tbs}_{klt}) * (Z_{klt} + S_{klt}) + \\ & \sum_{t=1}^4 \sum_{j=1}^4 \sum_{c=1}^2 \sum_{r \in D_{ij}}^3 (\widetilde{tgs}_{rjt} - \widetilde{tbs}_{rjt}) * D_{rjct} + \min \sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^K \sum_{r \in D_{tk}}^R (\widetilde{tgs}_{rkt} - \\ & \widetilde{tbs}_{rkt}) * C_{rkt} \end{aligned} \quad (4.3)$$

Kısıt denklemler;

$$\sum_{j=1}^4 X_{ijct} \leq \widetilde{k}_{ict} \quad \forall i, c, t \quad (4.4)$$

$$\sum_{k=1}^4 Y_{jkt} + YG_{jkt} \leq \widetilde{k}_{jt} * F_{jt} \quad \forall j, t \quad (4.5)$$

$$\sum_{l=1}^5 (Z_{klt} + S_{klt}) \leq \widetilde{k}_{kt} * G_{kt} \quad \forall k, t \quad (4.6)$$

$$\sum_{r=1}^3 B_{mrt} + A_{mt} \leq \widetilde{k}_{mt} * H_{mt} \quad \forall m, t \quad (4.7)$$

$$\sum_{k=1}^4 C_{rkt} + \sum_{i=1}^4 \frac{D_{rjct}}{bs} + E_{rct} / bs \leq \widetilde{k}_{rt} * I_{rt} \quad \forall r, t \quad (4.8)$$

$$\sum_{k=1}^4 (Z_{klt} + S_{klt}) = \widetilde{d}_{lt} \quad \forall l, t \quad (4.9)$$

$$\sum_{i=1}^4 X_{ijct} + \sum_{r=1}^3 D_{rjct(t-1)} - bs * (Y_{jkt} + YG_{jkt}) = 0 \quad \forall j, c, t \quad (4.10)$$

$$\sum_{j=1}^4 (Y_{jkt} + YG_{jkt}) + \sum_{r=1}^3 C_{rk(t-1)} - \sum_{l=1}^5 (Z_{klt} + S_{klt}) = 0 \quad \forall k, t \quad (4.11)$$

$$\eta \sum_{k=1}^4 (Z_{klt} + S_{klt}) - \sum_{m=1}^3 W_{lmt} = 0 \quad \forall l, t \quad (4.12)$$

$$\theta \sum_{l=1}^5 W_{lmt} - A_{mt} = 0 \quad \forall m, t \quad (4.13)$$

$$(1 - \theta) \sum_{l=1}^5 W_{lmt} - \sum_{r=1}^3 B_{mrt} = 0 \quad \forall m, t \quad (4.14)$$

$$\lambda * \sum_{r=1}^3 B_{mrt} - \sum_{k=1}^4 C_{rkt} = 0 \quad \forall r, t \quad (4.15)$$

$$bs * (1 - (\alpha * (1 - \lambda))) \sum_{m=1}^3 B_{mrt} - \sum_{j=1}^4 D_{rjct} = 0 \quad \forall c, r, t \quad (4.16)$$

$$bs * \alpha * (1 - \lambda) \sum_{m=1}^3 B_{mrt} - E_{rct} = 0 \quad \forall c, r, t \quad (4.17)$$

$$\sum_{j=1}^4 F_{jt} \leq F \quad \forall t \quad (4.18)$$

$$\sum_{k=1}^4 G_{kt} \leq D \quad \forall t \quad (4.19)$$

$$\sum_{m=1}^3 H_{mt} \leq T \quad \forall t \quad (4.20)$$

$$\sum_{r=1}^3 I_{rt} \leq G \quad \forall t \quad (4.21)$$

$$X_{ijct}, Y_{jkt}, YG_{jkt}, Z_{klt}, S_{klt}, W_{lmt}, A_{mwt}, B_{mrt}, C_{rkt}, D_{rjct}, E_{rwct} \geq 0 \quad (4.22)$$

$$F_{jt}, G_{kt}, H_{mt}, I_{rt} = \{0, 1\} \quad (4.23)$$

4.1.2. Kabul Edilebilir Minimum Alfa Seviyesinin Belirlenmesi ve Bulanık Katsayı ve Kısıt Sağ Taraf Değerlerinin Kesin Hale Dönüştürülmesi

Bu çalışmada, karar vericinin kesin olmayan değerleri üzerinde “~” işareti ile gösterilmiş ve kesin olmayan değerler en olası, en iyimser ve en kötümser olmak üzere üçgensel bulanık sayı ile ifade edilmektedir. Modeldeki bulanık amaç fonksiyon katsayı ve bulanık kısıt sağ taraf değerlerinin matematiksel ifadeleri aşağıdaki gibidir.

$$\tilde{k}_{ict} = (k_{ict}^p, k_{ict}^m, k_{ict}^o) \quad \forall i, c, t \quad (4.24)$$

$$\tilde{k}_{jt} = (k_{jt}^p, k_{jt}^m, k_{jt}^o) \quad \forall j, t \quad (4.25)$$

$$\tilde{k}_{kt} = (k_{kt}^p, k_{kt}^m, k_{kt}^o) \quad \forall k, t \quad (4.26)$$

$$\tilde{k}_{mt} = (k_{mt}^p, k_{mt}^o, k_{mt}^m) \quad \forall m, t \quad (4.27)$$

$$\tilde{k}_{rt} = (k_{rt}^p, k_{rt}^o, k_{rt}^m) \quad \forall r, t \quad (4.28)$$

$$\tilde{d}_{lt} = (d_{lt}^p, d_{lt}^o, d_{lt}^m) \quad \forall l, t \quad (4.29)$$

$$\widetilde{sfty}_{lt} = (sfty_{lt}^p, sfty_{lt}^o, sfty_{lt}^m) \quad \forall l, t \quad (4.30)$$

$$\widetilde{sfytg}_{lt} = (sfytg_{lt}^p, sfytg_{lt}^o, sfytg_{lt}^m) \quad \forall l, t \quad (4.31)$$

$$\widetilde{hfy}_{mt} = (hfy_{mt}^p, hfy_{mt}^o, hfy_{mt}^m) \quad \forall m, t \quad (4.32)$$

$$\widetilde{hcfy}_{rt} = (hfy_{rt}^p, hfy_{rt}^o, hfy_{rt}^m) \quad \forall r, t \quad (4.33)$$

$$\widetilde{sm}_{jt} = (sm_{jt}^p, sm_{jt}^o, sm_{jt}^m) \quad \forall j, t \quad (4.34)$$

$$\widetilde{sm}_{kt} = (sm_{kt}^p, sm_{kt}^o, sm_{kt}^m) \quad \forall k, t \quad (4.35)$$

$$\widetilde{sm}_{mt} = (sm_{mt}^p, sm_{mt}^o, sm_{mt}^m) \quad \forall m, t \quad (4.36)$$

$$\widetilde{sm}_{rt} = (sm_{rt}^p, sm_{rt}^o, sm_{rt}^m) \quad \forall r, t \quad (4.37)$$

$$\widetilde{um}_{jt} = (um_{jt}^p, um_{jt}^o, um_{jt}^m) \quad \forall j, t \quad (4.38)$$

$$\widetilde{bsa}_{jict} = (bsa_{jict}^p, bsa_{jict}^o, bsa_{jict}^m) \quad \forall j, i, c, t \quad (4.39)$$

$$\widetilde{dam}_{kt} = (dam_{kt}^p, dam_{kt}^o, dam_{kt}^m) \quad \forall k, t \quad (4.40)$$

$$\widetilde{kud}_{mt} = (kud_{mt}^p, kud_{mt}^o, kud_{mt}^m) \quad \forall m, t \quad (4.41)$$

$$\widetilde{lm}_{mt} = (lm_{mt}^p, lm_{mt}^o, lm_{mt}^m) \quad \forall m, t \quad (4.42)$$

$$\widetilde{dm}_{rt} = (dm_{rt}^p, dm_{rt}^o, dm_{rt}^m) \quad \forall r, t \quad (4.43)$$

$$\widetilde{uym}_{rt} = (uym_{rt}^p, uym_{rt}^o, uym_{rt}^m) \quad \forall r, t \quad (4.44)$$

$$\widetilde{bym}_{rct} = (bym_{rct}^p, bym_{rct}^o, bym_{rct}^m) \quad \forall r, c, t \quad (4.45)$$

$$\widetilde{t}_{it} = (t_{it}^p, t_{it}^o, t_{it}^m) \quad \forall i, t \quad (4.46)$$

$$\widetilde{t}_{jt} = (t_{jt}^p, t_{jt}^o, t_{jt}^m) \quad \forall j, t \quad (4.47)$$

$$\widetilde{t}_{kt} = (t_{kt}^p, t_{kt}^o, t_{kt}^m) \quad \forall k, t \quad (4.48)$$

$$\widetilde{t}_{lt} = (t_{lt}^p, t_{lt}^o, t_{lt}^m) \quad \forall l, t \quad (4.49)$$

$$\widetilde{t}_{mt} = (t_{mt}^p, t_{mt}^o, t_{mt}^m) \quad \forall m, t \quad (4.50)$$

$$\widetilde{t}_{rt} = (t_{rt}^p, t_{rt}^o, t_{rt}^m) \quad \forall r, t \quad (4.51)$$

$$\widetilde{t}_{rct} = (t_{rct}^p, t_{rct}^o, t_{rct}^m) \quad \forall r, c, t \quad (4.52)$$

$$\widetilde{tgs}_{klt} = (tgs_{klt}^p, tgs_{klt}^o, tgs_{klt}^m) \quad \forall k, l, t \quad (4.53)$$

$$\widetilde{tbs}_{klt} = (tbs_{klt}^p, tbs_{klt}^o, tbs_{klt}^m) \quad \forall k, l, t \quad (4.54)$$

$$\widetilde{tgs}_{rjt} = (tgs_{rjt}^p, tgs_{rjt}^o, tgs_{rjt}^m) \quad \forall r, j, t \quad (4.55)$$

$$\widetilde{tbs}_{rjt} = (tbs_{rjt}^p, tbs_{rjt}^o, tbs_{rjt}^m) \quad \forall r, j, t \quad (4.56)$$

$$\widetilde{tgs}_{rkt} = (tgs_{rkt}^p, tgs_{rkt}^o, tgs_{rkt}^m) \quad \forall r, k, t \quad (4.57)$$

$$\widetilde{tbs}_{rkt} = (tbs_{rkt}^p, tbs_{rkt}^o, tbs_{rkt}^m) \quad \forall r, k, t \quad (4.58)$$

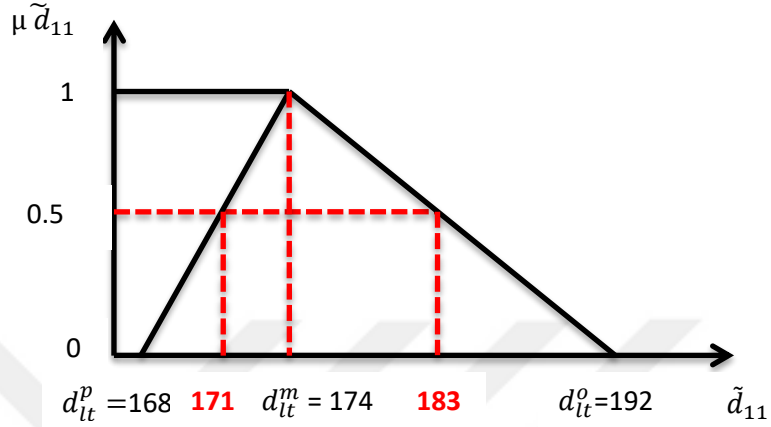
$$\widetilde{\eta} = (\mu^p, \mu^o, \mu^m) \quad (4.59)$$

$$\widetilde{\lambda} = (\lambda^p, \lambda^o, \lambda^m) \quad (4.60)$$

$$\widetilde{\theta} = (\theta^p, \theta^o, \theta^m) \quad (4.61)$$

$$\widetilde{\alpha} = (\lambda^p, \lambda^o, \lambda^m) \quad (4.62)$$

$\tilde{k}_{ict}, \tilde{k}_{jt}, \tilde{k}_{kt}, \tilde{k}_{mt}, \tilde{k}_{rt}, \widetilde{sftyt}_{lt}, \widetilde{sftytg}_{lt}, \widetilde{hftyt}_{mt}, \widetilde{hcfyt}_{rt}, \widetilde{tgs}_{klt}, \widetilde{tbs}_{klt}, \widetilde{tgs}_{rjt}, \widetilde{tbs}_{rjt}, \widetilde{tbs}_{rkt}, \widetilde{tbs}_{rkt}, \tilde{\eta}, \tilde{\lambda}, \tilde{\theta}, \tilde{\alpha}$ dağılımları $\tilde{d}_{lt}$ ile benzerdir.



Şekil 4.1. Kesin Olmayan Talep Değerinin Üçgensel Dağılımı.

α kesimi hesabı;

$$d_{lt}^{p,\alpha} = d_{lt}^m - (1 - \alpha) * (d_{lt}^m - d_{lt}^p) \quad (4.63)$$

$$d_{lt}^{o,\alpha} = d_{lt}^m + (1 - \alpha) * (d_{lt}^o - d_{lt}^m) \quad (4.64)$$

$$w_1 + w_2 + w_3 = 1 \quad (4.65)$$

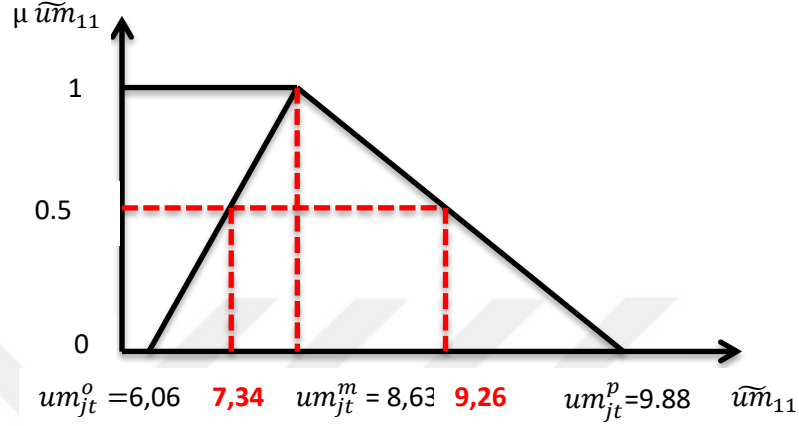
$w_1=1/6$, $w_2=4/6$, $w_3=1/6$ ve α kesim seviyesi 0,5 olarak belirlenmiştir eşitlik (4. 63) ve (4. 64)'e göre kötümser ve iyimser talep değerleri aşağıdaki gibi hesaplanır. Eşitlik (2.20) yardımı ile de bulanık değerler kesin değerlere dönüştürülür.

$$d_{11}^{p,0,5} = 174 - (1 - 0,5) * (174 - 168) = 171$$

$$d_{11}^{o,0,5} = 174 + (1 - 0,5) * (192 - 174) = 183$$

$$d_{11} = 1/6 * 171 + 4/6 * 174 + 1/6 * 192 = 175 \text{ (birinci dönemdeki birinci müşteri bölgesinin kesin talep değeri)}$$

$\widetilde{s}m_{jt}, \widetilde{s}m_{kt}, \widetilde{s}m_{mt}, \widetilde{s}m_{rt}, \widetilde{b}sa_{jict}, \widetilde{d}am_{kt}, \widetilde{k}ud_{mt}, \widetilde{im}_{mt}, \widetilde{d}m_{rt}, \widetilde{u}ym_{rt}, \widetilde{b}ym_{rct}, \widetilde{t}_{it}, \widetilde{t}_{jt}, \widetilde{t}_{kt}, \widetilde{t}_{lt}, \widetilde{t}_{mt}, \widetilde{t}_{rt}, \widetilde{t}_{rct}$ dağılımları $\widetilde{um}_{jt}$ ile benzerdir.



Şekil 4.2. Kesin Olmayan Üretim Maliyeti Değerinin Üçgensel Dağılımı

α kesimi hesabı ;

$$um_{jt}^{p,\alpha} = um_{jt}^m - (1 - \alpha) * (um_{jt}^m - um_{jt}^p) \quad (4.66)$$

$$um_{jt}^{o,\alpha} = um_{jt}^m + (1 - \alpha) * (um_{jt}^o - um_{jt}^m) \quad (4.67)$$

$$w_1 + w_2 + w_3 = 1 \quad (4.68)$$

$w_1=1/6$, $w_2=4/6$, $w_3=1/6$ ve α kesim seviyesi 0,5 olarak belirlenmiştir. Eşitlik (4. 66) ve (4. 67)'ye göre üretim maliyet değerinin kötümser ve iyimser değerleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$um_{11}^{p,0,5} = 8,6269 - (1 - 0,5) * (8,6269 - 9,8833) = 9,2551$$

$$um_{11}^{o,0,5} = 8,6269 + (1 - 0,5) * (6,0614 - 8,6269) = 7,34415$$

$$um_{11} = 1/6 * 7,34415 + 4/6 * 8,6269 + 1/6 * 9,2551 = 8,517808 \quad (\text{birinci dönemde birinci fabrikadaki bir birim ürün üretim maliyetinin kesin değeri})$$

Bütün bulanık katsayı ve kısıt sağ taraf değerleri α kesim seviyesi 0,5 için benzer şekilde hesap edilmiş, bulanık ve kesin değerler Ek 2. ve Ek 3'te sunulmuştur.

Amaç denklem katsayılarının kesin hale dönüştürülmesi

$$\begin{aligned}
& \max \sum_{k=1}^4 \sum_{l=1}^5 \sum_{t=1}^4 (w_1 sfyt_{lt}^p + w_2 sfyt_{lt}^m + w_3 sfyt_{lt}^o) * Z_{klt} + \\
& \sum_{k=1}^4 \sum_{l=1}^5 \sum_{t=1}^4 (w_1 sfytg_{lt}^p + w_2 sfytg_{lt}^m + w_3 sfytg_{lt}^o) * S_{klt} + \\
& \sum_{m=1}^3 \sum_{t=1}^4 (w_1 hfyt_{mt}^p + w_2 hfyt_{mt}^m + w_3 hfyt_{mt}^o) * A_{mt} + \\
& \sum_{r=1}^3 \sum_{c=1}^2 \sum_{t=1}^4 (w_1 hcfyt_{rt}^p + w_2 hcfyt_{rt}^m + w_3 hcfyt_{rt}^o) * E_{rct} \quad (4.69)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \min \sum_{t=1}^4 \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 \sum_{c=1}^2 (w_1 bsa_{jict}^p + w_2 bsa_{jict}^m + w_3 bsa_{jict}^o) * X_{ijct} + \\
& \sum_{t=1}^4 \sum_{l=1}^5 \sum_{m=1}^3 (w_1 kud_{mt}^p + w_2 kud_{mt}^m + w_3 kud_{mt}^o) * W_{lmt} + \\
& \sum_{t=1}^4 \sum_{j=1}^4 \sum_{k=1}^4 (w_1 um_{jt}^p + w_2 um_{jt}^m + w_3 um_{jt}^o) * (Y_{jkt} + YG_{jkt}) + \\
& \sum_{t=1}^4 \sum_{k=1}^4 \sum_{l=1}^5 (w_1 dam_{kt}^p + w_2 dam_{kt}^m + w_3 dam_{kt}^o) * (Z_{klt} + S_{klt}) + \\
& \sum_{t=1}^4 \sum_{l=1}^5 \sum_{m=1}^3 (w_1 im_{mt}^p + w_2 im_{mt}^m + w_3 im_{mt}^o) * W_{lmt} + \\
& \sum_{t=1}^4 \sum_{m=1}^3 \sum_{r=1}^3 (w_1 dm_{rt}^p + w_2 dm_{rt}^m + w_3 dm_{rt}^o) * (1 - \lambda) * B_{mrt} + \\
& \sum_{t=1}^4 \sum_{m=1}^3 \sum_{r=1}^3 (w_1 uym_{rt}^p + w_2 uym_{rt}^m + w_3 uym_{rt}^o) * \lambda * B_{mrt} + bs * \\
& (w_1 bym_{rct}^p + w_2 bym_{rct}^m + w_3 bym_{rct}^o) * 1 - (\alpha * (1 - \lambda)) * B_{mrt} + \\
& \sum_{t=1}^4 \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 \sum_{c=1}^2 (w_1 t_{it}^p + w_2 t_{it}^m + w_3 t_{it}^o) * m_{ij} * X_{ijct} + \\
& \sum_{t=1}^4 \sum_{j=1}^4 \sum_{k=1}^4 (w_1 t_{jt}^p + w_2 t_{jt}^m + w_3 t_{jt}^o) * m_{jk} * (Y_{jkt} + YG_{jkt}) + \\
& \sum_{t=1}^4 \sum_{k=1}^4 \sum_{l=1}^5 (w_1 t_{kt}^p + w_2 t_{kt}^m + w_3 t_{kt}^o) * m_{kl} * (Z_{klt} + S_{klt}) + \\
& \sum_{t=1}^4 \sum_{l=1}^5 \sum_{m=1}^3 (w_1 t_{lt}^p + w_2 t_{lt}^m + w_3 t_{lt}^o) * m_{lm} * W_{lmt} + \sum_{t=1}^4 \sum_{m=1}^3 \sum_{r=1}^3 (w_1 t_{mt}^p + \\
& w_2 t_{mt}^m + w_3 t_{mt}^o) * m_{mr} * B_{mrt} + \sum_{t=1}^4 \sum_{r=1}^3 \sum_{j=1}^4 \sum_{c=1}^2 (w_1 t_{rct}^p + w_2 t_{rct}^m + \\
& w_3 t_{rct}^o) * m_{rj} * D_{rjct} + \sum_{t=1}^4 \sum_{r=1}^3 \sum_{k=1}^4 (w_1 t_{rt}^p + w_2 t_{rt}^m + w_3 t_{rt}^o) * m_{rk} * C_{rkt} + \\
& \sum_{t=1}^4 \sum_{j=1}^4 (w_1 sm_{jt}^p + w_2 sm_{jt}^m + w_3 sm_{jt}^o) * F_{jt} + \sum_{t=1}^4 \sum_{k=1}^4 (w_1 sm_{kt}^p + \\
& w_2 sm_{kt}^m + w_3 sm_{kt}^o) * G_{kt} + \sum_{t=1}^4 \sum_{m=1}^3 (w_1 sm_{mt}^p + w_2 sm_{mt}^m + w_3 sm_{mt}^o) * \\
& H_{mt} + \sum_{t=1}^4 \sum_{r=1}^3 (w_1 sm_{rt}^p + w_2 sm_{rt}^m + w_3 sm_{rt}^o) * I_{rt} \quad (4.70)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \min \sum_{t=1}^4 \sum_{l=1}^5 \sum_{k \in D_{tm}} ((w_1 tgs_{klt}^p + w_2 tgs_{klt}^m + w_3 tgs_{klt}^o) - (w_1 tbs_{klt}^p + \\
& w_2 tbs_{klt}^m + w_3 tbs_{klt}^o)) * (Z_{klt} + S_{klt}) + \sum_{t=1}^4 \sum_{j=1}^4 \sum_{c=1}^2 \sum_{r \in D_{ij}} ((w_1 tgs_{rjt}^p + \\
& w_2 tgs_{rjt}^m + w_3 tgs_{rjt}^o) - (w_1 tbs_{rjt}^p + w_2 tbs_{rjt}^m + w_3 tbs_{rjt}^o)) * D_{rjct} + \\
& \min \sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^K \sum_{r \in D_{tk}} ((w_1 tgs_{rkt}^p + w_2 tgs_{rkt}^m + w_3 tgs_{rkt}^o) - (w_1 tbs_{rkt}^p + \\
& w_2 tbs_{rkt}^m + w_3 tbs_{rkt}^o)) * C_{rkt} \quad (4.71)
\end{aligned}$$

Kısıt sağ taraf değerlerinin kesin hale dönüştürülmesi

$$\sum_{j=1}^4 X_{ijct} \leq w_1 k_{ict}^p + w_2 k_{ict}^m + w_3 k_{ict}^o \quad \forall i, c, t \quad (4.72)$$

$$\sum_{k=1}^4 Y_{jkt} + YG_{jkt} \leq (w_1 k_{jt}^p + w_2 k_{jt}^m + w_3 k_{jt}^o) * F_{jt} \quad \forall j, t \quad (4.73)$$

$$\sum_{l=1}^5 (Z_{klt} + S_{klt}) \leq (w_1 k_{kt}^p + w_2 k_{kt}^m + w_3 k_{kt}^o) * G_{kt} \quad \forall k, t \quad (4.74)$$

$$\sum_{r=1}^3 B_{mrt} + A_{mt} \leq (w_1 k_{mt}^p + w_2 k_{mt}^m + w_3 k_{mt}^o) * H_{mt} \quad \forall m, t \quad (4.75)$$

$$\sum_{k=1}^4 C_{rkt} + \sum_{i=1}^4 \frac{D_{rjct}}{bs} + \frac{E_{rct}}{bs} \leq (w_1 k_{rt}^p + w_2 k_{rt}^m + w_3 k_{rt}^o) * I_{rt} \quad \forall r, t \quad (4.76)$$

$$\sum_{k=1}^4 (Z_{klt} + S_{klt}) = w_1 d_{lt}^p + w_2 d_{lt}^m + w_3 d_{lt}^o \quad \forall l, t \quad (4.77)$$

$$\dots \quad (4.10)$$

$$\dots \quad (4.23)$$

Eşitlik (4. 10) – (4. 23) te kısıt sağ taraf değerleri bulanık olmadığı için gösterimine gerek duyulmamıştır.

