

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
YÖNETİM BİLİMİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TEDARİK ZİNCİRİ MODELLEME PROBLEMİNE
BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI VE
BİR UYGULAMA**

Pembe GÜÇLÜ

Danışman

Doç. Dr. Ali Özdemir

2011

YÜKSEK LİSANS
TEZ/ PROJE ONAY SAYFASI

2009800091

Üniversite : Dokuz Eylül Üniversitesi
Enstitü : Sosyal Bilimler Enstitüsü
Adı ve Soyadı : Pembe GÜÇLÜ
Tez Başlığı : Tedarik Zinciri Modelleme Problemine Bulanık Hedef Programlama Yaklaşımı ve Bir Uygulama
Savunma Tarihi : 09.08.2011
Danışmanı : Doç.Dr.Ali ÖZDEMİR

JÜRİ ÜYELERİ

<u>Ünvanı, Adı, Soyadı</u>	<u>Üniversitesi</u>	<u>İmza</u>
Doç.Dr.Ali ÖZDEMİR	DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ	
Prof.Dr.Şevkinaz GÜMÜŞOĞLU	YAŞAR ÜNİVERSİTESİ	
Yrd.Doç.Dr.Güzin ÖZDAĞOĞLU	DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ	

Oybirliği (X)

Oy Çokluğu ()

Pembe GÜÇLÜ tarafından hazırlanmış ve sunulmuş "**Tedarik Zinciri Modelleme Problemine Bulanık Hedef Programlama Yaklaşımı ve Bir Uygulama**" başlıklı Tezi (X) / Projesi () kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Utku UTKULU
Enstitü Müdürü

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “**Tedarik Zinciri Modelleme Problemine Bulanık Hedef Programlama Yaklaşımı ve Bir Uygulama**” adlı çalışmanın, tarafımdan, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Tarih

.../.../.....

Pembe GÜÇLÜ

İmza

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

**Tedarik Zinciri Modelleme Problemine Bulanık Hedef Programlama Yaklaşımı
ve Bir Uygulama
Pembe Güçlü**

**Dokuz Eylül Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
İşletme Anabilim Dalı
Yönetim Bilimi Programı**

Tedarik zinciri, tedarikçiler, üreticiler, dağıtıcılar, perakendeciler ve müşterilerden oluşan bir sistemdir. Tedarik Zinciri Yönetimi, bir ürünün tedarikçilerinin tedarikçilerinden müşterilerinin müşterilerine kadar izlediği yoldaki tüm faaliyetlerin yönetimini kapsar. Son zamanlarda düşük maliyetli, kaliteli ürünler ile yüksek müşteri memnuniyeti sağlayarak küresel pazarda rekabet avantajı elde eden birçok işletmenin başarısının arkasında etkin bir tedarik zinciri yönetimi olduğu görülmektedir

Belirsiz koşullar, klasik yöntemlerle doğru sonuçlara varmamızı zorlaştırmaktadır. Çünkü klasik mantık sistemleri belirsizlikle ilgilenmemektedir. 1960'lı yıllarda L.Zadeh tarafından ortaya atılan bulanık mantık sistemi, klasik mantığın bu eksikliğini kapatmaktadır. Bulanık mantık uygulamaları günümüzde belirsizlik içeren karmaşık problemlerin çözümünde yaygın olarak kullanılmaktadır. Tedarik zinciri yönetiminde de farklı alanlarda belirsizlikler bulunmaktadır ve bu da tedarik zinciri yönetiminin bulanık mantığın bir uygulama alanı olabileceğini göstermektedir.

Bu çalışmada belirsiz talep koşullarında faaliyet gösteren bir işletmenin tedarik zincirinin modellenmesi ve optimizasyonu amacıyla bulanık hedef

programlama modeli oluşturulmuştur. Tedarik zincirinde toplam maliyetin ve geri dönen ürün miktarının minimizasyonunu hedefleyen model, işletmeden alınan gerçek veriler ile Microsoft Excel Solver yardımıyla çözülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Tedarik Zinciri Yönetimi, Bulanık Mantık, Hedef Programlama, Bulanık Hedef Programlama

ABSTRACT

Master's Thesis

**Fuzzy Goal Programming Approach to Supply Chain Modelling Problem and
an Application**

Pembe Güçlü

Dokuz Eylül University

Graduate School of Social Sciences

Department of Business Administration

Management Science Program

Supply chain is a system that consists of suppliers, manufacturers, distribution centers, retailers and customers. Supply chain management contains management of all activities on the line from a product's from suppliers' of suppliers to customers' of customers. In recent days it has been seen that at the back of organizations' success, those have gained competitive advantage at global market with qualified products, low cost and high customer satisfaction, there exists an effective supply chain management.

Uncertain conditions complicate to achieve correct results by classical logic. Because the classical logic systems do not deal with uncertainties. Fuzzy logic system which was come up with L. Zadeh in 1960s, renews classical logic. In these days fuzzy logic applications are widely used for complex problems that include uncertainty. There are also uncertainties in supply chain management and this denotes that supply chain management would be an application area for fuzzy logic.

In this study a fuzzy goal programming model has been developed so as to model and optimize the supply chain of a business operating under uncertain

demand conditions. The model that aims to minimize total costs and quantity of rejected products, was solved by the help of Microsoft Excel Solver using real data derived from the business.

Key Words: Supply Chain Management, Fuzzy Logic, Goal Programming, Fuzzy Goal Programming.

**TEDARİK ZİNCİRİ MODELLEME PROBLEMİNE BULANIK HEDEF
PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI VE BİR UYGULAMA**

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI.....	ii
YEMİN METNİ.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR	xi
TABLOLAR	xii
ŞEKİLLER.....	xiii
GRAFİKLER	xiv
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

1.1. TEDARİK ZİNCİRİ KAVRAMI VE YAPISI	2
1.1.2. Tedarik Zinciri Bileşenleri	7
1.1.2.1. Yapısal Bileşenler	7
1.1.2.2. Kontrol Bileşenleri.....	10
1.2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ.....	12
1.2.2. Tedarik Zinciri Yönetiminin Avantajları ve Dezavantajları	18
1.2.3. Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimi	20
1.3. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNDE KARAR VERME	22
1.4. TEDARİK ZİNCİRİ MODELLEME	24
1.4.1. Tedarik Zinciri Modelleme Süreci.....	25
1.4.2. Tedarik Zinciri Ağ Yapısı	26
1.4.3. Tedarik Zinciri Yönetiminde Belirsizlik.....	27

1.4.4. Tedarik Zinciri Modelleme ile İlgili Literatür Taraması.....	29
1.4.4.1.Deterministik Modelleme Çalışmaları	29
1.4.4.2.Stokastik Modelleme Çalışmaları	31
1.4.4.3.Bulanık Modelleme Çalışmaları	33

İKİNCİ BÖLÜM

BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA

2.1. BULANIK MANTIK.....	38
2.1.1 Klasik Mantık, Çok Değerli Mantık ve Bulanık Mantık.....	39
2.1.2. Bulanık Mantığın Özellikleri	42
2.1.3. Bulanık Mantık Uygulamaları.....	45
2.2. BULANIK KÜME TEORİSİ.....	47
2.2.1. Bulanık Küme Özellikleri	48
2.2.2. Bulanık Kümelerde Temel İşlemler	54
2.2.3. Üyelik Fonksiyonları.....	57
2.2.3.1.Üyelik fonksiyonu Biçimleri.....	57
2.2.3.2.Üyelik Fonksiyonunun Kısımları.....	61
2.2.4. Bulanık Sayılar	61
2.2.4.1.Bulanık Sayılarda Cebirsel İşlemler.....	62
2.3. HEDEF PROGRAMLAMA	63
2.3.1. Hedef Programlamanın Yapısı.....	65
2.3.2. Genel Hedef Programlama Modeli	66
2.3.3. Hedef Programlama Türleri	68
2.3.3.1.Tek Hedefli Programlama	69
2.3.3.2.Eşit Ağırlıklı Çok Hedefli Programlama	70
2.3.3.3.Öncelikli Hedef Programlama.....	70
2.3.3.4.Ağırlıklandırılmış Hedef Programlama.....	70
2.3.3.5.Ağırlıklı-Öncelikli Hedef Programlama	71
2.3.4. Hedef Programlama Modelinin İlkeleri	72
2.3.5. Hedef Programlamanın Kullanım Alanları	72
2.4. BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA	73

2.4.1. Bulanık Ortamda Karar Verme	73
2.4.2. Bulanık Hedef Programlamanın Formülizasyonu.....	79
2.4.3. Literatürdeki Bulanık Hedef Programlama Modelleri	80

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

UYGULAMA

3.1. PROBLEMİN TANIMI VE FORMULASYONU	82
3.1.1. Varsayımlar ve Notasyonlar.....	83
3.1.2. Bulanık Hedef Programlama Modelin Oluşturulması.....	85
3.2. ÇÖZÜM METODOLOJİSİ	88
3.2.1. Üyelik Fonksiyonlarının Tanımlanması.....	89
3.2.2. Bulanık Kısıtlar İçin Durulaştırma İşlemi.....	91
3.2.3. Eşdeğer Doğrusal Programlama Modeli	93
3.2.4. Hedef Programlama ile Bulanık Hedef Programlama Sonuçlarının Karşılaştırılması	96
SONUÇ	97
KAYNAKÇA.....	99

KISALTMALAR

IFSA: Uluslararası Bulanık Sistemler Birliği

TZY: Tedarik Zinciri Yönetimi

TC: Toplam Maliyet

TSC: Toplam Tedarik Maliyeti

TPC: Toplam Üretim Maliyeti

TDC: Toplam Dağıtım Maliyeti

TABLULAR

Tablo 1.1: Tedarik Zinciri Optimizasyonunun İşletmeye Sağladığı Katma Değer	s.19
Tablo 1.2: Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimi	s.21
Tablo 1.3: Geleneksel ve Tedarik Zinciri Yönetimi Yaklaşımlarının Karşılaştırılması	s.17
Tablo 2.1: Bulanık Mantık Denetimin Endüstriyel Uygulamaları	s.46
Tablo 2.2: BulanıkKümelerde Birleşim Kesişim ve Tümleme İşlemleri	s.55
Tablo 2.3: Bulanık Küme İşlemleri	s.56
Tablo 3.1: Toptancı Müşterilerle İlgili Parametre Verileri	s.85
Tablo 3.2: Modelde Kullanılan Diğer Parametrelere İlişkin Veriler	s.85
Tablo 3.3: Talep Merkezlerinin En Kötümser (Dp), En Olası (Dm) Ve En İyimser (Do) Talep Miktarları	s.92
Tablo 3.4: $\alpha=0,5$ İçin Durulaştırılmış Talep Verileri	s.92
Tablo 3.5: Karar Değişkenlerinin Çözüm Değerleri	s.95
Tablo 3.6: Hedeflerin Değerleri	s.96

ŞEKİLLER

Şekil 1.1: Tedarik Zinciri	s.3
Şekil 1.2: Genel Tedarik Zinciri Modeli	s.4
Şekil 1.3: Tedarik Zincirinde Malzeme Yönetimi ve Fiziksel Dağıtım Süreçleri	s.6
Şekil.1.4: Tedarik Zinciri Bileşenleri	s.8
Şekil 1.5: Tedarik Zinciri Yönetimi	s.13
Şekil 1.6: Tedarik Zinciri Yönetiminde İş Süreçleri	s.14
Şekil 1.7: Tedarik Zinciri Evi	s.15
Şekil 1.8: Tedarik Zincirinde Farklı Karar Seviyelerindeki Faaliyetler	s.24
Şekil 1.9: Tedarik Zinciri Ağı	s.27
Şekil 1.10: Tedarik Zincirinde Belirsizlik Alanları	s.28
Şekil 2.1: Mantıksal Sistemler	s.40
Şekil 2.2: Ölçüm Bazlı Bilgiye Karşı Algı Bazlı Bilgi	s.44
Şekil 2.3 : Bulanık Kümelerde Birleşim, Kesişim ve Tümleme İşlemlerinin Grafikselleştirimi.	s.55
Şekil 2.4: Üçüncü Halin İmkansızlığı Kuralı bulanık kümeler için geçerli değildir	s.56

GRAFİKLER

Grafik 1.1: Bir Tedarik Zincirinin Bulanıklığı İle Malzeme ve Bilgi Akışı Arasındaki İlişki	s.27
Grafik 2.1: “Yaş” Bulanık Değişkeninin Grafikselsel Gösterimi	s.45
Grafik 2.2: Klasik ve Bulanık Uzun Boylular Kümelerine İlişkin Üyelik Dereceleri	s.48
Grafik 2.3: Normal ve Normal Olmayan Bulanık Kümeler	s.50
Grafik 2.4: α - Kesimi Kümesi	s.52
Grafik 2.5: Gerçek Sayılarda Tanımlı Seviye Kümeleri.	s.52
Grafik 2.6: Dış Bükey Bulanık Küme	s.53
Grafik 2.7: Dış Bükey Olmayan Küme	s.53
Grafik 2.8: Üçgensel Üyelik Fonksiyonu	s.58
Grafik 2.9: Yamuksal Üyelik Fonksiyonu	s.58
Grafik 2.10: Gaussian Üyelik Fonksiyonu	s.59
Grafik 2.11: Çan Şeklinde Üyelik Fonksiyonu	s.60
Grafik 2.12: Sigmoidal Üyelik Fonksiyonu	s.60
Grafik 2.13: Üyelik Fonksiyonu Kısımları	s.61
Grafik 2.14: Sistemin Karmaşıklığına Göre Modeldeki Belirsizlik.	s.75
Grafik 2.15: Bulanık Karar Kümesinin Üyelik Fonksiyonu.	s.78
Grafik 3.1. i. Hedef İçin Doğrusal Üyelik Fonksiyonu	s.89
Grafik 3.2. Bulanık Talebin Üçgensel Dağılımı	s.90

GİRİŞ

İşletmeler, ürettikleri ürünleri müşterilerine ulaştırabilmek için tedarikçiler, dağıtıcılar ve müşterilerden oluşan bir zincir oluştururlar. Günümüzde işletmelerin rekabet avantajı elde edebilmeleri için bireysel başarılarından çok bu tedarik zincirinin başarısı üzerine odaklanmaları gerekmektedir. Bunun için de zincirde yer alan, işbirliği halindeki her üyenin eşgüdümünün sağlanması gerekir. “Tedarik Zinciri Yönetimi” olarak bilinen bu felsefe, işletmelere daha geniş olanaklardan yararlanarak rekabet etme olanağı tanımaktadır.

Müşterilerinin ihtiyaçlarına uygun ürünleri, istenilen miktarda, tam yerinde, tam zamanında, minimum maliyetle ulaştırarak rekabetin olmazsa olmaz ilkesi olan “müşteri memnuniyeti” ni elde etmek isteyen işletmeler, tedarik zincirini etkin bir şekilde oluşturmak ve yönetmek zorundadır. Bu durumda tedarik zinciri ağının oluşturulması ve optimizasyonu konuları önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada belirsiz talep koşullarında faaliyet gösteren bir işletmenin tedarik zinciri ağı problemini matematiksel olarak formüle etmek ve ağ optimizasyonunu sağlamak amacıyla bir bulanık hedef programlama modeli oluşturulmuş ve çözümü aranmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde tedarik zinciri ve tedarik zinciri yönetiminin genel özellikleri, bileşenleri, tarihsel gelişimi, tedarik zinciri yönetiminde karar seviyeleri, tedarik zinciri modelleme konularına ve modelleme ile ilgili geniş bir literatür taramasına yer verilmiştir.

İkinci bölümde Bulanık Hedef Programlama konusu “Bulanık Mantık” , “Hedef Programlama” ve “Bulanık Hedef Programlama” olmak üzere üç ana başlık olarak incelenmiştir.

Üçüncü ve son bölümde tekstil sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin tedarik zinciri ağı optimizasyonu için bulanık hedef programlama modeli formüle edilmiş, kullanılan çözüm yöntemi ile elde edilen sonuçlara ve yorumlara yer verilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

Çalışmanın bu bölümünde tedarik zinciri kavramı ve bileşenleri, tedarik zinciri yönetimi kavramı ve tarihsel gelişimi, tedarik zinciri yönetiminde karar seviyeleri ve tedarik zinciri modelleme konularına yer verilerek tedarik zinciri yönetimi ile ilgili genel bir çerçeve çizilecektir.

1.1. TEDARİK ZİNCİRİ KAVRAMI VE YAPISI

Tedarik zinciri, üretimde kullanılacak hammadde ve yardımcı malzemeler ile üretim araçlarının bir araya getirilerek üretim noktalarına en uygun maliyet ve koşullarla temin edilmesi, üretim içi süreçlerde etkinliğin sağlanabilmesi için üretim faaliyetlerinin desteklenmesi, nihai müşterilere en iyi şart ve maliyetlerle ürünün ulaştırılması süreçlerini kapsamaktadır. Bu yönü ile tedarik zinciri üretim süreçleri dışında, ana faaliyet olan üretimi desteklemek ve en iyi şartlarla faaliyetini sürdürmesi için yapılan çabaların genel adı olarak tanımlanabilmektedir (Görçün, 2010: 3).

Tedarik Zinciri Konseyi'ne göre, Tedarik Zinciri kavramı son ürünün üretilmesi ve tedarikçinin tedarikçisinden müşterinin müşterisine kadar dağıtım ile ilgili bütün çabaları kapsar (Şekil 1.1). Bu çabalar plan (tedarik ve talebin yönetimi), kaynak (hammadde ve yarı mamullerin temini), üretim (imalat ve montaj), teslim (depolama ve stok takibi, sipariş alımı ve yönetimi, bütün kanal boyunca dağıtım ve müşteriye teslim) olmak üzere dört temel süreçten oluşur (http://www2.bayar.edu.tr/kulamyo/docs/turker_palamutcuoglu/TYDN.pdf).

Şekil 1.1: Tedarik Zinciri

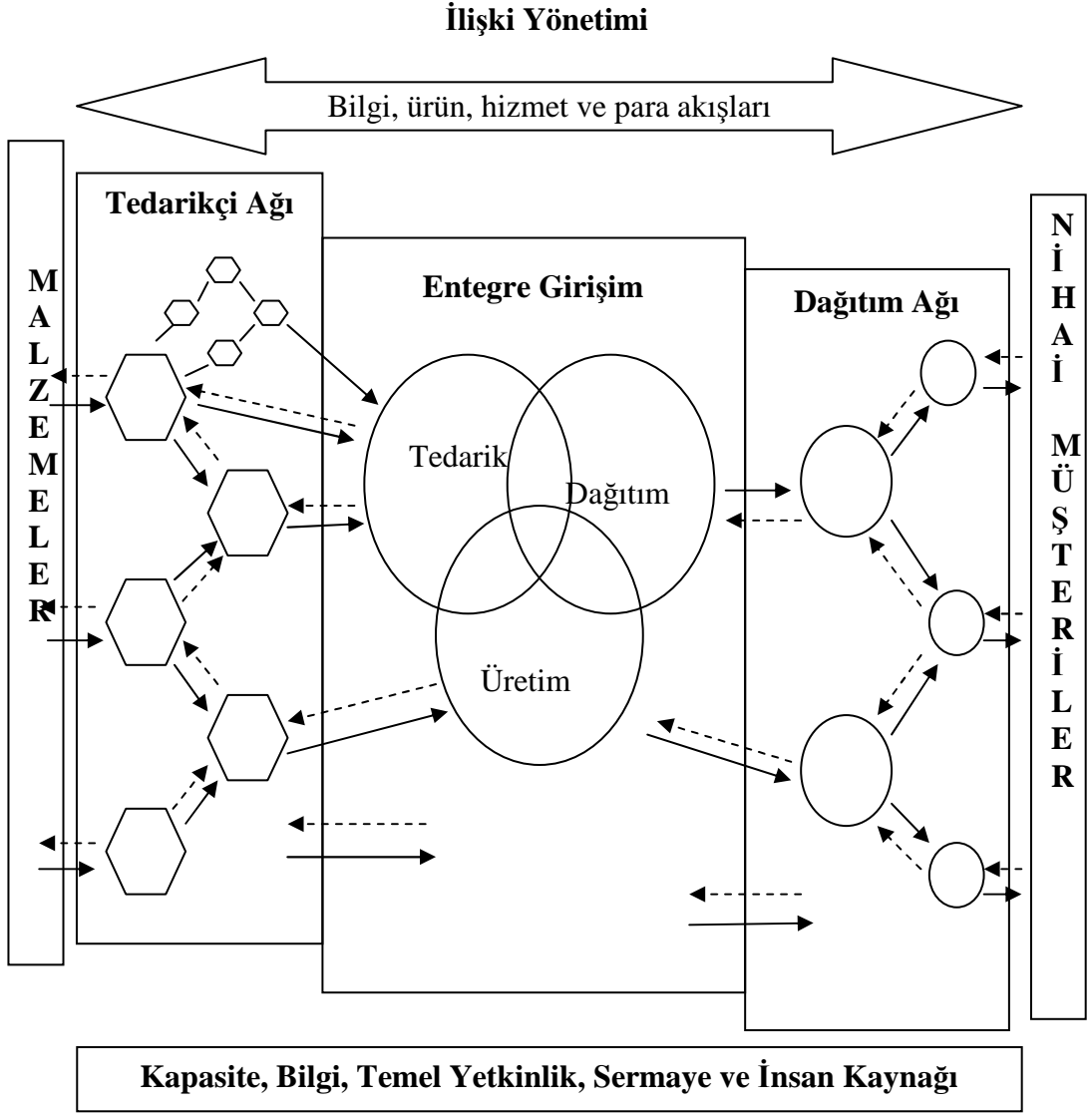


Kaynak: www.utikad.org.tr/sector.asp?id=7.

Tedarik zinciri, hammaddelerin elde edilmesi, bu hammaddelerin özellikli nihai ürünlere dönüştürülmesi ve bu nihai ürünlerin perakendecilere dağıtılması çabaları için bir dizi çeşitli iş grubunun (tedarikçiler, üreticiler, dağıtıcılar ve perakendeciler gibi) birlikte çalıştıkları bir süreç olarak da tanımlanabilir (Beamon, 1998: 281).

Şekil1.2'de de görüldüğü gibi genel bir tedarik zinciri, hammadde ve malzemelerin temin edildiği tedarikçiler ve tedarikçilerin tedarikçilerinin oluşturduğu *tedarikçi ağı*; üretimi gerçekleştiren, tedarikçi ağının bitiş düğümü, dağıtım ağının başlangıç düğümü olan, zincirin merkezindeki *bütünleşik girişim* ve üretilen nihai ürün ve hizmetleri müşteriye ulaştıracak olan *dağıtım ağından* oluşur. Zincirin bu bileşenleri arasında kapasite, sermaye, bilgi gibi çeşitli kısıtlar altında bilgi, para, ürün ve hizmet akışları gerçekleşir.

Şekil 1.2: Genel Tedarik Zinciri Modeli



Kaynak: Bowersox vd., 2002, s. 6.

Tedarik zincirinin farklı yönlerine ilişkin özellikleri şu şekilde sıralanabilir;

- Tedarik zinciri, doğrudan ve dolaylı müşteri taleplerini karşılamak için, sadece üretici ve tedarikçiden oluşmayan, aynı zamanda taşımacılar, depolama hizmeti verenler, perakenciler, müşteriler ve diğer tüm aktörleri içeren bir zincirdir (Chopra ve Meindl, 2003: 2).

- Bir tedarik zinciri, tedarikçi ve müşteriler arasında en düşük maliyet ve en yüksek hızla malzeme ve bilgi akışını geliştirmek için birlikte çalışan organizasyonların global bir ağıdır (Govil ve Proth, 2002; 7).
- Tedarik zinciri, bir firmanın tedarikçilerini müşterilerine bağlayan, değer katan faaliyetler setidir (Harrison vd., 2003: 4).
- Tedarik zinciri, işletmede doğru malzemelerin, hizmetlerin ve teknolojinin doğru kaynaktan, doğru zamanda, uygun kalitede satın alındığının garanti edilmesinden sorumludur (Güleş vd., 2010: 8).
- Tedarik zinciri, son ürün için gerekli hammaddelerin satın alınmasıyla başlar. Ardından üretim süreci, depo yönetimiyle devam eder ve ürünlerin müşteriye ulaştırılmasıyla son bulur (Karasu, 2006; 4).
- İşletmeler, zincirde stok yatırımlarını azaltmak, müşteri hizmetini arttırmak, kanal için bir rekabet avantajı oluşturmaya yardım etmek için tedarik zinciri oluştururlar (Cooper ve Ellram, 1993).

Tedarik zinciri, tanımlarından da anlaşılacağı gibi karmaşık bir sistemdir ve bu sistemi oluşturan bileşenler arasında sürekli bir bilgi alışverişi etkileşim söz konusudur. Halkaların birinde oluşacak aksaklık diğerini de olumsuz etkilemektedir (Kulu, 2006; 5). Tedarik zincirinde bilgi, malzeme ve finansman akışının sağlanması tedarik zincirinin karmaşıklığına paralel olarak zorlaşmaktadır. Tedarik zincirinde yer alan birimlerin birbiriyle zamanında ve doğru bilgi alışverişinde bulunmaları gerekir. Ters durumda stok fazlası, atıl kapasite, yüksek üretim, taşıma masrafları ve artan müşteri memnuniyetsizliği gibi problemlerle karşılaşılır.(Karasu, 2006; 4).

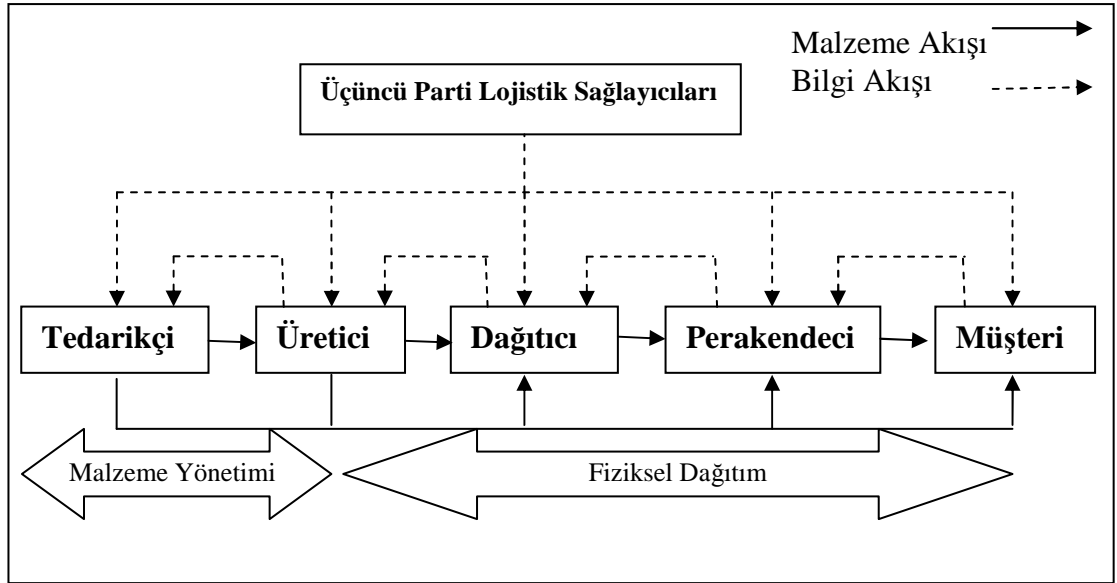
Tedarik zinciri iki ana iş sürecinden oluşmaktadır(Min ve Zhou, 2002: 232):

- **Malzeme Yönetimi:** Malzeme akış döngülerinin, satın alma ve iç kontrol sürecinde nihai ürünlerin depolanması, taşınması ve dağıtımıyla ilgili planlama ve kontrol faaliyetlerinin tümünü içeren bir sistemdir.
- **Fiziksel Dağıtım:** Bütün sipariş süreci, stokların stratejik olarak yerleştirilmesi, depolama ve elde tutma, dış taşıma/ulaştırma, konsolidasyon, ücretlendirme, promosyon, geri dönen ürünleri depolama

ve ömür boyu ürün desteği işlemlerini kapsamaktadır (Bowersox ve Closs, 1996: 35).

Şekil 1.3.'te tedarik zincirinin bu iki ana süreç görsel olarak özetlenmiştir.

Şekil 1.3: Tedarik Zincirinde Malzeme Yönetimi ve Fiziksel Dağıtım Süreçleri



Kaynak: Min ve Zhu, 2002, s. 232.

Tedarik zincirindeki aktörlerin amacı, en güncel ve doğru bilgiyi diğer zincir üyelerine aktararak dengenin kurulmasını ve nihai ürünün zincirin başından sonuna en kısa zamanda ve en düşük maliyetle ulaşmasını sağlamaktır. Gereksiz stokların azaltılması ve müşteriye en kısa sürede cevap verebilme konuları zincirin kısa dönemli amacı iken; doğru ürünü doğru yerde müşteriye teslim etme ve bu yolla karlılığını ve pazar payını arttırmak zincirin uzun dönemli amacıdır.

1.1.2. Tedarik Zinciri Bileşenleri

Bir tedarik zinciri içerisindeki farklı işlevleri üstlenen işletmeler, faaliyetler ve varlıklar yer almaktadır. Swaminathan vd. (1998) tedarik zincirinde yer alan elemanları yapısal bileşenler ve kontrol bileşenleri olmak üzere iki grupta incelemiştir.

1.1.2.1.Yapısal Bileşenler

Tedarik zincirinin yapısal bileşenleri üretim bileşenleri ve ulaştırma bileşenleri olmak üzere iki grupta incelenir. Tedarik zincirinin genel ağ yapısında görülen tedarikçiler, üreticiler, dağıtıcılar ve perakendeciler zincirin üretim bileşenlerini oluştururken, zincirde ürün akışını sağlayan araçlar ulaştırma bileşenini oluşturur.

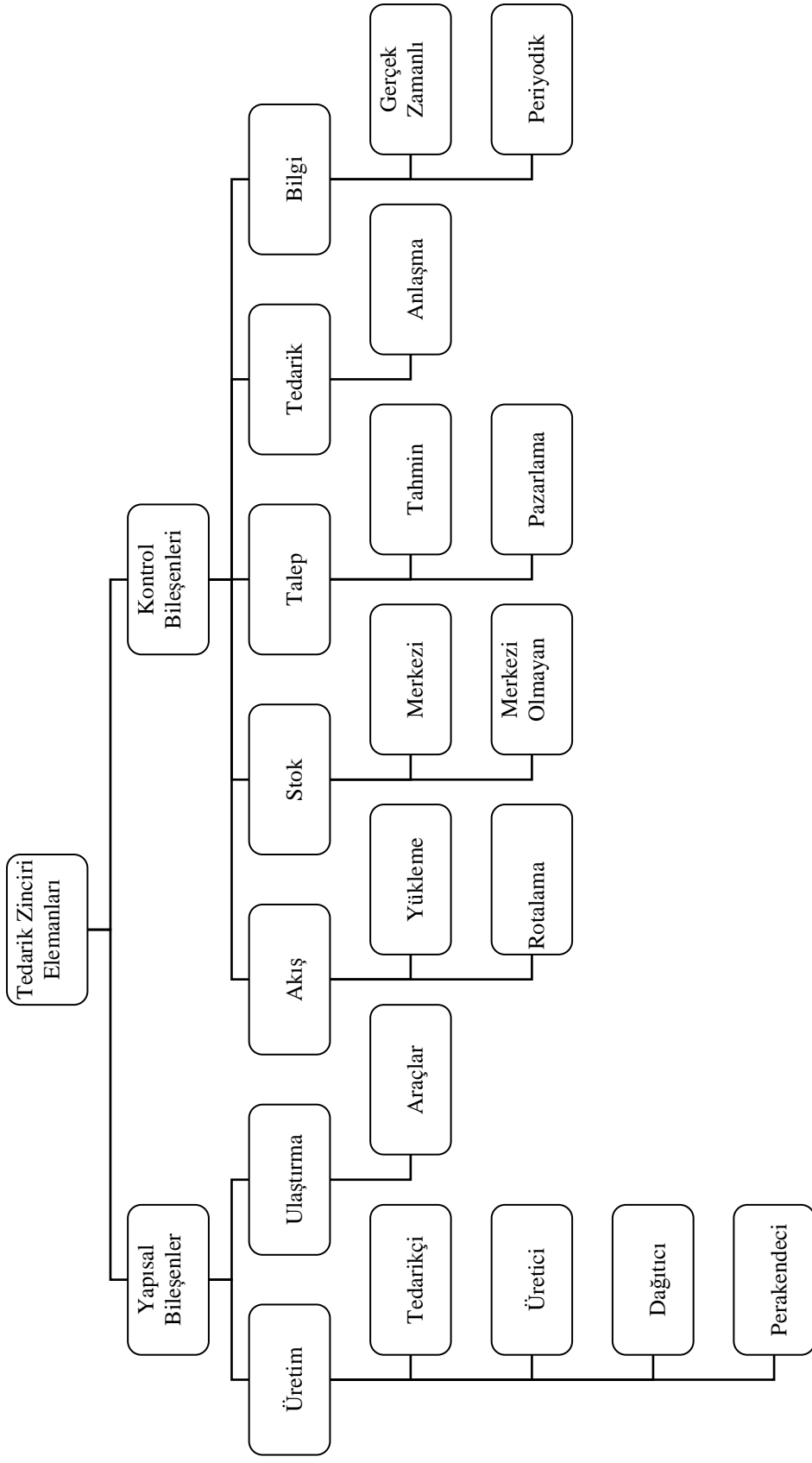
- **Perakendeciler**

Stok bulundurup bunları dağıtıcılara göre daha küçük miktarlarda satan işletmelerdir. Bu işletmeler, ürünlerin satıldığı müşterilerin taleplerinde ve tercihlerindeki değişimleri yakından izleme olanağına sahiptir (Yüksel, 2010; 80). Bu nedenle perakendeciler diğer tedarik zinciri üyelerine oranla çevrelerindeki risk ve fırsatları daha iyi görebilmekte, bu risk ve fırsatlara yönelik tavır geliştirebilmektedirler (Görçün, 2010; 47).

- **Dağıtıcılar**

Üreticilerden stokları yığın olarak alıp bir dizi ilişkili ürün hattı vasıtasıyla müşterilere ulaştıran işletmelerdir. Elleri stok bulundurarak talepteki dalgalanmalara karşı üreticileri korurlar. Satış, müşteri bulma ve müşteriye hizmet verme işlerini de üstlenebilmektedir.

Şekil.1.4: Tedarik Zinciri Bileşenleri



Kaynak: Swaminathan vd., 1998, s. 61

- **Üreticiler**

Hammadde, yarı mamul ya da nihai ürün üreten işletmelerdir. Bir tedarik zinciri üyesinin üretici olarak değerlendirilebilmesi için hammadde-yarı mamul ya da yarı mamul-nihai ürün çevrimi içerisinde yer alması ve bu şekilde bir katma değer yaratması gerekmektedir (Görçün, 2010: 43). Üretilen ürün somut bir nesne olabileceği gibi tasarım, yazılım, hizmet gibi soyut da olabilmektedir.

- **Tedarikçiler**

Üretici işletmelere gerekli olan ürün ve malzemeleri tedarik eden işletmelerdir. Tedarikçiler de birer üretici olabilir ya da kendi tedarik zincirlerine sahip olabilirler. Faaliyetleri, hazırlık sürelerini, müşterilerle esneklik anlaşmalarını, maliyet ve paylaşımını belirleyen tedarikçi sözleşmeleri ile karakterize edilir (Swaminathan vd., 1998: 619).

- **Araçlar**

Ulaştırma araçları, ürünlerin bir üretim biriminden diğerine hareketini sağlar. Her aracın kapasite ve hız gibi belirli özellikleri bulunur. Araçların yüklenmesinde, boşaltılmasında ve rotalarının belirlenmesinde akış kontrol bileşenleri kullanılır.

Literatüre dayanarak Swaminathan vd. (1998)'nin belirtmiş olduğu yapısal bileşenlere müşteriler ve hizmet sağlayıcıları da eklenebilir.

- **Müşteriler**

Satın aldıkları ürünü başka bir bileşen olarak kullananlar ya da ürünün nihai kullanıcılarıdır. Müşteriler, tedarik zincirinin yapısına, işleyişine ve alınacak kararlara etki eden en temel unsurdur.

- **Hizmet Sağlayıcıları**

Belirli bir iş kolunda uzmanlaşmış işletmelerdir ve tedarik zincirinde diğer işletmelere uzmanlık alanları ile ilgili hizmetler sunarlar (Yüksel, 2010; 80). Hizmet sağlayıcıları işletmelerin dikkatlerini kendi ana faaliyetlerine odaklanarak rekabet avantajı sağlamlarına olanak tanır, maliyetlerini azaltırlar, tedarik zinciri üyelerinin pazar ve talep değişikliklerine kolay cevap verebilmesini sağlar.

1.1.2.2.Kontrol Bileşenleri

Kontrol bileşenleri, tedarik zincirinde ürünlerin üretimini ve dağıtılmasını kolaylaştıran bileşenlerdir (Swaminathan vd., 1998: 620). Akış kontrolü, stok kontrolü, talep kontrolü, tedarik kontrolü ve bilgi kontrolü olmak üzere beş grupta incelenebilirler.

- **Stok Kontrolü**

Stok kontrol bileşenleri her tedarik zincirinin en gerekli elemanlarındadır. Tedarik zincirinde malzeme akışları merkezi ve merkezi olmayan olmak üzere iki şekilde kontrol edilir. **Merkezi stok kontrol**, zincir içerisinde bir üyenin ürünün müşteri tarafından kullanılmasına yönelik bilgi temelinde tedarik zincirindeki tüm stokları bir bütün olarak izlenmesi ve yönetilmesi konusunda sorumlu tutulmasıdır. **Merkezi olmayan stok kontrol ise** zincir içerisinde üyelerin tedarik zincirinde belli varlıkların stoklarının izlenmesi ve yönetilmesi konusunda sorumlu tutulmasıdır.

- **Talep Kontrolü**

Tedarik zincirinde talep kontrol süreçleri gerçek talep ve tahminlere dayanır. İki önemli talep kontrol bileşeni pazarlama ve tahminleme bileşenleridir.

Tahminleme Bileşeni; tedarik zincirinde tahminlerin nasıl yapıldığını, zaman içinde nasıl gelişmeler izlendiğini görmemizi sağlar. İtme sisteminde, üretim kararları talep tahminlerine bağlı olduğu için, burada tahminleme çok önemli bir oynar. Büyük tahminleme hataları talep ile üretim arasında büyük dengesizliğe ve yüksek envanter maliyetlerine yol açar. Çekme sisteminde ürünler siparişe göre üretilir. Bu nedenle malzeme tedariki ve kapasite planlamada tahminin doğruluğu önemli rol oynamaktadır.

Pazarlama Bileşeni: Ürün yönetimin en önemli unsurlarından biri ürünün müşteriye nasıl pazarlanacağıdır. Bir ürün grubu için talebi arttırmanın reklam, indirim, mevsimlik satış, kuponlar gibi çeşitli yolları vardır. Talepteki artış mevsimsel, rastgele ya da periyodik olabilir. Bu bileşen talepteki dalgalanmalara göre tedarik zincirinde kullanılacak pazarlama stratejilerinin belirlenmesini sağlar.

- **Tedarik Kontrolü**

Tedarik kontrol bileşenleri verilen siparişlere malzemelerin hemen teslimi için süreleri ve şartları belirler. Sözleşmeli anlaşmalar tedarik kontrol bileşenlerine örnek olarak gösterilebilir. Tedarik sözleşmesinde malzemenin fiyatı, sözleşme süresi, satın alınacak miktar, yükümlülüğünü yerine getirmeyenlerin cezaları... gibi konulara ilişkin bilgiler yer alır (Swaminathan vd., 1998: 621).

- **Akış Kontrolü**

Akış kontrol bileşenleri ürünlerin üretim ve ulaştırma bileşenleri arasında akışını düzenler. Yükleme ve rotalama olmak üzere iki tane akış kontrol bileşeninden söz edilebilir. **Yükleme bileşeni**, ulaştırma bileşenlerinin yüklenip boşaltılma biçimlerini kontrol eder. **Rotalama bileşeni** de ulaştırma bileşenleri tarafından teslim edilen ürünlerin sırasını kontrol eder. Ulaştırma aracının izlediği rota, büyük ölçüde taşınan ürünlerin gideceği yere bağlıdır. Dolayısıyla rotalama dinamik bir bileşendir.

- **Bilgi Kontrolü**

Bilgi kontrol bileşenleri tedarik zincirinde koordinasyon için önemlidir. Tedarik zincirinde diğer tedarik zinciri bileşenlerindeki stok durumu, kapasite atamaları, makine bozulmaları gibi anlık bilgilerin yayılması anlamında *doğrudan ulaşılabilir bilgi aktarımı* ve strateji değişikliği, fiyat artışları, ürüne yeni özelliklerin eklenmesi gibi bilgileri duyurmak için farklı üretim ve ulaştırma bileşenleri tarafından gönderilen bilgiler anlamında *periyodik bilgi aktarımı* olmak üzere iki türlü bilgi akışı mevcuttur.

1.2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

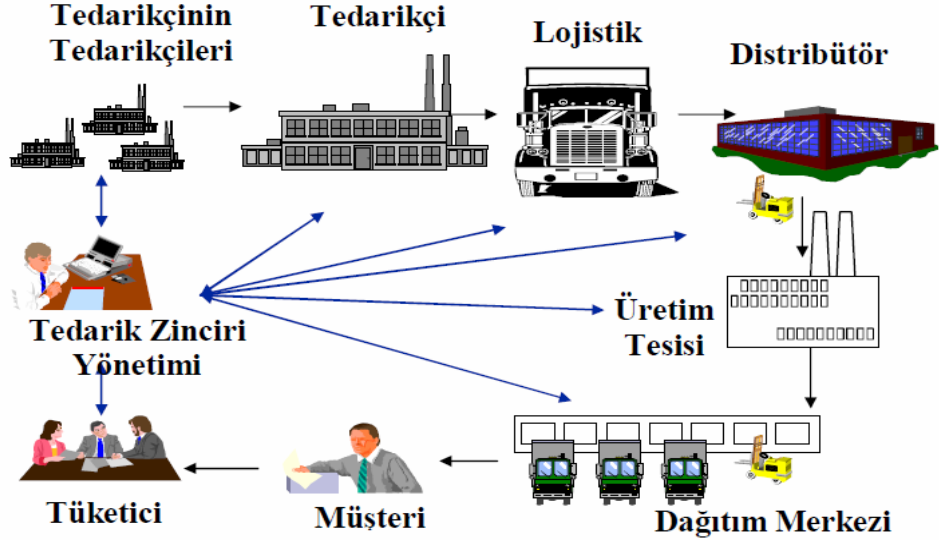
Tedarik zinciri ve zincir bileşenleri hakkında detaylı bilgi verildikten sonra zincir bileşenlerinin entegre edilmesi ile oluşan büyük ve karmaşık bir sistemin, müşteri beklentilerini doğru zamanda, doğru yerde, yüksek kalitede ve düşük maliyetle karşılama hedefi doğrultusunda planlanması, örgütlenmesi, yönlendirilmesi, eşgüdümlemesi ve kontrol edilmesi anlamında tedarik zinciri yönetiminden (TZY) bahsedilmesi gerekir. Bu bölümde tedarik zinciri yönetimi kavramı ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

İşletmelerin faaliyet gösterdikleri alanlarda giderek güçlenen rakipleri karşısında ayakta kalabilmeleri ve rekabet üstünlüğü elde edebilmeleri için, müşterilerine sundukları ürün ve hizmetlerin ham halinden nihai kullanımına kadarki tüm süreçleri, kısaca tedarik zincirini, yüksek kalite, yüksek verimlilik ve düşük maliyet gibi performans ölçütlerini sağlayacak şekilde yönetmeleri gerekir.

Tedarik zinciri yönetimi, son kullanıcıdan asıl tedarikçilere kadar, müşterilere ve diğer paydaşlara, değer katan ürünleri, hizmetleri ve bilgiyi sağlayan anahtar iş süreçlerinin entegrasyonudur (Stock ve Lambert, 2001: 54).

Birden fazla süreci içeren TZY yapısı işletmelerin tek bir yapı gibi davranarak kaynakların ortak kullanımı sayesinde bir sinerji yaratmayı hedeflemektedir. TZY bir araç değil bir felsefedir. TZY ile müşteri istekleri daha kısa sürede ve istenen şekilde yerine getirilir (Susuz,2005;10).

Şekil 1.5: Tedarik Zinciri Yönetimi



Kaynak: Tutkun, 2007, s.8.

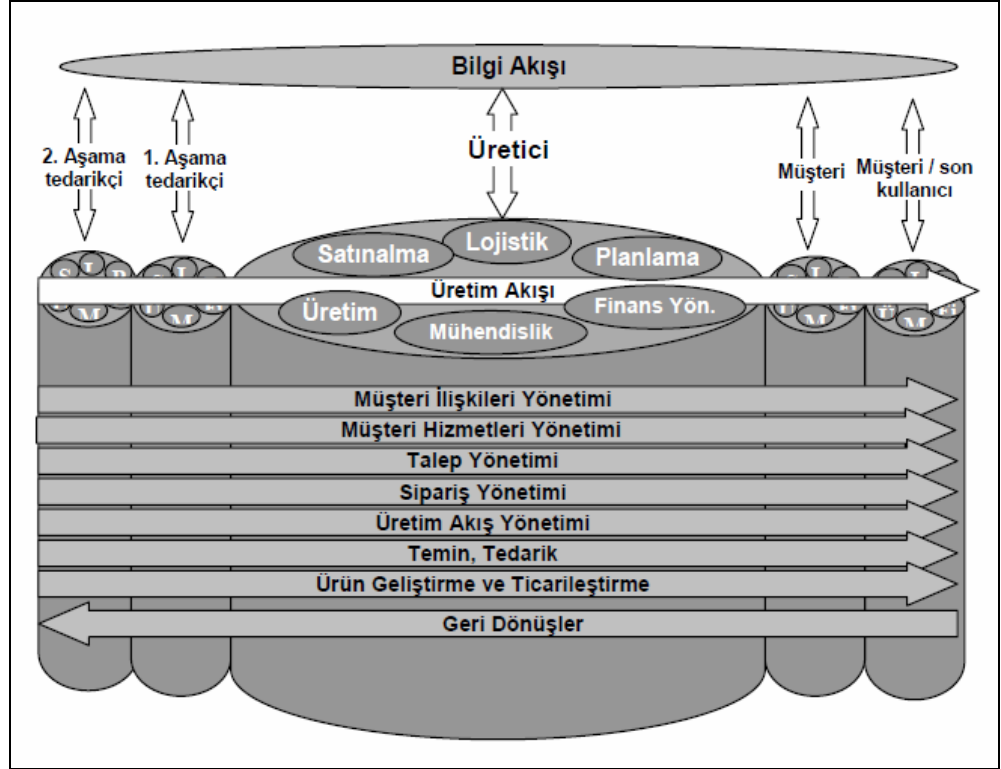
Tedarik zinciri yönetimi, işletme dışında tedarik işlerini sağlayanların yönetilmesi ve bunların etkin çalışması için işletmenin iç kaynaklarını bir bütün halinde ele alan temel bir işletme sistemidir (Güleş vd, 2010: 11) ve tüm pazarlama, bilişim, finans ve dağıtım süreçlerini de ele alacak şekilde ortak bir iş yönetim sisteminin kurulmasını ifade eder (Dönmez, 2007: 8).

Tedarik zinciri yönetimi, sekiz anahtar iş sürecinin yönetimidir (Stock ve Lambert, 2001: 54);

1. Müşteri İlişkileri Yönetimi
2. Müşteri Hizmet Yönetimi
3. Talep Yönetimi
4. Sipariş Emirleri
5. Üretim Akış Yönetimi

6. Nakliye
7. Ürün Geliştirme ve Ticarileştirme
8. İadeler/Geri Dönüşler

Şekil 1.6: Tedarik Zinciri Yönetiminde İş Süreçleri



Kaynak: Stock ve Lambert, 2002, s. 55.

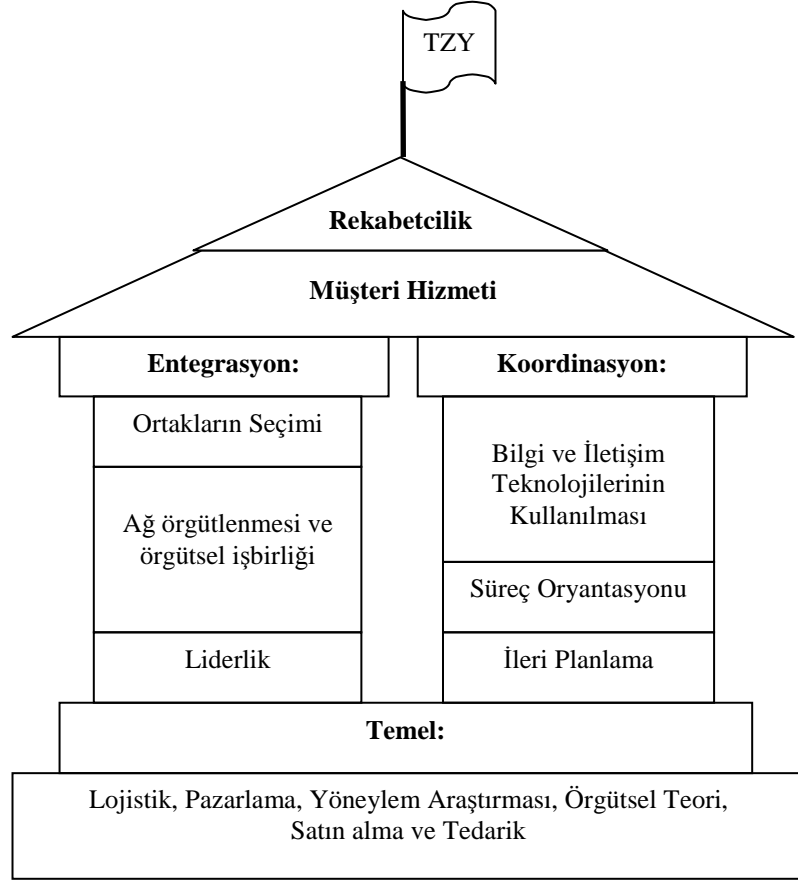
Tedarik zinciri yönetiminin ana fikri, hammadde tedarikçilerinden fabrikalara, depolara ve nihai müşterilere doğru bilgi, mal ve hizmet akışlarının yönetimine toplam sistem yaklaşımını uygulamaktır (Jacops ve Chase, 2010: 17).