4.1.3. Her Bir Bulanık Amaç Fonksiyon İçin Z_g^{NIS} ve Z_g^{PIS} Değerleri Hesaplanarak, Amaç Fonksiyonlarına İlişkin Üyelik Fonksiyonlarının Belirlenmesi

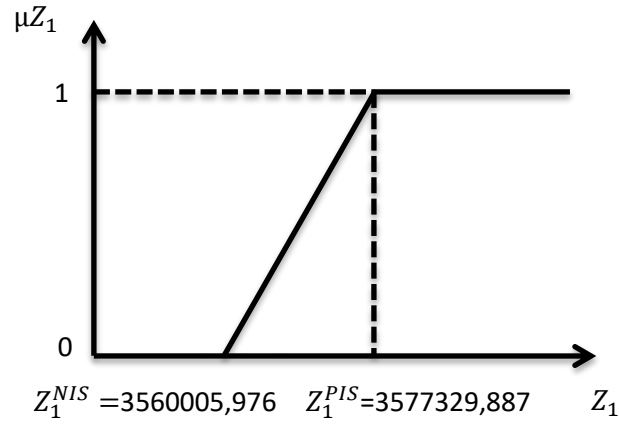
Yukarıdaki amaç fonksiyonları ve kısıtlar altında her bir amaç GAMS(General Algebraic Modeling System) paket programında ayrı ayrı çözüldüğünde Tablo 4.1’de verilen PIS ve NIS değerleri elde edilmektedir.

Tablo 4.1. Her Bir Amacın PIS ve NIS Değerleri

	LP-1	LP-2	LP-3	Alt sınır; üst sınır
	$Max Z_1$	$Min Z_2$	$Min Z_3$	-
Z_1	3577329,887*	2691675,908	18351,867	(3560005,976; 3577329,887)
Z_2	3560651,961	2435787,322*	18887,772	(2435787,322; 2702862,790)
Z_3	3560005,976	2702862,790	17272,410*	(17272,410; 18887,772)

* ile işaretli olan sonuçlar doğrusal programlama probleminin ayrı ayrı çözümünde elde edilen ilgili amaç fonksiyon optimal değerleridir.

Şekil 4.3’te birinci amaca ait (toplam gelirin maksimizasyonu) üyelik fonksiyonu gösterilmiştir.

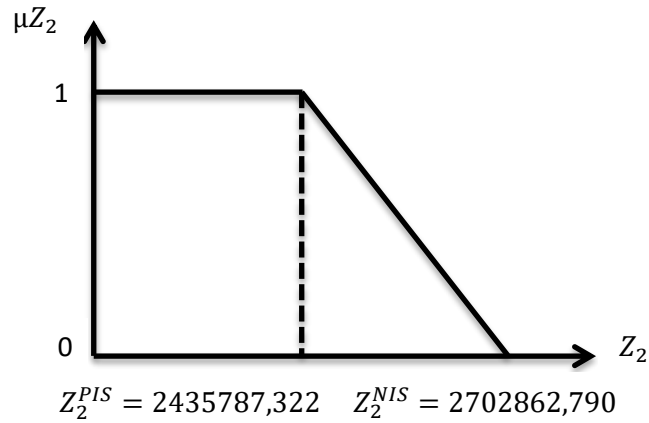


Şekil 4.3. Birinci Amaca Ait Üyelik Fonksiyonu.

Şekil 4.3'ten çıkarılabilecek birinci amaç fonksiyona ait üyelik fonksiyonu eşitlik (4. 78)'deki gibidir.

$$\mu Z_1 = \begin{cases} 1, & Z_1 > 3577329,887 \\ \frac{Z_1 - 3560005,976}{3577329,887 - 3560005,976}, & 3560005,976 \leq Z_1 \leq 3577329,887 \\ 0, & Z_1 < 3560005,976 \end{cases} \quad (4. 78)$$

Şekil 4.4'te ikinci amaca ait üyelik fonksiyonu (toplam maliyetin minimizasyonu) gösterilmiştir.

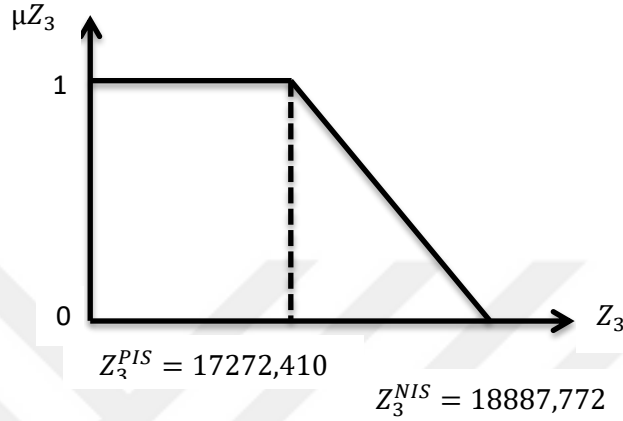


Şekil 4.4. İkinci Amaca Ait Üyelik Fonksiyonu.

Şekil 4.4'ten çıkarılabilecek ikinci amaç fonksiyona ait üyelik fonksiyonu eşitlik (4. 79)'daki gibidir.

$$\mu_{Z_2} = \begin{cases} 1, & Z_2 \leq 2435787,322 \\ \frac{2702862,790 - Z_2}{2702862,790 - 2435787,322}, & 2435787,322 < Z_2 < 2702862,790 \\ 0, & Z_2 \geq 2702862,790 \end{cases} \quad (4.79)$$

Şekil 4.5'te üçüncü amaca ait üyelik fonksiyonu (toplam gecikmenin minimizasyonu) gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Üçüncü Amaca Ait Üyelik Fonksiyonu

Şekil 4.5'ten çıkarılabilecek ikinci amaç fonksiyona ait üyelik fonksiyonu eşitlik (4. 80)'deki gibidir.

$$\mu_{Z_3} = \begin{cases} 1, & Z_3 \leq 17272,410 \\ \frac{18887,772 - Z_3}{18887,772 - 17272,410}, & 17272,410 < Z_3 < 18887,772 \\ 0, & Z_3 \geq 18887,772 \end{cases} \quad (4.80)$$

4.1.4. Yardımcı Değişken “L” Nin Modele Dâhil Edilmesiyle MOLP'nin Tek Amaçlı Klasik Doğrusal Programlama Modeline Dönüştürülmesi

$$\text{Max } L \quad (4.81)$$

$$L \leq \frac{Z_1 - 3560005,976}{3577329,887 - 3560005,976} \quad (4.82)$$

$$L \leq \frac{2702862,790 - Z_2}{2702862,790 - 2435787,322} \quad (4.83)$$

$$L \leq \frac{18887,772 - Z_3}{18887,772 - 17272,410} \quad (4.84)$$

Eşitlik (5. 72) – (5. 77), (5. 10) – (5. 23)

$$L \in [0, 1] \quad (4.85)$$

4.1.5. “L” Yardımcı Değişkenin Amaç Fonksiyon Olduğu Tek Amaçlı Klasik Doğrusal Programlama Modelinin Çözülmesi

Başlık 4.1.4’teki tek amaçlı klasik doğrusal programlama GAMS paket programında çözüldüğünde Tablo 4.2’deki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 4.2. Elde Edilen Optimal Sonuçlar

	LP-1	LP-2	LP-3	Alt sınır; üst sınır	Başlangıç çözüm
Amaç Fonksiyonlar	$Max Z_1$	$Min Z_2$	$Min Z_3$	-	$Max L$
L	%100	%100	%100	-	%88
Z_1	3577329,887*	2691675,908	18351,867	(3560005,976; 3577329,887)	3575246,075
Z_2	3560651,961	2435787,322*	18887,772	(2435787,322; 2702862,790)	2467912,581
Z_3	3560005,976	2702862,790	17272,410*	(17272,410; 18887,772)	17466,714

Tablo 4.2’deki * ile işaretli olan sonuçlar doğrusal programlama probleminin ayrı ayrı çözümünde elde edilen ilgili amaç fonksiyon optimal değerleridir.

Tablo 4.2’deki sonuçlara göre karar verici %88 seviyesinde amaç fonksiyonlarının aldığı değerden memnun kalmıştır. Toplam gelir 3575246,075 para birimi, toplam maliyet 2467912,581 para birimi ve toplam gecikme 17466,714 zaman birimi olarak bulunmuştur. Toplamda 1107333,494 para birimi kar ve toplam 17466,714 zaman birimi gecikme hesaplanmıştır.

GAMS paket programından elde edilen amaç fonksiyon değerleri ayrıntılı olarak Tablo 4.3’te verilmiştir.

Tablo 4.3. Amaç Fonksiyon Değerleri

	Para Birimi	%
Yeni ve yenilenmiş ürün satışından elde edilen gelir	3520895,594	0.985
Hurda ürün satışından elde edilen gelir	25694,131	0.07
Hurda bileşen satışından elde edilen gelir	28656,349	0.08
TOPLAM GELİR	3575246,075	
Satın alma maliyetleri	954445,769	0.39
İşleme maliyetleri	157216,086	0.06
Taşıma maliyetleri	432454,726	0.18
Sabit açma maliyetleri	923796,000	0.37
TOPLAM MALİYET	2467912,581	
Dağıtım merkezlerin müşteri bölgelerine yapılan teslimatlardaki toplam gecikme	13688,585	0.78
Geri dönüşüm merkezlerinden fabrikalara yapılan teslimatlardaki toplam gecikme	1880,216	0.11
Geri dönüşüm merkezlerinden dağıtım merkezlerine yapılan teslimatlardaki toplam gecikme	1897,914	0.11
TOPLAM GECİKME	17466,714	

Tablo 4.3'teki amaç fonksiyon değerlerini incelediğimizde, toplam gelirin neredeyse tamamını yeni ve geri kazanılmış ürün satışından elde edilen gelirlerin oluşturduğu, satın alma ve sabit açma maliyetlerinin de toplam maliyetin %76'sını oluşturduğu, taşıma maliyetlerinin de işleme maliyetlerine kıyasla çok yüksek olduğu ve teslimatlardaki gecikmenin de büyük bir kısmının dağıtım merkezlerinden müşteri bölgelerine yapılan ürün teslimatlarındaki gecikmelerden kaynaklandığı görülmüştür.

Tablo 4.4'te her bir dönem için ileri ve tersine akış miktarları ile açılan tesisler özetlenmiştir.

Tablo 4.4. Ağdaki Akış Miktarları ve Açılan Tesisler

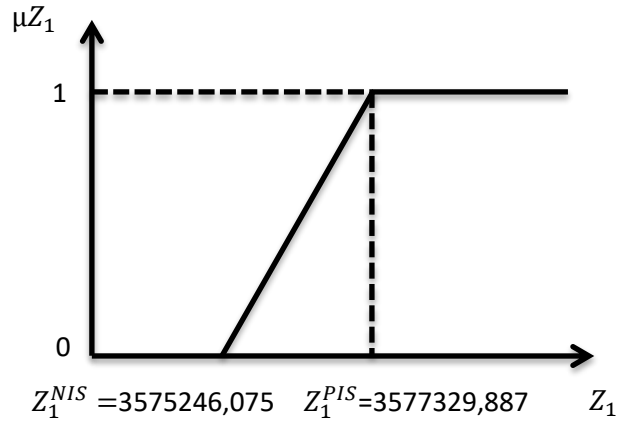
	periyod1	periyod2	periyod3	periyod4
Satın alınan birinci bileşen miktarı	2281	1701.7	1748.2	1803.8
Satın alınan ikinci bileşen miktarı	2281	1701.7	1748.2	1803.8
Üretilen yeni ürün miktarı	2281	1701.7	1748.2	1803.8
Üretilen geri kazanılmış ürün miktarı		228.1	238.6	246.4
Dağıtım merkezlerine gönderilen yeni ürün miktarı	2281	1701.7	1748.2	1803.8
Dağıtım merkezlerine gönderilen geri kazanılmış ürün miktarı		77.433	238.6	246.4
Müşterilere gönderilen yeni ürün miktarı	2281	1701.7	1748.2	1803.8
Müşterilere gönderilen geri kazanılmış ürün miktarı		684.3	715.8	739.2
Toplanan kullanılmış ürün miktarı	1140,5	1193	1232	1271.5
Satılan hurda ürün miktarı	228,1	238.6	246.4	254.3
Geri dönüşüm merkezlerin gönderilen kullanılmış ürün miktarı	912.4	954.4	985.6	1017.2
Dağıtım merkezlerine gönderilen yenilenmiş ürün miktarı	456.2	477.2	492.8	508.6
Satılan birinci bileşen hurda miktarı	228.1	238.6	246.4	254.3
Satılan ikinci bileşen hurda miktarı	228.1	238.6	246.4	254.3
Fabrikalara gönderilen yenilenmiş birinci bileşen miktarı	228.1	238.6	246.4	254.3
Fabrikalara gönderilen yenilenmiş ikinci bileşen miktarı	228.1	238.6	246.4	254.3
Açılan fabrikalar	2,4	2,4	1,3	1,3
Açılan dağıtım merkezleri	1,2,3	1,3,4	1,2,3	1,3,4
Açılan toplama merkezleri	1,2	2,3	2,3	1,3
Açılan geri dönüşüm merkezleri	2,3	1,3	2,3	2,3

Karar değişkenlerinin tüm dönemler için aldığı optimum değerler ayrıntılı olarak Ek 4’te verilmiştir.

4.1.6. Elde Edilen Tatmin Seviyesi Karar Verici Tarafından Kabul Edilene Kadar İşlemin Tekrarlanması

Bu aşamada Tablo 4.2’deki optimal çözüm değerleri yeni alt/üst sınır olarak alınıp kabul edilebilir bir tatmin seviyesi elde edilene kadar model tekrar çözülebilir.

Şekil 4.6’da birinci amaca ait güncellenmiş (toplam gelirin maksimizasyonu) üyelik fonksiyonu gösterilmiştir.

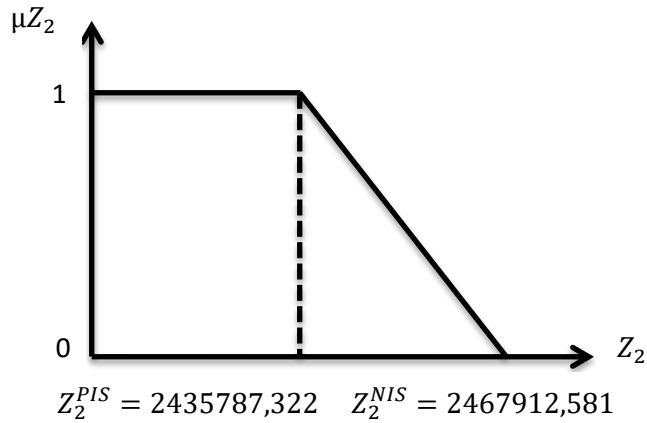


Şekil 4.6. Birinci Amaca Ait Üyelik Fonksiyonu

Şekil 4.6'dan çıkarılabilecek birinci amaç fonksiyona ait üyelik fonksiyonu eşitlik (4.86)'daki gibidir.

$$\mu Z_1 = \begin{cases} 1, & Z_1 > 3577329,887 \\ \frac{Z_1 - 3575246,075}{3577329,887 - 3575246,075}, & 3575246,075 \leq Z_1 \leq 3577329,887 \\ 0, & Z_1 < 3575246,075 \end{cases} \quad (4.86)$$

Şekil 4.7'de ikinci amaca ait güncellenmiş üyelik fonksiyonu (toplam maliyetin minimizasyonu) gösterilmiştir.

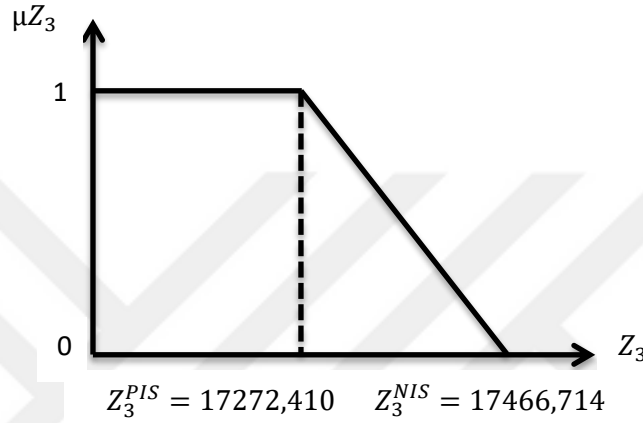


Şekil 4.7. İkinci Amaca Ait Üyelik Fonksiyonu

Şekil 4.7'den çıkarılabilecek ikinci amaç fonksiyonuna ait üyelik fonksiyonu eşitlik (4.87)'deki gibidir.

$$\mu_{Z_2} = \begin{cases} 1, & Z_2 \leq 2435787,322 \\ \frac{2467912,581 - Z_2}{2467912,581 - 2435787,322}, & 2435787,322 < Z_2 < 2467912,581 \\ 0, & Z_2 \geq 2467912,581 \end{cases} \quad (4.87)$$

Şekil 4.8’de üçüncü amaca ait güncellenmiş üyelik fonksiyonu (toplam gecikmenin minimizasyonu) gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Üçüncü Amaca Ait Üyelik Fonksiyonu

Şekil 4.8’den çıkarılabilecek ikinci amaç fonksiyona ait üyelik fonksiyonu eşitlik (4.88)’deki gibidir.

$$\mu_{Z_3} = \begin{cases} 1, & Z_3 \leq 17272,410 \\ \frac{17466,714 - Z_3}{17466,714 - 17272,410}, & 17272,410 < Z_3 < 17466,714 \\ 0, & Z_3 \geq 17466,714 \end{cases} \quad (4.88)$$

Güncellenen üyelik fonksiyonlarından elde edilen yeni kısıtların eklenmesi ile model tekrar çözülür.

$$\text{Max } L \quad (4.89)$$

$$L \leq \frac{Z_1 - 3575290,765}{3577329,887 - 3575290,765} \quad (4.90)$$

$$L \leq \frac{2467223,610 - Z_2}{2467223,610 - 2435787,322} \quad (4.91)$$

$$L \leq \frac{17462,547 - Z_3}{17462,547 - 17272,410} \quad (4.92)$$

Eşitlik (5. 72) – (5. 77), (5. 10) – (5. 23)

$$L \in [0, 1] \quad (4. 93)$$

Tablo 4.2'deki optimal çözümlerle güncellenen üyelik fonksiyonları ile model tekrar çözüldüğünde elde edilen sonuçlar Tablo 4.5'deki gibidir.

Tablo 4.5. Güncellenen Üyelik Fonksiyonları Çözülen Modelin Sonuçları

	L	Z_1	Z_2	Z_3
Başlangıç Çözüm	0.88	3575246,075	2467912,581	17466,714
Güncellenmiş Çözüm	-4,83343E-7	3575246,074	2467912,597	17466,714

Başlangıç çözüm sonrası elde edilen optimal değerler kullanılarak güncellenen üyelik fonksiyonları sayesinde daha iyi bir çözüm elde etmek için yapılan işlemler sonucu, başlangıç çözümdeki optimal toplam gelirden daha büyük, toplam maliyetten ve toplam gecikme sürelerinden daha küçük değerler elde etmeye çalıştık ancak modelin çözümü sonucunda bu mümkün olmadı, öyle ise başlangıç çözümden elde edilen değerler mevcut şartlar altında en optimal değerlerdir diyebiliriz.

4.2. SENARYO ANALİZLERİ

Problem farklı alfa kesim seviyeleri, iyimser ve kötümser senaryolarla yeniden çözülmüştür. Her bir senaryo için Ek 1'deki bulanık değerler üzerinden veriler yeniden türetilmiştir. Bu işlemler sonucu elde edilen veriler ilgili senaryoların çözümü için kullanılmıştır.

4.2.1. Problemin Farklı Alfa Kesim Seviyelerinde Çözümü

4.2.1.1. Alfa Kesim Seviyesi 0.1 İçin Problemin Çözümü

Ek 1.'de verilen bulanık değerler alfa kesim seviyesi 0.1 için eşitlik (4. 63) ve (4. 64)'ü kullanarak hesap edilmiştir. Elde edilen bu bulanık veriler eşitlik (2.20) ve verilen ağırlıklar ($w_1=1/6$, $w_2 =4/6$, $w_3=1/6$) kullanılarak kesin hale dönüştürülmüş ve bu

senaryo için kullanılmıştır. Problemin çözüm aşamaları tekrar edildiğinde elde edilen sonuçlar Tablo 4.6’ da özetlenmiştir.

Tablo 4.6. Elde Edilen Optimal Sonuçlar ($\alpha=0.1$)

	LP-1	LP-2	LP-3	Alt sınır; üst sınır	Çok Amaçlı Çözüm
Amaç Fonksiyonlar	$Max Z_1$	$Min Z_2$	$Min Z_3$	-	$Max L$
L	%100	%100	%100	-	%876
Z_1	3572486,533*	2632181,483	18479,079	(3556003,307; 3572486,533)	3571034,681
Z_2	3556003,307	2430811,442*	18801,482	(2430811,442; 2700843,499)	2464425,363
Z_3	3559873,083	2700843,499	17286,324*	(17286,324; 18801,482)	17474,933

Tablo 4.6’deki * ile işaretli olan sonuçlar doğrusal programlama probleminin ayrı ayrı çözümünde elde edilen ilgili amaç fonksiyon optimal değerleridir.