Tedarik zinciri yönetimi, toplam maliyeti düşürürken zinciri müşteri ihtiyaçlarına daha duyarlı hale getirmek için zincir boyunca malzeme, hizmet ve bilgi akışını yönetme ve entegrasyon üzerine odaklanır (Russel ve Taylor, 2009: 410).

Tedarik zinciri yönetimi, bir tedarik zinciri boyunca organizasyonel birimleri bütünleştirme ve bir bütün olarak tedarik zincirinin rekabetçiliğini geliştirmek

amacıyla müşteri taleplerini karşılamak için malzeme, bilgi ve finansal akışlarının koordinasyonu işidir. Bu tanım Şekil 1.7.'deki tedarik zinciri evi ile görselleştirilebilir (Statler, 2005: 576).

Şekil 1.7: Tedarik Zinciri Evi



Kaynak: Statler, 2005, s. 576.

Tedarik zinciri evinin çatısını tedarik zinciri yönetiminin amaçları (rekabetçilik ve müşteri hizmeti) oluşturur. Çatı, iki sütun üzerinde durur; örgütsel birimlerin entegrasyonu ve akışların koordinasyonu. Her sütunda tedarik zinciri yönetiminde önemli rol oynayan üçer blok bulunmaktadır.

Tedarik zincirinde birimlerin bütünleştirilmesine birlikte iş yapılacaktır. Zincirde yer alacak iş ortaklarının seçiminde işletmelerin temel yetkinlikleri, güven, kültür, organizasyonel yapı, finansal yapı gibi

unsurlar göz önünde bulundurulur. Tedarik zinciri, ortak bir amaçla bir araya gelmiş olan bu iş ortaklarının oluşturduğu bir ağıdır.

Tedarik zinciri, zincirde lider bir işletmenin bulunup bulunmaması durumlarına göre farklı isimler alır. Zincirde belirgin bir lider (merkez) yapı varsa “merkezi” tedarik zincirinden, zincirdeki tüm işletmeler eşit kabul ediliyorsa “merkezi olmayan” tedarik zincirinde bahsedilir.

Tedarik zincirinde koordinasyonun en önemli unsuru ortaklar arası sağlıklı iletişimidir. Günümüzde bilgi ve iletişim teknolojileri tedarik zincirinde yer alan ortakların anlık bilgi paylaşımını sağlamaktadır. Zincirde koordinasyonun ikinci önemli unsuru süreç oryantasyonu, süreçleri ve ortak faaliyetleri hızlandırmak için iş fonksiyonları arasındaki engelleri kaldırmayı amaçlar. Koordinasyon sütununda üçüncü blok olan ileri planlama, matematiksel programlama ve sezgisel yöntemler gibi çözüm yaklaşımlarını kullanarak hiyerarşik (stratejik, taktik ve operasyonel) planlama prensiplerine dayanır.

Geleneksel yönetim yaklaşımı ile tedarik zinciri yönetimi yaklaşımının çeşitli yönlerle karşılaştırması Tablo 1.1’te verilmiştir.

Tablo 1.1: Geleneksel ve Tedarik Zinciri Yönetimi Yaklaşımlarının Karşılaştırılması

Bileşen	Geleneksel Yönetim	Tedarik Zinciri Yönetimi
Envanter Yönetimi Yaklaşımı	Bağımsız Çabalar	Kanal Stoklarında Birlikte Azaltım
Toplam Maliyet Yaklaşımı	İşletme Maliyetinin Minimizasyonu	Kanal Genelinde Maliyet Etkinliği
Zaman Ufku	Kısa Dönem	Uzun Dönem
Kanalda Çoklu Düzeylerdeki Koordinasyon Düzeyi	Mevcut İşlemlerle Sınırlı	Süreçlerin Planlanmasında Ve Gözlemlenmesinde Gerektiği Kadar
Birlikte Planlama	İşlem Bazlı	Sürekli
Kurum Felsefesinin Uygunluğu	Uygun Değil	Anahtar İlişkiler İçin En Az Uygunluk
Tedarikçi Tabanının Genişliği	Rekabeti Arttırmak ve Riski Dağıtmak İçin Geniş	Koordinasyonu Arttırmak İçin Küçük
Kanal Liderliği	İhtiyaç Duyulmaz	Koordinasyon Odağı İçin Gerekli
Riskin Dağıtılma ve Karşılıkların Miktarı	Herkes Kendisi	Riskler ve Karşılıklar Uzun Döneme Yayılır
İşlemlerin Hızı, Bilgi ve Envanter Akışı	“Depo” Güdümlü. Akışlar Sınırlamalarla Kesilmiş, Kanal Çiftlerine Lokalize	“Dağıtım Merkezi” Güdümlü, Bağlantılı Akışlar, JIT, Hızlı Yanıt Verme

Kaynak: Cooper ve Ellram, 1993, s.16.

1.2.2. Tedarik Zinciri Yönetiminin Avantajları ve Dezavantajları

Etkin bir TZY, işletmenin üretim ve pazarlamaya ilişkin faaliyetlerini olumlu yönde etkileyecek, daha fazla müşteri memnuniyeti, daha etkin ve verimli olmayı sağlayacak, daha düşük maliyetler ve daha yüksek kar ile birlikte istikrarlı büyümenin yolunu açacaktır (Susuz, 2005: 15).

Tedarik zinciri yönetiminin etkin olması işletme açısından;

- Girdilerin teminini garantileyerek, üretimin devamlılığını sağlar.
- Tedarik süresini azaltarak pazardaki değişikliklere daha kısa sürede cevap verilmesini sağlar.
- Tüketici isteklerini en iyi şekilde karşılayarak kaliteyi artırır.
- Teknoloji kullanarak yeniliği teşvik eder.
- Toplam maliyeti azaltır.
- İşletmenin tüm bilgi, materyal ve para akışı yönetilebilir duruma gelir.
- Çevrim süresini kısaltır.
- Teslimat performansının iyileşmesini sağlar.
- Stok maliyetini azaltır.
- Tahmin doğruluğunu artırır.
- Kapasite gerçekleştirme oranını artırır.
- Zincir boyunca verimliliği artırır.

Etkin bir tedarik zinciri yönetiminin işletmeye en büyük katkısı talep tahmin başarısı ve envanterin azaltılması alanlarında görülür. Tedarik zinciri optimizasyonunun çeşitli yönlerden işletmeye katkıları Tablo 1.2’de gösterilmiştir.

Tablo 1.2: Tedarik Zinciri Optimizasyonunun İşletmeye Sağladığı Katma Değer

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

Kaynak: Şen, 2008, s. 6.

Tedarik zincirinin kötü yönetilmesi durumunda ise sağladığı avantajları dezavantaja dönüştür ve işletmelerin rakiplerine oranla rekabet güçlerini yitirmelerine neden olur. İşletmenin tedarik zincirinin kötü yönetimi nedeniyle uğradığı kayıpları şu şekilde özetlemek mümkündür(<http://www.igeme.org.tr/tur/pratik/tedarik.pdf>):

- Gerektiğinden fazla ve işlevsiz envanterden kaynaklanan kar kayıpları.
- Beklenmeyen taleplerin karşılanmasından ve yanlış yürütülen tahsis işlemlerinden kaynaklanan gelir kayıpları.
- Taleplerin karşılanmaması ve beklentilerin yanlış yönlendirilmesi neticesinde oluşan müşteri kayıpları.
- Müşteri hizmetleri ve ürün iyileştirme taleplerini daha iyi karşılayabilen rakiplere karşı kaybedilen pazar payı.
- Operasyonel belirsizlikleri ortadan kaldırabilmek için çok fazla zaman ayrılan planlama çevrimleri neticesinde oluşan üretim zamanı kayıpları.
- Zamanında ve istenilen miktarda ürün teslim etmek konusunda yaşanan yetersizlik nedeniyle ortaklık fırsatlarının kaçırılmasına yol açar.

1.2.3. Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimi

Ross, tedarik zincirinin tarihsel gelişimini beş evrede açıklamaya çalışmıştır;

1. Depolama ve Taşıma
2. Toplam Maliyet Yönetimi
3. Bütünleşik Lojistik Yönetimi
4. Tedarik Zinciri Yönetimi
5. E-Tedarik Zinciri Yönetimi

Bu dönemlere ilişkin genel özellikler Tablo1.3.'de özetlenmiştir.

Belirtilen dönemler boyunca TZY' nin gelişimini sağlayan etkenler şöyle sıralanabilir;

- Küreselleşme
- Ulusal ve uluslararası alanda artan rekabet koşulları
- Bilgi ve iletişim teknolojilerinde meydana gelen hızlı ilerlemeler
- Lojistikte dış kaynak kullanımı

Tablo 1.3: Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimi

Aşama	Yönetsel Odak	Organizasyonel Tasarım
1. Aşama 1960'lara Depolama ve Ulaştırma	*İşlemlerin performansı *Satış/pazarlama için destek *Depolama *Stok Kontrol *Ulaştırmanın Etkinliği	*Merkezi olmayan lojistik fonksiyonlar. *Lojistik fonksiyonlar arasında zayıf içsel bağlar. *Biraz lojistik yönetimi otoritesi
2. Aşama 1980'lere Toplam Maliyet Yönetimi	*Lojistik Merkezileşme *Toplam Maliyet Yönetimi *Faaliyetlerin Optimizasyonu *Müşteri Hizmeti *Bir Rekabet Avantajı Olarak Lojistik	*Merkezileşmiş Lojistik Fonksiyonlar *Lojistik Yönetiminin Güçlenen Otoritesi *Bilgisayar Uygulamaları
3. Aşama 1990'lara Bütünleşik Lojistik Yönetimi	*Lojistik Planlama *Tedarik Zinciri Stratejileri *İşletme Fonksiyonları ile Entegrasyon *Kanal Faaliyet Fonksiyonları ile Entegrasyon	*Lojistik Fonksiyonların Genişlemesi *Tedarik Zinciri Planlama * Toplam Kalite Yönetimi için Destek *Lojistik Yönetim Fonksiyonlarının Gelişmesi
4. Aşama 2000'lere Tedarik Zinciri Yönetimi	*Tedarik Zincirinin Stratejik Görüntüsü *Dışsal Teknolojilerin Kullanımı *Birlikte Evrimleşen Kanal İşbirliklerinin Gelişmesi *Kaldıraç Kanal Yetkinliklerinde İşbirliği	*Ticaret Ortaklığı Ağı *Dikey Organizasyon *Pazarın Birlikte Evrimi *Benchmarking ve Yeniden Yapılanma *Tedarik Zinciri Toplam Kalite Yönetimi Ölçütleri
5. Aşama 2000+ e-Tedarik Zinciri Yönetimi	*Tedarik Zinciri Yönetimi Konseptine İnternet Uygulaması *Tüm Veri Tabanında Biranda Paylaşılan Düşük Maliyet *e-Bilgi *Tedarik Zinciri Yönetimi Senkronizasyonu	*Ağlaşmış, Çok Girişimli Tedarik Zinciri *.com'lar, Elektronik Perakendeciler, Pazarlar, Döviz. *Organizasyonel Çeviklik ve Ölçeklenirlik

Kaynak: Ross, 2003, s. 6

1.3. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNDE KARAR VERME

Başarılı tedarik zinciri yönetimi bilgi, ürün ve para akışı ile ilgili olarak birçok kararın alınmasını gerektirir. Bu kararlar, kararın sıklığına ve karar aşamasının sahip olduğu etkiye bağlı olarak üç kategoriye veya aşamaya ayrılır (Chopra ve Meindl, 2004: 7-8):

1. Stratejik Düzey: Bu aşama boyunca bir işletme, önündeki yıllarda tedarik zincirini nasıl yapılandıracağı kararını verir, zincirin yapılandırmasının nasıl olacağı, kaynakların nasıl dağılacığı ve her aşamada hangi süreçlerin gerçekleşeceği kararlarını alır. İşletmeler tarafından alınan stratejik kararlar konumu, üretim ve depolama alanlarının kapasitelerini, yükleme noktalarındaki üretilen veya depolanan ürünleri ve yararlı olan bilgi sistemi tiplerini içermektedir.

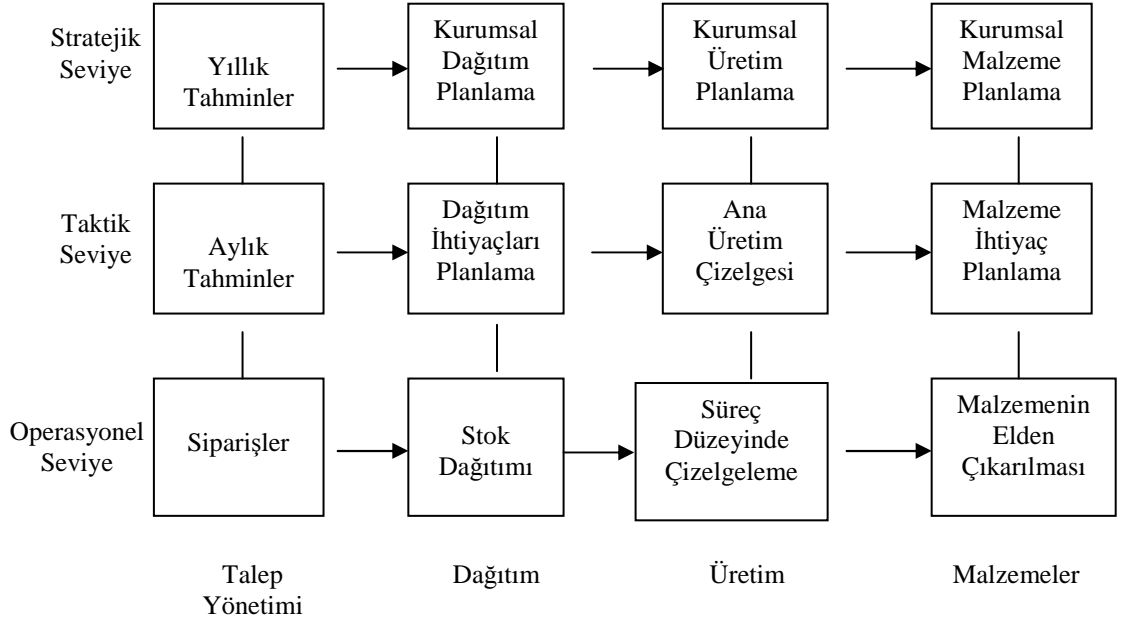
Tedarik zinciri tasarım kararları tipik olarak uzun dönem için alınır ve kısa dönem için pahalıdır. Bu nedenle işletmeler bu tür kararları aldıklarında, önlerindeki birkaç yıl boyunca pazar koşullarındaki belirsizliği hesaba katmak zorundadırlar.

2. Taktik Düzey: Bu aşamada alınan kararlar için zaman periyodu bir çeyrek yıl olarak düşünülür. Stratejik aşamada tedarik zincirinin yapısı sabittir, bu nedenle yapı, planlamaya kısıtlar koyar. İşletmeler planlama aşamasına bir sonraki yıl için farklı pazarlardaki talebin tahminlenmesi ile başlar. Taktik düzeyde, hangi konumda hangi pazarların talebinin karşılanacağı, üreticinin hizmet sağlayıcıları, izlenecek envanter politikaları ve pazarlama promosyonlarının miktar ve zamanları ile ilgili kararlar alınır. Bu aşamada işletmeler kararlarında, talepteki belirsizliği, döviz kurlarını ve rekabeti göz önünde bulundurmalıdır. Planlama aşamasının sonucu olarak işletmeler, kısa dönem operasyonlarını yöneten işlem politikalarını tanımlarlar.

3. Operasyonel Düzey: Bu karar düzeyinde zaman dilimi haftalık veya günlükdür. Bu aşama boyunca işletmeler bireysel müşteri siparişleri ile ilgili kararlar alırlar. Operasyonel seviyede tedarik zinciri yapılanması sabit düşünülür ve planlama politikaları henüz tanımlanmıştır. Tedarik zinciri işlemlerinin amacı gelen müşteri siparişlerini mümkün olan en iyi biçimde ele almaktır. Bu aşama boyunca firmalar, stokları veya üretimi bireysel siparişlere dağıtır, siparişlerin karşılanması için tarihler belirler, bir depodaki çekme listelerini belirler, belirli bir taşıma türüne ve taşımaya siparişleri dağıtır, kamyonların teslim programlarını hazırlar ve ikmal emirlerini verir. Operasyonel kararlar kısa sürede alınır, talep bilgisiyle ilgili daha az belirsizlik vardır. Verilen kısıtlar yapılanma ve planlama politikaları tarafından oluşturulur, operasyonel aşama boyunca amaç, belirsizliği olabildiğince azaltmak ve performans optimizasyonudur.

Farklı düzeylerde alınan kararların gelirler, maliyetler ve hizmet düzeyi üzerinde önemli etkileri vardır. Bu karar bileşenleri Şekil 1.9'da görüldüğü gibi birbirleriyle etkileşimdedir, bu sebeple karar sürecinde koordinasyon etkisinin değerlendirilmesi gereklidir. Aktiviteler arasında önemli maliyet çatışmaları olan durumlarda da bu aktiviteler koordineli biçimde yönetilmelidir (Küçükdeniz, 2004: 4).

Şekil. 1.8: Tedarik Zincirinde Farklı Karar Seviyelerindeki Faaliyetler



Kaynak: Fox vd., 1993, s. 2.

Tedarik zincirinde her karar aşaması için modelleme metotları farklılık göstermektedir. Genellikle operasyonel seviyede matematiksel modeller, taktik seviyede optimizasyon ve ayrık olay simülasyonu ve stratejik seviyede birleşik modellenmiş simülasyon yöntemi kullanılmaktadır.

Tedarik zinciri yönetimi ile ilgili olarak tanımlara, gelişim sürecine ve karar düzeyleri anlatıldıktan sonra bir sonraki bölümde çalışma konusuyla doğrudan ilgili olarak tedarik zincirinde modelleme hakkında bilgi verilecektir.

1.4. TEDARİK ZİNCİRİ MODELLEME

Çalışmanın bu kısmında tedarik zinciri modelleme süreci, tedarik zinciri ağ yapısı, tedarik zincirinde modellemeyi etkileyen belirsizlik türleri ve modelleme ile ilgili literatür taramasına yer verilmiştir.

1.4.1. Tedarik Zinciri Modelleme Süreci

Her tedarik zinciri modelinin kendine özgü özellikleri olmasına rağmen, bir çoğu aşağıda tanımlanan üç aşamalı sürecin yerine getirilmesini gerektirir (Paksoy, 2005: 438):

a- Problemin Tanımlanması: Bir çalışma halihazırda bir ihtiyacı giderecek şekilde hazırlanmamışsa, detaylı ve eksiksiz olması bir anlam ifade etmez. Etkili bir çalışma yapabilmek için, potansiyel problemleri olan sistem parçalarının incelenmesi ve çalışmanın buna göre hazırlanması gerekir. İyi bir model kurucusu tarafından, sistemin diğer parçalarını da kolayca içine alabilecek şekilde tasarlanmış olmalıdır. Fakat içinde gereksiz ve fazlalık bilgilerin bulunduğu bir model bilgisayar üzerinde diğer modellere göre daha yavaş çalışabilir ve maliyeti daha yüksek olabilir.

b- Hedeflerin Belirlenmesi: Tedarik zinciri modelinin amaçları, üzerinde çalışılacak problemin durumuna göre saptanır. Bu amaçlar daha önce anlatılan Operasyonel, taktik ve stratejik kararların uygulanmasıyla gerçekleştirilecek olan amaçlardır. Belirlenen amaçlar doğrultusunda verilen kararlar mevcut tedarik zinciri ağının daha iyi optimize olmasını sağlar. Bu kararların, gelir, maliyet ve hizmet seviyesi üzerinde çok önemli etkileri vardır. Bu karar bileşenlerinin birbirleriyle etkileşimli olması sebebiyle karar sürecinde koordinasyon ve ödünleşme etkilerinin değerlendirilmesi gereklidir.

c- Model Formülasyonu: Hedeflerin ve problemin belirlenmesinden sonra, modeli kuracak olan kişi modelin temel çatısını geliştirebilir. Bu çatı genellikle olayların prensiplerini ve kullanılan elemanları içerir. Toplanan verilerin doğruluğunun, elde edilen sonuç üzerindeki etkisi büyüktür. Yapılan ilk plan içerisinde; gerekli olan verilerin, bilgi kaynaklarının ve bu bilgilerin nasıl elde edilebileceği belirtilmektedir. İlk olarak, çalışmanın hedefleri ile ilgili olan bu bilgilerin çıkartılması gerekir. Tecrübeli bir model kurucu, çalışmada yer alan diğer kişilere hangi verilerin gerekli hangilerinin gereksiz olduğu konusunda yardım etmelidir. Sistemin taklidini yapmak veya sistemin bir kopyasını çıkarmak için harcanan çaba genellikle gereksizdir. Detayların gerekli olduğu zaman eklenmesi, çalışmanın hedefine ulaşması açısından takip edilmesi gereken en iyi yoldur. Teknik

karışıklıklar modelle, modelin kurulma amacı arasındaki ilişkiden daha az öneme sahiptir (Paksoy, 2005: 438).

Modelleme Kısıtları: Tedarik zincirinde bazı karar alternatiflerinin yapılabilirliklerini belirleyen kapasite, hizmet uyumu, talep gibi etmenler kısıtları oluşturur.

Modelleme Karar Değişkenleri: Tedarik zinciri modellemede amaç fonksiyonları bir veya daha fazla karar değişkeninin fonksiyonu olarak ifade edilir. Bu karar değişkenleri bir veya daha fazla performans ölçütünü optimize etmek üzere seçilir. Tedarik zinciri modellemede literatürde en fazla karşılaşılan karar değişkenleri şu şekilde sıralanabilir (Güleş vd., 2005 ve Beamon, 1998: 288-289);

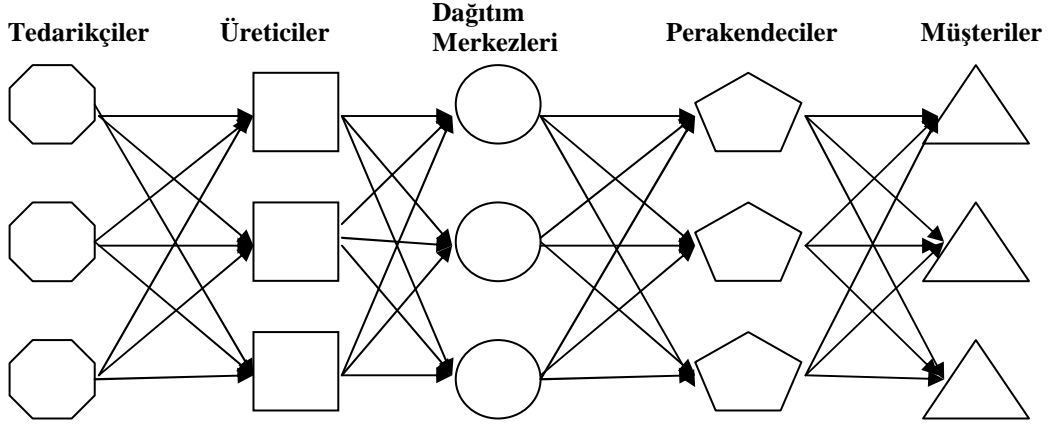
- Üretim-Dağıtım Ağ Yapısı
- Envanter Düzeyi
- Aşama-Katman Sayısı
- Dağıtım Merkezi-Müşteri Ataması
- Fabrika-Ürün Ataması
- Alıcı- Tedarikçi İlişkisi
- Stokta Tutulan Ürün Türü Sayısı
- İşgücü Miktarı

1.4.2. Tedarik Zinciri Ağ Yapısı

Günümüzde küreselleşme ve artan rekabet nedeniyle işletmeler, ürün fiyatlarını, buna bağlı olarak da maliyetlerini ve verimliliklerini daha iyi kontrol etmek zorundadırlar. Birçok işletmeyi bünyesinde bulunduran tedarik zinciri yönetimi yapıları tek bir işletmeymiş gibi davranarak yüksek kalitede, düşük maliyette üretmiş olduğu ürün ve/veya hizmetleri pazara hızlı bir şekilde ulaştırarak yüksek müşteri memnuniyeti sağlamayı amaçlamaktadır. Etkin bir tedarik zinciri tasarımı ve yönetimi düşük maliyetli ve kaliteli ürünlerin gecikmesiz olarak müşteriye tesliminde büyük rol oynamaktadır.

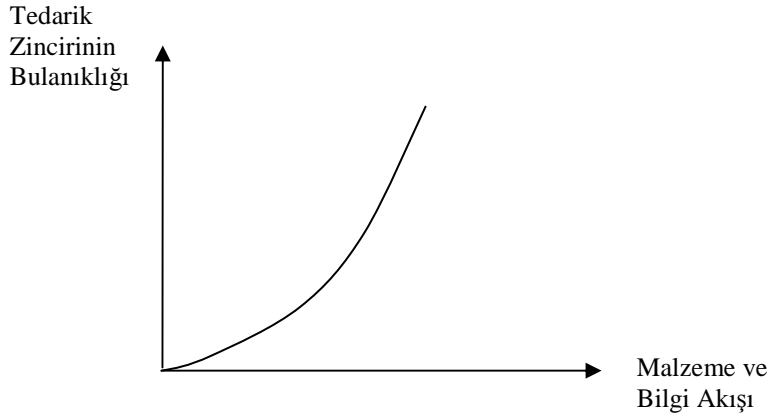
Genel itibariyle bir tedarik zinciri tedarikçiler, üreticiler, dağıtım merkezleri, perakendeciler ve müşterilerden oluşur (Şekil 1.9).

Şekil 1.9: Tedarik Zinciri Ağı



1.4.3. Tedarik Zinciri Yönetiminde Belirsizlik

Birçok sürecin birleşmesinden oluşan tedarik zinciri, karmaşık ve bütünlüklü yapısı ve içinde barındırdığı insan faktörü gereği çok sayıda belirsizlik içermektedir. Zincirdeki karmaşıklık arttıkça bulanıklık da artmaktadır.



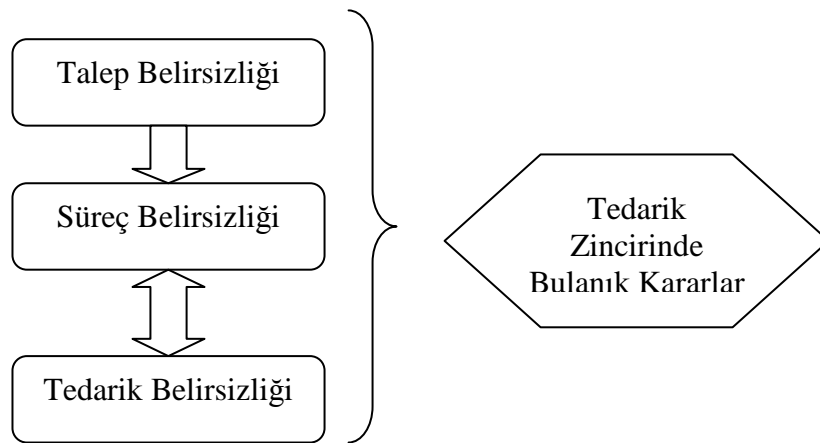
Grafik 1.1: Bir Tedarik Zincirinin Bulanıklığı İle Malzeme ve Bilgi Akışı Arasındaki İlişki

Kaynak: Dönmez, 2007, s. 31.

Bir tedarik zinciri boyunca, tesadüfî olaylar, verilen kararlardaki belirsizlikler, veri eksikliği, talep, üretim ve arz süreçlerine ilişkin mevcut verilerin kesin olmaması gibi çok çeşitli belirsizlik kaynakları ve türleri söz konusudur (Dönmez, 2007: 31). Bu belirsizlik türleri talepte belirsizlik, süreçte belirsizlik ve tedarikte belirsizlik olmak üzere üç grupta toplanabilir (Peidro vd., 2010: 65). Kabak ve Ülengin (2011), bu belirsizlik türlerini Şekil 1.10'da görüldüğü gibi görselleştirmişleridir.

Tedarikte belirsizlik, teslimlerindeki gecikmelerden veya hatalardan dolayı tedarikçinin nasıl işlediği ile ilgili olarak ortaya çıkan çeşitlilikten doğar. Süreçteki belirsizlik, az güvenilir bir üretim sürecinin sonucudur. Son olarak talepte belirsizlik-üçü içinde en önemlisi- talepteki oynaklık ve hatalı talep tahminleri nedenleriyle ortaya çıkar (Peidro vd., 2010: 64). Müşterilerin talep düzeyi, “Talep yaklaşık olarak D_m kadardır ancak kesinlikle D_l 'den daha az ve D_u 'dan daha çok değildir”, “Talep D_l 'den çok daha fazladır” veya daha karmaşık bir şekilde “Talep büyük ihtimalle [D_p , D_o] aralığında olacaktır, ancak talebin sıfır olma ihtimali de orta düzeyde olasıdır” gibi belirsiz olarak farklı şekillerde ifade edilebilir (Petrovic vd., 1999: 445). Bu şekilde doğal dille ifade edilen belirsiz talep düzeyi, bulanık mantıkta geçen farklı üyelik fonksiyonları ile temsil edilebilir.

Şekil 1.10: Tedarik Zincirinde Belirsizlik Alanları



Kaynak: Kabak ve Ülengin, 2011, s. 254.

Tedarik zinciri yönetimi karar sürecinde belirsizlik, etkinliği ve koordinasyonu etkileyen ana faktördür, tedarik zincirindeki diğer halkalara da sıçrama eğilimindedir ve zincirin performansını önemli ölçüde etkiler.

Çoğu tedarik zinciri planlama araştırmalarında, zincirdeki belirsizlik olasılık dağılımları ile modellenmiştir. Olasılık dağılımları genellikle geçmişte kaydedilmiş durumlar incelenerek elde edilir (Petrovic vd., 1999: 65). Ancak istatistiksel veriler güvenilir olmadığında veya tümüyle elde edilemediğinde (eksik olduğunda) stokastik modeller iyi bir seçim olmayabilir (Wang ve Shu, 2005: 108). Bu durumda, kesin olmayan parametreler, deneyimlere ve öznel yönetsel muhakemelere dayanarak tayin edilebilir. Genellikle konuyla ilgili uzman, bir parametreye ilişkin kesin bir değer aralığı söyleyebilir ve söz konusu parametrenin o aralıkta en büyük olasılıkla hangi değeri alacağına ilişkin bir sezgiye sahiptir (Petrovic vd., 1999: 65).

Tedarik zincirindeki belirsizlikler ile ilgili olarak olasılık teorisinden daha basit ve daha az veri isteyen bulanık küme teorisi alternatif bir yaklaşım olabilir (Dubois vd., 2003: 232).

1.4.4. Tedarik Zinciri Modelleme ile İlgili Literatür Taraması

Tedarik zinciri planlama ve modelleme ile ilgili çalışmalarını belirsizliği göz önünde bulundurma durumlarına göre deterministik, stokastik ve bulanık modelleme çalışmalarını olmak üzere üç grupta toplanabilir.

1.4.4.1.Deterministik Modelleme Çalışmaları

Deterministik modelleme çalışmalarını, rastgele ya da belirsiz değişkenlere yer verilmeksizin, kesin olarak bilinen girdiler ve kesin ilişkilerle kesin sonuçların elde edildiği modelleme çalışmalarınıdır. Kısacasını olasılık ve belirsizliklerin yer verilmediği çalışmalarınıdır.

Benjamin (1989), bir işletmede malzemelerin tedarik aşamasından, talep noktasında tüketimine kadar yürütülmesine kadarki süreçte üretim, stoklama ve ulaştırma maliyetleri toplamını minimize edecek doğrusal bir ağ algoritması kullanmıştır.

Martin vd. (1993), büyük ölçekli gerçek bir üretim, dağıtım ve envanter problemi için doğrusal programlama modeli kullanmışlardır.

Chen ve Wang (1997), bir çelik tedarik zincirinde bütünlük üretim dağıtım planlamasında doğrusal programlama modelini kullanmışlardır.

Barbarosoğlu ve Özgür (1998), çalışmalarında tedarik zincirinde üretim-dağıtım modeli için karma tamsayı matematiksel programlama tekniğini tercih etmişlerdir.

Doğan ve Goetschalckx (1999), karma tam sayılı programlama ile tedarik zincirinde en düşük maliyetle üretim-dağıtım sistem yapısının belirlenmesi amaçlanmıştır. Model, paketleme sanayinde yapılan gerçek bir uygulama ile desteklenmiştir.

Dhaenens-Flippo ve Finke (2001), çok tesisli, çok ürünlü ve çok periyotlu bir üretim-dağıtım problemini doğrusal programlama modeli kullanarak çözüme kavuşturmuşlardır.

Perea-Lopez vd. (2003), tedarik zincirinde çok ürünlü ve çok aşamalı dağıtım ağının karını maksimize etmeyi amaçlayan dinamik bir model üzerinde çalışmışlardır.

Kanyalkar ve Adil (2005), çok ürünlü ve çok tesisli bir tedarik zincirinde bütünlük üretim ve dinamik dağıtım için bir doğrusal programlama modeli önermişlerdir.

Park (2005) çok tesis, çok perakendeci, çok ürün ve çok zaman periyodu bulunan bir tedarik zincirinde bütünlük üretim dağıtım planlamasını modellemede

karma tam sayılı doğrusal programlama kullanarak zincirin toplan net karını maksimize etmeye çalışmışlardır.

Oh ve Karimi (2006), kimya sektöründe çok uluslu bir işletmenin birden fazla tesis, ürün ve zaman periyodu içeren tedarik zinciri için üretim ve dağıtım süreçlerini bütünleştiren bir doğrusal programlama modeli ortaya atmışlardır.

Chern ve Hsieh (2007), tedarik zinciri ağında gecikme cezalarının, dışa yaptırım kapasitesinin ve toplam maliyetin minimizasyonu için çok amaçlı dokuz doğrusal programlama modelini kullanmışlardır.

Romo vd. (2009), karma tam sayılı doğrusal programlama modeli kullanarak Norveç'te doğal gaz üretim ve dağıtım optimize etmeye çalışmışlardır.

Paksoy vd. (2010a), toplam taşıma, elde tutma ve sipariş verme maliyetlerinin ve atıl kapasitenin minimizasyonunu amaçlayan çok aşamalı tedarik zinciri tasarımı ve optimizasyonu problemini çok amaçlı karma tamsayı programlama ile ele almışlardır.

1.4.4.2.Stokastik Modelleme Çalışmaları

Stokastik modelleme çalışmaları, tedarik zincirindeki belirsizlikleri olasılık dağılımları ile ele alan çalışmalardır.

Cohen ve Lee (1988), hammadde, üretim, envanter ve dağıtım alt sistemlerini içeren bir tedarik zinciri modeli için stokastik bir optimizasyon modeli geliştirmişlerdir.

Lovveaux ve Peeters (1992) çalışmalarında, belirsiz talep, satış fiyatı, üretim ve ulaştırma maliyetleri ile iki aşamalı stokastik programlama modelini kullanmışlardır.

Cheung ve Powell (1996) belirsiz talep koşullarında iki aşamalı ve çok aşamalı dağıtım problemini stokastik programlama ile ele almışlardır. Modellerinde ele aldıkları tek stokastik parametre müşteri talebidir.

MirHassini vd. (2000), ilk aşaması tam sayılı ikinci aşaması stokastik sürekli değişkenler içeren iki aşamalı bir stokastik kapasite planlaması modelini ortaya koymuşlardır.

Alonso Ayuso vd. (2003) ürünün net fiyatı ve talebinin, hammadde tedarik ve üretim maliyeti parametrelerinin belirsiz olduğu tedarik zinciri yönetimi modeli için iki aşamalı stokastik 0-1 tamsayılı bir model önermişlerdir.

Lababidi vd. (2004), belirsiz işlemsel ve ekonomik şartlar altında petrokimya ürünleri üreten bir işletmenin tedarik zincirini iki aşamalı stokastik programlama ile modellemişlerdir.

Santoso vd. (2005), global tedarik zinciri ağ tasarımı probleminin çözümü için stokastik programlama modeli kullanmışlardır.

Guillen vd. (2005), optimal tedarik zinciri konfigürasyonunun belirlenmesi için çok amaçlı stokastik programlama modeli kullanmışlardır. Modelde yatırımın net bu günkü değerinin maksimize edilmesi, müşteri talep tatmininin maksimizasyonu ve finansal riskin minimizasyonu amaçlanmıştır.

Kim vd. (2008)'nin yapmış oldukları çalışmada hidrojen faaliyetlerindeki belirsizliği hesaba katarak stokastik bir modelin geliştirilmesi ve hidrojen talebinin belirsizliği durumunda tedarik zincirinin farklı konfigürasyonlarının toplam ağ maliyetlerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Azaron vd. (2008) belirsizlik altında tedarik zinciri tasarımı için birçok amaçlı stokastik programlama yaklaşımı geliştirmişlerdir. Bu çok amaçlı model, beklenen toplam maliyetin, toplam maliyetin varyansının ve finansal riskin minimizasyonunu hedeflemektedir.

Rappold ve Van Rao (2009) stokastik talep koşullarında iki aşamalı tedarik zinciri problemi için doğrusal olmayan tam sayılı programlama modelini kullanmışlardır.

Guillen-Gosalbez ve Grossmann (2009) tedarik zinciri tasarımı ve planlamasını net bugünkü değeri maksimize eden ve verilen bir olasılık düzeyinde çevreye olan etkinin minimizasyonunu amaçlayan iki aşamalı stokastik karma tamsayılı doğrusal olmayan programlama modeli ile yapmışlardır.

Sodhi ve Tang (2009) girdilerin tedarikçilerden alımını, bu girdilerin tek bir üretim tesisinde nihai ürüne dönüştürülmesini, nihai ürünlerin tek bir depoda stoklanması ve belirsiz talebe karşılık satılmasına ilişkin basit bir tedarik zinciri planlaması için bir stokastik programlama formülasyonu ortaya koymuşlardır.

France vd. (2010), tedarik zincirinde kar ve kaliteyi optimize eden, finansal riski hesaplamak için altı sigma ölçütlerini kullanan çok amaçlı doğrusal olmayan stokastik programlama modeli önermişlerdir. Önerdikleri modelde ürün kalitesi, kar ve müşteri tatmininin maksimizasyonu hedeflenmiştir.

Bidhandi ve Yusuf (2011) belirsizlik altında tedarik zinciri ağ tasarımı problemi için iki aşamalı stokastik programlama modeli önermişlerdir. Çalışmada ele alınan ana belirsiz parametreler işleme maliyetleri, müşteri talebi ve tesislerin kapasiteleridir.

1.4.4.3.Bulanık Modelleme Çalışmaları

Bulanık küme teorisi tam ve kesin olarak tanımlanması güç olan sistemleri modellemek için kullanılmaktadır. Bulanık küme teorisi, değişkenlik ve özneliği modelin formülasyon ve çözüm süreçlerine katan bir yöntem olarak ortaya konmuştur. İlk olarak insanın karar alma süreçlerindeki etkisinin doğurduğu belirsizliklerle ilgilenen bulanık küme teorisi, son yıllarda pek çok bilim dalında uygulama alanı bulmuştur (Küçükdeniz, 2004: 28). Bulanık modellemenin tedarik zinciri modelleme alanında uygulamalarının da giderek arttığı görülmektedir.

Shih (1999), çimento dağıtım ağı planlama problemini bulanık doğrusal programlama kullanarak ele almıştır. Optimal dağıtımı belirlemek için üç farklı bulanık doğrusal programlama yaklaşımı (Zimmerman yaklaşımı, Chanas yaklaşımı ve Julien yaklaşımı) kullanılmıştır.

Chen vd. (2003), çok ürünli, çok aşamalı ve çok zaman periyotlu tedarik zinciri üretim dağıtım problemi için bütün ortakların karını, müşteri hizmet düzeyini ve güvenlik stokunu maksimize etmeyi ve karın zincirdeki ortaklar arasında adaletli bir şekilde dağıtılmasını hedefleyen çok amaçlı bulanık iki aşamalı bir model önermişlerdir.

Chen ve Lee (2004), talep ve ürün fiyatının belirsiz olarak ele alındığı, çelişen hedefler içeren, çok ürünli, çok aşamalı ve çok zaman periyotlu tedarik zinciri ağı için çok amaçlı bulanık karma tam sayılı doğrusal olmayan programlama modeli oluşturmuşlar ve modeli sayısal bir örnekle test etmişlerdir.

Roghanian vd. (2006), tedarik zincirinde çok amaçlı bir ağ yapısı için olasılıklı iki aşamalı çok amaçlı programlama problemini ele almışlardır. Model ilk önce eşdeğer deterministik modele dönüştürülmüş daha sonra çok amaçlı doğrusal olmayan programlama modelinin çözümü için bulanık programlama modeli kullanılmıştır.

Liang (2006), kaynaklardaki tedarik ve bütçenin, dağıtım alanlarındaki talebin ve depo alanının bulanık olduğu koşullar altında dağıtım planlaması problemi için, toplam dağıtım maliyetini ve gecikme süresini minimize etmeyi hedefleyen bir bulanık çok amaçlı doğrusal programlama modeli kullanmıştır. Liang 2007 yılındaki çalışmasında belirsiz ortamda toplam üretim ve dağıtım maliyetlerinin, geri çevrilen ürün miktarının ve toplam gecikme süresinin minimizasyonu bulanık hedeflerini içeren bütünleşik üretim-dağıtım problemi için bir bulanık hedef programlama modeli ortaya koyarken 2008'de çok ürün ve çok zaman periyodunun bulunduğu üretim dağıtım planlama kararı problemi için bulanık çok amaçlı doğrusal programlama modeli kullanmıştır (Liang, 2008). En son çalışmasında Liang (2011), çok ürün ve çok zaman periyotlu üretim dağıtım planlama kararı için kesin olmayan hedef ve talep tahminlerini içeren bulanık doğrusal programlama modeli

kullanmıştır. Model stok seviyesi, taşeronluk, her kaynaktaki makinelerin kapasitesi ve işgücü düzeyleri, tahmini talep, depolama alanı gibi kısıtlar altında toplam üretim ve dağıtım maliyetlerini minimize etmeyi hedeflemektedir.

Aliev vd. (2007), tedarik zincirinde çok ürünli çok zaman periyotlu üretim-dağıtım problemi için oluşturdukları bütünleşik bulanık programlama modelini genetik algoritma aracılığı ile çözmüşlerdir.

Jolai vd. (2007),tedarik zincirinde bütünleşik üretim-dağıtım planlaması için çelişen hedefler içeren çok amaçlı doğrusal programlama modelini kullanmışlardır. Hedeflerin kesin olmayan erişim düzeylerinden dolayı model, bulanık hedef programlama modeline dönüştürülmüştür.

Selim ve Özkarahan (2008), ürünleri arzu edilen hizmet düzeyi ve en az maliyetle perakendecilere dağıtmak için üretim merkezlerinin ve depoların optimum sayı, lokasyon ve kuruluş yerlerini belirlemek amacıyla, perakendecilerin taleplerinin ve karar vericilerin hedefleri için erişim düzeylerinin belirsiz olduğu bulanık çok amaçlı tedarik zinciri dağıtım ağı modeli geliştirmişlerdir.

Surapati ve Kumar (2008), bulanık katsayıları olan çok amaçlı ulaştırma probleminin çözümü için öncelik bazlı bulanık hedef programlama yaklaşımını kullanmışlardır.

Torabi ve Hassini (2009), çok tedarikçinin, çok üretim merkezinin ve çok dağıtım merkezinin bulunduğu çok kademeli tedarik zinciri ağı için çok amaçlı bir model önermişlerdir. Model, dört önemli amaç içermektedir; toplam lojistik maliyetlerinin minimizasyonu, satın alımların toplam değerinin maksimizasyonu, kusurlu ürün sayısının minimizasyonu ve geç teslimlerin minimizasyonu. Hedeflerin erişim düzeylerindeki ve bazı önemli verilerdeki belirsizlik durumu nedeniyle bulanık modelleme tercih edilmiştir.

Selim vd. (2009) çalışmalarında tedarik zincirinde işbirlikçi üretim-dağıtım planlama modeli için çok amaçlı doğrusal programlama modeli kullanmışlardır.

Hedefler için karar vericinin erişim düzeyleri belirsiz olduğu için model bulanık hedef programlama yaklaşımı ile çözülmüştür.

Peidro vd. (2009), tedarik, talep ve süreç belirsizliklerini içeren tedarik zinciri planlaması için bulanık karma tam sayılı doğrusal programlama modelini oluşturmuştur. Model gerçek bir otomobil tedarik zincirinde kullanılarak test edilmiştir.

Tsai ve Hung (2009), yeşil tedarik zincirinde tedarikçilerin seçimi ve akışların düzenlenmesi için faaliyet tabanlı maliyetleme ve performans değerlendirme sistemini bulanık hedef programlamaya entegre ederek yeni bir model ortaya koymuşlardır.

Bilgen (2010), çalışmasında çok üretim hattı bulunan, çok işletmeli ve çok dağıtım merkezli bir tedarik zincirinde bulanık bütünleşik üretim ve dağıtım problemi için yeni bir model ortaya koymuştur. Modelde kapasite kısıtlarındaki ve maliyetlerin erişim düzeylerindeki bulanıklık farklı toplama işlemcileri kullanılarak ele alınmıştır.

Paksoy vd. (2010a), çok aşamalı bir tedarik zinciri ağının tasarımında parçalı doğrusal üyelik fonksiyonu kullanarak bulanık çok amaçlı doğrusal olmayan programlama modelini kullanmışlardır. Çalışmada amaç fonksiyonları toplam maliyetin ve gereksiz-kullanılmayan kapasitenin minimizasyonu şeklinde belirlenmiştir. Yine Paksoy ve arkadaşları 2010 yılındaki bir başka çalışmalarında (2010c), tedarik zinciri ağ tasarım probleminde bütünleşik üretim-dağıtım planlaması için yine bulanık matematiksel programlamayı kullanmışlardır.

Barough (2011), tedarik zincirinde ulaştırma problemi için maliyet katsayılarının, talep ve arz miktarlarının bulanık sayılarla ifade edildiği bulanık doğrusal bir model ortaya koymuştur.

Peidro ve Vasant (2011), tedarik zincirinde çok amaçlı ulaştırma problemi için bulanık çok amaçlı programlama modeli kullanmışlardır. Önceki çalışmalardan

farklı olarak bulanık hedef ve kısıtların temsilinde değiştirilmiş s şeklinde üyelik fonksiyonu kullanılmıştır.

Varela vd.'nin (2011) alışmasında tedarik zinciri tasarım ve planlamasında yıllık karı maksimize etmeyi amaçlayan bir modelleme kullanılmıştır. Tedarik zincirinin tasarımı karma tam sayılı programlama ile yapılmış, optimizasyonunda simetrik bulanık doğrusal programlama kullanılmıştır.

Bu bölümde tedarik zinciri ile ilgili genel bir çerçeve çizilmiş ve tedarik zincirinde bulanık mantığın yerine değinilmiştir. Bir sonraki bölümde tedarik zinciri modelleme ve optimizasyonunda kullanımı giderek yaygınlaşan, matematiksel programlama modellerinden biri olan bulanık hedef programlama ile ilgili geniş bilgiye yer verilecektir.

İKİNCİ BÖLÜM

BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA

Bu bölümde çalışmanın uygulama konusu olan bulanık hedef programlama, tümevarım yaklaşımı ile ele alınacaktır. Konu, “Bulanık” ve “Hedef Programlama” olarak iki ana bileşene ayrılarak incelenecektir. “Bulanık” bileşeni ile ilgili olarak Bulanık Mantık, Bulanık Kümeler ve Bulanık Sayılar hakkında bilgi verildikten sonra “Hedef Programlama” bileşeni açıklanacaktır. Daha sonra “Bulanık Hedef Programlama”ya özel bir oluşum olarak yer verilecektir.

2.1. BULANIK MANTIK

Bulanık mantık, belirsiz olarak tanımlanan değişkenlerle özel olarak ilgilenen bir sistem olup, bilimsel terminoloji ve teknolojiye “Fuzzy Logic” kelimelerinin karşılığı olarak kullanılmaktadır (Hansen, 1996: 3). Bulanık mantık ve bulanık mantık tabanlı uygulamalar son yıllarda hem üniversite çevrelerinde hem de firmalar tarafından ilgiyle takip edilen ve çalışılan bir konu haline gelmiştir

Matematiksel olarak “bulanıklık”, “çok değerlilik” demektir, ve kökenleri kuantum mekaniğindeki “Heisenberg Konum Momentum Belirsizlik İlkesine” dayanır (<http://80.251.40./science.ankara.edu.tr>). Heisenberg’in Belirsizlik İlkesi’ne göre atom seviyesinde parçacıkların konum ve hızını aynı anda tam olarak hesaplamak imkânsızdır. Bu ilkeye göre bir parçacığın konumu ne kadar doğru olarak belirlenirse, hızı o kadar belirsizleşir; parçacığın hızı tamamen doğru olarak belirlenirse, bu kez de konumu tamamen belirsizleşir (Taslaman, 2008: 67).

Mantıksal paradokslar ve Heisenberg Belirsizlik İlkesi, 1920 ve 1930’larda çok değerli mantık sistemlerinin gelişmesine yol açmıştır. Kuantum teorisyenleri, iki değerli mantık sistemlerinin “doğru” ve “yanlış”tan oluşan değer kümesine, bir üçüncüsünü veya doğruluk değerini ekleyerek “belirlenemezlik”in ifade edilebilmesine imkan sağlamışlardır. Heisenberg’in belirsizlik ilkesi,

“belirlenemezlik” in sürekliliği ile bilimi çok değerliliğe zorlamıştır (<http://80.251.40.59/science.ankara.edu.tr>).

1930’ların başlarında Polonyalı mantıkçı Jan Lukasiewicz ilk üç değerli mantık sistemini geliştirdi. Lukasiewicz daha sonra 4., 5., 6. vs. gibi değerleri de oluşturdu ve “doğru” ile “yanlış” arasında sonsuz farklı değerler atanabileceğini gösterdi. Yine 1930’larda kuantum filozofu Max Black, sürekli değerlere sahip mantığı, eleman düzeyinde kümelere uyguladı. Black, bulanık küme üyelik fonksiyonlarından bahseden ilk kişi oldu. Black, ifade etmeye çalıştığı yapılardaki belirsizliği “müphemlik” olarak adlandırdı (<http://80.251.40.59/science.ankara.edu.tr>).