Tablo 4.6’deki sonuçlara göre karar verici %87,6 seviyesinde amaç fonksiyonlarının aldığı değerden memnun kalmıştır. Toplam gelir 3571034,681 para birimi, toplam maliyet 2464425,363 para birimi ve toplam gecikme 17474,933 zaman birimi olarak bulunmuştur. Toplamda 1106609.318 para birimi kar ve toplam 17474,933 zaman birimi gecikme hesaplanmıştır.

GAMS paket programından elde edilen amaç fonksiyon değerleri ayrıntılı olarak Tablo 4.7’de verilmiştir.

Tablo 4.7. Amaç Fonksiyon Değerleri ($\alpha=0.1$)

Yeni ve yenilenmiş ürün satışından elde edilen gelir	35616670,374
Hurda ürün satışından elde edilen gelir	25680,540
Hurda bileşen satışından elde edilen gelir	28683,767
TOPLAM GELİR	3571034,681
Satın alma maliyetleri	950330,370
İşleme maliyetleri	157362,064
Taşıma maliyetleri	431522,930
Sabit açma maliyetleri	925210,000
TOPLAM MALİYET	2464425,363
Dağıtım merkezlerin müşteri bölgelerine yapılan teslimatlardaki toplam gecikme	13673,642
Geri dönüşüm merkezlerinden fabrikalara yapılan teslimatlardaki toplam gecikme	1877,562
Geri dönüşüm merkezlerinden dağıtım merkezlerine yapılan teslimatlardaki toplam gecikme	1923,729
TOPLAM GECİKME	17474,933

4.2.1.2. Alfa Kesim Seviyesi 0.9 İçin Problemin Çözümü

Ek 1’de verilen bulanık değerler alfa kesim seviyesi 0.9 için eşitlik (4. 63) ve (4. 64)’ü kullanarak hesap edilmiştir. Elde edilen bu bulanık veriler eşitlik (2.20) ve verilen ağırlıklar ($w_1=1/6$, $w_2 =4/6$, $w_3=1/6$) kullanılarak kesin hale dönüştürülmüş ve bu senaryo için kullanılmıştır. Problemin çözüm aşamaları tekrar edildiğinde elde edilen sonuçlar Tablo 4.8’ de özetlenmiştir.

Tablo 4.8. Elde Edilen Optimal Sonuçlar ($\alpha=0.9$).

	LP-1	LP-2	LP-3	Alt sınır; üst sınır	Çok Amaçlı Çözüm
Amaç Fonksiyonlar	$Max Z_1$	$Min Z_2$	$Min Z_3$	-	$Max L$
L	%100	%100	%100	-	%886
Z_1	3578779,763*	2640724,215	18737,953	(3555671,471; 3578779,763)	3576138,562
Z_2	3555671,471	2438789,696*	18901,121	(2438789,696; 2700581,026)	2468711,572
Z_3	3566951,936	2700581,026	17238,354*	(17238,354; 18901,121)	17428,403

Tablo 4.8'deki * ile işaretli olan sonuçlar doğrusal programlama probleminin ayrı ayrı çözümünde elde edilen ilgili amaç fonksiyon optimal değerleridir.

Tablo 4.8'deki sonuçlara göre karar verici %88,6 seviyesinde amaç fonksiyonlarının aldığı değerden memnun kalmıştır. Toplam gelir 3576138,562 para birimi, toplam maliyet 2468711,572 para birimi ve toplam gecikme 17428,403 zaman birimi olarak bulunmuştur. Toplamda 1107426,99 para birimi kar ve toplam 17428,403 zaman birimi gecikme hesaplanmıştır.

GAMS paket programından elde edilen amaç fonksiyon değerleri ayrıntılı olarak Tablo 4.9'da verilmiştir.

Tablo 4.9. Amaç Fonksiyon Değerleri ($\alpha=0.9$)

Yeni ve yenilenmiş ürün satışından elde edilen gelir	3522165,696
Hurda ürün satışından elde edilen gelir	25679,796
Hurda bileşen satışından elde edilen gelir	28293,071
TOPLAM GELİR	3576138,562
Satın alma maliyetleri	954789,846
İşleme maliyetleri	157841,406
Taşıma maliyetleri	430688,320
Sabit açma maliyetleri	925392,000
TOPLAM MALİYET	2468711,572
Dağıtım merkezlerin müşteri bölgelerine yapılan teslimatlardaki toplam gecikme	13687,578
Geri dönüşüm merkezlerinden fabrikalara yapılan teslimatlardaki toplam gecikme	1871,265
Geri dönüşüm merkezlerinden dağıtım merkezlerine yapılan teslimatlardaki toplam gecikme	1869,559
TOPLAM GECİKME	17428,403

4.2.2. İyimser Çözüm

Alfa kesim seviyesi 0.5 için hesap edilmiş ve Ek 2.'de sunulan parametre değerleri eşitlik (2.20) ve verilen ağırlıklar ($w_1=1/6$, $w_2 =1/6$, $w_3=4/6$) kullanılarak kesin hale dönüştürülmüş ve bu senaryo için kullanılmıştır. Kötümser, olası ve iyimser değer katsayılarında iyimser değer katsayısının ağırlığı artırılmıştır. Maliyet değerlerinde büyük olan değer kötümserken satış değerlerinde kötümser değer küçük olan değerdir. Teslimat sürelerinde gerçekleşen teslim sürelerinde küçük olan değer iyimser iken beklenen teslim sürelerinde iyimser değer büyük olan değerdir.

Problemin çözüm aşamaları tekrar edildiğinde elde edilen sonuçlar Tablo 4.10'da özetlenmiştir.

Tablo 4.10. Elde Edilen İyimser Optimal Sonuçlar

	LP-1	LP-2	LP-3	Alt sınır; üst sınır	Çok Amaçlı Çözüm
Amaç Fonksiyonlar	$Max Z_1$	$Min Z_2$	$Min Z_3$	-	$Max L$
L	%100	%100	%100	-	%813
Z_1	3613503,077*	2562783,587	13387,562	(3590104,818; 3613503,077)	3609133,786
Z_2	3596474,479	2350274,312*	13945,073	(2350274,312; 2606194,237)	2398063,709
Z_3	3590104,818	2606194,237	12450,953*	(12450,953; 13945,073)	12729,959

Tablo 4.10'daki * ile işaretli olan sonuçlar doğrusal programlama probleminin ayrı ayrı çözümünde elde edilen ilgili amaç fonksiyon optimal değerleridir.

Tablo 4.10'daki sonuçlara göre karar verici %81,3 seviyesinde amaç fonksiyonlarının aldığı değerden memnun kalmıştır. Toplam gelir 3609133,786 para birimi, toplam maliyet 2398063,709 para birimi ve toplam gecikme 17428,403 zaman birimi olarak bulunmuştur. Toplamda 1211070,077 para birimi kar ve toplam 12729,959 zaman birimi gecikme hesaplanmıştır.

GAMS paket programından elde edilen amaç fonksiyon değerleri ayrıntılı olarak Tablo 4.11’de verilmiştir.

Tablo 4.11. Amaç Fonksiyonun İyimser Değerleri

Yeni ve yenilenmiş ürün satışından elde edilen gelir	3544135,056
Hurda ürün satışından elde edilen gelir	36818,489
Hurda bileşen satışından elde edilen gelir	28180,241
TOPLAM GELİR	3609133,786
Satın alma maliyetleri	887904,213
İşleme maliyetleri	149940,628
Taşıma maliyetleri	500620,868
Sabit açma maliyetleri	859598,000
TOPLAM MALİYET	2398063,709
Dağıtım merkezlerin müşteri bölgelerine yapılan teslimatlardaki toplam gecikme	9940,127
Geri dönüşüm merkezlerinden fabrikalara yapılan teslimatlardaki toplam gecikme	1365,813
Geri dönüşüm merkezlerinden dağıtım merkezlerine yapılan teslimatlardaki toplam gecikme	1424,018
TOPLAM GECİKME	12729,959

4.2.3. Kötümser Çözüm

Alfa kesim seviyesi 0.5 için hesap edilmiş ve Ek 2.’de sunulan parametre değerleri eşitlik (2.20) ve verilen ağırlıklar ($w_1=4/6$, $w_2 =1/6$, $w_3=1/6$) kullanılarak kesin hale dönüştürülmüş ve bu senaryo için kullanılmıştır. Kötümser, olası ve iyimser değer katsayılarında kötümser değer katsayısının ağırlığı artırılmıştır. Maliyet değerlerinde büyük olan değer kötümserken satış değerlerinde kötümser değer küçük olan değerdir. Teslimat sürelerinde gerçekleşen teslim sürelerinde büyük olan değer kötümser iken beklenen teslim sürelerinde kötümser değer küçük olan değerdir.

Problemın çözüm aşamaları tekrar edildiğinde elde edilen sonuçlar Tablo 4.12’de özetlenmiştir.

Tablo 4.12. Elde Edilen Kötümser Optimal Sonuçlar

	LP-1	LP-2	LP-3	Alt sınır; üst sınır	Çok Amaçlı Çözüm
Amaç Fonksiyonlar	$Max Z_1$	$Min Z_2$	$Min Z_3$	-	$Max L$
L	%100	%100	%100	-	%882
Z_1	3538569,804*	2709013,788	22997,134	(3517915,787; 3538569,804)	3536129,292
Z_2	3523786,553	2471289,850*	23079,368	(2471289,850; 2785293,886)	2508393,073
Z_3	3517915,787	2785293,886	21819,499*	(21819,499; 23079,368)	21968,367

Tablo 4.12'deki * ile işaretli olan sonuçlar doğrusal programlama probleminin ayrı ayrı çözümünde elde edilen ilgili amaç fonksiyon optimal değerleridir.

Tablo 4.12'deki sonuçlara göre karar verici %88,2 seviyesinde amaç fonksiyonlarının aldığı değerden memnun kalmıştır. Toplam gelir 3536129,292 para birimi, toplam maliyet 2508393,073 para birimi ve toplam gecikme 21968,367 zaman birimi olarak bulunmuştur. Toplamda 1027736,219 para birimi kar ve toplam 21968,367 zaman birimi gecikme hesaplanmıştır.

GAMS paket programından elde edilen amaç fonksiyon değerleri ayrıntılı olarak Tablo 4.13' de verilmiştir

Tablo 4.13. Amaç Fonksiyonun Kötümser Değerleri

Yeni ve yenilenmiş ürün satışından elde edilen gelir	3494405,907
Hurda ürün satışından elde edilen gelir	16299,171
Hurda bileşen satışından elde edilen gelir	25424,215
TOPLAM GELİR	3536129,292
Satın alma maliyetleri	989946,898
İşleme maliyetleri	161525,698
Taşıma maliyetleri	448319,477
Sabit açma maliyetleri	908601,000
TOPLAM MALİYET	2508393,073
Dağıtım merkezlerin müşteri bölgelerine yapılan teslimatlardaki toplam gecikme	17322,611
Geri dönüşüm merkezlerinden fabrikalara yapılan teslimatlardaki toplam gecikme	2469,367
Geri dönüşüm merkezlerinden dağıtım merkezlerine yapılan teslimatlardaki toplam gecikme	2176,389
TOPLAM GECİKME	21968,367

Tüm çözümler ve herbir çözüme ilişkin amaç fonksiyon değerleri Tablo 4.14’de özetlenmiştir.

Tablo 4.14. Tüm Çözümler ve İlgili Çözümlere İlişkin Amaç Fonksiyon Değerleri

Amaç Denklem Değerleri	$\alpha=0,5$	$\alpha=0,1$	$\alpha=0,9$	İyimser	Kötümser
Yeni ve yenilenmiş ürün satışından elde edilen gelir	3520895,594	35616670,37	3522165,696	3544135,056	3494405,907
Hurda ürün satışından elde edilen gelir	25694,131	25680,54	25679,796	36818,489	16299,171
Hurda bileşen satışından elde edilen gelir	28656,349	28683,767	28293,071	28180,241	25424,215
TOPLAM GELİR	3575246,075	3571034,681	3576138,562	3609133,786	3536129,292
Satın alma maliyetleri	954445,769	950330,37	954789,846	887904,213	989946,898
İşleme maliyetleri	157216,086	157362,064	157841,406	149940,628	161525,698
Taşıma maliyetleri	432454,726	431522,93	430688,32	500620,868	448319,477
Sabit açma maliyetleri	923796	925210	925392	859598	908601
TOPLAM MALİYET	2467912,581	2464425,363	2468711,572	2398063,709	2508393,073
Dağıtım merkezlerin müşteri bölgelerine yapılan teslimatlardaki toplam gecikme	13688,585	13673,642	13687,578	9940,127	17322,611
Geri dönüşüm merkezlerinden fabrikalara yapılan teslimatlardaki toplam gecikme	1880,216	1877,562	1871,265	1365,813	2469,367
Geri dönüşüm merkezlerinden dağıtım Merkezlerine yapılan teslimatlardaki toplam gecikme	1897,914	1923,729	1869,559	1424,018	2176,389
TOPLAM GECİKME	17466,714	17474,933	17428,403	12729,959	21968,367
KAR	1107333,494	1106609,318	1107426,99	1211070,077	1027736,219
L TATMİN SEVİYESİ	0.88	0.876	0.886	0.813	0.882

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında ileri tedarik zinciri, RSC ve CLSC tanıtlmış, RCS ve CLSC ağ tasarımına yönelik çalışmalar ve kullandıkları yöntemler incelenmiş ve nihayetinde bir CLSC modeli önerilmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında çok periyotlu, çok bileşenli ileri ve tersine akışları içeren CLSC için bulanık karma tamsayılı matematiksel bir model önerilmiştir. Modelde toplam gelirin maksimizasyonu, toplam maliyet ve ürün/bileşen teslimatlarında yaşanan gecikmelerin minimizasyonu amaçlanmaktadır.

Toplam geliri, yeni ürün satışı, geri kazanılmış ürün satışı, hurda bileşen ve ürün satışından elde edilen gelirler oluşturmaktadır. Toplam maliyeti, satın alma, işleme, taşıma ve sabit açma maliyetleri oluşturur. Ürün veya bileşen teslimatlarında yaşanan gecikmeleri, dağıtım merkezlerinden müşterilere yapılan nihai ürün, geri dönüşüm merkezlerinden fabrikalar yapılan bileşen ve geri dönüşüm merkezlerinden dağıtım merkezlerine yapılan yenilenmiş ürün teslimatlarındaki gecikmeler oluşturmaktadır.

Önerilen model açılacak tesislerin seçilmesine, bu tesislere ürün ve bileşen akışı miktarlarına, müşteri bölgelerine yeni ve geri kazanılmış ürün akış miktarlarına, satın alınacak hammadde ve ürün iade miktarlarına karar verirken amaçların hepsini belli bir seviye de tatmin etmektedir.

Önerilen model FMOP yaklaşımı ile GAMS paket programı kullanılarak çözülmüştür. Modeldeki parametre değerleri, bu tarz problemlerdeki gerçek veri yoksunluğu nedeni ile belirli aralıklarda türetilmiş verilerden oluşmaktadır.

Modelde, amaç denklemler, amaç denklem katsayıları, kapasite ve talep kısıtları, iade ve geri kazanım oranları, ürün satış fiyatları ve tasarlanan sistemdeki tüm maliyet değerleri bulanık olup önerilen modelin çözümü bulanık çok amaçlı model yaklaşımı ile çözülmüş ve farklı alfa kesim seviyeleri, iyimser ve kötümser senaryo analizleriyle de çözüm yinelenmiştir.

Çalışmanın ilerleyen zamanlarda geliştirilmesi için, tez kapsamında önerilen modele uygun olabilecek farklı bulanık çok amaçlı modellerle çözümü yapıp mevcut çözümle karşılaştırılabilir. Modele çok kriterli karar teknikleri ilavesi ile tedarikçi ya da işletmelerin optimum kuruluş yerleri seçimi de ilave edilebilir. Ayrıca literatürde NP-

Hard Problem olarak adlandırılan bu tarz kompleks problemler için sezgisel yöntemlerin kullanımı daha hızlı çözüm noktasında katkı sağlayabilir.



KAYNAKÇA

- Achillas, C., Vlachokostas, C., Aidonis, D., Moussiopoulos, N., Iakovou, E., Banias, G. (2010). "Optimising Reverse Logistics Network to Support Policy-Making in The Case of Electrical and Electronic Equipment". *Waste Management*, 30(12), 2592-2600.
- Akçalı, E., Çetinkaya, S. (2011). "Quantitative Models for Inventory and Production Planning in Closed-Loop Supply Chains". *International Journal of Production Research*, 49(8), 2373-2407.
- Alimoradi, A., Yussuf, R.M., Zulkifli, N. (2011). "A Hybrid Model for Remanufacturing Facility Location Problem in a Closed-Loop Supply Chain". *International Journal of Sustainable Engineering*, 4(01), 16-23.
- Altunkaynak, B. (2003). *Tamsayılı Programlama: Teori, Modeller ve Algoritmalar*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Amin, S.H., (2012) *Design and Optimization of Closed-Loop Supply Chain Management*. (Doktora Tezi). Ontario: University of Windsor.
- Amin, S.H., Zhang, G. (2012). "An Integrated Model for Closed-Loop Supply Chain Configuration and Supplier Selection: Multi-Objective Approach". *Expert Systems with Applications*, 39(8), 6782-6791.
- Ayers, J. B. (2001). *Handbook of Supply Chain Management*. Florida: CRC Press.
- Başaran, B. (2005). *Hücreli Üretim: Hücrelerin Oluşturulmasında Kullanılan Yöntemlerin Analizi ve Bir Vinç Atölyesinde Uygulama*. (Doktora Tezi). Bursa: Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Başkaya, Z. (2005). *Tamsayılı Programlama Algoritmaları ve Bilgisayar Uygulamalı Problem Çözümleri*, Bursa: Ekin Kitabevi.
- Baykal, N., Beyan, T. (2004). *Bulanık Mantık İlke ve Temelleri*. Ankara: Bıçaklar Kitabevi.
- Baykal, N., Beyan, T. (2004). *Bulanık Mantık: Uzman Sistemler ve Denetleyiciler*. Ankara: Bıçaklar Kitabevi.

- “Beamon, B.M. (1998). "Supply Chain Design and Analysis: Models and Methods". *International Journal of Production Economics*, 55(3), 281-294.
- Beamon, B.M., Fernandes, C. (2004). "Supply-Chain Network Configuration for Product Recovery". *Production Planning & Control*, 15(3), 270-281.
- Blumberg, D.F. (2005). *Introduction to Management of Reverse Logistics and Closed Loop Supply Chain Processes*: CRC Press.
- Büyükkeklik, A. (2011) *Tersine Lojistik ve Atık Akümülatörler için Tersine Lojistik Ağ Tasarımı Uygulaması*. (Doktora Tezi). Niğde: Niğde Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Chopra, S., Meindl, P. (2007). *Supply Chain Management. Strategy, Planning & Operation*. New Jersey: Prentice Hall.
- Christopher, M. (2011). *Logistics and Supply Chain Management*. London: Prentice Hall.
- Croxton, K.L., Garcia-Dastugue, S.J., Lambert, D.M., Rogers, D.S. (2001). "The Supply Chain Management Processes". *International Journal of Logistics Management*, 12(2), 13-36.
- Cruz-Rivera, R., Ertel, J. (2009). "Reverse Logistics Network Design for The Collection of End-of-Life Vehicles in Mexico". *European Journal of Operational Research*, 196(3), 930-939.
- De Brito, M., Dekker, R. (2002), "Reverse Logistics-a Framework", *Ekonometric Institue Report*, EI 2002-38.
- Demirdöğen, O., Küçük, O. (2007). "Malzeme Akışının Etkinliğinde Tedarik Zinciri Yönetiminin Önemi". 8. *Türkiye Ekonometri ve İstatistik Kongresi*.
- Demirel, N.Ö., Gökçen, H. (2008). "A Mixed Integer Programming Model for Remanufacturing in Reverse Logistics Environment". *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 39(11-12), 1197-1206.
- Du, F., Evans, G.W. (2008). "A Bi-Objective Reverse Logistics Network Analysis for Post-Sale Service". *Computers & Operations Research*, 35(8), 2617-2634.
- Elagöz, İ. (2008). "Tedarik Zinciri Yönetimi ve Tedarik Zinciri Yönetimi

- Uygulamalarının Mevcut Durumu ve Geleceğe İlişkin Değerlendirmeler". *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 6(1), 128-142.
- El-Sayed, M., Afia, N., El-Kharbotly, A. (2010). "A Stochastic Model for Forward–Reverse Logistics Network Design Under Risk". *Computers & Industrial Engineering*, 58(3), 423-431.
- Eroğlu, G. (2006). *Portföy Analizinde Bulanık Programlama*. (Yüksek Lisans Tezi). Ankara: Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Erol, İ., Velioğlu, M.N., Şerifoğlu, F.S. (2006). "AB Uyum Yasaları ve Sürdürülebilirlik Kalkınma Bağlamında Tersine Tedarik Zinciri Yönetimi: Türkiye'ye Yönelik Araştırma Fırsatları ve Önerileri", *İktisat İşletme ve Finans Dergisi*, 244(21), 4.
- Ferguson, M.E., Souza, G.C. (2010). *Closed-Loop Supply Chains: New Developments to Improve The Sustainability of Business Practices*: Auerbach Publications.
- Flapper, S.D.P., Van Nunen, J.A., Van Wassenhove, L.N. (2005). *Managing Closed-Loop Supply Chains*, Berlin: Springer.
- Fleischmann, M. (2000). *Quantitative Models for Reverse Logistics* (Doktora Tezi) Rotterdam: Erasmus University
- Fleischmann, M., Beullens, P., Bloemhof-Ruwaard, J.M., Wassenhove, L.N.V. (2001). "The Impact of Product Recovery on Logistics Network Design". *Production and Operations Management*, 10 (2), 156-173.
- Fleischmann, M., Bloemhof-Ruwaard, J.M., Dekker, R., Van Der Laan, E., Van Nunen, J.A., Van Wassenhove, L.N. (1997). "Quantitative Models for Reverse Logistics: A Review". *European Journal of Operational Research*, 103(1), 1-17.
- Fox, M.S., Chionglo, J.F., Barbuceanu, M. (1993). *The Integrated Supply Chain Management System*. Toronto: Department of Industrial Engineering, University of Toronto.
- Francas, D., Minner, S. (2009). "Manufacturing Network Configuration in Supply Chains with Product Recovery". *Omega*, 37(4), 757-769.
- Govil, M., Proth, J.M. (2002). *Supply Chain Design and Management: Strategic and Tactical Perspectives*. California: Akademik Press

- Guide, V.D.R., Harrison, T.P., Van Wassenhove, L.N. (2003). "The Challenge of Closed-Loop Supply Chains". *Interfaces*, 33(6), 3-6.
- Guide, V.D.R., Van Wassenhove, L.N. (2009). "The Evolution of Closed-Loop Supply Chain Research". *Operations Research*, 57(1), 10-18.
- Gupta, A., Evans, G.W. (2009). "A Goal Programming Model for The Operation of Closed-Loop Supply Chains". *Engineering Optimization*, 41(8), 713-735.
- Güleş, H.K., Paksoy, T., Bülbül, H., Özceylan, E. (2012). *Tedarik Zinciri Yönetimi Stratejik Planlama, Modelleme ve Optimizasyon*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Güzel, D. (2011). *Tedarik Zinciri Bütünleşmesi Yeşil Tedarik Zinciri Uygulamaları ve İşletme Performansı Arasındaki İlişki Üzerine Bir Araştırma*. (Doktora Tezi) Erzurum: Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
- Hakan, A.Ç. (2010). *Tamsayılı Programlamaya Giriş*. Bursa: Ekin Yayınevi
- Inderfurth, K. (2005). "Impact of Uncertainties on Recovery Behavior in a Remanufacturing Environment: a Numerical Analysis". *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 35(5), 318-336.
- Jayaraman, V., Jr, V.G., Srivastava, R. (1999). "A Closed-Loop Logistics Model for Remanufacturing". *Journal of the Operational Research Society*, 50(5), 497-508.
- Kannan, G., Noorul Haq, A., Devika, M. (2009). "Analysis of Closed Loop Supply Chain Using Genetic Algorithm and Particle Swarm Optimisation". *International Journal of Production Research*, 47(5), 1175-1200.
- Kannan, G., Sasikumar, P., Devika, K. (2010). "A Genetic Algorithm Approach for Solving a Closed Loop Supply Chain Model: A Case of Battery Recycling". *Applied Mathematical Modelling*, 34(3), 655-670.
- Kannan, V.R., Handfield, R.B. (1998). "Supply Chain Management: Supplier Performance and Firm Performance". *International Journal of Purchasing and Materials Management*, 34, 2-9.
- Karaçay, G. (2005). "Tersine Lojistik: Kavram ve İşleyiş". *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14(1), 317-331.
- Kenné, J.P., Dejax, P., Gharbi, A. (2012). "Production Planning of a Hybrid

- Manufacturing–Remanufacturing System Under Uncertainty Within a Closed-Loop Supply Chain". *International Journal of Production Economics*, 135(1), 81-93.
- Keskin, H. (2011). *Lojistik: Tedarik Zinciri Yönetimi (geçmişi, değişimi, bugünü, geleceği)*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Kim, K., Song, I., Kim, J., Jeong, B. (2006). "Supply Planning Model for Remanufacturing System in Reverse Logistics Environment". *Computers & Industrial Engineering*, 51(2), 279-287.
- Ko, H.J., Evans, G.W. (2007). "A Genetic Algorithm-Based Heuristic for the Dynamic Integrated Forward/Reverse Logistics Network for 3PLs". *Computers & Operations Research*, 34(2), 346-366.
- Krikke, H., Blanc, H., Velde, S. (2004). "Product Modularity and the Design of Closed-Loop Supply Chains". *California Management Review*, 23-39.
- Krikke, H., Bloemhof-Ruwaard, J., Van Wassenhove, L. (2003). "Concurrent Product and Closed-Loop Supply Chain Design with an Application to Refrigerators". *International Journal of Production Research*, 41(16), 3689-3719.
- Krikke, H.R., Pappis, C., Tsoulfas, G., Bloemhof-Ruwaard, J. (2001). Design Principles for Closed Loop Supply Chains. (Reference No. ERS-2001-62-LIS) Notherdamme: *ERIM Report Series*.
- Kulu, M.C. (2008). *Tedarik Zinciri Yönetiminde Ulaştırma Modeli Optimizasyonu: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kumar, S., Malegeant, P. (2006). "Strategic Alliance in a Closed-Loop Supply Chain, a Case of Manufacturer and Eco-Non-Profit Organization". *Technovation*, 26(10), 1127-1135.
- Lai, Y.J., Hwang, C.L. (1992). *Fuzzy Mathematical Programming*. New York: Springer.
- Lambert, D.M., Cooper, M.C. (2000). "Issues in Supply Chain Management". *Industrial Marketing Management*, 29(1), 65-83.