Bulanık mantık yaklaşımı ilk defa Amerika Birleşik Devletleri’nde düzenlenen bir konferansta 1956 yılında duyurulmuştur. Ancak bu konudaki ilk ciddi adım 1965 yılında Lotfi A. Zadeh tarafından yayınlanan bir makalede bulanık mantık veya bulanık küme kuramı adı altında ortaya konulmuştur. (Elmas, 2007: 186).

2.1.1 Klasik Mantık, Çok Değerli Mantık ve Bulanık Mantık

Bulanık mantığın diğer mantık sistemlerinden farkını görebilmek açısından klasik mantık ve çok değerli mantıktan da bahsetmek gerekir. Sadece belirli koşullarda oluşan, doğruluk değerleri tamamen doğru ya da tamamen yanlıştan birisine sahip önermelerle ilgilenen mantık sistemlerine *klasik mantık sistemleri* denir. Klasik mantık sistemleri, belirsizlikle ilgilenmez. Üçüncü bir durumun gerçekleşmesini imkansız olduğunu varsayar. Bu nedenle, klasik mantık, iki değerli mantık olarak da bilinir (Chen ve Pham, 2001; 57). İkili mantık, basitlik için doğruluğu feda eder. İki değerlilik uç noktalarda iyi çalışan fakat diğer her yerde başarısız olan bir döngüdür. (Halgeson ve Jobe, 1998: 550). Diğer taraftan, klasik kümelere dayanarak oluşturulan önermelerden ikiden fazla doğruluk değeri ile eşleştirilebildiği mantık sistemlerine çok değerli mantık denir (Tuş, 2006; 5).

İki değerli mantık sisteminde bir p önermesi ya doğru ya yanlıştır. Çok değerli mantık sisteminde bir önerme doğru ya da yanlış ya da sonlu veya sonsuz bir doğruluk değeri kümesi olan T'nin bir üyesi olan orta düzey bir doğruluk değerine sahip olabilir (Zadeh, 1988: 84). Mantıksal sistemlerin farkı Şekil 2.1'de açıklanmaya çalışılmıştır.

Şekil: 2.1: Mantıksal Sistemler

İki Değerli Mantık	Çok Değerli Mantık	Bulanık Mantık
<ul style="list-style-type: none">• Doğru, iki değerlidir.• Her önerme ya doğrudur, ya yanlıştır. Orta düzey doğruluk derecesine İzin verilmez.	<ul style="list-style-type: none">• Doğru, çok değerlidir.• Hemen hemen bütün fikirler iki değerlidir.	<ul style="list-style-type: none">• Her şey yada izin verilenler derecelendirilir.• Her şey ya da izin verilenler parçalanabilir.

Kaynak: Zadeh, 2006, s. 17.

Temel olarak bulanık mantık, doğru/yanlış, evet/hayır, yüksek/alçak gibi geleneksel değerlemeler arasında tanımlanan ara değerlere izin veren bir çok değerli mantıktır. Bulanık sistemler, kökeni antik Yunan filozoflarına dayanan mantık ve küme üyeliğinin geleneksel nosyonuna bir alternatiftir (citeserx.ist.psu.edu).

Klasik mantık, fiziki dünyayı yapay bir şekilde ikiye ayırmaktadır. Hâlbuki fizik dünyayı bu keskin sınırlar dışında, yani bulanık kümeler aracılığıyla yorumlamak mümkündür; hatta bu tür bir yorum fiziki nesnelere için daha uygundur. Çünkü duyularımız, konuşma dili ve dolayısıyla düşüncelerimiz aslında 'puslu' bir yapıdadır ([http://www.safakural.com/makaleler/puslu-\(fuzzy\)-mantik](http://www.safakural.com/makaleler/puslu-(fuzzy)-mantik)). Bir şeyi tanımlarken, bir olayı açıklarken, komut verirken ve daha bir çok durumda kullandığımız sözel ve sayısal ifadeler bulanıklık içerir. Bu terimlere örnek olarak

“yaşlı, genç, sıcak, soğuk, ılık, hızlı, yavaş, çok, az, biraz, fazla, ...” gibi daha pek çok sözel terim gösterilebilir (Altaş, 1999: 80).

Bulanık mantık, “hiç, çok, daha çok veya daha az, oldukça, biraz, vb.” ile örneklendirilen bulanık ve bulanık olmayan zarfların anlamını temsil etmek için bir yöntem sağlar. Bu, bir sisteme değerleri doğal veya sentetik dillerde kelime veya cümleler olan dilsel/sözel değişkenler ile hesaplama için yol gösterir (Zadeh, 1988: 84).

Zadeh’e göre bulanık mantık, her şeyin, doğrunun da bir derece meselesi olduğu insani akıl yürütme için bir modeldir. Temelde sözcüklerle hesaplama anlamı sunmaktadır (Zadeh, 1998: 309) Belirsiz ve muğlak bir ortamda rasyonel kararlar almak için önemli bir rol oynayan açık olmayan düşünme türlerini modellemeyi amaçlar (Zadeh, 1988: 84).

L. Zadeh için kuramda geçen “bulanık” sözcüğü matematiksel bir niceliği ifade eder. Gerçek dünyanın genel görünümü, 0 ile 1 arasındaki yüzlerce aralıktan, benzerlikten ve karşıtıktan ibarettir. Kısaca, dünya kesikli-kesintili değildir, o bir süreklidir-kesintisizdir. Yani beyaz ile beyazımsı arasındaki sınır, kırmızı ile kırmızımsı arasındaki sınır belli ve net değildir, birinden diğerine kesintisiz bir geçiş vardır; bu bir oluşturma; geçişler süreklilik gösterir (Işıklı, 2008: 4).

Bulanık mantığın en geçerli olduğu iki durumdan ilki, incelenen olayın çok karmaşık olması ve bununla ilgili yeterli bilginin bulunmaması durumunda kişilerin görüş ve değer yargılarına yer verilmesi, ikincisi ise, insan muhakemesine, kavrayışlarına ve karar vermesine gerek duyulan hallerdir (Kandel, 1986; 2).

Bulanık mantığın temelini oluşturan bulanık teori, belirsiz kavramların matematiksel olarak ifadesidir (Baykal ve Beyan, 2004; 313). Bulanık teori ortaya atılıncaya kadar belirsizlikle ilgili matematiksel işlemler yalnızca olasılık teorisi ile modellenmiştir. Olasılık teorisindeki belirsizlik, olayın belli bir dağılıma bağlı olarak gerçekleşme ihtimali ile ilgilenir. Bu durum olasılık teorisinde “rastgelelik” kavramıyla açıklanmaktadır. Bulanık teorideki belirsizlik ise bir kümenin sınırlarının kesin olarak tanımlanması ile ilgilidir (Ross vd, 2002; 90).

Bulanık teori, dilsel terimlerden kaynaklanan kesin olmayışı ya da belirsizliği modellemeyi mümkün kılan bir matematiksel disiplindir ve sayısal olmayan, insan sebep, algı ve yorumlarını içeren sistemleri modellemek için kullanılır (Marler vd. 2004). Bulanık düşünme, her şeyin bir derece meselesi olduğunu söyler. Dünya gridir, beyaz ve siyah değil.

Philosophical Dictionary'e göre bulanık mantık, doğru ve yanlışın birçok derecesine sahip önermelerde akıl yürütmenin klasik olmayan dizgesidir. Zadeh'e göre ise bulanık mantık, iki farklı anlama sahiptir. Daha belirli bir şekilde, dar anlamda bulanık mantık, bir yaklaşık düşünme formelleşmesini amaçlayan bir mantıksal sistemdir. Dar anlamda bulanık mantık, bulanık küme teorisi ile birlikte bir varoluştur. Geniş anlamda bulanık mantık, dar anlamdaki bulanık mantıktan daha kapsamlıdır ve dar anlamdaki bulanık mantığı içine alır (Zadeh, 1999: 35).

2.1.2. Bulanık Mantığın Özellikleri

Bulanık mantığın genel özellikleri Zadeh tarafından şu şekilde ifade edilmiştir (Elmas, 2007; 186);

- Bulanık mantıkta, kesin değerlere dayanan düşünme yerine yaklaşık düşünme kullanılır.
- Bulanık mantıkta her şey $[0,1]$ aralığında belli bir derece ile gösterilir.
- Bulanık mantıkta bilgi büyük, küçük, çok az gibi dilsel ifadeler şeklindedir.
- Bulanık çıkarım işlemi dilsel ifadeler arasında tanımlanan kurallar ile yapılır.
- Her mantıksal sistem bulanık olarak ifade edilebilir.
- Bulanık mantık matematiksel modeli çok zor elde edilen sistemler için çok uygundur.

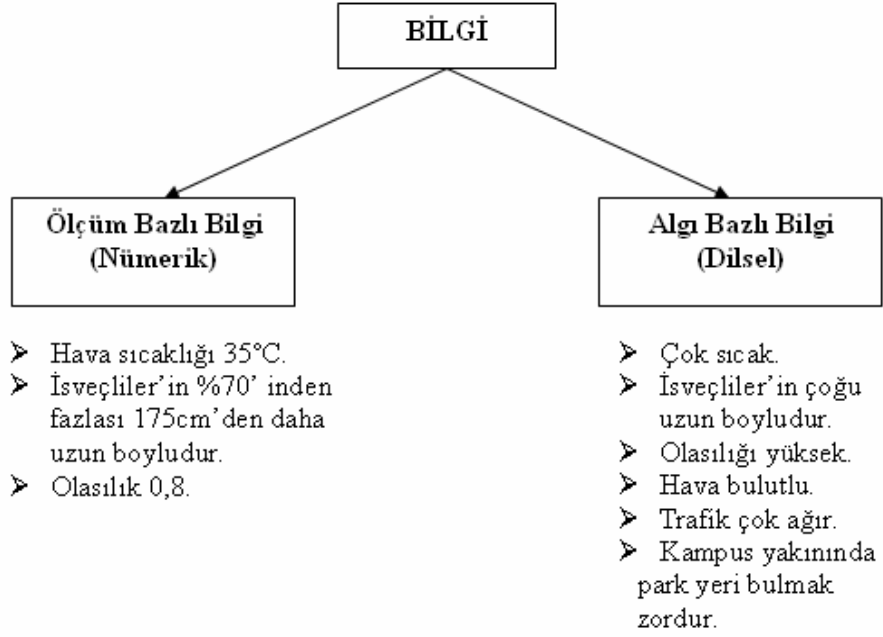
Bulanık mantık, 1 ve 0 değerleri arasındaki bölgeyi (kesirli sayıları) doğruluk değeri olarak kabul etmekle, klasik mantıktan çok daha zengin ve farklı bir anlatım olanağına kavuşmuş olmaktadır (<http://www.safakural.com>).

Bulanık mantık iki muhteşem insan yeteneğinin formelleştirilmesinde ve mekanikleştirilmesinde bir girişim olarak görülebilir. Bu yeteneklerden birincisi, muğlak, kesin olmayan, tamamlanmamış bilginin, kısmi doğruluğun ve kısmi olasılığın olduğu, kısaca mükemmel olmayan bilginin olduğu durumlarda konuşmak, düşünmek ve karar vermektir. İkincisi, çok çeşitli fiziksel ve mental konularda hiç ölçüm ve hesaplama yapmadan hareket etmektir (Zadeh, 1988: 83).

Bulanık mantık doğal dilde sözel (dilsel) değişkenler üzerine odaklanır ve belirsiz (muğlak) önermeler ile yaklaşık düşünme için temeller sağlamayı hedefler. Sağduyusal düşünmede doğal dilin doğruluğunu ve belirsizliğini yansıtır (Bojadziev ve Bojadziev, 2007: 44).

Bulanık teorideki başka bir yenilik ise bilginin niteliğidir. Bulanık teori ölçmeye dayalı bilgi yerine algıya dayalı bilgiyi kullanır (Baykal ve Beyan, 2004; 310).

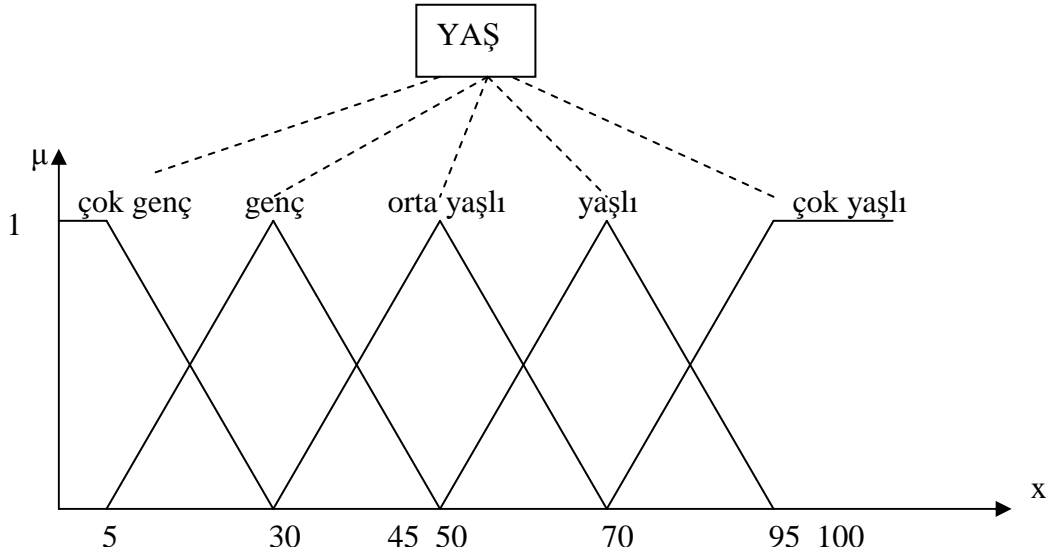
Şekil 2.2: Ölçüm Bazlı Bilgiye Karşı Algı Bazlı Bilgi



- Ölçüm bazlı bilgi, algı bazlı bilginin özel bir türü olarak görülebilir.
- Algı bazlı bilgi, doğası gereği muğlaktır.

Kaynak: Zadeh, 2006, s. 17.

Doğal veya yapay dillerde değerleri kelimeler veya cümleler olan değişkenlere *dilsel değişken* denir. Dilsel değişken kavramını örneklendirmek için doğal dilde “yaş” değişkenini düşünelim. Yaş, bireyin çok fazla sayıda deneyimlerinin bir özetidir, tam olarak tanımlanamaz. “Yaş”, değerleri “çok genç, genç, orta yaşlı, yaşlı, çok yaşlı” gibi kelime değerleri alabilen dilsel bir değişkendir. Bunlar “yaş” sözel değişkeninin terimleri veya etiketi olarak adlandırılır. Her terim uygun bir üyelik fonksiyonu ile tanımlanır. (Bojadziev ve Bojadziev, 2007; 44-45).



Grafik 2.1: “Yaş” Bulanık Değişkeninin Grafiksel Gösterimi

Bulanık mantık, insan beyninin düşünme yolunu taklit eden ve problemleri çözen bilgisayar bilimine bir yaklaşımdır. Bulanık mantık fikri, insanın karar almasına sayısal yöntemler yerine doğal dil yöntemlerini kullanarak yaklaşır (Yalçiner vd., 2010: 71).

2.1.3. Bulanık Mantık Uygulamaları

Bulanık mantık kuramının uygulamaları, günümüzün karmaşık problemlerinin çözümünde kullanışlı bir araç haline gelmiştir. İlk ortaya atıldığı tarihten bu yana konu, matematikçiler, bilim adamları ve mühendisler tarafından birbirinden bağımsız pek çok çalışmaya konu olmuştur (<http://tektasi.net>).

Bulanık mantık yaklaşımı; makineler insanların özel verilerini işleyebilme, onların deneyimlerinden ve önsözlerinden yararlanarak çalışma yeteneği verir. Bu yeteneği kazandırırken sayısal ifadeler yerine sembolik ifadeler kullanır. İşte bu sembolik ifadelerin makinelere aktarılması matematiksel bir temele dayanır. Bu matematiksel temel, bulanık küme teorisi ve buna dayanan bulanık mantıktır (Elmas, 2003; 25).

Bulanık küme teorisi, ekonomi, işletme, yöneylem araştırması, yönetim sistemi, kontrol teorisi, yapay zeka/uzman sistemler, insan davranışı, karar ve bilgi sistemleri, sosyal bilimler gibi pek çok alanda uygulanabilmektedir (Seçme, 2005: 4).

Bulanık Mantığın ilk uygulaması Mamdani tarafından 1974 yılında bir buhar makinesinin buhar denetiminin gerçekleştirilmesinde olmuştur. 1980 yılında bir Hollanda şirketi çimento fırınlarının denetiminde bulanık mantık denetimi uygulamıştır. 3 yıl sonra Fuji elektrik şirketi su arıtma alanları için kimyasal püskürtme aleti üzerine çalışmalar yapmıştır. 1987’de ikinci IFSA kongresinde ilk bulanık mantık denetleyicileri sergilenmiştir. Yine 1987 yılında Hitachi takımının tasarladığı Japon Sandai metrosu denetleyicisi çalışmaya başlamıştır. Bu bulanık mantık denetim metroda daha rahat bir seyahat, düzgün yavaşlama ve hızlanma sağlamıştır (Elmas, 2007; 187).

Tablo 2.1: Bulanık Mantık Denetimin Endüstriyel Uygulamaları

ÜRÜN	ŞİRKET
Çamaşır makinesi	AEG, Sharp, Goldstar
Pirinç fırını	Goldstar
Fırın/Kızartıcı	Tefal
Mikrodalga Fırın	Sharp
Elektrikli Traş Makinesi	Sharp
Buzdolabı	Whirpool
Batarya Şarj Cihazı	Bosch
Elektrikli Süpürge	Philips, Siemens
Camcorder	Canon,Sanyo, JVC
Klima Denetimi	Ford
Isı Denetimi	NASA inspace shuttle
Kredi Kartı	GE Cooperation

Kaynak: Elmas, 2007: s. 188.

Sayılan uygulamalardan yola çıkılarak Bulanık mantığın uygulama alanlarından bazıları şu şekilde sınıflandırılabilir (Altaş, 1999: 81);

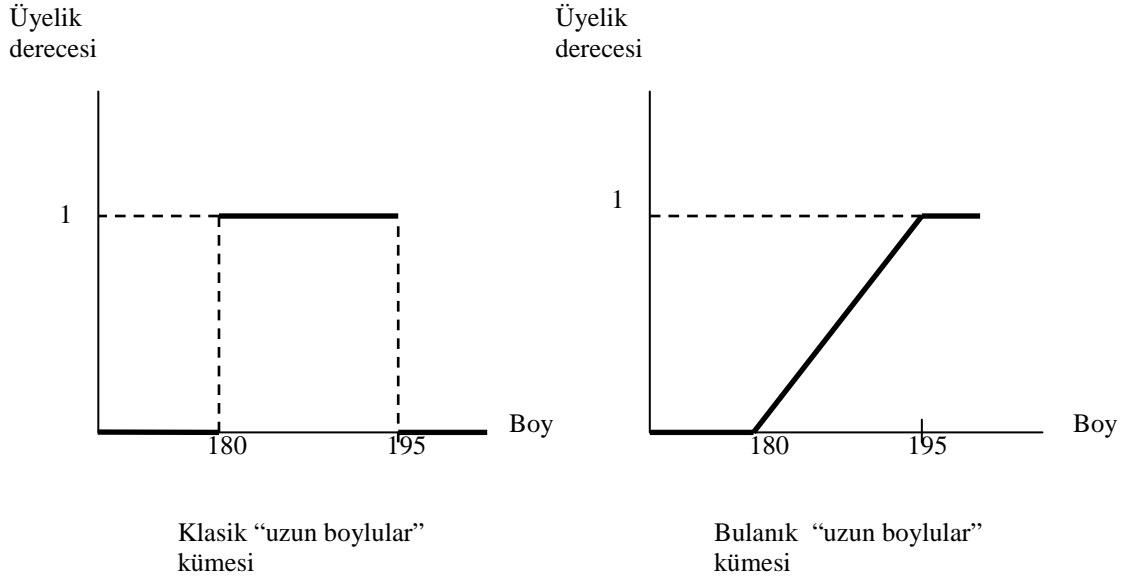
- Otomatik kontrol sistemleri: Robotik, otomasyon, akıllı denetim, izleme sistemleri, ticari elektronik ürünler vb.
- Bilgi Sistemleri: Bilgi depolama ve yeniden çağırma, uzman sistemler, bilgi tabanlı sistemler, vb.
- Görüntü Tanımlama: Görüntü işleme, makine görüntülemesi.
- Optimizasyon: Fonksiyon optimizasyonu, süzgeçleme, eğri uydurma.

Bulanık mantık, belirsizliği ve tahmin edilemezliği açıklayarak yaşadığımız dünyayı şekillendirmeye devam etmektedir (Bih, 2006: 10).

2.2. BULANIK KÜME TEORİSİ

Bulanık küme, farklı üyelik derecesine sahip öğeleri bulunduran bir küme olarak tanımlanabilir. Bulanık kümeler belirsiz, bulanık sınırları olan kümelerdir. Örneğin “5’ten büyük tek sayılar kümesi” veya “ 9’ten çok büyük tek sayılar kümesi” nden bahsederek küme sınırları bulanıklaşmış olacaktır.

Klasik küme yaklaşımı, küme elemanlarının birbirlerine göre bazı durumlarının ifadesine olanak tanımaz. Örneğin “uzun boylular” kümesini 175 cm ile 195 cm ile sınırlarsak. 180 cm boyundaki kimseyi ve 190 cm boyundaki kimseyi uzun boylular kümesine dahil edebiliriz. Ancak gerçek şudur ki, 190 cm boyundaki kişi 180 cm boylu kişiden daha uzundur. İşte bulanık mantık burada devreye girmekte ve “daha uzun”, “daha güzel”, “daha iyi” gibi sözel ifadelerin nicelleştirilerek küme teorisine dahil edilmesini sağlamaktadır.



Grafik 2. 2: Klasik ve Bulanık Uzun Boylular Kümelerine İlişkin Üyelik Dereceleri

Bulanık küme teorisi belirsizliği temsil etmek için bir araç sağlar. Tarihsel olarak, olasılık teorisi matematiksel modellerde belirsizliği temsil etmede birincil araç olmuştur. Bu yüzden bütün belirsizliklerin rastgele belirsizliklerin karakteristiklerini izlediği varsayıldı (Yalçınar, 2010: 72).

2.2.1. Bulanık Küme Özellikleri

Eşitlik

Eğer $\forall x \in X$ için $\mu_{\tilde{A}}(x) = \mu_{\tilde{B}}(x)$ ise \tilde{A} ve \tilde{B} bulanık kümeleri birbirine eşittir ($\tilde{A} = \tilde{B}$).

Alt Küme(Kapsama)

Eğer \tilde{A} ve \tilde{B} gibi iki bulanık kümenin üyelik fonksiyonları arasında, $x \in E$ için, $\mu_{\tilde{A}}(x) \leq \mu_{\tilde{B}}(x)$ ilişkisi varsa \tilde{A} bulanık kümesi \tilde{B} bulanık kümesinin bir alt

kümesidir. Diğer bir ifadeyle \tilde{B} , \tilde{A} 'yı kapsar. Bu durum matematiksel olarak $\tilde{A} \subseteq \tilde{B}$ ile gösterilir (Bojadziev ve Bojadziev, 1995: 123).

Eğer $\tilde{A} \subseteq \tilde{B}$ ve $\mu_{\tilde{A}}(x) \neq \mu_{\tilde{B}}(x) \cdot x \in E$ ise, \tilde{A} bulanık kümesi \tilde{B} bulanık kümesinin bir özalt kümesidir. Bu durum matematiksel olarak $\tilde{A} \subset \tilde{B}$ ile gösterilir (Özkan, 2003; 15).

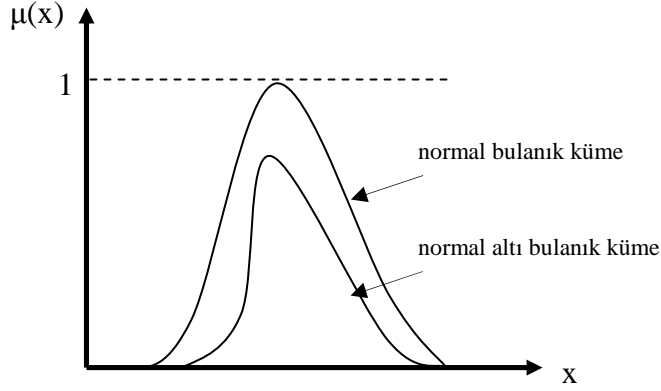
Yükseklik

Bulanık bir kümenin üyelik fonksiyonunun en büyük üyelik derecesi, bu kümenin yüksekliğini belirler. Yükseklik, matematiksel olarak şu şekilde ifade edilir (Özkan, 2003: 39);

$$\text{yükseklik}(\tilde{A}) = \sup [\mu_{\tilde{A}}(x)]; \forall x \in E \quad (2.1)$$

Normallik

Bulanık \tilde{A} kümesinin tüm elemanlarından en az bir tanesi, olabilecek maksimum değere eşitse \tilde{A} kümesi normal kümedir. Başka bir deyişle $[0,1]$ kapalı aralığında değişen üyelik derecelerinden en az bir tanesi 1 değerine eşit olmak zorundadır (Elmas, 2007; 220). Başka bir ifade ile, yüksekliği 1'e eşit olan bulanık kümeler normal bulanık kümeler denir. Yüksekliği 1'den küçük olan bulanık kümeler ise normal altı bulanık küme denir (Özkan, 2003: 39).