- Lee, H.L., Billington, C. (1992) "Managing Supply Chain Inventory: Pitfalls and Opportunities". *Sloan Management Review*, 33(3), 65-73.
- Lee, J.E., Gen, M., Rhee, K.G. (2009). "Network Model and Optimization of Reverse Logistics by Hybrid Genetic Algorithm". *Computers & Industrial Engineering*, 56(3), 951-964.
- Liang, T.F., Cheng, H.W. (2009). "Application of Fuzzy Sets to Manufacturing/Distribution Planning Decisions with Multi-Product and Multi-Time Period in Supply Chains". *Expert Systems with Applications*, 36(2), 3367-3377.
- Listeş, O. (2007). "A Generic Stochastic Model for Supply-and-Return Network Design". *Computers & Operations Research*, 34(2), 417-442.
- Lu, Z., Bostel, N. (2007). "A Facility Location Model for Logistics Systems Including Reverse Flows: The Case of Remanufacturing Activities". *Computers & Operations Research*, 34(2), 299-323.
- Melo, M.T., Nickel, S., Saldanha-Da-Gama, F. (2009). "Facility Location and Supply Chain Management—A Review". *European Journal of Operational Research*, 196(2), 401-412.
- Metz, P.J. (1998). "Demystifying Supply Chain Management". *Supply Chain Management Review*, 1(4), 46-55.
- Min, H., Zhou, G. (2002). "Supply Chain Modeling: Past, Present and Future". *Computers and Industrial Engineering*, 43(1), 231-249.
- Nikolaidis, I. (2013). *Quality Management in Reverse Logistics: A Broad Look on Quality Issues and Their Interaction with Closed-Loop Supply Chains*: Springer.
- Özceylan, E., Paksoy, T. (2013) "Fuzzy Multi-Objective Linear Programming Approach for Optimising a Closed-Loop Supply Chain Network", *International Journal of Production Research*, 51(8), 2443-2461.
- Özceylan, E., Paksoy, T. (2013). "A Mixed Integer Programming Model for a Closed-Loop Supply-Chain Network". *International Journal of Production Research*, 51(3), 718-734.

- Özgen, D. (2008). *Tedarik Zincirinde Çok Amaçlı Tesis Yeri Seçimi Probleminin Olasılıklı Lineer Programlama ve Bulanık Ahp Yöntemleri Kullanılarak Optimizasyonu*. (Doktora Tezi). İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özkan, M.M. (2003). *Bulanık Hedef Programlama*. Bursa: Ekin Yayınevi.
- Özkır, V. (2009). *Kapalı Çevrim Tedarik Zinciri Tasarımına Yönelik Karar Destek Modeli Önerisi*. (Doktora Tezi). İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Öztürk, A. (2011). *Yöneylem Araştırmasına Giriş*. Bursa: Ekin Yayınevi.
- Paksoy, T., Bektaş, T., Özceylan, E. (2011). "Operational and Environmental Performance Measures in a Multi-Product Closed-Loop Supply Chain". *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 47(4), 532-546.
- Paksoy, T., Yapıcı, N., Özceylan, E. (2013). *Bulanık Küme Teorisi*. Ankara: Nobel Yayınevi.
- Pati, R.K., Vrat, P., Kumar, P. (2008). "A Goal Programming Model for Paper Recycling System". *Omega*, 36(3), 405-417.
- Pishvae, M., Torabi, S. (2010). "A Possibilistic Programming Approach for Closed-Loop Supply Chain Network Design Under Uncertainty". *Fuzzy Sets and Systems*, 161(20), 2668-2683.
- Pishvae, M.S., Farahani, R.Z., Dullaert, W. (2010). "A Memetic Algorithm for Bi-Objective Integrated Forward/Reverse Logistics Network Design". *Computers & Operations Research*, 37(6), 1100-1112.
- Pishvae, M.S., Jolai, F., Razmi, J. (2009). "A Stochastic Optimization Model for Integrated Forward/Reverse Logistics Network Design". *Journal of Manufacturing Systems*, 28(4), 107-114.
- Pishvae, M.S., Rabbani, M., Torabi, S.A. (2011). "A Robust Optimization Approach to Closed-Loop Supply Chain Network Design Under Uncertainty". *Applied Mathematical Modelling*, 35(2), 637-649.

- Pochampally, K.K., Nukala, S., Gupta, S.M. (2009). *Strategic Planning Models for Reverse and Closed-Loop Supply Chains*: CRC Press.
- Pokharel, S., Mutha, A. (2009). "Perspectives in Reverse Logistics: A review". *Resources, Conservation and Recycling*, 53(4), 175-182.
- Qin, Z., Ji, X. (2010). "Logistics Network Design for Product Recovery in Fuzzy Environment". *European Journal of Operational Research*, 202(2), 479-490.
- Rogers, D.S., Tibben-Lembke, R.S., Council, R.L.E. (1999). *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices*. Reverse Logistics Executive Council Pittsburgh, PA.
- Ross, D.F. (1998). *Competing Through Supply Chain Management*. Boston, M.A: Kluwer Academic Publishers.
- Rubio, S., Chamorro, A., Miranda, F.J. (2008). "Characteristics of the Research on Reverse Logistics (1995–2005)". *International Journal of Production Research*, 46(4), 1099-1120.
- Salema, M., Póvoa, A., Novais, A. (2005). "A Warehouse-Based Design Model for Reverse Logistics". *Journal of the Operational Research Society*, 57(6), 615-629.
- Salema, M.I.G., Barbosa-Povoa, A.P., Novais, A.Q. (2007). "An Optimization Model for The Design of a Capacitated Multi-Product Reverse Logistics Network with Uncertainty". *European Journal of Operational Research*, 179(3), 1063-1077.
- Schechter, D. (2002). *Delivering the Goods: The Art of Managing Your Supply Chain*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Selim, H., Özkarahan, I. (2008). "A Supply Chain Distribution Network Design Model: an Interactive Fuzzy Goal Programming-Based Solution Approach". *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 36(3-4), 401-418.
- Sheu, J.B., Chou, Y.H., Hu, C.C. (2005). "An Integrated Logistics Operational Model for Green-Supply Chain Management". *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 41(4), 287-313.

- Shi, J., Zhang, G., Sha, J. (2011). "Optimal Production Planning for a Multi-Product Closed Loop System with Uncertain Demand and Return". *Computers & Operations Research*, 38(3), 641-650.
- Shi, J., Zhang, G., Sha, J., Amin, S.H. (2010). "Coordinating Production and Recycling Decisions with Stochastic Demand and Return". *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 19(4), 385-407.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., Simchi-Levi, E. (2004). *Managing the Supply Chain: the Definitive Guide for The Business Professional*. New York: Mc Graw-Hill Companies.
- Simchi-Levi, D., Simchi-Levi, E., Kaminsky, P. (1999). *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies and Cases*. New York: Mc Graw-Hill Companies.
- Stindt, D., Sahamie, R. (2012). "Review of Research on Closed Loop Supply Chain Management in the Process Industry". *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 1-26.
- Şen, E. (2006), "KOBİ'lerin Uluslararası Rekabet Güçlerini Artırmada Tedarik Zinciri Yönetiminin Önemi". *TC Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi*, 17, 2011.
- Şen, S. (2007). *Tedarik Zinciri Yönetiminde Tedarikçi Seçimi Sistemine Ait Bir Karar Destek Modeli Geliştirilmesi ve Uygulama Sonuçlarının Değerlendirilmesi*. (Doktora Tezi). İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Şengül, Ü. (2009), "Kapalı Döngü Tedarik Zinciri Kavramı, İşleyişi ve İşletme Modelleri". *Kafkas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. (4), 125-139.
- Thierry, M.C., Salomon, M., Nunen, J., Wassenhove, L. (1995). "Strategic Issues in Product Recovery Management". *California Management Review*, 37(2), 114-135.
- Tibben-Lembke, R.S., Rogers, D.S. (2002). "Differences Between Forward and Reverse Logistics in a Retail Environment". *Supply Chain Management: An International Journal*, 7(5), 271-282.

- Tuğ, A. (2006). *Bulanık Doğrusal Programlama ve Üretim Planlamasında Bir Uygulama Örneği*. (Yüksek Lisans Tezi). Bursa: Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Türköz, Ö. (2007). *Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Gereksinim Planlaması*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: İstanbul Üniversitesi.
- Umarusman, N, Yaralıoğlu, K. (2010). "Çok Amaçlı Doğrusal Programlamadan Sistem Tasarımına: DE NOVO". *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(4), 61-74.
- Ural, G.F. (2006). *Bulanık Doğrusal Programlama Yöntemi Kullanılarak Bir Sanayi Kuruluşunda Üretim Planlama Çalışmasının Gerçekleştirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Üster, H., Easwaran, G., Akçali, E., Çetinkaya, S. (2007). "Benders Decomposition with Alternative Multiple Cuts for a Multi-Product Closed-Loop Supply Chain Network Design Model". *Naval Research Logistics (NRL)*, 54(8), 890-907.
- Wang, H.F., Hsu, H.W. (2010). "A Closed-Loop Logistic Model with a Spanning-Tree Based Genetic Algorithm". *Computers & Operations Research*, 37(2), 376-389.
- Wei, J., Zhao, J. (2011). "Pricing Decisions with Retail Competition in a Fuzzy Closed-Loop Supply Chain". *Expert Systems with Applications*, 38(9), 11209-11216.
- Wells, P., Seitz, M. (2005). "Business Models and Closed-Loop Supply Chains: A Typology". *Supply Chain Management: An International Journal*, 10(4), 249-251.
- Xanthopoulos, A., Iakovou, E. (2009). "On the Optimal Design of the Disassembly and Recovery Processes". *Waste Management*, 29(5), 1702-1711.
- Yang, G.F., Wang, Z.P., Li, X.Q. (2009). "The Optimization of the Closed-Loop Supply Chain Network". *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 45(1), 16-28.
- Yapıcı, N. (2000) *Bulanık Doğrusal Programlamaya Sinir Ağları Yaklaşımı*. (Yüksek Lisans Tezi). Konya: Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Zadeh, L.A. (1962). "From Circuit Theory to System Theory". *Proceedings of the IRE*, 50(5), 856-865.

Zadeh, L.A. (1965). "Fuzzy Sets". *Information and Control*, 8(3), 338-353.

Zarandi, M.H.F., Sisakht, A.H., Davari, S. (2011). "Design of a Closed-Loop Supply Chain (CLSC) Model Using an Interactive Fuzzy Goal Programming". *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 56(5-8), 809-821.

İNTERNET KAYNAKLARI

Yaman, Z. Tedarik Zinciri Yönetiminde SCM Bilgisayar Yazılımları ve SCM'ye Geçiş Uygulamaları. Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013 (<http://www.belgeler.com/blg/5yd/tedarik-zinciri-yonetiminde-scm-bilgisayar-yazilimlari-ve-scm-ye-gecis-uygulamalari>)

Tanyaş, M. VII.Uluslararası Lojistik ve *Tedarik Zinciri* Kongresi 06.10.2009. Erişim Tarihi: 21 Temmuz 2013. www.enm.yildiz.edu.tr/.../TZY-SCOR-SOS%20mehmet%20tanyaş.ppt)

Tedarik Zinciri Yönetimi Nedir? Erişim Tarihi: 26 Temmuz 2013 <http://enm.blogcu.com/tedarik-zinciri-yonetimi-nedir/512513>

EKLER**EK 1. MODELDE KULLANILAN PARAMETRELERİN DEĞERLERİ****SATIN ALMA MALİYETLERİ****Tedarikçilerin Bileşen Satış Fiyatları**

1. Dönem						
Tedarikçi	1.Bileşen Satış Fiyatları			2. Bileşen Satış Fiyatları		
	i	o	k	i	o	k
1	50,3	43,1	30,3	58,8	50,0	41,1
2	52,4	44,0	34,2	63,2	53,6	41,5
3	52,9	46,0	36,2	65,2	55,9	44,8
4	56,8	49,2	40,2	68,0	57,6	45,7
2. Dönem						
Tedarikçi	1.Bileşen Satış Fiyatları			2. Bileşen Satış Fiyatları		
	i	o	k	i	o	k
1	51,1	43,2	31,5	59,3	50,0	41,2
2	52,6	44,5	35,1	63,6	53,9	41,6
3	54,4	47,1	38,1	65,6	57,3	45,1
4	57,0	49,7	41,3	68,1	57,9	45,7
3. Dönem						
Tedarikçi	1.Bileşen Satış Fiyatları			2. Bileşen Satış Fiyatları		
	i	o	k	i	o	k
1	51,2	43,7	31,9	61,3	51,4	41,5
2	52,6	44,6	35,8	65,0	54,3	43,3
3	56,6	48,4	39,5	66,7	57,5	45,4
4	57,8	49,8	41,4	69,3	58,6	46,2
4. Dönem						
Tedarikçi	1.Bileşen Satış Fiyatları			2. Bileşen Satış Fiyatları		
	i	o	k	i	o	k
1	52,3	43,9	33,9	63,0	53,2	41,5
2	52,8	44,7	35,8	65,0	54,7	44,5
3	56,7	48,7	39,9	67,1	57,5	45,7
4	59,9	49,9	42,0	69,6	58,8	49,9

Toplama Merkezlerinin Ürün İçin Ödedikleri Depozito Bedelleri

Toplama Merkezi	1. Dönem			2. Dönem			3. Dönem			4. Dönem		
	Ürün İçin Ödenen Depozito			Ürün İçin Ödenen Depozito			Ürün İçin Ödenen Depozito			Ürün İçin Ödenen Depozito		
	k	o	i	k	o	i	k	o	i	k	o	i
1	39,0	32,1	26,1	39,3	33,6	26,9	39,4	34,8	27,0	40,5	35,0	27,1
2	41,0	35,2	27,9	41,2	35,7	28,1	41,2	36,3	28,5	41,9	36,3	29,4
3	42,1	37,9	30,4	42,3	38,0	30,5	43,1	38,2	30,9	45,0	38,7	31,5

İŞLETME MALİYETLERİ

	1. Periyot			2. Periyot			3. Periyot			4. Periyot		
Fabrika	Ürün Üretim Maliyeti			Ürün Üretim Maliyeti			Ürün Üretim Maliyeti			Ürün Üretim Maliyeti		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
1	6,1	8,6	9,9	6,5	8,6	10,0	6,5	8,7	10,1	6,6	8,9	10,4
2	6,6	9,3	10,5	7,2	9,4	10,8	7,3	9,4	10,8	7,3	9,5	10,9
3	7,5	9,5	11,0	7,5	9,6	11,2	7,6	9,6	11,3	7,9	9,6	11,3
4	8,0	9,6	11,4	8,3	9,7	11,4	8,4	9,7	11,6	8,5	9,8	11,7
Dağıtım Merkezi	Dağıtım Maliyeti			Dağıtım Maliyeti			Dağıtım Maliyeti			Dağıtım Maliyeti		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
1	2,0	3,2	4,2	2,1	3,2	4,2	2,2	3,4	4,3	2,2	3,4	4,3
2	2,4	3,4	4,3	2,5	3,5	4,4	2,6	3,5	4,4	2,7	3,7	4,6
3	2,9	3,7	4,7	2,9	3,8	4,8	2,9	3,8	4,8	3,0	4,0	4,8
4	3,0	4,0	4,8	3,1	4,0	4,8	3,1	4,1	4,8	3,1	4,2	4,9
Toplama Merkezi	İnceleme ve Sınıflama Maliyeti			İnceleme ve Sınıflama Maliyeti			İnceleme ve Sınıflama Maliyeti			İnceleme ve Sınıflama Maliyeti		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
1	2,0	2,7	3,3	2,0	2,7	3,3	2,0	2,8	3,4	2,1	2,8	3,5
2	2,1	2,8	3,5	2,2	2,8	3,6	2,2	2,8	3,7	2,2	2,8	3,7
3	2,3	2,9	3,7	2,4	3,0	3,7	2,5	3,1	3,9	2,7	3,3	4,0
G. Dönüşüm Merkezi	Ürün Yenileme Maliyeti			Ürün Yenileme Maliyeti			Ürün Yenileme Maliyeti			Ürün Yenileme Maliyeti		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
1	6,0	7,4	8,8	6,1	7,5	8,8	6,4	7,5	8,8	6,4	7,6	9,1
2	6,5	7,9	9,2	6,5	8,1	9,2	6,5	8,1	9,2	6,6	8,1	9,3
3	7,0	8,2	9,4	7,1	8,4	9,6	7,2	8,5	9,9	7,2	8,6	9,9
G.Dönüşüm Merkezi	Bileşen Yenileme Maliyeti			Bileşen Yenileme Maliyeti			Bileşen Yenileme Maliyeti			Bileşen Yenileme Maliyeti		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
1	4,0	4,6	6,1	4,1	4,6	6,1	4,1	4,7	6,2	4,1	4,9	6,2
2	4,2	5,0	6,3	4,2	5,1	6,4	4,2	5,2	6,5	4,3	5,4	6,6
3	4,4	5,4	6,6	4,5	5,4	6,6	4,5	5,7	6,6	4,5	5,8	6,6
G.Dönüşüm Merkezi	Demontaj Maliyeti			Demontaj Maliyeti			Demontaj Maliyeti			Demontaj Maliyeti		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
1	1,0	1,7	2,3	1,0	1,7	2,3	1,0	1,8	2,4	1,1	1,8	2,5
2	1,1	1,8	2,5	1,2	1,8	2,6	1,2	1,8	2,7	1,2	1,8	2,7
3	1,3	1,9	2,7	1,4	2,0	2,7	1,5	2,1	2,9	1,7	2,3	3,0

KAPASİTELER

	1. Dönem			2. Dönem			3. Dönem			4. Dönem		
Tedarikçi	1.bileşen			1.bileşen			1.bileşen			1.bileşen		
	k	o	i	k	o	i	k	o	i	k	o	i
1	900	918	930	942	948	960	972	1002	1026	1068	1080	1098
2	708	720	738	762	768	792	798	810	834	834	876	882
3	402	432	450	462	486	498	504	522	534	546	552	576
4	810	828	834	840	846	864	870	876	906	918	960	984
Tedarikçi	2.bileşen			2.bileşen			2.bileşen			2.bileşen		
1	900	918	930	942	948	960	972	1002	1026	1068	1080	1098
2	708	720	738	762	768	792	798	810	834	840	858	888
3	402	432	450	462	486	498	504	522	534	546	552	576
4	810	828	834	840	846	864	870	876	906	918	960	984
Fabrika	Ürün			Ürün			Ürün			Ürün		
1	696	690	678	660	660	636	612	588	558	552	510	504
2	1812	1830	1896	1704	1740	1788	1590	1614	1674	1524	1560	1584
3	1962	1974	1992	1824	1848	1902	1734	1776	1800	1704	1728	1746
4	810	834	900	738	768	786	660	696	720	612	636	672
Dağıtım Merkezi	Ürün			Ürün			Ürün			Ürün		
1	708	732	744	744	786	792	798	816	834	840	870	894
2	810	834	852	858	882	906	900	948	960	948	972	996
3	1002	1032	1074	1104	1140	1164	1176	1194	1212	1248	1278	1296
4	504	522	558	540	564	594	594	606	624	648	666	696
Toplama Merkezi	Ürün			Ürün			Ürün			Ürün		
1	372	408	426	456	480	492	486	528	540	546	564	582
2	726	756	792	804	816	834	840	858	864	912	960	984
3	546	564	582	612	654	690	690	702	732	756	792	810
G. D. Merkezi	Ürün			Ürün			Ürün			Ürün		
1	264	276	288	300	330	336	342	366	378	402	414	480
2	456	486	492	504	516	540	540	570	588	666	678	696
3	438	450	480	474	480	522	528	540	546	570	576	594

TALEPLER

	1. Periyot			2. Periyot			3. Periyot			4. Periyot		
Müşteri Bölgeleri	Talep Edilen Miktar			Talep Edilen Miktar			Talep Edilen Miktar			Talep Edilen Miktar		
	k	o	i	k	o	i	k	o	i	k	o	i
1	168	174	192	180	192	198	198	210	222	198	216	228
2	312	336	342	336	354	366	348	360	378	360	378	396
3	498	528	534	516	540	546	528	558	564	558	576	582
4	564	576	612	600	618	624	600	624	636	630	642	648
5	654	666	684	666	684	696	702	714	720	720	732	744