Grafik 2.3: Normal ve Normal Olmayan Bulanık Kümeler

Destek Kümesi

Bir \tilde{A} bulanık kümesinin destek kümesi, X evrensel kümesinin \tilde{A} bulanık kümesinde 0'dan farklı üyelik derecesine sahip elemanların tümünü içeren kümedir. X 'in bulanık kümelerinin destekleyicileri aşağıdaki eşitlikte verilmiştir (Elmas, 2007; 218).

$$\text{supp } \tilde{A} = \{x \in X \mid \mu_{\tilde{A}}(x) > 0 \} \quad (2.2)$$

Kernel kümesi

Kernel kümesi, bulanık küme \tilde{A} 'ya tamamen üye olan veya başka bir deyişle bulanık A kümesinin üyelik fonksiyonunda üyelik derecesi 1'e eşit olan elemanların bir araya getirildiği bir kümedir. Kernel kümesi de destek kümesi gibi bulanık olmayan bir kümedir. Bu küme, matematiksel olarak aşağıda verildiği gibi tanımlanır (Özkan, 2003: 40).

$$\text{Kernel}(\tilde{A}) = \{x \in X \mid \mu_{\tilde{A}}(x) = 1 \} \quad (2.3)$$

Sınır kümesi

Sınır kümesi, \tilde{A} bulanık kümesine sadece kısmen üye olan elemanların bir araya getirildiği bir kümedir. Diğer bir ifadeyle, sınır kümesi, evrensel küme X 'de tanımlı olan \tilde{A} bulanık kümesine kısmen üye olan elemanların yer aldığı klasik bir kümedir. Bu küme, matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Tuş, 2006: 18).

$$\text{Sınır}(\tilde{A}) = \{ x \in X \mid 0 < \mu_{\tilde{A}}(x) < 1 \} \quad (2.4)$$

Merkez

Bulanık küme \tilde{A} 'nın üyelik fonksiyonunun maksimum değeri sonlu bir sayı olduğunda, bu kümede yer alan elemanların ortalama değeri, bulanık küme \tilde{A} 'nın merkezini verir. Ortalama değer negatif (veya pozitif) sonsuza eşitse üyelik fonksiyonunun maksimum değerine ulaştığı noktalar arasından en büyük (veya en küçük) olan noktaya merkez denir (Tuş, 2006; 18).

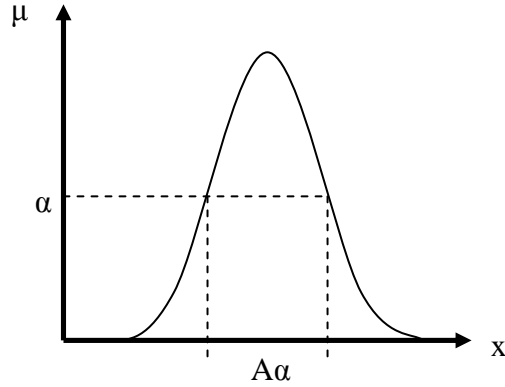
α - Kesimi Kümesi

Bir \tilde{A} bulanık kümesinin α - kesimi (A_α), \tilde{A} bulanık kümesine verilen $\alpha \in [0,1]$ değerinden büyük ($>$) veya büyük ya da eşit (\geq) bir üyelik derecesi ile ait olan, X örnek uzayının bir alt kümesidir (Kasabov, 1998; 170). Bir başka ifade ile \tilde{A} bulanık kümesine ait, en az α derecesindeki kesin küme elemanlarına α kesim kümesi denir (Zimmerman, 1992; 14).

Güçlü ve zayıf α - kesim kümeleri matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$A_\alpha = \{ x \in X \mid \mu_{\tilde{A}}(x) > \alpha \} \rightarrow \text{güçlü } \alpha\text{- kesimi} \quad (2.5)$$

$$A_\alpha = \{x \in X \mid \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha\} \rightarrow \text{zayıf } \alpha - \text{kesimi} \quad (2.6)$$

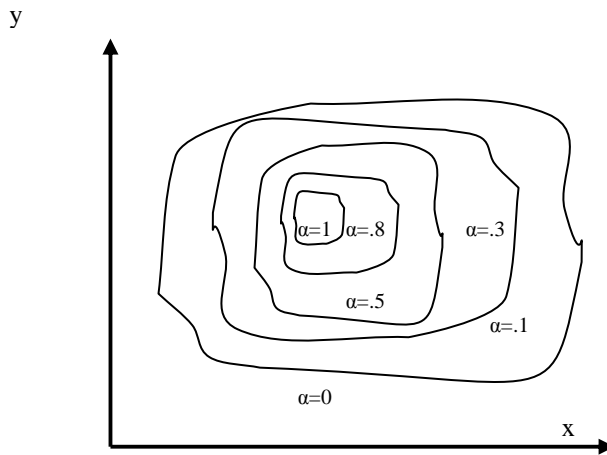


Grafik 2.4: α - Kesimi Kümesi

Seviye (Level) Kümesi

Bulanık \tilde{A} kümesinin seviye keskin kümesi Λ_α ile gösterilir ve X evrensel kümesinin \tilde{A} bulanık kümesindeki bütün elemanlarından üyelik derecesi α özel değerine eşit olanları içerir (Elmas, 2007: 218).

$$\Lambda_\alpha = \{x \mid \mu_{\tilde{A}}(x) = \alpha, x \in X\} \quad (2.7)$$



Grafik 2.5: Gerçek Sayılarda Tanımlı Seviye Kümeleri.

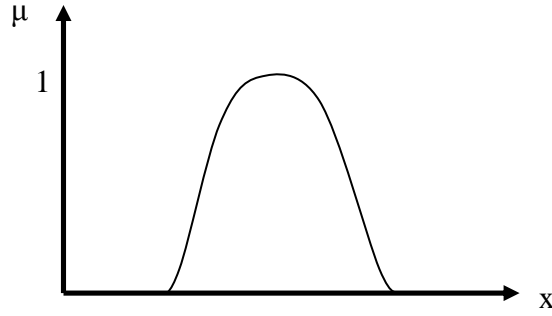
Kaynak: Elmas, 2007; s. 219.

Dış bükeylik

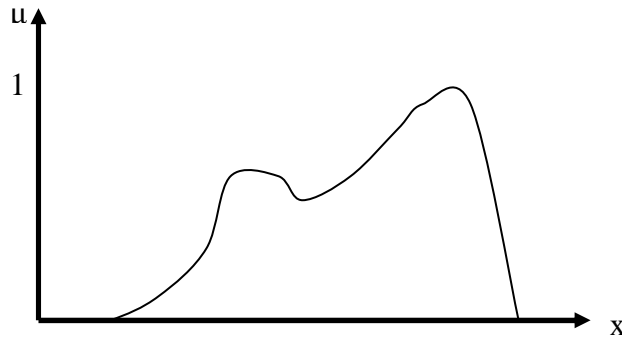
Eğer α -kesim kümelerinin her biri dış bükey kümeler ise bulanık küme \tilde{A} da dış bükey bir kümedir (Özkan, 2003: 44). Bir başka deyişle, bir bulanık küme aşağıdaki şartı taşıyorsa dış bükeydir (Zimmerman, 1992: 15).

$$\mu_{\tilde{A}}(\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2) \geq \min(\mu_{\tilde{A}}(x_1), \mu_{\tilde{A}}(x_2)), x_1, x_2 \in X, \lambda \in [0,1] \quad (2.8)$$

Buradaki λ , her bir α -kesim düzeyini göstermektedir.



Grafik 2.6: Dış Bükey Bulanık Küme



Grafik 2.7: Dış Bükey Olmayan Küme

Nicellik (Kardinalite)

Geleneksel kümelerde kardinalite kavramı, bir kümede yer alan eleman sayısı anlamına gelmektedir (Özkan, 2003; 41). Bulanık kümeler için küme büyüklüğü

veya kardinalite kesin kümeler için olandan daha zengin ve daha sorunludur. Zengindir, çünkü, birden fazla çeşitte kardinalite kullanılabilir.

Sayısal (Skalar) kardinalite, klasik kümeleri için olan kardinalitenin genellemesidir. Ölçülebilir bir üyelik ölçeği için sayısal kardinalite, bütün elemanların üyelik derecelerinin toplamıdır. $|\tilde{A}|$, \tilde{A} kümesinin scalar kardinalitesini gösterirse şu şekilde tanımlanır (Smithson ve Verkvilen, 2006: 37-38)

$$|\tilde{A}| = \sum_{i=1}^N \mu_{\tilde{A}}(x_i) \quad (2.9)$$

Scalar kardinalite, oranları olasılığa benzeyen oransal (görelî) kardinaliteye çevrilebilir. *Görelî kardinalite* ise şu şekilde tanımlanır:

$$\|\tilde{A}\| = \frac{|\tilde{A}|}{N} \quad (2.10)$$

Formülde yer alan N , kümenin eleman sayısını göstermektedir.

Bulanık kümenin görelî kardinalitesi örnek uzayın kardinalitesine dayanır. Dolayısıyla, bulanık kümeler görelî kardinaliteleri ile karşılaştırılması istenirse aynı evren seçilmelidir (Zimmermann, 1992: 16).

2.2.2. Bulanık Kümelerde Temel İşlemler

\tilde{A} ve \tilde{B} bulanık kümelerinin birleşimi sonucu elde edilen $\tilde{A} \vee \tilde{B}$ kümesinin herhangi bir $x \in X$ için elemanlarının üyelik derecesi \tilde{A} veya \tilde{B} kümelerinden üyelik derecesi büyük olana eşittir.

\tilde{A} ve \tilde{B} bulanık kümelerinin kesişimi sonucu elde edilen $\tilde{A} \wedge \tilde{B}$ kümesinin herhangi bir $x \in X$ için elemanlarının üyelik derecesi \tilde{A} veya \tilde{B} kümelerinden üyelik derecesi küçük olana eşittir.

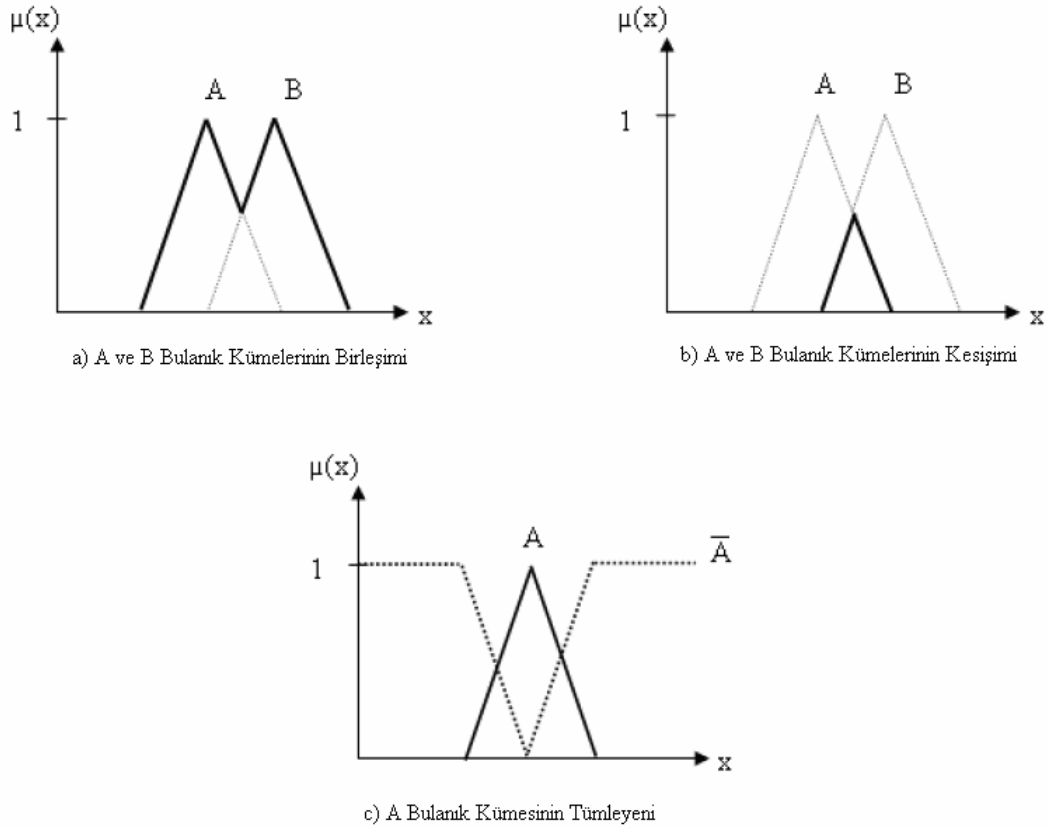
X evrensel kümesinde verilen bir \tilde{A} bulanık kümesinin tümleyeni, küme elemanlarının üyelik derecelerinin birden çıkarılmasıyla bulunur.

Bulanık kümelerde en sık kullanılan birleşim, kesişim ve tümleme işlemlerinin matematiksel ifadeleri Tablo 2.2’te görüldüğü gibidir. İlgili işlemlerin grafiksel gösterimi de Şekil 2.3’te gösterilmiştir.

Tablo 2.2: Bulanık Kümelerde Birleşim Kesişim ve Tümleme İşlemleri

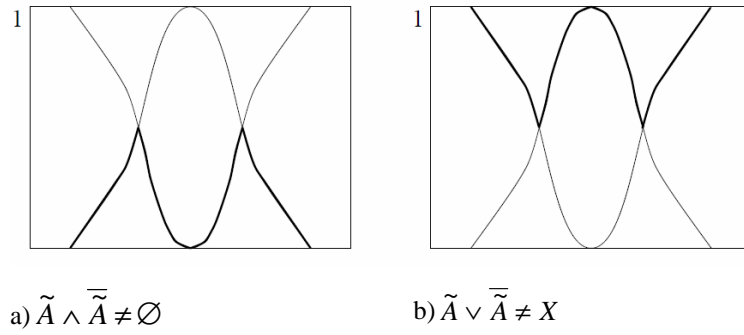
Birleşim:	$(\tilde{A} \cup \tilde{B})(x) = \max\{\tilde{A}(x), \tilde{B}(x)\} = \tilde{A}(x) \vee \tilde{B}(x), x \in X.$
Kesişim:	$(\tilde{A} \cap \tilde{B})(x) = \min\{\tilde{A}(x), \tilde{B}(x)\} = \tilde{A}(x) \wedge \tilde{B}(x), x \in X$
Tümleme:	$x \in E$ için, $\mu_{\tilde{A}^c}(x) = 1 - \mu_{\tilde{A}}(x)$

Şekil 2. 3 : Bulanık Kümelerde Birleşim, Kesişim ve Tümleme İşlemlerinin Grafiksel Gösterimi.



Klasik kümelerden farklı olarak, bulanık kümelerde, bir bulanık kümenin değili (tümleyeni) ile kesişimi boş küme olmadığı gibi bir bulanık kümenin değili (tümleyeni) ile birleşimi de evrensel küme değildir. Bir başka deyişle klasik kümelerdeki Üçüncü Halin İmkânsızlığı Kuralı bulanık kümelerde geçerli değildir. Üçüncü Halin İmkânsızlığı kuralının olmayışı bulanık küme teorisini daha spesifik yapmaktadır (Bojatziev ve Bojatziev, 2007: 19).

Şekil 2. 4: Üçüncü Halin İmkânsızlığı Kuralı bulanık kümeler için geçerli değildir .



Kaynak: Bojatziev ve Bojatziev, 2007, s. 19.

Diğer bulanık küme işlem özellikleri, klasik küme işlem özellikleri ile benzerlik göstermektedir (Özkan, 2003: 20 ve Eranıl, 2008: 39).

Tablo 2.3: Bulanık Küme İşlemleri

Değişme:	$\tilde{A} \wedge \tilde{B} = \tilde{B} \wedge \tilde{A}$	$\rightarrow \mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) = \mu_{\tilde{B} \cap \tilde{A}}(x)$
	$\tilde{A} \vee \tilde{B} = \tilde{B} \vee \tilde{A}$	$\rightarrow \mu_{\tilde{A} \cup \tilde{B}}(x) = \mu_{\tilde{B} \cup \tilde{A}}(x)$
Birleşme:	$\tilde{A} \wedge (\tilde{B} \wedge \tilde{C}) = (\tilde{A} \wedge \tilde{B}) \wedge \tilde{C}$	$\rightarrow \mu_{\tilde{A} \cap (\tilde{B} \cap \tilde{C})}(x) = \mu_{(\tilde{A} \cap \tilde{B}) \cap \tilde{C}}(x)$
	$\tilde{A} \vee (\tilde{B} \vee \tilde{C}) = (\tilde{A} \vee \tilde{B}) \vee \tilde{C}$	$\rightarrow \mu_{\tilde{A} \cup (\tilde{B} \cup \tilde{C})}(x) = \mu_{(\tilde{A} \cup \tilde{B}) \cup \tilde{C}}(x)$
Dağılma:	$\tilde{A} \wedge (\tilde{B} \vee \tilde{C}) = (\tilde{A} \wedge \tilde{B}) \vee (\tilde{A} \wedge \tilde{C})$	$\rightarrow \mu_{\tilde{A} \cap (\tilde{B} \cup \tilde{C})}(x) = \mu_{(\tilde{A} \cap \tilde{B}) \cup (\tilde{A} \cap \tilde{C})}(x)$
	$\tilde{A} \vee (\tilde{B} \wedge \tilde{C}) = (\tilde{A} \vee \tilde{B}) \wedge (\tilde{A} \vee \tilde{C})$	$\rightarrow \mu_{\tilde{A} \cup (\tilde{B} \cap \tilde{C})}(x) = \mu_{(\tilde{A} \cup \tilde{B}) \cap (\tilde{A} \cup \tilde{C})}(x)$
Yansıma:	$\tilde{A} \wedge \tilde{A} = \tilde{A}$	$\rightarrow \mu_{\tilde{A} \cap \tilde{A}}(x) = \mu_{\tilde{A}}(x)$
	$\tilde{A} \vee \tilde{A} = \tilde{A}$	$\rightarrow \mu_{\tilde{A} \cup \tilde{A}}(x) = \mu_{\tilde{A}}(x)$

	$\tilde{A} \wedge \emptyset = \emptyset$	\rightarrow	$\mu_{\tilde{A} \cap \emptyset}(x) = \mu_{\emptyset}(x)$
Özdeşlik:	$\tilde{A} \vee \emptyset = \tilde{A}$	\rightarrow	$\mu_{\tilde{A} \cup \emptyset}(x) = \mu_{\tilde{A}}(x)$
	$\tilde{A} \wedge \bar{E} = \tilde{A}$	\rightarrow	$\mu_{\tilde{A} \cap E}(x) = \mu_{\tilde{A}}(x)$
	$\tilde{A} \vee \bar{E} = \bar{E}$	\rightarrow	$\mu_{\tilde{A} \cup E}(x) = \mu_E(x)$
Çift	$\overline{\tilde{A}} = \tilde{A}$	\rightarrow	$\mu_{\overline{\tilde{A}}}(x) = \mu_{\tilde{A}}(x)$
Değilleme:			
De	$\overline{\tilde{A} \wedge \tilde{B}} = \overline{\tilde{A}} \vee \overline{\tilde{B}}$	\rightarrow	$\mu_{\overline{\tilde{A} \cap \tilde{B}}}(x) = \mu_{\overline{\tilde{A}} \cup \overline{\tilde{B}}}(x)$
Morgan	$\overline{\tilde{A} \vee \tilde{B}} = \overline{\tilde{A}} \wedge \overline{\tilde{B}}$	\rightarrow	$\mu_{\overline{\tilde{A} \cup \tilde{B}}}(x) = \mu_{\overline{\tilde{A}} \cap \overline{\tilde{B}}}(x)$
Kuralları:			

2.2.3. Üyelik Fonksiyonları

Karmaşıklık ve belirsizlik içeren büyüklükler, bulanık sayılar olarak da isimlendirilebilen ve bulanık kümeleri karakterize eden üyelik fonksiyonları ile tanımlanır.

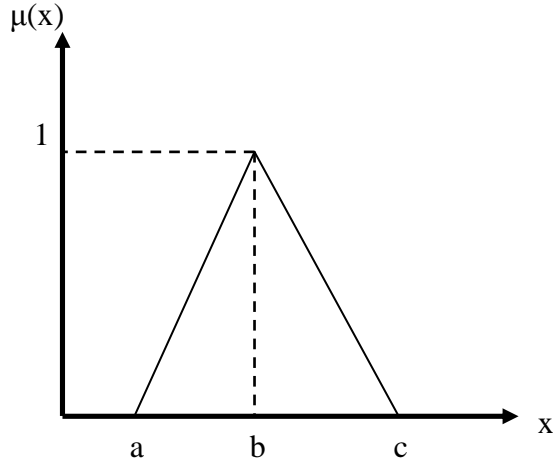
2.2.3.1. Üyelik fonksiyonu Biçimleri

- **Parçalı Doğrusal Fonksiyonlar**

Üyelik fonksiyonlarının en basitidir, üçgensel ve yamuksal üyelik fonksiyonları bu gruptan en çok bilinen ve uygulanan üyelik fonksiyonlarıdır.

Üçgensel bir üyelik fonksiyonu, a ve c üçgenin ayaklarını (tabanını), b üçgenin tepe noktasını belirtecek şekilde üç parametre ile tanımlanır (Zhao ve Bose, 2002: 229). Üçgensel bir üyelik fonksiyonu matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilir.

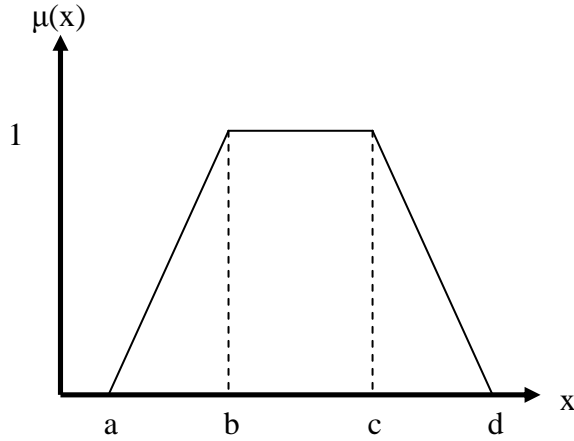
$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \mu_{\tilde{A}}(x; a, b, c) = \begin{cases} (x-a)/(b-a) & \text{eger } a \leq x \leq b \\ (c-x)/(c-b) & \text{eger } b \leq x \leq c \\ 0 & \text{eger } x \geq c, x \leq a \end{cases} \quad (2.11)$$



Grafik 2.8: Üçgensel Üyelik Fonksiyonu

Yamuksal bir üyelik fonksiyonu a ve d yamuğun ayakları, b ve c yamuğun omuzları (desteği) olacak şekilde dört parametre ile tanımlanır. Yamuksal bir üyelik fonksiyonu dar destekli (omuzlu) veya geniş destekli (omuzlu) olabilir.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} (x-a)/(b-a) & \text{eger } a \leq x \leq b \\ 1 & \text{eger } b \leq x \leq c \\ (d-x)/(d-c) & \text{eger } c \leq x \leq d \\ 0 & \text{eger } x \geq d \text{ } x \leq a \end{cases} \quad (2.12)$$

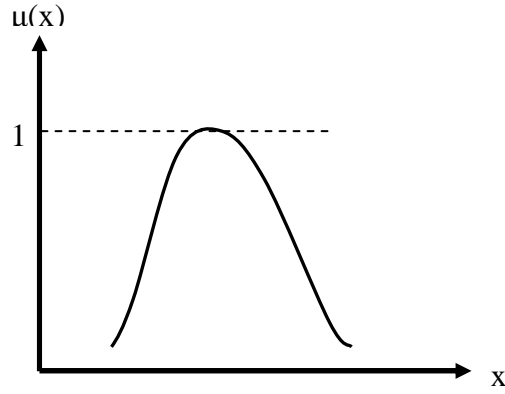


Grafik 2.9: Yamuksal Üyelik Fonksiyonu

- **Gaussian Üyelik Fonksiyonları**

Orjinden (merkezden) uzaklığı belirten “c” ve eğrinin genişliğini belirten “σ” parametreleri ile tanımlanır. Genişlik değeri küçüldükçe üyelik fonksiyonu incilir.

$$\mu_A(x; c, \sigma) = e^{-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}} \quad (2.13)$$

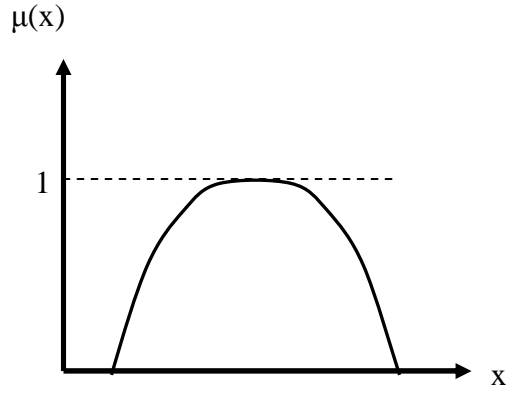


Grafik 2.10: Gaussian Üyelik Fonksiyonu

- **Cauchy (Çan Şeklinde) Üyelik Fonksiyonu**

(a, b, c) gibi üç parametre ile tanımlanır. “a”, eğrinin genişliğini; “c”, eğrinin merkezini gösterir. “b”, her zaman pozitifdir. Simetrik çan şekilli bir üyelik fonksiyonu matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\mu_A(x; a, b, c) = \left\{ \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^{2b}} \right\} \quad (2.14)$$

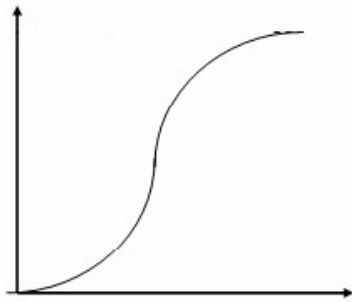


Grafik 2.11: Çan Şeklinde Üyelik Fonksiyonu

- **Sigmoidal Üyelik Fonksiyonları**

Genellikle sağa açık ya da sola açık olabilen sigmoidal üyelik fonksiyonunun genel ifadesinde yer alan parametrelerden “a”, fonksiyonun dikliğini gösterir. “a” pozitifse üyelik fonksiyonu sağa açık, negatifse sola açıktır. Matematiksel formülasyonda yer alan “c” parametresi ise orjinden uzaklığı göstermektedir.

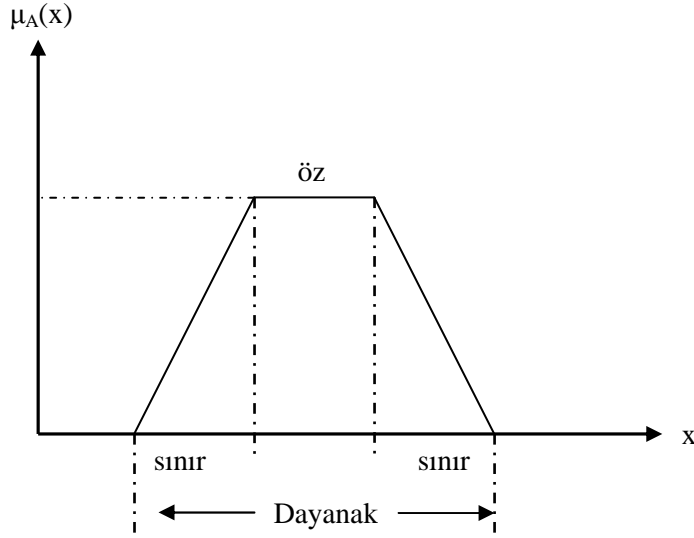
$$\mu_A(x; a, c) = \left\{ \frac{1}{1 + e^{-a(x-c)}} \right. \quad (2.15)$$



Grafik 2.12: Sigmoidal Üyelik Fonksiyonu

2.2.3.2. Üyelik Fonksiyonunun Kısımları

Bir üyelik fonksiyonu öz, sınır (geçiş bölgesi), ve destek (dayanak) kısımlarından oluşur. Üyelik derecesi 1 olan elemanlar, üyelik fonksiyonunun “öz” kısmını oluşturur ve $\mu_A(x)=1$ şeklinde ifade edilir. Bulanık kümede üyelik derecesi 0’dan farklı olan ($\mu_A(x)>0$) elemanlar, üyelik fonksiyonunun “destek” kısmını oluşturur. Üyelik derecesi 1’e veya 0’a eşit olmayan ($0 < \mu_A(x) < 1$) bulanık küme elemanları da üyelik fonksiyonunun “sınırlar”ını oluşturur.



Grafik 2.13: Üyelik Fonksiyonu Kısımları

Kaynak: <http://www.2.aku.edu.tr>, (03.09.2010), s.16.

2.2.4. Bulanık Sayılar

Bir bulanık sayı, X evrensel kümesinde, dış bükey ve normal bir bulanık küme olarak tanımlanır (Bojadziev ve Bojadziev, 2007; 19) Her bulanık sayı bir bulanık küme iken, her bulanık küme bir bulanık sayı değildir. Bulanık bir kümenin bulanık sayı olabilmesi için bazı koşulları sağlaması gerekmektedir (Wu, 2003: 63);

- Bulanık küme normal olmalıdır.
- Bulanık küme dış bükey olmalıdır.
- Bulanık kümenin her α kesmesi kapalı bir aralık olmalıdır.
- Bulanık kümenin destek kümesi sınırlı olmalıdır.

Bulanık kümelerde olduğu gibi bulanık sayılar da üyelik fonksiyonları ile tanımlanır. Üyelik fonksiyonu çeşidi kadar bulanık sayı çeşidi vardır. Uygulamada en çok kullanılanlar üçgensel ve yamuksal bulanık sayılardır.

2.2.4.1. Bulanık Sayılarda Cebirsel İşlemler

Bulanık sayılarda cebirsel işlemler temelde α Kesim Yöntemi veya Genişleme Kuralı kullanılarak yapılabilmektedir.

\tilde{A} ve \tilde{B} bulanık sayılarının α kesimleri $\tilde{A}_\alpha = [a_1^{(\alpha)}, a_2^{(\alpha)}]$ ve $\tilde{B}_\alpha = [b_1^{(\alpha)}, b_2^{(\alpha)}]$ olarak belirlendiğinde bu sayılar arasında aşağıda verilen ilişkiler kurulabilir (Wang, 1997: 370);

$$(A + B)_\alpha = A_\alpha + B_\alpha = C_\alpha \quad (2.16)$$

$$(A - B)_\alpha = A_\alpha - B_\alpha = D_\alpha \quad (2.17)$$

$$(A \times B)_\alpha = A_\alpha \times B_\alpha = E_\alpha \quad (2.18)$$

$$(A \div B)_\alpha = A_\alpha \div B_\alpha = F_\alpha \quad (2.19)$$

- α Kesim Yöntemiyle Temel Cebirsel İşlemler

\tilde{A} ve \tilde{B} bulanık sayılarının α kesimleri ile toplama, çıkarma, çarpma ve bölme işlemlerinin yapılması sonucu elde edilen \tilde{C} , \tilde{D} , \tilde{E} , \tilde{F} bulanık sayılarının α kesimleri şu şekilde gösterilebilir (Lai ve Hwang, 1992: 61);

$$C_\alpha = [a_1^{(\alpha)} + b_1^{(\alpha)}, a_2^{(\alpha)} + b_2^{(\alpha)}] = [c_1^{(\alpha)}, c_2^{(\alpha)}] \quad (2.20)$$

$$D_\alpha = [a_1^{(\alpha)} - b_1^{(\alpha)}, a_2^{(\alpha)} - b_2^{(\alpha)}] = [d_1^{(\alpha)}, d_2^{(\alpha)}] \quad (2.21)$$

$$E_\alpha = [a_1^{(\alpha)} \times b_1^{(\alpha)}, a_2^{(\alpha)} \times b_2^{(\alpha)}] = [e_1^{(\alpha)}, e_2^{(\alpha)}] \quad (2.22)$$

$$F_\alpha = [a_1^{(\alpha)} \div b_1^{(\alpha)}, a_2^{(\alpha)} \div b_2^{(\alpha)}] = [f_1^{(\alpha)}, f_2^{(\alpha)}] \quad (2.23)$$

- **Genişleme Kuralı ile Temel Cebirsel İşlemler**

İki bulanık sayıya ilişkin bulanık temel cebirsel işlemler şu şekilde yapılabilir (Özkan, 2003: 76);

$$\mu_{\tilde{C}}(z) = \max_{z=x+y} \min(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(y)) \quad (2.24)$$

$$\mu_{\tilde{D}}(z) = \max_{z=x-y} \min(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(y)) \quad (2.25)$$

$$\mu_{\tilde{E}}(z) = \max_{z=x \times y} \min(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(y)) \quad (2.26)$$

$$\mu_{\tilde{F}}(z) = \max_{z=x \div y} \min(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(y)) \quad (2.27)$$

Bu bölümde Bulanık Hedef Programlamanın ilk bileşeni olan “Bulanık” ile ilgili olarak bulanık mantık, bulanık kümeler ve bulanık sayılar konuları ele alınmıştır. Sonraki bölümde ikinci bileşen olan “Hedef Programlama”ya yer verilecektir.

2.3. HEDEF PROGRAMLAMA

Bulanık Hedef Programlamanın “Bulanık” bileşeni ile ilgili bilgi verildikten sonra bu bölümde ana çalışma konumuzun ikinci bileşeni “Hedef Programlama” ile ilgili olarak hedef programlamanın genel yapısı, ilkeleri, türleri ve kullanım alanları ile ilgili genel bir çerçeve çizilecektir.

Kaynakların azlığı ve eldeki bilgilerin yetersizliği nedeni ile her zaman karar vericilerin tercihlerini temsil eden güvenilir matematiksel modeller kurmak olanaksızdır (Öztürk, 2009: 273). Gerçek uygulamaların birçoğu aynı anda birden fazla amaca sahiptir. Örneğin üretim işletmelerinin çoğu, büyüyen bir organizasyon gibi işletmenin net karı, pazar payını ve firma farkındalığını yüksek değerlere ulaştırma ile yakından ilgilenirler (Ravidran, 2008: 1/31). İşte bunun gibi durumlarda çok amaçlı karar verme yöntemlerine gerek duyulmaktadır. Hedef programlama da en iyi bilinen çok amaçlı karar verme yöntemidir.

Hedeflerin mümkün olan üç türü vardır (Hillier ve Liberman, 2001: 332-333; Öztürk, 2009: 273).

- Hedefin altına düşülmesi istenmeyen tek yönlü hedef: Hedefe altına düşmek istemediğimiz bir alt limit koyar. Amaç fonksiyonu bu limitin altına düşerse bir ceza takdir edilir.
- Hedefin üstüne çıkılması istenmeyen tek yönlü hedef: hedefe aşmak istemediğimiz bir üst limit koyar ve amaç fonksiyonu bu limitin aşarsa bir ceza takdir edilir.
- İki yönlü hedef: Hedefi her iki yönde (+,-) kaçırmak istemediğimiz limitler koyar. Amaç fonksiyonu iki yönde de konulan limiti aşarsa bir ceza takdir edilir.

Hedef programlama verilen kısıtlayıcılar altında amaç ölçütünü doğrudan maksimum veya minimum kılmaktan ziyade hedeflerin kendi içindeki sapmaları minimum kılmaya odaklanan bir tekniktir (Öztürk, 2007: 36).

Hedef programlama modeli doğrusal programlama modelinin bir uzantısı olup, doğrusal programlama modelinin çok amaçlı karar problemleri karşısındaki yetersizliğini giderecek şekilde geliştirilmiştir (Özgüven, 2003: 223). Hedef programlama, doğrusal programlama problemlerinin kısıtlarının amaç fonksiyonunda hedefler gibi davrandığı bir matematiksel problemdir (Cheema, 2005: 858).

Doğrusal programlamaya dayandırıldığından dolayı, hedef programlama modeli için başlangıç noktası doğrusal programlama modelinin varsayımları ve

modelleme notasyonlarının yeniden düzenlenmesiyle elde edilebilmektedir (Schniederjans, 1994: 2). Doğrusal programlamadan farklı bir bakış açısıyla hedef programlama, amaç fonksiyonunun maksimizasyonu ya da minimizasyonu yerine var olan kısıtlar çerçevesinde belirlenen hedeflerden sapmaları minimize eder (Tütek ve Gümüšoğlu, 2008: 284).

Hedef programlamanın temel yaklaşımı her amaç için spesifik sayısal bir hedef oluşturmak, her amaç için bir amaç fonksiyonu oluşturmak ve sonra bu amaç fonksiyonlarının söz konusu hedeflerinden sapmalarını minimize eden bir çözüm aramaktır (Hillier ve Liberman, 2001: 332).

Bütün amaç fonksiyonlarının aynı anda bir tek olurlu çözümünün olması nadir rastlanan bir durumdur. Tipik olarak bir amaç fonksiyonu, diğer bir amaç fonksiyonunu en istenen değerden saptıracak bir etkiye sahiptir. Bunlar çok amaçlı modellerde amaç fonksiyonları arasında olağan çelişkilerdir. Çeşitli amaç fonksiyonları arasındaki çelişkiler nedeni ile çok amaçlı problemlerde optimallik kavramı kabul görmez (Ravindnan, 2008: 32).

Hedef programlama metodolojisi Charnes ve Cooper (1961) tarafından ortaya atılmıştır. Hedef programlama üzerine diğer çalışmalar Ijiri (1965), Lee (1972) ve Ignizo (1976) tarafından hazırlanmıştır. Yöntem ilk olarak Charnes vd. (1968-69), Spivey ve Tamural (1970), Lee ve Clayton (1972), Psice ve Piskor (1972) ve diğer araştırmacılar tarafından özel sektör sorunlarına uygulanmıştır. Werazberger (1976) hedef programlamayı alan kullanımı planlamasında kullanmıştır (Cohon, 2003: 188).

2.3.1. Hedef Programlamanın Yapısı

Bir hedef programlama modeli karar değişkenleri, sistem kısıtları, hedef kısıtları, amaç fonksiyonları ve bileşik amaç fonksiyonu olmak üzere beş temel bileşenden oluşur (Öztürk, 2009: 276 ve Akman, 2009, 28).

Karar değişkenleri: Karar verici tarafından değeri belirlenmek istenen bilinmeyenlerdir.

Sistem Kısıtları: Tam olarak sağlanması gereken ve hiçbir sapmaya izin verilmeyen kısıtlardır.

Hedef Kısıtları: Ulaşılmak istenen hedef değerlerini gösteren fonksiyonlardır. Sistem kısıtları kadar değişmez değildir, sapmalara izin verir. Hedefin üzerinde bir başarı elde edilmişse pozitif sapmadan (d^+), hedefe ulaşamamışsa negatif sapmadan (d^-) söz edilir.

Sapma Değişkenleri: Hedefin altında veya üstünde elde edilen faaliyetlerin miktarını belirleyen değişkenlerdir. Sapma değişkenleri negatif değer alamaz ve bir hedef aynı anda hem hedefin altında hem hedefin üstünde gerçekleşmeyeceği için sapma değişkenlerinden birinin değeri daima sıfır olur.

Amaç Fonksiyonları: Herhangi bir amaç için belirlenen hedeften sapmaları en küçükleyen fonksiyondur. Hedef programlamada amaç fonksiyonunun optimal değeri, sistem ve hedef kısıtlayıcılarının belirlediği çözüm alanı içinde aranır.

Birleşik Amaç Fonksiyonu: Çok amaçlı modeli tek amaçlı modele dönüştürmek için, tüm amaç fonksiyonlarının belirli bir öncelik seviyesi ve/veya ağırlığına göre toplam şeklinde yazılmasıyla oluşturulur.

2.3.2. Genel Hedef Programlama Modeli

Bir çok amaçlı doğrusal programlama modelini hedef programlama modeli olarak ifade etmek için, ilk olarak hedef programlama modelinin kısıtlayıcı kümesini oluşturmamız gerekir. Bunun için $f_1(x)$ ve $f_2(x)$ ile gösterilen hedef fonksiyonlarına ilişkin erişim düzeylerinin b_4 ve b_5 olarak belirlendiğini kabul edelim. Bu durumda, çok amaçlı programlama modelinin amaç fonksiyonlarına sapma değişkenlerini ekleyerek verilen hedef programlama kısıtlayıcı kümesine ulaşılır (Özkan, 2003: 175).

Çok Amaçlı

Doğrusal Programlama Modeli

$$\text{Maksimum } Z_1 = f_1(x)$$

$$\text{Minimum } Z_2 = f_2(x)$$

Kısıtlayıcılar

$$\sum_{j=1}^n a_{1j}x_{1j} \leq b_1$$

$$\sum_{j=1}^n a_{2j}x_{2j} \geq b_2$$

$$\sum_{j=1}^n a_{3j}x_{3j} = b_3$$

ve $x \geq 0$

Hedef Programlama Modeli

$$\min \sum_{i=1}^n d_i^+ + d_i^-$$

Kısıtlayıcılar

$$\sum_{j=1}^n a_{1j}x_{1j} \leq b_1$$

$$\sum_{j=1}^n a_{2j}x_{2j} \geq b_2$$

$$\sum_{j=1}^n a_{3j}x_{3j} = b_3$$

$$f_1(x) + d_1^- - d_1^+ = b_4$$

$$f_2(x) + d_2^- - d_2^+ = b_5$$

ve $x_{ij} \geq 0 \quad i=1,2,3 \quad j=1,2,\dots,n$

$$\begin{aligned} d_i^-, d_i^+ &\geq 0 \\ d_i^- \times d_i^+ &= 0 \end{aligned} \quad i=1,2$$

Bir hedefin erişim düzeyinde hem pozitif hem de negatif sapmanın aynı anda gerçekleşmeyeceğini, dolayısıyla saptamalardan biri pozitifse diğerinin sıfır olması gerektiğini belirten kısıt da hedef programlama modelinin kısıtlayıcı kümesinde yerini alır.

Bir hedef programlama modelinde amaç fonksiyonu hedeflerden saptmaları minimize edecek şekilde oluşturulur. Amaç fonksiyonunun formülasyonunda iki önemli nokta bulunmaktadır (Tang, 1999: 119);

1. Kesin hedefin üst sınırı kabul edilebilirse, hedeften pozitif sapma değişkeni (d_i^+) amaç fonksiyonunda bulunmaz.
2. Kesin hedefin alt sınırı kabul edilebilirse hedeften negatif sapma değişkeni (d_i^-) amaç fonksiyonunda yer almaz.

Genel hedef programlama modeli bazı özellikleri içermektedir (Öztürk, 2009: 301).

1. Amaç fonksiyonu, sapma değişkenler toplamını en küçüklemek için oluşturulur.
2. Hedefe ulaşmadaki başarı ve başarısızlığı ifade eden sapma değişkenleri, tüm hedef kısıtlayıcılarında bulunur.
3. Sapma değişkenlerini içermeyen yapısal kısıtlayıcılar, klasik doğrusal programlama modelinde yapmış olduğu işlevi yerine getirir.
4. Yönetimin hedefleri kısıtlayıcılar ile modele taşınır.
5. Modelde bulunan tüm değişkenler ya sıfır ya da sıfırdan büyük değerler alabilirler.

2.3.3. Hedef Programlama Türleri

Literatürde hedef programlama türleri farklı açılardan ele alınmıştır. Hedef programlamanın babası sayılan Charnes ve Cooper hedef programlamanın üç türünü belirlemişlerdir (Öztürk, 2007: 38):

1. *Archimedian Hedef Programlama*: Bütün hedeflerden istenmeyen sapmaların toplamını minimize etmeye çalışır.
2. *Chebyshev Hedef programlama*: En kötü ya da bir başka deyişle maksimum sapmayı minimum kılmaya çalışır.
3. *Non-Archimedian Hedef Programlama*: Önem sırasına göre sıralanmış vektörleri minimum kılmaya çalışır.

Tamiz ve Jones (2010: 10) Hedef programlama türlerini metrik uzaklık bazlı türler ve karar değişkeni ve hedef bazlı türler olmak üzere iki gruba ayırmıştır:

- Metrik Uzaklık Bazlı Türler
 - Öncelikli Hedef Programlama
 - Ağırlıklandırılmış Hedef Programlama
 - Chebyshev Hedef Programlama

- Karar Değişkeni ve Hedef Bazlı Türler
 - Bulanık Hedef Programlama
 - Tamsayı ve İkili (0-1) Hedef Programlama
 - Kademeli (Fraksiyonel) Hedef Programlama

Hillier ve Liberman (2001: 333), hedef programlamayı matematiksel programlama türlerine göre, doğrusal hedef programlama, tam sayılı hedef programlama, doğrusal olmayan hedef programlama gibi kategorize etmişlerdir.

Geliştirilen amaç fonksiyonunun yapısına göre yapılan başka bir sınıflandırmaya göre hedef programlamanın; Tek Hedefli Programlama, Eşit Ağırlıklı Çok Hedefli Programlama, Ağırlıklı Çok Hedefli Programlama, Öncelikli Çok Hedefli Programlama, Ağırlıklı-Öncelikli Çok Hedefli Programlama gibi türleri bulunmaktadır (Öztürk, 2009; 281).

Hedef programlamanın kendine özgü amaç fonksiyonu yapısı olduğu için amaç fonksiyonu yapısına göre hedef programlama türleri hakkında daha detaylı bilgi verilmesi yararlı olacaktır.

2.3.3.1. Tek Hedefli Programlama

Tek hedefli problemler en basit hedef programlama problemleridir. Tek hedefli programlama, hedef programlama modelinin oluşturulmasının mantığını anlamak açısından önem arz eder.

Karar vericinin ulaşmak istediği tek bir hedef vardır ve amaç fonksiyonunu bu hedeften sapmayı ya da sapmaları minimize edecek şekilde oluşturur.

$$\text{Min } z = d_1^- \quad (2.28)$$

2.3.3.2.Eşit Ağırlıklı Çok Hedefli Programlama

Probleme ilişkin hedefler eşit önemli ise, istenmeyen sapma değişkenlerinin toplamı biçiminde ifade edilen amaç fonksiyonu minimize edilmeye çalışılır. Bu biçimindeki amaç fonksiyonunun anlamlı olabilmesi için sapma değişkenlerinin aynı birimde olması gerekir (Öztürk, 2009: 285). Eşit ağırlıklı çok hedefli programlamaya ilişkin amaç fonksiyonu genel olarak şu şekilde yazılabilir;

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n (d_i^- + d_i^+) \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (2.29)$$

2.3.3.3.Öncelikli Hedef Programlama

Öncelikli Hedef Programlama, hedefler arasındaki önceliklerin sıralanmasına dayanır. Bu durumda, her bir hedef için önceden belirlenen kesin öncülük düzeyi belirlenir. Matematiksel programlama problemlerinin serisi, sıralı olarak çözülür yani önce sadece en yüksek öncelikli hedef ve sonra da onu izleyen daha düşük öncelikli hedeflerin çözümü izler (Öztürk, 2007: 46).

Öncelikli hedef programlama için amaç fonksiyonu matematiksel olarak şu şekilde ifade edilebilir;

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n P_k (d_i^- + d_i^+) \quad (k = 1, 2, 3, \dots, k), (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (2.30)$$

2.3.3.4. Ağırlıklandırılmış Hedef Programlama

Öncelikli Olmayan Hedef Programlama olarak bilinen ağırlıklı hedef programlamada hedeflerden sapmaların ağırlıklı toplamını minimum kılınır. Ağırlıklı Hedef Programlamada, amaç fonksiyonun sapma değişkenlerinin ağırlıklı ortalaması belirlenir ve sonra da hedeflerin göreceli önemi ilgili sapmaların ağırlıkları ile ifade edilir (Öztürk, 2007: 46-47).

En basit şekliyle bir ağırlıklandırılmış hedef programlama modeli matematiksel olarak şu şekilde ifade edilebilir.

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n w_k (d_i^- + d_i^+) \quad (k = 1,2,3,\dots,k), (i = 1,2,3,\dots,n) \quad (2.31)$$

2.3.3.5. Ağırlıklı-Öncelikli Hedef Programlama

Aynı hedefe ilişkin iki veya daha fazla sapma değişkeni aynı öncelik düzeyinde amaç fonksiyonunda yer alabilir. Böyle bir durumda, sapma değişkeninin önceliği aynı (p_i) ise bu sapma değişkenlerde ağırlık kullanılarak hangi sapmanın daha önemli olduğu belirlenebilir.

Örneğin amaç fonksiyonu;

$$\text{Min } z = p_1 d_1^+ + p_2 d_2^- + p_3 2d_3^- + p_3 d_3^+ + p_4 d_4^- \quad (2.32)$$

biçiminde verildiğinde, üçüncü hedefin negatif sapmalı değişkeninin, pozitif sapmalı değişkeninden iki kat daha önemli olduğu anlaşılır. Böyle bir durum, birden fazla hedefin aynı öncelik düzeyinde bulunmasında da söz konusu olabilir.

Örneğin amaç fonksiyonu;

$$\text{Min } z = p_1 d_1^- + p_2 (3d_2^- + 2d_3^+ + 4d_4^- + d_4^+ + 5d_5^- + 2d_5^+) \quad (2.33)$$

olursa bu amaç fonksiyonunda, ikinci değişkenden beşinci değişkene kadar olan sapma değişkenlerinin öncelik düzeyleri (p_2) aynı, fakat aralarında önem farklılığı vardır. Ağırlıklar ile belirtilen önem farklılığına göre, ikinci öncelikli hedef değişkenlerinin önem sırası d_5^- , d_4^- , d_2^- , ($d_3^+ = d_5^+$) ve d_4^+ şeklindedir (Öztürk, 2009; 297).