BİRİMLER ARASI MESAFELER

	j_1	j_2	j_3	j_4
i_1	500	450	434	347
i_2	330	313	378	339
i_3	212	180	142	119
i_4	90	80	65	60
k_1	487	473	453	447
k_2	378	376	361	311
k_3	278	266	194	188
k_4	156	112	105	92
r_1	696	672	657	648
r_2	642	629	619	614
r_3	593	588	556	503

	j_1	j_2	j_3	j_4
i_1	500	450	434	347
i_2	330	313	378	339
i_3	212	180	142	119
i_4	90	80	65	60

	j_1	j_2	j_3	j_4
k_1	487	473	453	447
k_2	378	376	361	311
k_3	278	266	194	188
k_4	156	112	105	92

	j_1	j_2	j_3	j_4
r_1	696	672	657	648
r_2	642	629	619	614
r_3	593	588	556	503
	k_1	k_2	k_3	k_4
l_1	390	370	345	305
l_2	295	282	269	231
l_3	209	195	190	184
l_4	170	165	140	127
l_5	110	95	89	81
r_1	500	494	487	474
r_2	460	452	438	410
r_3	400	385	376	365

	k_1	k_2	k_3	k_4
l_1	390	370	345	305
l_2	295	282	269	231
l_3	209	195	190	184
l_4	170	165	140	127
l_5	110	95	89	81

	k_1	k_2	k_3	k_4
r_1	500	494	487	474
r_2	460	452	438	410
r_3	400	385	376	365

	m_1	m_2	m_3
l_1	670	630	604
l_2	590	574	550
l_3	486	453	418
l_4	388	318	250
l_5	246	205	175
r_1	292	279	260
r_2	230	180	146
r_3	134	110	89

	m_1	m_2	m_3
l_1	670	630	604
l_2	590	574	550
l_3	486	453	418
l_4	388	318	250
l_5	246	205	175

	m_1	m_2	m_3
r_1	292	279	260
r_2	230	180	146
r_3	134	110	89

TESLİMAT SÜRELERİ

1- Dağıtım Merkezlerinden Müşterilere Yapılan Teslimatlara İlişkin Gerçekleşen (gs) ve Beklenen (bs) Süreler

Dağıtım Merkezleri	Dağıtım Merkezlerinden Müşterilere Yapılan Teslimatlara İlişkin Gerçekleşen Süreler														
	1. Dönem														
	gs			gs			gs			gs			gs		
	l ₁			l ₂			l ₃			l ₄			l ₅		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
k ₁	5,0	6,0	6,9	5,1	6,0	7,0	5,1	6,1	7,1	5,1	6,1	7,1	5,1	6,3	7,2
k ₂	5,3	6,1	7,2	5,3	6,2	7,3	5,5	6,3	7,4	5,5	6,3	7,5	5,4	6,4	7,4
k ₃	5,6	6,6	7,6	5,6	6,6	7,6	5,6	6,6	7,7	5,7	6,7	7,7	5,6	6,6	7,7
k ₄	5,8	6,7	7,8	5,8	6,8	7,8	5,9	6,8	7,9	5,9	6,9	8,0	5,9	6,9	7,9

Dağıtım Merkezleri	Dağıtım Merkezlerinden Müşterilere Yapılan Teslimatlara İlişkin Gerçekleşen Süreler														
	1. Dönem														
	bs			bs			bs			bs			bs		
	l ₁			l ₂			l ₃			l ₄			l ₅		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
k ₁	4,1	4,7	5,4	4,1	4,7	5,5	4,1	4,7	5,5	4,2	4,8	5,5	4,0	4,7	5,4
k ₂	4,2	4,9	5,5	4,4	4,9	5,5	4,4	4,9	5,5	4,5	4,9	5,5	4,4	4,8	5,6
k ₃	4,5	5,0	5,5	4,6	5,0	5,6	4,6	5,0	5,7	4,6	5,0	5,7	4,5	5,1	5,7
k ₄	4,6	5,2	5,8	4,6	5,2	5,8	4,6	5,3	5,8	4,7	5,3	6,0	4,6	5,4	5,9

Dağıtım Merkezleri	Dağıtım Merkezlerinden Müşterilere Yapılan Teslimatlara İlişkin Gerçekleşen Süreler														
	2. Dönem														
	gs			gs			gs			gs			gs		
	l ₁			l ₂			l ₃			l ₄			l ₅		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
k ₁	5,1	6,1	7,2	5,2	6,2	7,2	5,2	6,2	7,4	5,4	6,3	7,4	5,3	6,2	7,2
k ₂	5,5	6,3	7,5	5,5	6,5	7,6	5,6	6,6	7,6	5,7	6,6	7,6	5,4	6,4	7,3
k ₃	5,7	6,8	7,6	5,8	6,8	7,7	5,9	6,8	7,7	5,9	6,9	7,7	5,6	6,6	7,5
k ₄	5,9	7,0	7,8	5,9	7,0	7,9	6,0	7,0	7,9	6,1	7,1	8,0	5,7	6,7	7,8

Dağıtım Merkezleri	Dağıtım Merkezlerinden Müşterilere Yapılan Teslimatlara İlişkin Gerçekleşen Süreler														
	2. Dönem														
	bs			bs			bs			bs			bs		
	l ₁			l ₂			l ₃			l ₄			l ₅		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
k ₁	4,1	5,1	5,7	4,2	5,1	5,8	4,2	5,1	5,8	4,3	5,2	5,8	4,0	4,7	5,4
k ₂	4,6	5,2	5,8	4,8	5,3	5,8	4,8	5,3	5,9	4,8	5,4	5,9	4,4	5,0	5,5
k ₃	4,9	5,5	5,9	4,9	5,5	5,9	5,0	5,5	5,9	5,0	5,6	5,9	4,7	5,1	5,8
k ₄	5,0	5,6	5,9	5,0	5,6	5,9	5,0	5,7	5,9	5,0	5,7	6,0	4,8	5,4	6,0

Dağıtım Merkezleri	Dağıtım Merkezlerinden Müşterilere Yapılan Teslimatlara İlişkin Gerçekleşen Süreler														
	3. Dönem														
	gs			gs			gs			gs			gs		
	l ₁			l ₂			l ₃			l ₄			l ₅		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
k ₁	5,0	6,2	7,1	5,0	6,3	7,1	5,1	6,4	7,2	5,2	6,4	7,2	5,2	6,0	7,0
k ₂	5,2	6,5	7,2	5,3	6,5	7,3	5,6	6,6	7,3	5,6	6,6	7,3	5,5	6,4	7,4
k ₃	5,8	6,6	7,4	5,9	6,8	7,5	5,9	6,8	7,6	6,0	6,8	7,6	5,7	6,6	7,7
k ₄	6,0	6,9	7,7	6,1	6,9	7,9	6,2	7,0	7,9	6,2	7,0	8,0	5,9	6,8	7,9

Dağıtım Merkezleri	Dağıtım Merkezlerinden Müşterilere Yapılan Teslimatlara İlişkin Gerçekleşen Süreler														
	3. Dönem														
	bs			bs			bs			bs			bs		
	l ₁			l ₂			l ₃			l ₄			l ₅		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
k ₁	4,0	4,5	5,4	4,0	4,5	5,4	4,0	4,6	5,5	4,1	4,8	5,5	4,2	4,7	5,6
k ₂	4,1	4,8	5,5	4,1	4,9	5,5	4,2	5,0	5,5	4,2	5,0	5,6	4,3	4,9	5,6
k ₃	4,2	5,0	5,6	4,3	5,1	5,8	4,3	5,2	5,8	4,4	5,2	5,8	4,5	5,1	5,8
k ₄	4,4	5,2	5,8	4,4	5,2	5,9	4,4	5,3	5,9	4,5	5,3	5,9	4,8	5,4	5,9

Dağıtım Merkezleri	Dağıtım Merkezlerinden Müşterilere Yapılan Teslimatlara İlişkin Gerçekleşen Süreler														
	4. Dönem														
	gs			gs			gs			gs			gs		
	l ₁			l ₂			l ₃			l ₄			l ₅		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
k ₁	5,1	5,9	6,9	5,1	6,1	7,0	5,1	6,1	7,1	5,1	6,2	7,1	5,1	6,2	7,1
k ₂	5,2	6,2	7,3	5,2	6,4	7,3	5,2	6,4	7,3	5,2	6,5	7,4	5,4	6,3	7,5
k ₃	5,3	6,5	7,4	5,6	6,6	7,5	5,6	6,7	7,5	5,7	6,7	7,6	5,6	6,7	7,7
k ₄	5,7	6,8	7,7	5,8	6,8	7,7	5,9	6,9	7,9	5,9	6,9	7,9	5,9	6,8	8,0

Dağıtım Merkezleri	Dağıtım Merkezlerinden Müşterilere Yapılan Teslimatlara İlişkin Gerçekleşen Süreler														
	4. Dönem														
	bs			bs			bs			bs			bs		
	l ₁			l ₂			l ₃			l ₄			l ₅		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
k ₁	4,0	4,8	5,1	4,1	4,8	5,2	4,1	4,8	5,2	4,2	4,8	5,2	4,3	4,8	5,5
k ₂	4,3	4,9	5,4	4,3	4,9	5,5	4,3	4,9	5,5	4,4	4,9	5,6	4,5	4,9	5,5
k ₃	4,4	4,9	5,6	4,5	5,0	5,7	4,6	5,0	5,8	4,6	5,0	5,8	4,5	5,0	5,7
k ₄	4,7	5,0	5,8	4,7	5,1	5,9	4,7	5,1	5,9	4,7	5,1	6,0	4,8	5,3	5,9

2- Geri Dönüşüm Merkezlerinden Fabrikalara Yapılan Teslimatlara İlişkin Gerçekleşen (gs) ve Beklenen (bs) Süreler

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Fabrikalara Yapılan Teslimat											
	1. Dönem											
	gs			gs			gs			gs		
	j ₁			j ₂			j ₃			j ₄		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
	r ₁	4,0	4,8	5,4	4,1	4,8	5,4	4,2	4,8	5,4	4,2	4,9
r ₂	4,2	5,0	5,6	4,2	5,0	5,7	4,3	5,0	5,7	4,3	5,3	5,8
r ₃	4,4	5,3	5,8	4,5	5,3	5,8	4,7	5,3	6,0	4,8	5,4	6,0

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Fabrikalara Yapılan Teslimat											
	1. Dönem											
	bs			bs			bs			bs		
	j ₁			j ₂			j ₃			j ₄		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
	r ₁	3,0	3,6	4,3	3,1	3,7	4,4	3,1	3,7	4,4	3,2	3,7
r ₂	3,2	3,7	4,5	3,3	3,9	4,6	3,3	3,9	4,6	3,4	4,0	4,6
r ₃	3,4	4,0	4,7	3,4	4,1	4,8	3,5	4,2	4,9	3,6	4,3	5,0

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Fabrikalara Yapılan Teslimat											
	2. Dönem											
	gs			gs			gs			gs		
	j_1			j_2			j_3			j_4		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
	r_1	4,0	4,6	5,6	4,1	4,9	5,6	4,2	5,1	5,7	4,3	5,1
r_2	4,3	5,1	5,8	4,4	5,3	5,9	4,4	5,3	5,9	4,4	5,4	5,9
r_3	4,4	5,4	6,0	4,5	5,4	6,0	4,5	5,5	6,0	4,6	5,6	6,0

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Fabrikalara Yapılan Teslimat											
	2. Dönem											
	bs			bs			bs			bs		
	j ₁			j ₂			j ₃			j ₄		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
	r ₁	3,0	4,0	4,7	3,1	4,0	4,7	3,2	4,0	4,7	3,3	4,1
r ₂	3,3	4,2	4,8	3,4	4,2	4,8	3,5	4,2	4,8	3,5	4,2	4,8
r ₃	3,5	4,3	4,8	3,7	4,5	4,9	3,8	4,6	4,9	3,9	4,6	4,9

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Fabrikalara Yapılan Teslimat											
	3. Dönem											
	gs			gs			gs			gs		
	j_1			j_2			j_3			j_4		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
r_1	4,1	5,0	5,6	4,1	5,1	5,7	4,2	5,1	5,7	4,2	5,2	5,7
r_2	4,3	5,3	5,8	4,4	5,3	5,8	4,4	5,3	5,8	4,5	5,3	5,8
r_3	4,6	5,4	5,9	4,7	5,4	6,0	4,9	5,4	6,0	4,9	5,6	6,0

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Fabrikalara Yapılan Teslimat											
	3. Dönem											
	bs			bs			bs			bs		
	j_1			j_2			j_3			j_4		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
r_1	3,0	3,6	4,2	3,0	3,6	4,2	3,0	3,7	4,3	3,0	3,8	4,3
r_2	3,2	3,8	4,4	3,2	3,9	4,6	3,2	3,9	4,7	3,2	3,9	4,8
r_3	3,3	3,9	4,8	3,4	4,0	4,9	3,4	4,1	4,9	3,5	4,2	5,0

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Fabrikalara Yapılan Teslimat											
	4. Dönem											
	gs			gs			gs			gs		
	j_1			j_2			j_3			j_4		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
r_1	4,1	4,6	5,3	4,1	4,7	5,4	4,1	4,7	5,4	4,3	4,8	5,4
r_2	4,3	4,8	5,5	4,3	4,8	5,6	4,4	5,0	5,7	4,4	5,0	5,8
r_3	4,4	5,2	5,9	4,4	5,2	6,0	4,4	5,2	6,0	4,5	5,2	6,0

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Fabrikalara Yapılan Teslimat											
	4. Dönem											
	bs			bs			bs			bs		
	j_1			j_2			j_3			j_4		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
r_1	3,1	3,6	4,5	3,1	3,7	4,6	3,1	3,9	4,6	3,2	3,9	4,6
r_2	3,2	4,0	4,7	3,3	4,0	4,7	3,3	4,0	4,7	3,3	4,1	4,8
r_3	3,4	4,2	4,8	3,4	4,3	4,8	3,6	4,3	4,8	3,6	4,4	4,9

3- Geri Dönüşüm Merkezlerinden Dağıtım Merkezlerine Yapılan Teslimatlara İlişkin Gerçekleşen (gs) ve Beklenen (bs) Süreler

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Dağıtım Merkezlerine Yapılan Teslimat											
	1. Dönem											
	gs			gs			gs			gs		
	k ₁			k ₂			k ₃			k ₄		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
r ₁	4,0	4,5	5,1	4,0	4,5	5,3	4,2	4,6	5,4	4,2	4,6	5,4
r ₂	4,2	4,7	5,5	4,2	4,7	5,5	4,3	4,8	5,7	4,3	4,8	5,8
r ₃	4,3	4,9	5,8	4,3	4,9	5,9	4,4	5,0	6,0	4,4	5,1	6,0

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Dağıtım Merkezlerine Yapılan Teslimat											
	1. Dönem											
	bs			bs			bs			bs		
	k ₁			k ₂			k ₃			k ₄		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
r ₁	3,0	3,6	4,4	3,0	3,6	4,4	3,0	3,6	4,4	3,1	3,6	4,4
r ₂	3,2	3,6	4,4	3,3	3,8	4,5	3,3	3,9	4,6	3,3	4,1	4,6
r ₃	3,4	4,1	4,7	3,4	4,1	4,7	3,5	4,2	4,8	3,5	4,2	5,0

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Dağıtım Merkezlerine Yapılan Teslimat											
	2. Dönem											
	gs			gs			gs			gs		
	k ₁			k ₂			k ₃			k ₄		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
r ₁	4,0	4,6	5,4	4,1	4,7	5,5	4,1	4,8	5,6	4,1	4,8	5,6
r ₂	4,2	4,9	5,6	4,2	4,9	5,7	4,2	5,0	5,8	4,3	5,0	5,8
r ₃	4,4	5,2	5,9	4,4	5,2	5,9	4,4	5,3	5,9	4,6	5,4	5,9

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Dağıtım Merkezlerine Yapılan Teslimat											
	2. Dönem											
	bs			bs			bs			bs		
	k ₁			k ₂			k ₃			k ₄		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
r ₁	3,1	3,5	4,0	3,1	3,5	4,1	3,2	3,5	4,2	3,2	3,6	4,2
r ₂	3,3	3,7	4,3	3,4	3,7	4,3	3,4	3,7	4,6	3,4	3,8	4,6
r ₃	3,4	3,9	4,8	3,4	3,9	4,8	3,4	4,0	4,8	3,5	4,0	5,0

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Dağıtım Merkezlerine Yapılan Teslimat											
	3. Dönem											
	<i>gs</i>			<i>gs</i>			<i>gs</i>			<i>gs</i>		
	<i>k₁</i>			<i>k₂</i>			<i>k₃</i>			<i>k₄</i>		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
r_1	4,0	4,6	5,3	4,1	4,7	5,3	4,1	4,7	5,3	4,2	4,8	5,4
r_2	4,3	4,9	5,5	4,3	4,9	5,6	4,4	5,0	5,7	4,4	5,1	5,7
r_3	4,5	5,1	5,8	4,5	5,1	5,8	4,5	5,2	5,9	4,6	5,3	6,0

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Dağıtım Merkezlerine Yapılan Teslimat											
	3. Dönem											
	<i>bs</i>			<i>bs</i>			<i>bs</i>			<i>bs</i>		
	<i>k₁</i>			<i>k₂</i>			<i>k₃</i>			<i>k₄</i>		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
r_1	3,0	3,9	4,6	3,1	3,9	4,6	3,1	4,0	4,7	3,1	4,1	4,7
r_2	3,1	4,1	4,8	3,2	4,2	4,9	3,3	4,2	4,9	3,4	4,3	5,0
r_3	3,4	4,4	5,0	3,6	4,4	5,0	3,8	4,5	5,0	3,8	4,5	5,0

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Dağıtım Merkezlerine Yapılan Teslimat											
	4. Dönem											
	<i>gs</i>			<i>gs</i>			<i>gs</i>			<i>gs</i>		
	<i>k₁</i>			<i>k₂</i>			<i>k₃</i>			<i>k₄</i>		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
r_1	4,0	4,6	5,5	4,1	4,7	5,5	4,2	4,8	5,6	4,3	5,0	5,6
r_2	4,3	5,1	5,7	4,3	5,1	5,7	4,3	5,1	5,8	4,4	5,1	5,8
r_3	4,5	5,4	5,8	4,5	5,4	5,8	4,5	5,4	5,9	4,6	5,5	6,0

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Dağıtım Merkezlerine Yapılan Teslimat											
	4. Dönem											
	<i>bs</i>			<i>bs</i>			<i>bs</i>			<i>bs</i>		
	<i>k₁</i>			<i>k₂</i>			<i>k₃</i>			<i>k₄</i>		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
r_1	3,1	3,6	4,3	3,2	3,6	4,3	3,2	3,6	4,4	3,2	3,6	4,4
r_2	3,2	3,7	4,5	3,2	3,8	4,5	3,3	3,9	4,5	3,3	4,0	4,7
r_3	3,4	4,1	4,8	3,4	4,2	4,9	3,5	4,2	4,9	3,5	4,2	4,9

SATIŞ FİYATLARI

Müşteri Bölgelerinin Yeni Ürün Satış Fiyatları

Müşteri Bölgeleri	Müşteri Bölgeleri Yeni Ürün Satış Fiyatları											
	1.Dönem			2.Dönem			3.Dönem			4.Dönem		
	k	o	i	k	o	i	k	o	i	k	o	i
l_1	224	239	244	246	249	255	263	266	270	254	267	273
l_2	270	273	276	281	288	290	295	301	308	320	330	354
l_3	318	332	340	344	347	352	353	356	358	360	372	378
l_4	378	386	393	399	403	406	408	410	417	416	419	423
l_5	416	420	426	430	436	443	452	463	470	478	485	489

Müşteri Bölgelerinin Geri Kazanılmış Ürün Satış Fiyatları

Müşteri Bölgeleri	Müşteri Bölgeleri Geri Kazanılmış Ürün Satış Fiyatları											
	1.Dönem			2.Dönem			3.Dönem			4.Dönem		
	k	o	i	k	o	i	k	o	i	k	o	i
l_1	151	153	165	167	171	178	183	184	186	193	195	201
l_2	206	212	217	220	226	229	230	234	236	239	243	251
l_3	257	261	268	269	277	280	282	285	290	292	296	303
l_4	309	314	322	325	328	334	336	337	341	346	352	361
l_5	363	370	373	373	374	376	384	387	391	393	394	399

Toplama Merkezlerinin Hurda Ürün Satış Fiyatları

Toplama Merkezleri	Toplama Merkezlerinin Hurda Ürün Satış Fiyatları											
	1.Dönem			2.Dönem			3.Dönem			4.Dönem		
	k	o	i	k	o	i	k	o	i	k	o	i
m_1	14	15	16	16	17	19	23	23	25	26	28	29
m_2	15	16	19	20	23	25	25	26	28	29	30	33
m_3	15	20	23	25	28	30	30	32	35	37	38	40

Geri Dönüşüm Merkezlerinin Hurda Bileşen Satış Fiyatları

Geri Dönüşüm Merkezleri	GERİ DÖNÜŞÜM MERKEZLERİNİN HURDA BİLEŞEN SATIŞ FİYATLARI											
	1.Dönem			2.Dönem			3.Dönem			4.Dönem		
	k	o	i	k	o	i	k	o	i	k	o	i
r_1	3	5	6	6	7	9	10	12	13	15	16	18
r_2	6	7	9	10	11	12	12	14	15	17	18	20
r_3	10	11	13	13	15	16	16	17	18	20	21	23

TAŞIMA MALİYETLERİ

	1. Dönem			2. Dönem			3. Dönem			4. Dönem		
Tedarikçi	Bileşen Taşıma Maliyeti											
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
1	0,020451	0,027433	0,033499	0,021043	0,027815	0,034139	0,021201	0,028202	0,034686	0,022391	0,028299	0,034813
2	0,022802	0,028402	0,035147	0,023171	0,028846	0,036644	0,023378	0,029071	0,037148	0,024233	0,029448	0,037442
3	0,024338	0,029798	0,037471	0,024785	0,030041	0,037553	0,025752	0,030805	0,037888	0,025903	0,031164	0,038343
4	0,025963	0,031529	0,038769	0,026528	0,031663	0,038781	0,026658	0,032592	0,038932	0,027404	0,032721	0,039418
Fabrika	Ürün Taşıma Maliyeti											
1	0,030571	0,034523	0,043114	0,031366	0,034572	0,043765	0,03208	0,035232	0,044964	0,032312	0,035764	0,045546
2	0,03238	0,035798	0,045906	0,032626	0,036022	0,046459	0,032693	0,036406	0,046601	0,032765	0,037054	0,046617
3	0,032942	0,038611	0,046777	0,033071	0,040532	0,047461	0,033076	0,041162	0,047832	0,033282	0,041842	0,048006
4	0,033723	0,041962	0,048434	0,033758	0,042272	0,04872	0,033811	0,042314	0,048785	0,033857	0,042429	0,049495
Dağıtım Merkezi	Ürün Taşıma Maliyeti											
1	0,030315	0,042072	0,049349	0,030415	0,042815	0,049416	0,030865	0,043017	0,049597	0,031189	0,043067	0,049803
2	0,032321	0,043449	0,051093	0,032688	0,044175	0,051202	0,033975	0,045484	0,051463	0,034057	0,046233	0,051751
3	0,034516	0,046324	0,054636	0,034964	0,046418	0,05608	0,035903	0,046732	0,056145	0,036209	0,047667	0,056162
4	0,037479	0,047699	0,056935	0,037968	0,047891	0,057807	0,039998	0,048693	0,05812	0,041082	0,048844	0,059998
Müşteri Bölgesi	Ürün Taşıma Maliyeti											
1	0,040368	0,045469	0,052085	0,040713	0,045478	0,052593	0,040781	0,045904	0,052637	0,040971	0,046035	0,05297
2	0,041851	0,046176	0,053163	0,041965	0,046528	0,053357	0,04198	0,046613	0,05361	0,042162	0,046666	0,05384
3	0,042335	0,047077	0,054218	0,04243	0,048729	0,054545	0,042523	0,048822	0,055052	0,04278	0,048987	0,055317
4	0,042805	0,049397	0,055718	0,043338	0,049567	0,05645	0,04363	0,049851	0,056487	0,043726	0,050393	0,057446
5	0,043768	0,05062	0,058291	0,044008	0,050697	0,058991	0,04491	0,051092	0,059338	0,045373	0,051601	0,059669
Toplama Merkezi	Ürün Taşıma Maliyeti											
1	0,040592	0,047379	0,054464	0,041077	0,047831	0,055052	0,041624	0,048332	0,05518	0,04173	0,048476	0,055273
2	0,042713	0,049839	0,05533	0,043078	0,050904	0,056394	0,043111	0,050922	0,057227	0,043812	0,052352	0,057257
3	0,044293	0,052422	0,058363	0,044586	0,052524	0,058971	0,046012	0,053785	0,05903	0,046962	0,054337	0,059232
G. D. Merkezi	Bileşen Taşıma Maliyeti											
1	0,030014	0,034235	0,04374	0,030572	0,035022	0,043843	0,03161	0,037684	0,04421	0,031727	0,037756	0,04444
2	0,032164	0,038361	0,044844	0,032241	0,038745	0,045351	0,032453	0,041034	0,045897	0,033123	0,041464	0,048222
3	0,03319	0,041716	0,048488	0,033949	0,041749	0,048961	0,03407	0,042025	0,049619	0,034071	0,043064	0,049739
G. D. Merkezi	Ürün Taşıma Maliyeti											
1	0,020169	0,033715	0,041352	0,02341	0,034261	0,041789	0,023743	0,034789	0,043148	0,024067	0,035119	0,045078
2	0,025163	0,036196	0,046465	0,025987	0,036451	0,046894	0,028478	0,037697	0,047074	0,031157	0,038124	0,047138
3	0,032534	0,039059	0,047309	0,032936	0,039116	0,04773	0,033216	0,040497	0,048681	0,033375	0,041316	0,049973

SABİT MALİYETLER

	1. Dönem			2. Dönem			3. Dönem			4. Dönem		
Fabrika												
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
1	37759	40803	43804	37817	41058	43917	38428	41096	44058	38531	41180	45304
2	38691	41182	45398	38769	41212	45441	38942	41265	45600	39006	41529	45693
3	39062	42423	46169	39209	42531	46285	39302	42650	46753	39376	42904	46783
4	39577	43145	47326	39791	43223	47327	40179	43385	47445	40716	43703	47499
Dağıtım Merkezi	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
1	17634	19633	21087	17813	19820	21158	17849	19834	21177	17908	19871	21190
2	18070	19921	21323	18116	19959	21359	18123	20032	21489	18218	20041	21638
3	18540	20410	21723	18809	20453	21736	18951	20559	21925	19005	20636	22076
4	19080	20753	22095	19343	20792	22157	19387	20890	22158	19557	21076	22439
Toplama Merkezi	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
1	11303	12078	13771	11470	12124	13780	11540	12156	13890	11548	12189	13981
2	11601	12324	14023	11631	12558	14099	11840	12901	14129	11862	13280	14216
3	11865	13353	14221	11988	13467	14420	12047	13641	14843	12071	13762	14874
G. D. Merkezi	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
1	25386	28199	31151	25424	28767	31167	25452	28903	31299	25539	29000	31348
2	25711	29204	31486	25834	29433	31727	25899	30298	31885	26186	30571	31988
3	26404	30655	32007	27535	30823	32185	27689	30825	32202	28038	31026	32465

EK-2 $\alpha = 0.5$ İÇİN PARAMETRELERİN DEĞERLERİ

SATIN ALMA MALİYETLERİ

Tedarikçilerin Bileşen Satış Fiyatları

$\alpha = 0,5$	1. Dönem					
Tedarikçi	1.Bileşen Satış Fiyatları			2. Bileşen Satış Fiyatları		
	i	o	k	i	o	k
1	46,7	43,1	36,7	54,4	50,0	45,5
2	48,2	44,0	39,1	58,4	53,6	47,6
3	49,4	46,0	41,1	60,6	55,9	50,3
4	53,0	49,2	44,7	62,8	57,6	51,7
	2. Dönem					
Tedarikçi	1.Bileşen Satış Fiyatları			2. Bileşen Satış Fiyatları		
	i	o	k	i	o	k
1	47,1	43,2	37,3	54,7	50,0	45,6
2	48,5	44,5	39,8	58,7	53,9	47,8
3	50,7	47,1	42,6	61,5	57,3	51,2
4	53,3	49,7	45,5	63,0	57,9	51,8
	3. Dönem					
Tedarikçi	1.Bileşen Satış Fiyatları			2. Bileşen Satış Fiyatları		
	i	o	k	i	o	k
1	47,4	43,7	37,8	56,4	51,4	46,5
2	48,6	44,6	40,2	59,7	54,3	48,8
3	52,5	48,4	43,9	62,1	57,5	51,5
4	53,8	49,8	45,6	63,9	58,6	52,4
	4. Dönem					
Tedarikçi	1.Bileşen Satış Fiyatları			2. Bileşen Satış Fiyatları		
	i	o	k	i	o	k
1	48,1	43,9	38,9	58,1	53,2	47,4
2	48,8	44,7	40,2	59,9	54,7	49,6
3	52,7	48,7	44,3	62,3	57,5	51,6
4	54,9	49,9	46,0	64,2	58,8	54,3

Toplama Merkezlerinin Ürün İçin Ödedikleri Depozito Bedelleri

$\alpha = 0,5$	1. Dönem			2. Dönem			3. Dönem			4. Dönem		
Toplama merkezi	Ürün İçin Ödenen Depozito			Ürün İçin Ödenen Depozito			Ürün İçin Ödenen Depozito			Ürün İçin Ödenen Depozito		
	k	o	i	k	o	i	k	o	i	k	o	i
1	35,5	32,1	29,1	36,5	33,6	30,3	37,1	34,8	30,9	37,7	35,0	31,1
2	38,1	35,2	31,5	38,5	35,7	31,9	38,8	36,3	32,4	39,1	36,3	32,9
3	40,0	37,9	34,1	40,1	38,0	34,2	40,6	38,2	34,5	41,8	38,7	35,1

İŞLETME MALİYETLERİ

$\alpha = 0,5$	1. Periyot			2. Periyot			3. Periyot			4. Periyot		
Fabrika	Ürün Üretme Maliyeti			Ürün Üretme Maliyeti			Ürün Üretme Maliyeti			Ürün Üretme Maliyeti		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
1	7,3	8,6	9,3	7,6	8,6	9,3	7,6	8,7	9,4	7,7	8,9	9,6
2	7,9	9,3	9,9	8,3	9,4	10,1	8,3	9,4	10,1	8,4	9,5	10,2
3	8,5	9,5	10,3	8,6	9,6	10,4	8,6	9,6	10,5	8,7	9,6	10,5
4	8,8	9,6	10,5	9,0	9,7	10,6	9,1	9,7	10,7	9,2	9,8	10,8
Dağıtım Merkezi	Dağıtım Maliyeti			Dağıtım Maliyeti			Dağıtım Maliyeti			Dağıtım Maliyeti		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
1	2,6	3,2	3,7	2,7	3,2	3,7	2,8	3,4	3,8	2,8	3,4	3,9
2	2,9	3,4	3,9	3,0	3,5	3,9	3,1	3,5	3,9	3,2	3,7	4,1
3	3,3	3,7	4,2	3,3	3,8	4,3	3,3	3,8	4,3	3,5	4,0	4,4
4	3,5	4,0	4,4	3,6	4,0	4,4	3,6	4,1	4,5	3,6	4,2	4,5
Toplama Merkezi	İnceleme ve Sınıflama Maliyeti			İnceleme ve Sınıflama Maliyeti			İnceleme ve Sınıflama Maliyeti			İnceleme ve Sınıflama Maliyeti		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
1	2,4	2,7	3,0	2,4	2,7	3,0	2,4	2,8	3,1	2,5	2,8	3,1
2	2,5	2,8	3,2	2,5	2,8	3,2	2,5	2,8	3,2	2,5	2,8	3,3
3	2,6	2,9	3,3	2,7	3,0	3,4	2,8	3,1	3,5	3,0	3,3	3,6
G.Dönüşüm Merkezi	Ürün Yenileme Maliyeti			Ürün Yenileme Maliyeti			Ürün Yenileme Maliyeti			Ürün Yenileme Maliyeti		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
1	6,7	7,4	8,1	6,8	7,5	8,1	6,9	7,5	8,1	7,0	7,6	8,3
2	7,2	7,9	8,5	7,3	8,1	8,6	7,3	8,1	8,7	7,3	8,1	8,7
3	7,6	8,2	8,8	7,8	8,4	9,0	7,8	8,5	9,2	7,9	8,6	9,3
G.Dönüşüm Merkezi	Bileşen Yenileme Maliyeti			Bileşen Yenileme Maliyeti			Bileşen Yenileme Maliyeti			Bileşen Yenileme Maliyeti		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
1	4,3	4,6	5,3	4,3	4,6	5,4	4,4	4,7	5,4	4,5	4,9	5,5
2	4,6	5,0	5,7	4,6	5,1	5,7	4,7	5,2	5,8	4,8	5,4	6,0
3	4,9	5,4	6,0	4,9	5,4	6,0	5,1	5,7	6,2	5,2	5,8	6,2
G.Dönüşüm Merkezi	Demontaj Maliyeti			Demontaj Maliyeti			Demontaj Maliyeti			Demontaj Maliyeti		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
1	1,4	1,7	2,0	1,4	1,7	2,0	1,4	1,8	2,1	1,5	1,8	2,1
2	1,5	1,8	2,2	1,5	1,8	2,2	1,5	1,8	2,2	1,5	1,8	2,3
3	1,6	1,9	2,3	1,7	2,0	2,4	1,8	2,1	2,5	2,0	2,3	2,6

KAPASİTELER

$\alpha = 0,5$	1. Dönem			2. Dönem			3. Dönem			4. Dönem		
Tedarikçi	1.Bileşen			1.Bileşen			1.Bileşen			1.Bileşen		
	k	o	i	k	o	i	k	o	i	k	o	i
1	909	918	924	945	948	954	987	1002	1014	1074	1080	1089
2	714	720	729	765	768	780	804	810	822	855	876	879
3	417	432	441	474	486	492	513	522	528	549	552	564
4	819	828	831	843	846	855	873	876	891	939	960	972
Tedarikçi	2.Bileşen			2.Bileşen			2.Bileşen			2.Bileşen		
	k	o	i	k	o	i	k	o	i	k	o	i
1	909	918	924	945	948	954	987	1002	1014	1074	1080	1089
2	714	720	729	765	768	780	804	810	822	849	858	873
3	417	432	441	474	486	492	513	522	528	549	552	564
4	819	828	831	843	846	855	873	876	891	939	960	972
Fabrika	Ürün			Ürün			Ürün			Ürün		
	k	o	i	k	o	i	k	o	i	k	o	i
1	693	690	684	660	660	648	600	588	573	531	510	507
2	1821	1830	1863	1722	1740	1764	1602	1614	1644	1542	1560	1572
3	1968	1974	1983	1836	1848	1875	1755	1776	1788	1716	1728	1737
4	822	834	867	753	768	777	678	696	708	624	636	654
Dağıtım Merkezi	Ürün			Ürün			Ürün			Ürün		
	k	o	i	k	o	i	k	o	i	k	o	i
1	720	732	738	765	786	789	807	816	825	855	870	882
2	822	834	843	870	882	894	924	948	954	960	972	984
3	1017	1032	1053	1122	1140	1152	1185	1194	1203	1263	1278	1287
4	513	522	540	552	564	579	600	606	615	657	666	681
Toplama Merkezi	Ürün			Ürün			Ürün			Ürün		
	k	o	i	k	o	i	k	o	i	k	o	i
1	390	408	417	468	480	486	507	528	534	555	564	573
2	741	756	774	810	816	825	849	858	861	936	960	972
3	555	564	573	633	654	672	696	702	717	774	792	801
G. D. Merkezi	Ürün			Ürün			Ürün			Ürün		
	k	o	i	k	o	i	k	o	i	k	o	i
1	270	276	282	315	330	333	354	366	372	408	414	447
2	471	486	489	510	516	528	555	570	579	672	678	687
3	444	450	465	477	480	501	534	540	543	573	576	585

TALEPLER

$\alpha = 0,5$	1. Periyot			2. Periyot			3. Periyot			4. Periyot		
Müşteri Bölgesi	k	o	i	k	o	i	k	o	i	k	o	i
1	171	174	183	186	192	195	204	210	216	207	216	222
2	324	336	339	345	354	360	354	360	369	369	378	387
3	513	528	531	528	540	543	543	558	561	567	576	579
4	570	576	594	609	618	621	612	624	630	636	642	645
5	660	666	675	675	684	690	708	714	717	726	732	738

TESLİMAT SÜRELERİ

- 1- Dağıtım Merkezlerinden Müşterilere Yapılan Teslimatlara İlişkin Gerçekleşen (gs) ve Beklenen (bs) Süreler

Dağıtım Merkezleri	Dağıtım Merkezlerinden Müşterilere Yapılan Teslimatlara İlişkin Gerçekleşen Süreler														
	1. Dönem														
	gs			gs			gs			gs			gs		
	l ₁			l ₂			l ₃			l ₄			l ₅		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
k ₁	5,5	6,0	6,4	5,6	6,0	6,5	5,6	6,1	6,6	5,6	6,1	6,6	5,7	6,3	6,7
k ₂	5,7	6,1	6,6	5,8	6,2	6,8	5,9	6,3	6,8	5,9	6,3	6,9	5,9	6,4	6,9
k ₃	6,1	6,6	7,1	6,1	6,6	7,1	6,1	6,6	7,2	6,2	6,7	7,2	6,1	6,6	7,1
k ₄	6,2	6,7	7,2	6,3	6,8	7,3	6,4	6,8	7,3	6,4	6,9	7,4	6,4	6,9	7,4

Dağıtım Merkezleri	Dağıtım Merkezlerinden Müşterilere Yapılan Teslimatlara İlişkin Gerçekleşen Süreler														
	1. Dönem														
	bs			bs			bs			bs			bs		
	l ₁			l ₂			l ₃			l ₄			l ₅		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
k ₁	4,4	4,7	5,0	4,4	4,7	5,1	4,4	4,7	5,1	4,5	4,8	5,1	4,4	4,7	5,1
k ₂	4,5	4,9	5,2	4,6	4,9	5,2	4,7	4,9	5,2	4,7	4,9	5,2	4,6	4,8	5,2
k ₃	4,8	5,0	5,3	4,8	5,0	5,3	4,8	5,0	5,3	4,8	5,0	5,4	4,8	5,1	5,4
k ₄	4,9	5,2	5,5	4,9	5,2	5,5	5,0	5,3	5,6	5,0	5,3	5,7	5,0	5,4	5,6

Dağıtım Merkezleri	Dağıtım Merkezlerinden Müşterilere Yapılan Teslimatlara İlişkin Gerçekleşen Süreler														
	2. Dönem														
	gs			gs			gs			gs			gs		
	l ₁			l ₂			l ₃			l ₄			l ₅		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
k ₁	5,6	6,1	6,6	5,7	6,2	6,7	5,7	6,2	6,8	5,8	6,3	6,8	5,8	6,2	6,7
k ₂	5,9	6,3	6,9	6,0	6,5	7,1	6,1	6,6	7,1	6,1	6,6	7,1	5,9	6,4	6,8
k ₃	6,2	6,8	7,2	6,3	6,8	7,2	6,3	6,8	7,2	6,4	6,9	7,3	6,1	6,6	7,1
k ₄	6,4	7,0	7,4	6,5	7,0	7,4	6,5	7,0	7,5	6,6	7,1	7,5	6,2	6,7	7,3

Dağıtım Merkezleri	Dağıtım Merkezlerinden Müşterilere Yapılan Teslimatlara İlişkin Gerçekleşen Süreler														
	2. Dönem														
	bs			bs			bs			bs			bs		
	l ₁			l ₂			l ₃			l ₄			l ₅		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
k ₁	4,6	5,1	5,4	4,6	5,1	5,4	4,7	5,1	5,4	4,7	5,2	5,5	4,4	4,7	5,1
k ₂	4,9	5,2	5,5	5,0	5,3	5,6	5,0	5,3	5,6	5,1	5,4	5,6	4,7	5,0	5,2
k ₃	5,2	5,5	5,7	5,2	5,5	5,7	5,2	5,5	5,7	5,3	5,6	5,7	4,9	5,1	5,5
k ₄	5,3	5,6	5,8	5,3	5,6	5,8	5,3	5,7	5,8	5,4	5,7	5,8	5,1	5,4	5,7

Dağıtım Merkezleri	Dağıtım Merkezlerinden Müşterilere Yapılan Teslimatlara İlişkin Gerçekleşen Süreler														
	3. Dönem														
	gs			gs			gs			gs			gs		
	l ₁			l ₂			l ₃			l ₄			l ₅		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
k ₁	5,6	6,2	6,6	5,7	6,3	6,7	5,7	6,4	6,8	5,8	6,4	6,8	5,6	6,0	6,5
k ₂	5,9	6,5	6,8	5,9	6,5	6,9	6,1	6,6	6,9	6,1	6,6	7,0	5,9	6,4	6,9
k ₃	6,2	6,6	7,0	6,3	6,8	7,1	6,4	6,8	7,2	6,4	6,8	7,2	6,1	6,6	7,2
k ₄	6,5	6,9	7,3	6,5	6,9	7,4	6,6	7,0	7,4	6,6	7,0	7,5	6,4	6,8	7,4

Dağıtım Merkezleri	Dağıtım Merkezlerinden Müşterilere Yapılan Teslimatlara İlişkin Gerçekleşen Süreler														
	3. Dönem														
	bs			bs			bs			bs			bs		
	l ₁			l ₂			l ₃			l ₄			l ₅		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
k ₁	4,2	4,5	4,9	4,3	4,5	4,9	4,3	4,6	5,1	4,4	4,8	5,1	4,4	4,7	5,1
k ₂	4,4	4,8	5,1	4,5	4,9	5,2	4,6	5,0	5,3	4,6	5,0	5,3	4,6	4,9	5,2
k ₃	4,6	5,0	5,3	4,7	5,1	5,4	4,7	5,2	5,5	4,8	5,2	5,5	4,8	5,1	5,5
k ₄	4,8	5,2	5,5	4,8	5,2	5,6	4,9	5,3	5,6	4,9	5,3	5,6	5,1	5,4	5,7

Dağıtım Merkezleri	Dağıtım Merkezlerinden Müşterilere Yapılan Teslimatlara İlişkin Gerçekleşen Süreler														
	4. Dönem														
	gs			gs			gs			gs			gs		
	l ₁			l ₂			l ₃			l ₄			l ₅		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
k ₁	5,5	5,9	6,4	5,6	6,1	6,5	5,6	6,1	6,6	5,7	6,2	6,7	5,6	6,2	6,6
k ₂	5,7	6,2	6,7	5,8	6,4	6,8	5,8	6,4	6,9	5,9	6,5	6,9	5,9	6,3	6,9
k ₃	5,9	6,5	7,0	6,1	6,6	7,0	6,1	6,7	7,1	6,2	6,7	7,1	6,1	6,7	7,2
k ₄	6,2	6,8	7,2	6,3	6,8	7,3	6,4	6,9	7,4	6,4	6,9	7,4	6,3	6,8	7,4

Dağıtım Merkezleri	Dağıtım Merkezlerinden Müşterilere Yapılan Teslimatlara İlişkin Gerçekleşen Süreler														
	4. Dönem														
	bs			bs			bs			bs			bs		
	l ₁			l ₂			l ₃			l ₄			l ₅		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
k ₁	4,4	4,8	5,0	4,5	4,8	5,0	4,5	4,8	5,0	4,5	4,8	5,0	4,5	4,8	5,1
k ₂	4,6	4,9	5,1	4,6	4,9	5,2	4,6	4,9	5,2	4,6	4,9	5,2	4,7	4,9	5,2
k ₃	4,7	4,9	5,3	4,7	5,0	5,3	4,8	5,0	5,4	4,8	5,0	5,4	4,8	5,0	5,3
k ₄	4,9	5,0	5,4	4,9	5,1	5,5	4,9	5,1	5,5	4,9	5,1	5,6	5,1	5,3	5,6

2- Geri Dönüşüm Merkezlerinden Fabrikalara Yapılan Teslimatlara İlişkin Gerçekleşen (gs) ve Beklenen (bs) Süreler

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Fabrikalara Yapılan Teslimat											
	1. Dönem											
	gs			gs			gs			gs		
	j_1			j_2			j_3			j_4		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
r_1	4,4	4,8	5,1	4,4	4,8	5,1	4,5	4,8	5,1	4,5	4,9	5,2
r_2	4,6	5,0	5,3	4,6	5,0	5,3	4,6	5,0	5,3	4,8	5,3	5,5
r_3	4,8	5,3	5,5	4,9	5,3	5,6	5,0	5,3	5,6	5,1	5,4	5,7

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Fabrikalara Yapılan Teslimat											
	1. Dönem											
	bs			bs			bs			bs		
	j_1			j_2			j_3			j_4		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
r_1	3,3	3,6	4,0	3,4	3,7	4,0	3,4	3,7	4,1	3,5	3,7	4,1
r_2	3,5	3,7	4,1	3,6	3,9	4,2	3,6	3,9	4,2	3,7	4,0	4,3
r_3	3,7	4,0	4,4	3,8	4,1	4,4	3,9	4,2	4,6	3,9	4,3	4,6

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Fabrikalara Yapılan Teslimat											
	2. Dönem											
	gs			gs			gs			gs		
	j_1			j_2			j_3			j_4		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
r_1	4,3	4,6	5,1	4,5	4,9	5,2	4,6	5,1	5,4	4,7	5,1	5,4
r_2	4,7	5,1	5,5	4,8	5,3	5,6	4,9	5,3	5,6	4,9	5,4	5,7
r_3	4,9	5,4	5,7	4,9	5,4	5,7	5,0	5,5	5,7	5,1	5,6	5,8

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Fabrikalara Yapılan Teslimat											
	2. Dönem											
	bs			bs			bs			bs		
	j_1			j_2			j_3			j_4		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
r_1	3,5	4,0	4,3	3,6	4,0	4,3	3,6	4,0	4,4	3,7	4,1	4,4
r_2	3,7	4,2	4,5	3,8	4,2	4,5	3,8	4,2	4,5	3,9	4,2	4,5
r_3	3,9	4,3	4,6	4,1	4,5	4,7	4,2	4,6	4,7	4,2	4,6	4,8

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Fabrikalara Yapılan Teslimat											
	3. Dönem											
	gs			gs			gs			gs		
	j_1			j_2			j_3			j_4		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
r_1	4,6	5,0	5,3	4,6	5,1	5,4	4,7	5,1	5,4	4,7	5,2	5,5
r_2	4,8	5,3	5,5	4,8	5,3	5,5	4,9	5,3	5,6	4,9	5,3	5,6
r_3	5,0	5,4	5,6	5,0	5,4	5,7	5,1	5,4	5,7	5,3	5,6	5,8

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Fabrikalara Yapılan Teslimat											
	3. Dönem											
	bs			bs			bs			bs		
	j_1			j_2			j_3			j_4		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
r_1	3,3	3,6	3,9	3,3	3,6	3,9	3,4	3,7	4,0	3,4	3,8	4,0
r_2	3,5	3,8	4,1	3,5	3,9	4,2	3,5	3,9	4,3	3,6	3,9	4,3
r_3	3,6	3,9	4,4	3,7	4,0	4,5	3,8	4,1	4,5	3,8	4,2	4,6

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Fabrikalara Yapılan Teslimat											
	4. Dönem											
	gs			gs			gs			gs		
	j_1			j_2			j_3			j_4		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
r_1	4,3	4,6	4,9	4,4	4,7	5,0	4,4	4,7	5,0	4,5	4,8	5,1
r_2	4,5	4,8	5,1	4,6	4,8	5,2	4,7	4,7	5,3	4,7	5,0	5,4
r_3	4,8	5,2	5,6	4,8	5,2	5,6	4,8	4,7	5,6	4,8	5,2	5,6

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Fabrikalara Yapılan Teslimat											
	4. Dönem											
	bs			bs			bs			bs		
	j_1			j_2			j_3			j_4		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
r_1	3,3	3,6	4,1	3,4	3,7	4,2	3,5	3,9	4,3	3,6	3,9	4,3
r_2	3,6	4,0	4,3	3,7	4,0	4,3	3,7	4,0	4,4	3,7	4,1	4,4
r_3	3,8	4,2	4,5	3,8	4,3	4,5	3,9	4,3	4,6	4,0	4,4	4,7

3- Geri Dönüşüm Merkezlerinden Dağıtım Merkezlerine Yapılan Teslimatlara İlişkin Gerçekleşen (gs) ve Beklenen (bs) Süreler

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Dağıtım Merkezlerine Yapılan Teslimat											
	1. Dönem											
	gs			gs			gs			gs		
	k ₁			k ₂			k ₃			k ₄		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
r ₁	4,3	4,5	4,8	4,3	4,5	4,9	4,4	4,6	5,0	4,4	4,6	5,0
r ₂	4,4	4,7	5,1	4,5	4,7	5,1	4,5	4,8	5,3	4,6	4,8	5,3
r ₃	4,6	4,9	5,4	4,6	4,9	5,4	4,7	5,0	5,5	4,8	5,1	5,5

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Dağıtım Merkezlerine Yapılan Teslimat											
	1. Dönem											
	bs			bs			bs			bs		
	k ₁			k ₂			k ₃			k ₄		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
r ₁	3,3	3,6	4,0	3,3	3,6	4,0	3,3	3,6	4,0	3,4	3,6	4,0
r ₂	3,4	3,6	4,0	3,5	3,8	4,2	3,6	3,9	4,2	3,7	4,1	4,3
r ₃	3,7	4,1	4,4	3,8	4,1	4,4	3,8	4,2	4,5	3,9	4,2	4,6

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Dağıtım Merkezlerine Yapılan Teslimat											
	2. Dönem											
	gs			gs			gs			gs		
	k ₁			k ₂			k ₃			k ₄		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
r ₁	4,3	4,6	5,0	4,4	4,7	5,1	4,4	4,8	5,2	4,5	4,8	5,2
r ₂	4,6	4,9	5,3	4,6	4,9	5,3	4,6	5,0	5,4	4,7	5,0	5,4
r ₃	4,8	5,2	5,5	4,8	5,2	5,6	4,9	5,3	5,6	5,0	5,4	5,6

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Dağıtım Merkezlerine Yapılan Teslimat											
	2. Dönem											
	bs			bs			bs			bs		
	k ₁			k ₂			k ₃			k ₄		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
r ₁	3,3	3,5	3,8	3,3	3,5	3,8	3,4	3,5	3,9	3,4	3,6	3,9
r ₂	3,5	3,7	4,0	3,5	3,7	4,0	3,6	3,7	4,1	3,6	3,8	4,2
r ₃	3,6	3,9	4,3	3,7	3,9	4,4	3,7	4,0	4,4	3,8	4,0	4,5

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Dağıtım Merkezlerine Yapılan Teslimat											
	3. Dönem											
	<i>gs</i>			<i>gs</i>			<i>gs</i>			<i>gs</i>		
	<i>k₁</i>			<i>k₂</i>			<i>k₃</i>			<i>k₄</i>		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
r_1	4,3	4,6	4,9	4,4	4,7	5,0	4,4	4,7	5,0	4,5	4,8	5,1
r_2	4,6	4,9	5,2	4,6	4,9	5,2	4,7	5,0	5,4	4,7	5,1	5,4
r_3	4,8	5,1	5,4	4,8	5,1	5,5	4,8	5,2	5,5	4,9	5,3	5,6

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Dağıtım Merkezlerine Yapılan Teslimat											
	3. Dönem											
	<i>bs</i>			<i>bs</i>			<i>bs</i>			<i>bs</i>		
	<i>k₁</i>			<i>k₂</i>			<i>k₃</i>			<i>k₄</i>		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
r_1	3,5	3,9	4,2	3,5	3,9	4,3	3,6	4,0	4,3	3,6	4,1	4,4
r_2	3,6	4,1	4,5	3,7	4,2	4,5	3,8	4,2	4,6	3,8	4,3	4,6
r_3	3,9	4,4	4,7	4,0	4,4	4,7	4,1	4,5	4,7	4,1	4,5	4,7

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Dağıtım Merkezlerine Yapılan Teslimat											
	4. Dönem											
	<i>gs</i>			<i>gs</i>			<i>gs</i>			<i>gs</i>		
	<i>k₁</i>			<i>k₂</i>			<i>k₃</i>			<i>k₄</i>		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
r_1	4,3	4,6	5,1	4,4	4,7	5,1	4,5	4,8	5,2	4,6	5,0	5,3
r_2	4,7	5,1	5,4	4,7	5,1	5,4	4,7	5,1	5,4	4,8	5,1	5,5
r_3	4,9	5,4	5,6	4,9	5,4	5,6	5,0	5,4	5,7	5,1	5,5	5,7

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Dağıtım Merkezlerine Yapılan Teslimat											
	4. Dönem											
	<i>bs</i>			<i>bs</i>			<i>bs</i>			<i>bs</i>		
	<i>k₁</i>			<i>k₂</i>			<i>k₃</i>			<i>k₄</i>		
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
r_1	3,4	3,6	3,9	3,4	3,6	3,9	3,4	3,6	4,0	3,4	3,6	4,0
r_2	3,4	3,7	4,1	3,5	3,8	4,1	3,6	3,9	4,2	3,7	4,0	4,4
r_3	3,8	4,1	4,5	3,8	4,2	4,5	3,8	4,2	4,5	3,9	4,2	4,6

SATIŞ FİYATLARI

Müşteri Bölgelerinin Yeni Ürün Satış Fiyatları

Müşteri Bölgeleri	Müşteri Bölgeleri Yeni Ürün Satış Fiyatları											
	1.Dönem			2.Dönem			3.Dönem			4.Dönem		
	k	o	i	k	o	i	k	o	i	k	o	i
l_1	231,5	239	241,5	247,5	249	252	264,5	266	268	260,5	267	270
l_2	271,5	273	274,5	284,5	288	289	298	301	304,5	325	330	342
l_3	325	332	336	345,5	347	349,5	354,5	356	357	366	372	375
l_4	382	386	389,5	401	403	404,5	409	410	413,5	417,5	419	421
l_5	418	420	423	433	436	439,5	457,5	463	466,5	481,5	485	487

Müşteri Bölgelerinin Geri Kazanılmış Ürün Satış Fiyatları

Müşteri Bölgeleri	Müşteri Bölgeleri Geri Kazanılmış Ürün Satış Fiyatları											
	1.Dönem			2.Dönem			3.Dönem			4.Dönem		
	k	o	i	k	o	i	k	o	i	k	o	i
l_1	152	153	159	169	171	174,5	183,5	184	185	194	195	198
l_2	209	212	214,5	223	226	227,5	232	234	235	241	243	247
l_3	259	261	264,5	273	277	278,5	283,5	285	287,5	294	296	299,5
l_4	311,5	314	318	326,5	328	331	336,5	337	339	349	352	356,5
l_5	366,5	370	371,5	373,5	374	375	385,5	387	389	393,5	394	396,5

Toplama Merkezlerinin Hurda Ürün Satış Fiyatları

Toplama Merkezleri	Toplama Merkezlerinin Hurda Ürün Satış Fiyatları											
	1.Dönem			2.Dönem			3.Dönem			4.Dönem		
	k	o	i	k	o	i	k	o	i	k	o	i
m_1	14,5	15	15,5	16,5	17	18	23	23	24	27	28	28,5
m_2	15,5	16	17,5	21,5	23	24	25,5	26	27	29,5	30	31,5
m_3	17,5	20	21,5	26,5	28	29	31	32	33,5	37,5	38	39

Geri Dönüşüm Merkezlerinin Hurda Bileşen Satış Fiyatları

Geri Dönüşüm Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinin Hurda Bileşen Satış Fiyatları											
	1.Dönem			2.Dönem			3.Dönem			4.Dönem		
	k	o	i	k	o	i	k	o	i	k	o	i
r_1	4	5	5,5	6,5	7	8	11	12	12,5	15,5	16	17
r_2	6,5	7	8	10,5	11	11,5	13	14	14,5	17,5	18	19
r_3	10,5	11	12	14	15	15,5	16,5	17	17,5	20,5	21	22

TAŞIMA MALİYETLERİ

$\alpha = 0,5$	1. Dönem			2. Dönem			3. Dönem			4. Dönem		
Tedarikçi	Bileşen Taşıma maliyeti											
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
1	0,023942	0,027433	0,030466	0,024429	0,027815	0,030977	0,024701	0,028202	0,031444	0,025345	0,028299	0,031556
2	0,025602	0,028402	0,031774	0,026008	0,028846	0,032745	0,026225	0,029071	0,033109	0,026841	0,029448	0,033445
3	0,027068	0,029798	0,033634	0,027413	0,030041	0,033797	0,028278	0,030805	0,034346	0,028533	0,031164	0,034753
4	0,028746	0,031529	0,035149	0,029095	0,031663	0,035222	0,029625	0,032592	0,035762	0,030063	0,032721	0,036069
Fabrika	Ürün Taşıma maliyeti											
1	0,032547	0,034523	0,038818	0,032969	0,034572	0,039168	0,033656	0,035232	0,040098	0,034038	0,035764	0,040655
2	0,034089	0,035798	0,040852	0,034324	0,036022	0,041241	0,034549	0,036406	0,041503	0,034909	0,037054	0,041836
3	0,035776	0,038611	0,042694	0,036802	0,040532	0,043997	0,037119	0,041162	0,044497	0,037562	0,041842	0,044924
4	0,037843	0,041962	0,045198	0,038015	0,042272	0,045496	0,038062	0,042314	0,045549	0,038143	0,042429	0,045962
Dağıtım Merkezi	Ürün Taşıma maliyeti											
1	0,036193	0,042072	0,04571	0,036615	0,042815	0,046116	0,036941	0,043017	0,046307	0,037128	0,043067	0,046435
2	0,037885	0,043449	0,047271	0,038432	0,044175	0,047689	0,039729	0,045484	0,048473	0,040145	0,046233	0,048992
3	0,04042	0,046324	0,05048	0,040691	0,046418	0,051249	0,041318	0,046732	0,051438	0,041938	0,047667	0,051915
4	0,042589	0,047699	0,052317	0,04293	0,047891	0,052849	0,044346	0,048693	0,053406	0,044963	0,048844	0,054421
Müşteri bölgesi	Ürün Taşıma maliyeti											
1	0,042919	0,045469	0,048777	0,043096	0,045478	0,049035	0,043342	0,045904	0,04927	0,043503	0,046035	0,049502
2	0,044014	0,046176	0,049669	0,044246	0,046528	0,049943	0,044296	0,046613	0,050112	0,044414	0,046666	0,050253
3	0,044706	0,047077	0,050647	0,04558	0,048729	0,051637	0,045672	0,048822	0,051937	0,045883	0,048987	0,052152
4	0,046101	0,049397	0,052557	0,046452	0,049567	0,053008	0,04674	0,049851	0,053169	0,047059	0,050393	0,053919
5	0,047194	0,05062	0,054455	0,047352	0,050697	0,054844	0,048001	0,051092	0,055215	0,048487	0,051601	0,055635
Toplama merkezi	Ürün Taşıma maliyeti											
1	0,043986	0,047379	0,050921	0,044454	0,047831	0,051442	0,044978	0,048332	0,051756	0,045103	0,048476	0,051875
2	0,046276	0,049839	0,052584	0,046991	0,050904	0,053649	0,047017	0,050922	0,054074	0,048082	0,052352	0,054804
3	0,048357	0,052422	0,055393	0,048555	0,052524	0,055748	0,049898	0,053785	0,056407	0,050649	0,054337	0,056785
G. D. Merkezi	Bileşen Taşıma maliyeti											
1	0,032125	0,034235	0,038988	0,032797	0,035022	0,039432	0,034647	0,037684	0,040947	0,034741	0,037756	0,041098
2	0,035263	0,038361	0,041603	0,035493	0,038745	0,042048	0,036743	0,041034	0,043466	0,037293	0,041464	0,044843
3	0,037453	0,041716	0,045102	0,037849	0,041749	0,045355	0,038047	0,042025	0,045822	0,038568	0,043064	0,046402
G. D. Merkezi	Ürün Taşıma maliyeti											
1	0,026942	0,033715	0,037534	0,028835	0,034261	0,038025	0,029266	0,034789	0,038968	0,029593	0,035119	0,040098
2	0,030679	0,036196	0,04133	0,031219	0,036451	0,041673	0,033087	0,037697	0,042386	0,03464	0,038124	0,042631
3	0,035796	0,039059	0,043184	0,036026	0,039116	0,043423	0,036856	0,040497	0,044589	0,037345	0,041316	0,045645

SABİT MALİYETLER

$\alpha = 0,5$	1. Dönem			2. Dönem			3. Dönem			4. Dönem		
Fabrika												
	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
1	39281	40803	42304	39437	41058	42487	39762	41096	42577	39856	41180	43242
2	39936	41182	43290	39991	41212	43327	40104	41265	43433	40267	41529	43611
3	40742	42423	44296	40870	42531	44408	40976	42650	44701	41140	42904	44844
4	41361	43145	45235	41507	43223	45275	41782	43385	45415	42209	43703	45601
Dağıtım Merkezi	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
1	18634	19633	20360	18816	19820	20489	18841	19834	20505	18890	19871	20530
2	18996	19921	20622	19037	19959	20659	19078	20032	20761	19130	20041	20840
3	19475	20410	21066	19631	20453	21095	19755	20559	21242	19820	20636	21356
4	19916	20753	21424	20067	20792	21474	20139	20890	21524	20316	21076	21757
Toplama Merkezi	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
1	11691	12078	12924	11797	12124	12952	11848	12156	13023	11869	12189	13085
2	11963	12324	13174	12094	12558	13329	12370	12901	13515	12571	13280	13748
3	12609	13353	13787	12728	13467	13944	12844	13641	14242	12917	13762	14318
G.Dönüşüm Merkezi	i	o	k	i	o	k	i	o	k	i	o	k
1	26792	28199	29675	27095	28767	29967	27177	28903	30101	27269	29000	30174
2	27458	29204	30345	27634	29433	30580	28098	30298	31091	28379	30571	31280
3	28530	30655	31331	29179	30823	31504	29257	30825	31513	29532	31026	31746

EK-3. $\alpha = 0.5$ İÇİN BULANIKLIĞI GİDERİLMİŞ DEĞERLER

SATIN ALMA MALİYETLERİ

Tedarikçilerin Bulanıklığı Giderilmiş Bileşen Satış Fiyatları

$\alpha = 0,5$ için Bulanıklığı Giderilmiş Bileşen Satış Fiyatları								
	1. Dönem		2. Dönem		3. Dönem		4. Dönem	
Tedarikçi	1.Bileşen	2.Bileşen	1.Bileşen	2.Bileşen	1.Bileşen	2.Bileşen	1.Bileşen	2.Bileşen
1	42,62	50,00	42,89	50,06	43,32	51,43	43,80	53,05
2	43,89	53,41	44,38	53,70	44,55	54,31	44,63	54,73
3	45,77	55,73	46,94	56,98	48,31	57,24	48,59	57,36
4	49,05	57,48	49,62	57,76	49,76	58,46	50,08	58,92

Toplama Merkezlerinin Ürün İçin Ödedikleri Bulanıklığı Giderilmiş Depozito Bedelleri

$\alpha = 0,5$ için Bulanıklığı Giderilmiş Kullanılmış Ürün Depozito Bedelleri				
Toplama Merkezi	1. Dönem	2. Dönem	3. Dönem	4. Dönem
1	32,18	33,56	34,50	34,78
2	35,06	35,53	36,07	36,21
3	37,59	37,71	37,98	38,64

BULANIKLIĞI GİDERİLMİŞ İŞLETME MALİYETLERİ

$\alpha = 0,5$ için Bulanıklığı Giderilmiş İşleme Maliyetleri				
Fabrika	1. Dönem	2. Dönem	3. Dönem	4. Dönem
	Ürün Üretim Maliyetleri			
1	8,52	8,58	8,64	8,81
2	9,19	9,32	9,32	9,42
3	9,49	9,54	9,58	9,61
4	9,65	9,74	9,78	9,87
Dağıtım Merkezi	Dağıtım Maliyetleri			
	1	2	3	4
1	3,15	3,21	3,35	3,37
2	3,44	3,46	3,48	3,67
3	3,74	3,76	3,78	3,95
4	4,01	4,02	4,10	4,13
Toplama Merkezi	İnceleme ve Sınıflama Maliyetleri			
	1	2	3	4
1	2,69	2,71	2,75	2,79
2	2,82	2,83	2,85	2,85
3	2,93	3,02	3,13	3,26

G.D. Merkezi	Ürün Yenileme Maliyeti			
	1. Dönem	2. Dönem	3. Dönem	4. Dönem
1	7,41	7,45	7,51	7,62
2	7,89	8,04	8,06	8,07
3	8,21	8,42	8,49	8,61
G.D. Merkezi	Bileşen Yenileme Maliyeti			
	1. Dönem	2. Dönem	3. Dönem	4. Dönem
1	4,64	4,68	4,74	4,91
2	5,08	5,09	5,22	5,39
3	5,40	5,45	5,68	5,80
G.D. Merkezi	Ürün De-montaj Maliyeti			
	1. Dönem	2. Dönem	3. Dönem	4. Dönem
1	1,69	1,71	1,75	1,79
2	1,82	1,83	1,85	1,85
3	1,93	2,02	2,13	2,26

BULANIKLIĞI GİDERİLMİŞ KAPASİTELER

$\alpha = 0,5$ için Bulanıklığı Giderilmiş Kapasiteler				
	1. Dönem	2. Dönem	3. Dönem	4. Dönem
Tedarikçi	Bileşen			
1	918	949	1002	1081
2	721	770	811	873
3	431	485	522	554
4	827	847	878	959
Tedarikçi	Bileşen			
1	918	949	1002	1081
2	721	770	811	859
3	431	485	522	554
4	827	847	878	959
Fabrika	Ürün			
1	690	658	588	513
2	1834	1741	1617	1559
3	1975	1851	1775	1728
4	838	767	695	637
Dağıtım Merkezi	Ürün			
1	731	783	816	870
2	834	882	945	972
3	1033	1139	1194	1277
4	524	565	607	667

Toplama Merkezi	1. Dönem	2. Dönem	3. Dönem	4. Dönem
	Ürün			
1	407	479	526	564
2	757	817	857	958
3	564	654	704	791
G.D. Merkezi	Ürün			
1	276	328	365	419
2	484	517	569	679
3	452	483	540	577

BULANIKLIĞI GİDERİLMİŞ TALEPLER

$\alpha = 0,5$ için Bulanıklığı Giderilmiş Talep Miktarları				
Müşteri	1. Periyot	2. Periyot	3. Periyot	4. Periyot
1	175	192	210	216
2	335	354	361	378
3	526	539	556	575
4	578	617	623	642
5	667	684	714	732

TESLİMAT SÜRELERİ

- 1- Dağıtım Merkezlerinden Müşterilere Yapılan Teslimatlara İlişkin Bulanıklığı Giderilmiş Gerçekleşen (gs) ve Beklenen (bs) Süreler

$\alpha = 0,5$ için Bulanıklığı Giderilmiş Değerler										
Dağıtım Merkezleri	Dağıtım merkezlerinden müşterilere yapılan teslimatlara ilişkin gerçekleşen süreler									
	1. Dönem									
	l_1		l_2		l_3		l_4		l_5	
	gs	bs	gs	bs	gs	bs	gs	bs	gs	bs
k_1	6,0	4,7	6,0	4,7	6,1	4,7	6,1	4,8	6,3	4,7
k_2	6,1	4,9	6,2	4,9	6,3	4,9	6,3	4,9	6,4	4,9
k_3	6,6	5,0	6,6	5,0	6,6	5,0	6,7	5,0	6,6	5,1
k_4	6,7	5,2	6,8	5,2	6,8	5,3	6,9	5,3	6,9	5,4

$\alpha = 0,5$ için Bulanıklığı Giderilmiş Değerler										
Dağıtım Merkezleri	Dağıtım merkezlerinden müşterilere yapılan teslimatlara ilişkin gerçekleşen süreler									
	2. Dönem									
	l_1		l_2		l_3		l_4		l_5	
	<i>gs</i>	<i>bs</i>	<i>gs</i>	<i>bs</i>	<i>gs</i>	<i>bs</i>	<i>gs</i>	<i>bs</i>	<i>gs</i>	<i>bs</i>
k_1	6,1	5,0	6,2	5,1	6,2	5,1	6,3	5,1	6,2	4,7
k_2	6,3	5,2	6,5	5,3	6,6	5,3	6,6	5,4	6,4	5,0
k_3	6,8	5,5	6,8	5,5	6,8	5,5	6,9	5,6	6,6	5,1
k_4	6,9	5,6	7,0	5,6	7,0	5,6	7,1	5,7	6,7	5,4

$\alpha = 0,5$ için Bulanıklığı Giderilmiş Değerler										
Dağıtım Merkezleri	Dağıtım merkezlerinden müşterilere yapılan teslimatlara ilişkin gerçekleşen süreler									
	3. Dönem									
	l_1		l_2		l_3		l_4		l_5	
	<i>gs</i>	<i>bs</i>	<i>gs</i>	<i>bs</i>	<i>gs</i>	<i>bs</i>	<i>gs</i>	<i>bs</i>	<i>gs</i>	<i>bs</i>
k_1	6,2	4,5	6,3	4,5	6,3	4,6	6,4	4,8	6,1	4,7
k_2	6,5	4,8	6,5	4,9	6,5	5,0	6,6	5,0	6,4	4,9
k_3	6,6	5,0	6,8	5,1	6,8	5,1	6,8	5,2	6,7	5,1
k_4	6,9	5,2	7,0	5,2	7,0	5,3	7,0	5,3	6,8	5,4

$\alpha = 0,5$ için Bulanıklığı Giderilmiş Değerler										
Dağıtım Merkezleri	Dağıtım merkezlerinden müşterilere yapılan teslimatlara ilişkin gerçekleşen süreler									
	4. Dönem									
	l_1		l_2		l_3		l_4		l_5	
	<i>gs</i>	<i>bs</i>	<i>gs</i>	<i>bs</i>	<i>gs</i>	<i>bs</i>	<i>gs</i>	<i>bs</i>	<i>gs</i>	<i>bs</i>
k_1	5,9	4,7	6,1	4,8	6,1	4,8	6,2	4,8	6,1	4,8
k_2	6,2	4,9	6,3	4,9	6,4	4,9	6,5	4,9	6,4	4,9
k_3	6,5	4,9	6,6	5,0	6,6	5,0	6,7	5,1	6,7	5,0
k_4	6,8	5,1	6,8	5,1	6,9	5,1	6,9	5,2	6,8	5,3

2- Geri Dönüşüm Merkezlerinden Fabrikalara Yapılan Teslimatlara İlişkin Bulanıklığı Giderilmiş Gerçekleşen (gs) ve Beklenen Süreler

$\alpha = 0,5$ için Bulanıklığı Giderilmiş Değerler								
Dağıtım Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Fabrikalara Yapılan Teslimat							
	1. Dönem							
	j_1		j_2		j_3		j_4	
	gs	bs	gs	bs	gs	bs	gs	bs
r_1	4,7	3,6	4,8	3,7	4,8	3,7	4,9	3,7
r_2	5,0	3,8	5,0	3,9	5,0	3,9	5,2	4,0
r_3	5,2	4,0	5,3	4,1	5,3	4,2	5,4	4,3

$\alpha = 0,5$ için Bulanıklığı Giderilmiş Değerler								
Dağıtım Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Fabrikalara Yapılan Teslimat							
	2. Dönem							
	j_1		j_2		j_3		j_4	
	gs	bs	gs	bs	gs	bs	gs	bs
r_1	4,7	3,9	4,9	4,0	5,0	4,0	5,1	4,1
r_2	5,1	4,1	5,3	4,2	5,3	4,2	5,3	4,2
r_3	5,3	4,3	5,4	4,5	5,5	4,5	5,5	4,6

$\alpha = 0,5$ için Bulanıklığı Giderilmiş Değerler								
Dağıtım Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Fabrikalara Yapılan Teslimat							
	3. Dönem							
	j_1		j_2		j_3		j_4	
	gs	bs	gs	bs	gs	bs	gs	bs
r_1	5,0	3,6	5,1	3,6	5,1	3,7	5,2	3,8
r_2	5,2	3,8	5,3	3,9	5,3	3,9	5,3	3,9
r_3	5,3	4,0	5,4	4,0	5,4	4,1	5,6	4,2

$\alpha = 0,5$ için Bulanıklığı Giderilmiş Değerler								
Dağıtım Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Fabrikalara Yapılan Teslimat							
	4. Dönem							
	j_1		j_2		j_3		j_4	
	gs	bs	gs	bs	gs	bs	gs	bs
r_1	4,6	3,6	4,7	3,8	4,7	3,9	4,8	3,9
r_2	4,8	3,9	4,8	4,0	4,8	4,0	5,0	4,1
r_3	5,2	4,2	5,2	4,2	4,9	4,3	5,2	4,4

3- Geri Dönüşüm Merkezlerinden Dağıtım Merkezlerine Yapılan Teslimatlara İlişkin Bulanıklığı Giderilmiş Gerçekleşen (gs) ve Beklenen Süreler

$\alpha = 0,5$ için Bulanıklığı Giderilmiş Değerler								
Dağıtım Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Dağıtım Merkezlerine Yapılan Teslimat							
	1. Dönem							
	k_1		k_2		k_3		k_4	
	gs	bs	gs	bs	gs	bs	gs	bs
r_1	4,5	3,6	4,6	3,6	4,6	3,6	4,7	3,6
r_2	4,7	3,7	4,7	3,8	4,8	3,9	4,8	4,0
r_3	4,9	4,1	4,9	4,1	5,0	4,2	5,1	4,2

$\alpha = 0,5$ için Bulanıklığı Giderilmiş Değerler								
Dağıtım Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Dağıtım Merkezlerine Yapılan Teslimat							
	2. Dönem							
	k_1		k_2		k_3		k_4	
	gs	bs	gs	bs	gs	bs	gs	bs
r_1	4,6	3,5	4,7	3,5	4,8	3,6	4,8	3,6
r_2	4,9	3,7	4,9	3,7	5,0	3,8	5,0	3,8
r_3	5,2	3,9	5,2	4,0	5,3	4,0	5,3	4,1

$\alpha = 0,5$ için Bulanıklığı Giderilmiş Değerler								
Dağıtım Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Dağıtım Merkezlerine Yapılan Teslimat							
	3. Dönem							
	k_1		k_2		k_3		k_4	
	gs	bs	gs	bs	gs	bs	gs	bs
r_1	4,6	3,9	4,7	3,9	4,7	4,0	4,8	4,0
r_2	4,9	4,1	4,9	4,2	5,0	4,2	5,1	4,3
r_3	5,1	4,4	5,1	4,4	5,2	4,5	5,3	4,5

$\alpha = 0,5$ için Bulanıklığı Giderilmiş Değerler								
Dağıtım Merkezleri	Geri Dönüşüm Merkezlerinden Dağıtım Merkezlerine Yapılan Teslimat							
	4. Dönem							
	k_1		k_2		k_3		k_4	
	gs	bs	gs	bs	gs	bs	gs	bs
r_1	4,7	3,6	4,7	3,6	4,8	3,6	5,0	3,6
r_2	5,0	3,7	5,1	3,8	5,1	3,9	5,1	4,0
r_3	5,3	4,1	5,3	4,2	5,4	4,2	5,4	4,2

TESLİMATLARDA YAŞANAN GECİKME SÜRELERİ

1-Dağıtım Merkezlerinden Müşterilere Yapılan Teslimatlardaki Gecikmeler

1.Dönem					
	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5
	gs-bs	gs-bs	gs-bs	gs-bs	gs-bs
k_1	1,298	1,348	1,327	1,285	1,551
k_2	1,243	1,356	1,371	1,390	1,521
k_3	1,575	1,588	1,610	1,626	1,519
k_4	1,558	1,575	1,571	1,536	1,555
2.Dönem					
	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5
	gs-bs	gs-bs	gs-bs	gs-bs	gs-bs
k_1	1,071	1,113	1,119	1,146	1,455
k_2	1,133	1,268	1,290	1,189	1,397
k_3	1,304	1,310	1,319	1,278	1,456
k_4	1,333	1,391	1,402	1,458	1,361
3.Dönem					
	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5
	gs-bs	gs-bs	gs-bs	gs-bs	gs-bs
k_1	1,686	1,725	1,685	1,587	1,336
k_2	1,670	1,574	1,588	1,609	1,499
k_3	1,611	1,657	1,672	1,677	1,519
k_4	1,704	1,724	1,675	1,706	1,486
4.Dönem					
	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5
	gs-bs	gs-bs	gs-bs	gs-bs	gs-bs
k_1	1,198	1,273	1,295	1,356	1,334
k_2	1,357	1,458	1,493	1,541	1,450
k_3	1,537	1,629	1,604	1,615	1,644
k_4	1,686	1,694	1,738	1,744	1,479

2- Geri Dönüşüm Merkezlerinden Fabrikalara Yapılan Teslimatlardaki gecikmeler

1.Dönem				
	j_1	j_2	j_3	j_4
	gs-bs	gs-bs	gs-bs	gs-bs
r_1	1,104	1,081	1,099	1,123
r_2	1,185	1,092	1,089	1,205
r_3	1,197	1,217	1,137	1,088
2.Dönem				
	j_1	j_2	j_3	j_4
	gs-bs	gs-bs	gs-bs	gs-bs
r_1	0,735	0,874	1,011	1,004
r_2	0,971	1,062	1,089	1,117
r_3	1,046	0,914	0,922	0,954
3.Dönem				
	j_1	j_2	j_3	j_4
	gs-bs	gs-bs	gs-bs	gs-bs
r_1	1,392	1,440	1,426	1,422
r_2	1,455	1,399	1,387	1,365
r_3	1,374	1,336	1,254	1,407
4.Dönem				
	j_1	j_2	j_3	j_4
	gs-bs	gs-bs	gs-bs	gs-bs
r_1	0,975	0,933	0,844	0,847
r_2	0,841	0,836	0,789	0,939
r_3	1,000	0,947	0,621	0,840

3- Geri Dönüşüm Merkezlerinden Dağıtım Merkezlerine Yapılan Teslimatlardaki gecikmeler

1.Dönem				
	k_1	k_2	k_3	k_4
	gs-bs	gs-bs	gs-bs	gs-bs
r_1	0,911	0,964	1,038	1,033
r_2	1,033	0,940	0,940	0,797
r_3	0,811	0,805	0,883	0,877
2.Dönem				
	k_1	k_2	k_3	k_4
	gs-bs	gs-bs	gs-bs	gs-bs
r_1	1,118	1,167	1,213	1,253
r_2	1,259	1,240	1,241	1,231
r_3	1,274	1,251	1,231	1,271
3.Dönem				
	k_1	k_2	k_3	k_4
	gs-bs	gs-bs	gs-bs	gs-bs
r_1	0,755	0,801	0,733	0,791
r_2	0,779	0,721	0,828	0,793
r_3	0,745	0,736	0,694	0,781
4.Dönem				
	k_1	k_2	k_3	k_4
	gs-bs	gs-bs	gs-bs	gs-bs
r_1	1,082	1,110	1,236	1,338
r_2	1,340	1,322	1,188	1,104
r_3	1,198	1,170	1,204	1,210

SATIŞ FİYATLARI

Müşteri Bölgelerinin Bulanıklığı Giderilmiş Yeni Ürün Satış Fiyatları

$\alpha = 0,5$ için Bulanıklığı Giderilmiş Yeni Ürün Satış Fiyatları				
Müşteri Bölgeleri	1. Dönem	2. Dönem	3. Dönem	4. Dönem
l_1	238,17	249,25	266,08	266,42
l_2	273,00	287,58	301,08	331,17
l_3	331,50	347,17	355,92	371,50
l_4	385,92	402,92	410,42	419,08
l_5	420,17	436,08	462,67	484,75

Müşteri Bölgelerinin Bulanıklığı Giderilmiş Geri kazanılmış Ürün Satış Fiyatları

$\alpha=0,5$ için Bulanıklığı Giderilmiş 2.El Ürün Satış Fiyatları				
Müşteri Bölgeleri	1. Dönem	2. Dönem	3. Dönem	4. Dönem
l_1	153,83	171,25	184,08	195,33
l_2	211,92	225,75	233,83	243,33
l_3	261,25	276,58	285,17	296,25
l_4	314,25	328,25	337,25	352,25
l_5	369,67	374,08	387,08	394,33

Toplama Merkezlerinin Bulanıklığı Giderilmiş Hurda Ürün Satış Fiyatları

$\alpha = 0,5$ için Bulanıklığı Giderilmiş Hurda Ürün Satış Fiyatları				
Toplama Merkezleri	1. Dönem	2. Dönem	3. Dönem	4. Dönem
m_1	15,00	17,08	23,17	27,92
m_2	16,17	22,92	26,08	30,17
m_3	19,83	27,92	32,08	38,08

Geri Dönüşüm Merkezlerinin Bulanıklığı Giderilmiş Hurda Bileşen Satış Fiyatları

$\alpha = 0,5$ için Bulanıklığı Giderilmiş Hurda Bileşen Satış Fiyatları				
Geri Dönüşüm Merkezleri	1. Dönem	2. Dönem	3. Dönem	4. Dönem
r_1	4,92	7,08	11,92	16,08
r_2	7,08	11,00	13,92	18,08
r_3	11,08	14,92	17,00	21,08

BULANIKLIĞI GİDERİLMİŞ TAŞIMA MALİYETLERİ

$\alpha = 0,5$ için Bulanıklığı Giderilmiş Taşıma Maliyetleri				
	1. Dönem	2. Dönem	3. Dönem	4. Dönem
Tedarikçi	Bileşen			
1	0,0274	0,0278	0,0282	0,0283
2	0,0285	0,0290	0,0293	0,0297
3	0,0300	0,0302	0,0310	0,0313
4	0,0317	0,0318	0,0326	0,0328
Fabrika	Ürün			
1	0,0349	0,0351	0,0358	0,0363
2	0,0364	0,0366	0,0369	0,0375
3	0,0388	0,0405	0,0410	0,0416
4	0,0418	0,0421	0,0421	0,0423
Dağıtım Merkezi	Ürün			
1	0,0417	0,0423	0,0426	0,0426
2	0,0432	0,0438	0,0450	0,0457
3	0,0460	0,0463	0,0466	0,0474
4	0,0476	0,0479	0,0488	0,0491
Müşteri Bölgeleri	Ürün			
1	0,0456	0,0457	0,0460	0,0462
2	0,0464	0,0467	0,0468	0,0469
3	0,0473	0,0487	0,0488	0,0490
4	0,0494	0,0496	0,0499	0,0504
5	0,0507	0,0508	0,0513	0,0518
Toplama Merkezi	Ürün			
1	0,0474	0,0479	0,0483	0,0485
2	0,0497	0,0507	0,0508	0,0520
3	0,0522	0,0524	0,0536	0,0541
G.D. Merkezi	Ürün			
1	0,0347	0,0354	0,0377	0,0378
2	0,0384	0,0388	0,0407	0,0413
3	0,0416	0,0417	0,0420	0,0429
G.D. Merkezi	Bileşen			
1	0,0332	0,0340	0,0346	0,0350
2	0,0361	0,0364	0,0377	0,0383
3	0,0392	0,0393	0,0406	0,0414

BULANIKLIĞI GİDERİLMİŞ SABİT MALİYETLER

$\alpha = 0,5$ için Bulanıklığı Giderilmiş Sabit Açma Maliyetleri				
Fabrika	1. Dönem	2. Dönem	3. Dönem	4. Dönem
1	40800	41026	41120	41303
2	41326	41361	41433	41666
3	42455	42567	42713	42933
4	43196	43279	43456	43770
Dağıtım Merkezi				
1	19588	19764	19780	19817
2	19883	19922	19995	20022
3	20363	20423	20539	20620
4	20725	20785	20871	21063
Toplama Merkezi				
1	12155	12208	12249	12285
2	12406	12609	12915	13240
3	13301	13423	13608	13714
G.D. Merkezi				
1	28210	28688	28815	28907
2	29103	29324	30063	30324
3	30414	30662	30679	30897

EK-4. $\alpha = 0.5$ İÇİN KARAR DEĞİŞKENLERİNİN OPTİMUM DEĞERLERİ

Birinci Dönem Karar Değişken Değerleri

X_{1221}	80	Z_{231}	373	D_{2221}	77.433
X_{1411}	407	Z_{321}	49	D_{3411}	150.667
X_{1421}	838	Z_{351}	667	D_{3421}	150.667
X_{2211}	616	W_{121}	87.5	E_{211}	77.433
X_{2221}	105	W_{211}	167.5	E_{221}	77.433
X_{3221}	431	W_{311}	239.5	E_{311}	150.667
X_{3411}	431	W_{321}	23.5	E_{321}	150.667
X_{4211}	827	W_{421}	289	F_{21}	1
X_{4221}	827	W_{521}	333.5	F_{41}	1
Y_{211}	731	A_{11}	81.4	G_{11}	1
Y_{221}	712	A_{21}	146.7	G_{21}	1
Y_{421}	122	B_{131}	325.6	G_{31}	1
Y_{431}	716	B_{221}	309.733	H_{11}	1
Z_{131}	153	B_{231}	277.067	H_{21}	1
Z_{141}	578	CC_{241}	154.867	GD_{21}	1
Z_{211}	175	CC_{311}	301.333	GD_{31}	1
Z_{221}	286	D_{2211}	77.433		

İkinci Dönem Karar Değişken Değerleri

X_{1412}	131.333	Z_{452}	353.7	CC_{322}	322
X_{1422}	616.333	S_{122}	301.333	D_{1112}	77.6
X_{2212}	238.367	S_{322}	52.667	D_{1122}	77.6
X_{3222}	238.367	S_{352}	119	D_{3312}	161
X_{3412}	485	S_{452}	211.3	D_{3322}	161
X_{4212}	847	W_{122}	96	E_{112}	77.6
X_{4222}	847	W_{222}	177	E_{122}	77.6
Y_{212}	481.667	W_{332}	269.5	E_{312}	161
Y_{232}	250	W_{432}	308.5	E_{322}	161
Y_{242}	353.7	W_{522}	266	F_{22}	1
Y_{432}	616.333	W_{532}	76	F_{42}	1
YG_{232}	21	A_{22}	107.8	G_{12}	1
YG_{242}	56.433	A_{32}	130.8	G_{32}	1
YG_{432}	150.667	B_{212}	310.4	G_{42}	1
Z_{112}	192	B_{232}	120.8	H_{22}	1
Z_{132}	289.667	B_{332}	523.2	H_{32}	1
Z_{332}	249.333	CC_{112}	155.190	GD_{12}	1
Z_{342}	617	CC_{122}	0.01	GD_{32}	1

Üçüncü Dönem Karar Değişken Değerleri

X_{2113}	348.2	S_{153}	155.190	D_{2313}	66.4
X_{2123}	348.2	S_{223}	200	D_{2323}	66.4
X_{3313}	522	S_{233}	199.610	D_{3313}	180
X_{3322}	522	S_{323}	161	D_{3323}	180
X_{4113}	162.2	W_{123}	105	E_{213}	66.4
X_{4123}	162.2	W_{223}	180.5	E_{223}	66.4
X_{4313}	715.8	W_{333}	278	E_{313}	180
Y_{113}	354.01	W_{433}	311.5	E_{323}	180
Y_{123}	156.39	W_{523}	242.5	F_{13}	1
Y_{313}	204.8	W_{533}	114.5	F_{33}	1
Y_{333}	1033	A_{23}	105.6	G_{13}	1
YG_{123}	77.6	A_{33}	140.8	G_{23}	1
YG_{333}	161	B_{233}	422.4	G_{33}	1
Z_{153}	558.810	B_{323}	265.6	H_{23}	1
Z_{233}	156.390	B_{333}	297.6	H_{33}	1
Z_{313}	210	CC_{213}	132.8	GD_{23}	1
Z_{333}	200	CC_{313}	266.546	GD_{33}	1
Z_{343}	623	CC_{333}	93.454		

Dördüncü Dönem Karar Değişken Değerleri

X_{2114}	290.8	Z_{454}	667	D_{2324}	61.967
X_{2124}	290.8	S_{114}	97.2	D_{3314}	192.33
X_{3314}	554	S_{144}	302.146	D_{3324}	192.333
X_{3324}	554	S_{344}	339.854	E_{214}	61.967
X_{4114}	179.854	W_{114}	108	E_{224}	61.967
X_{4124}	179.854	W_{214}	189	E_{314}	192.333
X_{4314}	779.146	W_{314}	183.5	E_{324}	192.333
X_{4324}	779.146	W_{334}	104	F_{14}	1
Y_{114}	470.654	W_{434}	321	F_{34}	1
Y_{334}	666.146	W_{534}	366	G_{14}	1
Y_{344}	667	A_{14}	96.1	G_{34}	1
YG_{334}	246.4	A_{34}	158.2	G_{44}	1
Z_{114}	92.654	B_{134}	384.4	H_{14}	1
Z_{124}	378	B_{324}	247.867	H_{34}	1
Z_{314}	26.146	B_{334}	384.933	GD_{24}	1
Z_{321}	49	CC_{244}	123.933	GD_{34}	1
Z_{334}	575	CC_{324}	384.667		
Z_{354}	65	D_{2314}	61.967		

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Abdulkerim KARAASLAN
Doğum Yeri ve Tarihi	Bayburt-20.07.1981
Eğitim Durumu	
Lisans Öğrenimi	Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü
Y. Lisans Öğrenimi	Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Sayısal Yöntemler Bilim Dalı
Bildiği Yabancı Diller	İngilizce
Bilimsel Faaliyetleri	Kitap ❖ OKTAY, E., KARAASLAN, A., ABAR, H. (2013), Konut Tercihi Araştırması, Erzurum: Mega Ofset Matbaacılık Makaleler ❖ OKTAY, E., AKINCI, M., KARAASLAN, A. (2012), " Yol Analizi Yardımıyla Dersler Arasındaki Etkileşimin Araştırılması: Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümünde Okutulan Dersler Üzerine bir Uygulama", Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 26(3-4), 67-83. ❖ OKTAY, E., AKINCI, M., KARAASLAN, A. (2012), " İstatistik Derslerinin İşletme Bölümü Müfredatındaki Derslerle Etkileşiminin Yol Analizi Yardımıyla

	İncelenmesi", Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 16(1), 513-527. ❖ ABAR, H., KARAASLAN, A. (2013), "Konut Talep Edenlerin Özellikleri ile Talep Edilen Konutun Özellikleri Arasındaki İlişkinin Çoklu Uyum Analizi Yöntemi ile İncelenmesi: Atatürk Üniversitesi Personeli Örneği", Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 27(3), 323-339. Bildiri/Sempozyum/Kongre ❖ OKTAY, E., AKINCI, M., KARAASLAN, A. "İstatistik Dersinin İşletme Müfredatındaki Derslerle Etkileşiminin Yol Analizi Yardımıyla İncelenmesi, 12th International Symposium on Econometrics, Operations Research and Statistics, s.69, 26-29 Mayıs 2011, Denizli". ❖ OKTAY, E., KARAASLAN, A., ALKAN, Ö., "Konut Talebinde Etkili Olan Faktörlerin Analizi: Erzurum İl Merkezi'nde Bir Saha Araştırması", 13th International Conference on Econometrics, Operations Research and Statistics, s.123, 24-26.05.2012, Gazimağusa, KKTC. ❖ OKTAY, E., ALKAN, Ö., KARAASLAN, A., "Multinomial Logit Model Yardımıyla Konut Talep Etme Gerekçeleri Üzerinde Etkili Olan Faktörlerin Analizi", 13th International Conference on Econometrics, Operations Research and Statistics, s. 120, 24-26.05.2012, Gazimağusa, KKTC. ❖ OKTAY, E., KARAASLAN, A., "Doğrusal
--	--

	Karma Tamsayılı Programlama ile Kapalı Döngü Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı”, 14th International Symposium on Econometrics, Operations Research and Statistics, s.190, 24-28 Mayıs 2013, Sarejavo, BOSNA-HERZEGOVINA". ❖ OKTAY, E., ALKAN, Ö., KARAASLAN, A., “İMKB’de İşlem Sırası Kapanan Firma Sayısı ve Makroekonomik Göstergeler Arasındaki İlişkiye Alternatif Bir Bakış”, 14th International Symposium on Econometrics, Operations Research and Statistics, s.138, 24-28 Mayıs 2013, Sarejavo, BOSNA-HERZEGOVINA".
İş Deneyimi	
Stajlar	
Projeler	Bulanık Çok Amaçlı Doğrusal Programlama ile Kapalı Döngü Tedarik Zinciri Model Önerisi, Atatürk Üniversitesi Projesi, BAP: 2012/530
Çalıştığı Kurumlar	Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü Araştırma Görevlisi (2009-Devam ediyor)
İletişim	
E-Posta Adresi	akkaraaslan@atauni.edu.tr
Tarih	23.08.2013