2.3.4. Hedef Programlama Modelinin İlkeleri

Hedef programlama modelinin ilkeleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Eranıl, 2008; 63);

- Hedef programlamada her bir amaç bir hedef olarak kabul edilir.
- Hedef programlamada hedeflerin gerçekleştirilmesinde öncelikler dikkate alınır. Önce birinci öncelik düzeyindeki hedefler daha sonra ikinci öncelik düzeyindeki hedefler gerçekleştirilir. Sıra atlamadan bütün hedefler tamamlanana kadar devam edilir.
- d_i^- i . hedefin altında kalınması durumunu, d_i^+ i . hedefin aşılması durumunu gösterir.
- Hedef düzeyleri dikkate alınarak hedeflerden toplam sapma minimize edilmeye çalışılır. Öncelikle birinci öncelikli hedefler için problemin çözümü belirlenir. Daha sonra bu çözümü ihmal etmeyen ikinci düzey hedeflere ait çözüm belirlenir. Aynı şekilde diğer hedefleri olabildiğince sağlayan ve önceki hedefleri ihmal etmeyen çözümler belirlenir.

2.3.5. Hedef Programlamanın Kullanım Alanları

Hedef programlama modelinin kullanıldığı başlıca uygulama alanları şu şekilde belirtilebilir (Tütek ve Gümüšoğlu, 2008: 283-284):

- Reklam programlarının planlanması
- İşgücü planlaması
- Üretim planlaması
- Akademik planlama
- Finansal analiz
- Ekonomik politika analizleri
- Ulaştırma ve lojistik
- Pazarlama stratejilerinin planlanması
- Çevrenin korunması

- Sağlık hizmetlerinin planlanması
- Kısıtlı kaynakların optimal dağıtımının yapılması
- Kuruluş yeri seçimi
- Kamu sektöründeki kurumlarda ve kar amaçlı olmayan işletmelerde politika analizlerinin yapılması.

Cheema (2005: 859) hedef programlamanın işletme yönetiminde kullanım alanlarını şu şekilde örneklendirmiştir:

- Pazarlama Yönetimi: Pazar payının maksimizasyonu, kar marjının maksimizasyonu, reklam maliyetlerinin minimizasyonu, marka imajının optimizasyonu.
- Üretim Planlaması ve Kontrolü: İşlem süresinin minimizasyonu, maliyet minimizasyonu, ürün kalitesinin maksimizasyonu, kaynak kullanımının optimizasyonu.
- Stok Yönetimi: Stoksuz kalma maliyetinin minimizasyonu, depolama maliyetinin minimizasyonu, gecikme zamanı minimizasyonu.

2.4. BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA

Önceki bölümlerde Bulanık Hedef Programlamanın bileşenleri bağımsız olarak ele alınmıştır. Bu bölümde Bulanık Hedef Programlama, bu bileşenlerin oluşturdukları özel bir yapı olarak incelenecektir.

2.4.1. Bulanık Ortamda Karar Verme

Karar verme problemleri yapı itibarı ile çok amaçlı olup, belirsiz bir çevre içerisinde meydana gelmektedir. Birçok matematiksel programlama problemi, karar verici tarafından kısıtlara bağlı kalarak birden fazla amaç fonksiyonun bir araya getirilmesinden oluşmaktadır. Matematiksel programlama yapısı, problemin

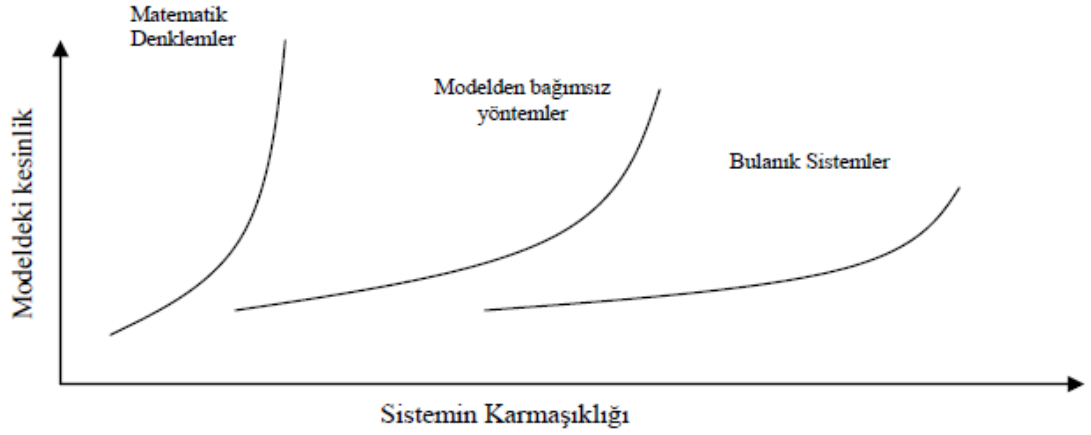
formülasyonu safhasında amaçların açık ve kesin olarak ifade edilmesini gerektirir. (Eranıl, 2008; 49)

Karar verme süreci içerisinde problemlerin tanımları yapılırken dört farklı durumla karşılaşılabilir (Güneş ve Umarusman, 2003: 243).

- Açıkça tanımlanmış ve belirlenmiş alternatiflerin tek kritere göre değerlendirilmesi,
- Tanımı açıkça yapılmamış ve belirsiz alternatiflerin tek kritere göre değerlendirilmesi,
- Açıkça tanımlanmış ve belirlenmiş alternatiflerin çoklu kriterlere göre değerlendirilmesi,
- Tanımı açıkça yapılmamış ve belirsiz alternatiflerin çoklu kriterlere göre değerlendirilmesi.

Belirsiz ve kesin olmayan bir yapı göstermesinden dolayı gerçek dünya problemlerinde kararlar almak çoğu zaman zordur. Bu sebep ile problemlerin çözümlenmesi için de geliştirilen modeller kesin bir sonuç vermeyebilir. 1960'lı yılların ortalarında bulanık küme teorisinin gelişimi ile birçok alanda özellikle yöneylem araştırması alanında üyelik fonksiyonu kullanılmak sureti ile problemlerin modelleri içerisine insan düşünce yapısı eklenerek problem ile ilgili sonuçlar alternatifleri ile birlikte incelenme imkanı doğmuştur. 1970 yılında bulanık ortamda karar vermek için bir çatı geliştirilmiştir (Güneş ve Umarusman, 2003: 244).

Sistemin karmaşıklık derecesine göre kararları modelleme yöntemleri Şekil 2.14'deki gibi farklılık gösterir.



Grafik 2.14: Sistemin Karmaşıklığına Göre Modeldeki Belirsizlik.

Kaynak: Kabak, 2007, s. 58.

Karmaşıklığı az olan sistemler için, yani belirsizliği az olanlar için, kapalı formda matematiksel modellerin kullanılması uygun iken biraz daha karmaşık olan, fakat anlamlı verinin bulunduğu sistemlerde, yapay sinir ağları gibi modelden bağımsız yöntemler belirsizliği azaltarak daha doğru sonuçlar verebilmektedir. Son olarak, sayısal verinin az olduğu ve sadece belirsiz, kesin olmayan verilerin bulunduğu en karmaşık sistemlerde, bulanık mantık yürütme gözlenen girdi ve çıktı durumlarının arasına yaklaşık ifadesini koymamızı sağlayarak sistem davranışını anlamamızı sağlar (Kabak, 2007; 58).

Karar verme problemleri yapı itibariyle çok amaçlı olup, belirsiz bir çevrede meydana gelmektedir. Birçok matematiksel programlama problemi, karar verici tarafından kısıtlara bağlı kalarak birden fazla amaç fonksiyonunun bir araya getirilmesinden oluşmaktadır. Matematiksel programlama yapısı problemin formülasyonu aşamasında amaçların açık ve kesin olarak ifade edilmesini gerektirir (Eranıl, 2008; 47).

Geleneksel bir karar verme problemi altı bileşenden oluşur (Özkan, 2003; 155-156);

1. Karar verici
2. Amaç: Bir maksimizasyon işlemi olarak yorumlanabilir.

3. Karar Ölçütü: Fayda, kar, gelir veya maliyet fonksiyonları karar ölçütlerini oluşturur.
4. Seçenekler: Evrensel küme olarak da adlandırılır.
5. Olaylar: Evrensel küme, kümenin hangi elemanlarını n karar probleminin çözümü olarak kabul edilip edilemeyeceğini ifade eden kısıtlayıcı koşullar.
6. Sonuç

Bulanık bir ortamda karar verme problemi de ele alınan bu bileşenlerle açıklanabilir. Karar verici ve seçenekler kümesi bileşenlerinin bulanık olmadığı kabul edilirken, amaç fonksiyonunun erişim düzeyi, karar ölçütünü gösteren fonksiyonun parametre değerleri, olayları niteleyen kısıtlayıcıların parametre değerleri ve/veya sağ taraf sabitleri, kısıtlarda yer alan \leq , $=$, \geq ilişkileri bulanık olarak belirlenebilmektedir. Bu durumda bulanık hedef, bulanık kısıt ve bulanık kararlardan bahsedilmektedir.

Bulanık Hedef: Tam doğru olmayan hedef değerini gösteren amaç, bulanık hedef olarak tanımlanabilir. Kesin bir hedef değerinin yerine "... civarında", "...’dan oldukça büyük", "...’ya yakın" gibi sözel ifadelerle belirsiz erişim düzeyi bulunan hedefler bulanık hedeflerdir. Bulanık hedef değerlerini belirli kılmak için üyelik fonksiyonları kullanılır. Her hedef için üyelik fonksiyonunun derecesi hedefin tatmin düzeyini temsil eder. Bir amacın üyelik fonksiyonu 1 veya 0 ise amaca ya tamamen ulaşılır ya da tamamen ulaşılmaz. Eğer üyelik fonksiyonu (0,1) aralığında yayılıyorsa amaca kısmen ulaşılır (Bit vd., 1993: 314).

Bulanık hedefler, daha önceki bölümlerde ayrıntılı olarak ele aldığımız üçgensel, yamuksal, parçalı doğrusal, sigmoidal gibi farklı özelliklerdeki üyelik fonksiyonları ile nitelendirilmektedir

Genel itibariyle üç tür bulanık hedeften bahsedilebilmektedir;

$$(Ax)_i \approx b_i \quad ; \quad i = 1, 2, \dots, m_1 \quad (2.34)$$

$$(Ax)_i < b_i \quad ; \quad i = m_1 + 1, \dots, m_2 \quad (2.35)$$

$$(Ax)_i \succ b_i \quad ; \quad i = m_2 + 1, \dots, m_3 \quad (2.36)$$

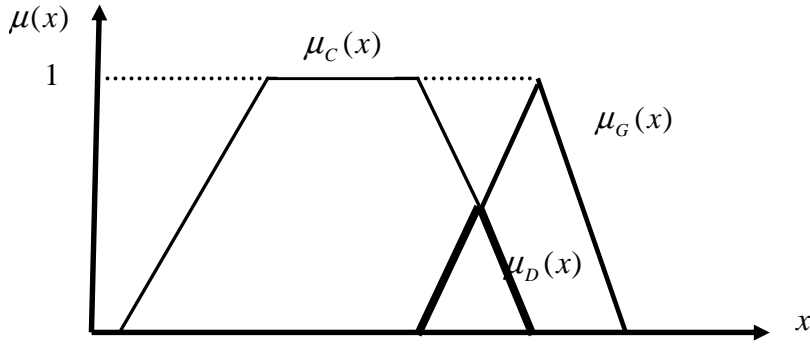
Formülasyonda kullanılan; \approx , \prec , \succ simgeleri sırasıyla $=$, \leq , \geq simgelerinin bulanıklaştırılmış halidir. Modelde b_i ile ifade edilen ise, i 'inci hedef için karar vericinin belirlediği bulanık erişim düzeyidir.

Bulanık Kısıtlayıcılar: Olayları niteleyen kısıtlayıcıların parametre değerleri ve/veya sağ taraf sabitleri bulanık olabilir. Ayrıca kısıtlayıcılarda yer alan $=$, \leq , \geq ilişkilerinde bazı toleranslara izin verilebilir. Dolayısıyla bulanık ortamdaki olaylar bileşeni bulanık kısıtlayıcılar olarak ele alınabilir (Özkan, 2003; 156). Bulanık bir kısıtlayıcı evrensel kümenin bir alt kümesi olan \tilde{C} bulanık kümesi veya $\mu_{\tilde{C}}(x) \in [0,1]$ koşulunu sağlayan bir üyelik fonksiyonu ile ifade edilebilir. $\mu_{\tilde{C}}(x) = 1$ olduğunda bulanık kısıtlayıcının tamamen doyurulduğu, $0 < \mu_{\tilde{C}}(x) < 1$ olduğunda bulanık kısıtlayıcının kısmen doyurulduğunu, $\mu_{\tilde{C}}(x) = 0$ olduğunda bulanık kısıtlayıcının tamamen/hiç doyurulmadığı ifade edilir.

Bulanık Karar: Bulanık ortamda “karar” bulanık kısıt(ların) ve bulanık amaç fonksiyon(ları)unun kesişimi olarak tanımlanır (Zimmerman, 1987; 19).

$\tilde{C} =$ Bulanık kısıtların kümesi, $\tilde{G} =$ Bulanık amaçlar kümesi olmak üzere, $\tilde{D} = \tilde{C} \cap \tilde{G} =$ Bulanık karar kümesi olarak tanımlanır. Bulanık karar kümesinin üyelik fonksiyonu;

$$\mu_{\tilde{D}}(x) = \mu_{\tilde{C}}(x) \cap \mu_{\tilde{G}}(x) = \text{Min}[\mu_{\tilde{C}}(x), \mu_{\tilde{G}}(x)], \quad \forall (x) \in U \quad (2.37)$$



Grafik 2.15: Bulanık Karar Kümesinin Üyelik Fonksiyonu.

n tane amaç ve m tane kısıtlayıcı için bir bulanık karar aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

$$\tilde{D} = \tilde{G}_1 \cap \tilde{G}_2 \cap \dots \cap \tilde{G}_n \cap \tilde{C}_1 \cap \tilde{C}_2 \cap \dots \cap \tilde{C}_m \quad (2.38)$$

Veya

$$\mu_{\tilde{D}}(x) = \text{Min}[\mu_{\tilde{G}_i}, \mu_{\tilde{C}_j}]; \quad \forall x \in U \quad i = 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (2.39)$$

Karar vericiler bulanık karar kümesinin bulanıklıktan arındırılmasını veya $\mu_D(x)$ kümesinden geleneksel bir karar alınmasını isteyebilir. Bu durumda, bulanık karar kümesinin en yüksek üyelik dereceli elemanının belirlenmesi gerekir (Bellman ve Zadeh, 1970: B-150).

$$\mu_{\tilde{D}}(x^m) = \max_{x \in U} \mu_{\tilde{D}}(x) = \max_{x \in U} \left\{ \min[\mu_{\tilde{G}_i}(x), \mu_{\tilde{C}_j}(x)] \right\} \quad i=1, 2, \dots, n \quad j=1, 2, \dots, m \quad (2.40)$$

Bulanık hedef ve/veya kısıtlayıcıların kesişim kümesinde en yüksek üyelik dereceli tek bir eleman olması için, bulanık karar kümesinin dış bükey olması gerekir (Özkan, 2003: 157).

2.4.2. Bulanık Hedef Programlamanın Formülizasyonu

Standart bir hedef programlama formülasyonunda hedefler ve kısıtlar kesin olarak tanımlanır. Gerçekte, çoğu zaman karar verici için, her amaç fonksiyonu için arzuladığı erişim düzeyini belirlemek zor bir iştir (Ramik, 2000: 81). Erişim değerleri, hedeflerin tercih öncelikli sıralaması ve görelî ağırlıklar çoğu zaman karar vericinin subjektif yargılarına dayanılarak belirlenir. Hedef programlama modelindeki bu subjektiflik olgusu bulanık küme teorisi ile ele alınabilir (Özkan, 2003; 181). Bulanık küme teorisini hedef programlamaya uygulanması karar vericiye bazı doğal dil terimleri ya da muğlak olgular ile nitelendirilebilen bulanık erişim düzeyine izin verme avantajına sahiptir. Karar verici, hedeflerin “ g_1 ’den daha büyük”, “ g_2 ’den kısmen az”, ya da “ g_3 civarında” olması gerektiğini hissedebilir. Bu tip sözel ifadeler bulanık kümelerde bahsedilen üyelik fonksiyonları ile nitelendirilebilir (Ramik, 2000: 81). Böylece hedef programlama modelinin optimizasyondan çok, doyum modeli olma özelliği ön plana çıkmış olur.

Bulanık hedef programlama ile hedef programlama arasındaki temel farklılık; hedef programlama her amaç için kesin erişim düzeyi koyması gerektirirken, bulanık hedef programlamada bunların bulanık bir biçimde belirlenmesidir (Bit vd, 1993: 314).

Tipik bir bulanık hedef programlama problemi aşağıdaki gibi formüle edilebilir (Selim vd., 2008: 400);

$$x_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.41)$$

$$Z_m(x_i) \prec \overline{Z}_m \quad m = 1, 2, \dots, M \quad (2.42)$$

$$Z_k(x_i) \succ \overline{Z}_k \quad k = m + 1, m + 2, \dots, K \quad (2.43)$$

$$g_j(x) \leq b_j \quad j = 1, 2, \dots, J \quad (2.44)$$

$$x_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.45)$$

Burada,

$Z_m(x_i)$: m'inci amaç kısıtı,

$Z_k(x_i)$: k'inci amaç kısıtı,

\overline{Z}_m : m'inci amaç için hedef değer,

\overline{Z}_k : k'inci amaç için hedef değer,

$g_j(x_i)$: j'inci eşitsizlik kısıtı

b_j : J eşitsizlik kısıtının mümkün/ulaşılabilir kaynak miktarı.

Bulanık hedef programlama problemlerinin çözümünde birçok farklı yaklaşım kullanılmıştır. Bu yaklaşımlar kullandıkları üyelik fonksiyonu türü, hedeflerin öncelikli veya önceliksiz olması gibi yönleriyle birbirlerinden farklılık göstermektedir.

2.4.3. Literatürdeki Bulanık Hedef Programlama Modelleri

Bulanık hedef programlama problemi farklı yazarlar tarafından farklı şekillerde ele alınmıştır. Bu bölümde bulanık hedef programlama ile ilgili en çok dikkat çeken çalışmalar hakkında kısa kısa bilgiler verilecektir.

Narasimhan (1980), m tane bulanık hedefli bir hedef programlama problemi için 2^m tane alt problemin oluşturulduğu, üçgensel üyelik fonksiyonları ile bulanık hedef programlama modelini ortaya koymuştur. Hannan (1981), simetrik üçgensel üyelik fonksiyonunu kullanarak en yüksek üyelik dereceli elemanı bulmayı amaçlayan bir bulanık hedef programlama modeli ile parçalı doğrusal üyelik fonksiyonu ile bulanık hedef programlama modellerini literatüre katmıştır. Tiwari vd. (1986, 1987), tercih öncelikli bulanık hedef programlama modelini ve hedeflerin doyum derecelerini maksimize etmeyi amaçlayan toplamsal bulanık hedef programlama modellerini geliştirmişleridir.

Sasaki vd. (1990), çok amaçlı karar verme problemleri için bir etkileşimli ardışık hedef programlama modelini ortaya koymuştur. Yang vd. (1991), bulanık eşitlikle ifade edilen bir hedefin, iki ayrı eşitsizlikle ele alınabileceğini gösteren bir bulanık hedef programlama problemini tek bir doğrusal programlama modeline indirgeyerek çözmüştür. Mohammed (1992), belirsiz erişim düzeyleri ile bir şans kısıtlı bulanık hedef programlama modeli geliştirmiştir. Wang ve Fu (1997), farklı risk gruplarındaki (riskten kaçan, riske giren, riske karşı duyarsız) karar vericilerin bulanık hedeflerine ilişkin üyelik fonksiyonlarını tanımlamıştır. Buna göre riskten kaçan bir karar vericinin bulanık hedefi için içbükey, riske giren bir karar vericinin bulanık hedefi için dışbükey ve riske karşı duyarsız bir karar vericinin hedefi için parçalı doğrusal bir üyelik fonksiyonu kullanılabilir.

Chen ve Tsai (2001), toplamsal bulanık hedef programlama modeline karar vericinin istediği en düşük tatmin düzeyini de kısıt olarak ekleyerek yeni bir model oluşturmuşlardır. Hu vd. (2007) doğrusal olmayan öncelikli bulanık hedef programlama problemi için genelleştirilmiş bir değişken alanlı optimizasyon metodunu önermişlerdir. Maleki ve Khodaparast (2008), doğrusal olmayan çok amaçlı programlama problemi için hiperbolik bir üyelik fonksiyonu kullanarak bir çözüm yöntemi ortaya koymuştur. Peidro ve Vasant (2011) çalışmalarında, bulanık çok amaçlı programlama problemi için düzenlenmiş S şeklinde üyelik fonksiyonunu kullanarak etkileşimli bir yöntem kullanmışlardır.

Çalışmanın ikinci bölümünde bulanık mantık, bulanık kümeler, bulanık sayılar, hedef programlama ve bulanık hedef programlama ile ilgili temel bilgiler verilmiştir. Üçüncü ve son bölümde teorisi önceki bölümlerde anlatılmış olan tedarik zinciri yönetimi alanında bulanık hedef programlamanın tekstil sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin gerçek verileri ile uygulamasına yer verilecektir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

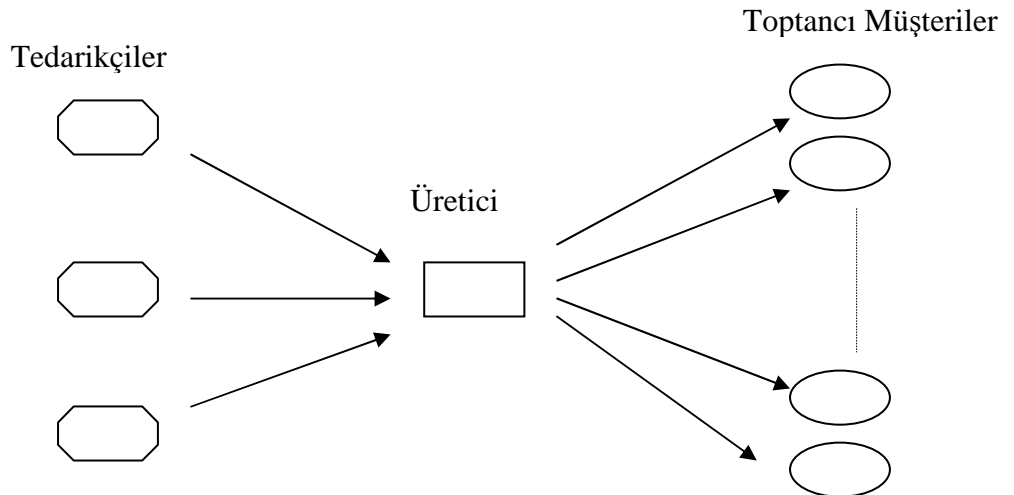
UYGULAMA

Çalışma kapsamında yapılan uygulama, İzmir’de tekstil sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin verileri ile gerçekleştirilmiştir. Söz konusu işletme, 2002 yılında faaliyete geçerek yurt içi ve yurt dışı piyasalarda kendi markasıyla yerini almıştır. Güçlü pazarlama alt yapısı ve her geçen gün artan üretim kapasitesi ile şimdilerde Asya, Avrupa ve Afrika kıtalarında 45’i aşkın ülkede ürünlerini müşterilerinin beğenisine sunmaktadır.

3.1.PROBLEMİN TANIMI VE FORMULASYONU

Ele alınan işletmenin tedarik zinciri 3 tedarikçi, bir üretim tesisi ve 67 toptancı ve perakendeci müşterilerden oluşmaktadır. Ancak uygulamada işletmenin satışlarında en büyük paya sahip olan 5 toptancı müşteri ele alınmıştır. Tedarik zincirinde altı aylık dönem için her dönemde üretim tesisi tarafından tedarik edilecek, üretilecek, stoklanacak ve dağıtılacak miktarlar belirlenmek istenmektedir. Problemin çözümü için bulanık hedef programlama modeli oluşturulmuştur. Toplam maliyetin ve müşterilerden geri dönen ürün miktarının minimizasyonunu hedefleyen modelde müşterilerin talep miktarları ile amaç fonksiyonlarının erişim düzeyleri bulanık olarak ele alınmıştır.

Şekil 3.1. Ele alınan tedarik zinciri ağı



3.1.1. Varsayımlar ve Notasyonlar

Bu bölümde bulanık talep ve üretim ile belirlenen diğer kısıtlar altında bulanık hedef programlama modeli formülize edilmiştir. Modelin yapısını anlamayı kolaylaştırması açısından içerdiği çeşitli notasyonların ve varsayımların tanımlanması yararlı olacaktır.

Varsayımlar

- Uzun dönemde ürün deterministik dinamik bir talebe sahiptir.
- Amaç fonksiyonlarının erişim düzeyleri ve müşterilerin talepleri bulanıktır.
- Tüm amaç fonksiyonları ve kısıtlar doğrusaldır.
- Bulanık talebi ifade etmek için üçgensel üyelik fonksiyonu kullanılmıştır.
- Bulanık hedeflerin temsil edilmesinde doğrusal üyelik fonksiyonu kullanılmıştır.
- Tedarikçiler ve hangi tedarikçiden hangi hammaddenin temin edildiği kesin olarak bellidir.
- Her tedarikçinin siparişi karşılama kapasitesi bulunmaktadır.
- Üretim işlemi tek aşama olarak gerçekleşmektedir.
- İşletmenin üretim kapasitesi bilinmektedir.
- Siparişi karşılayamama durumu söz konusu değildir.
- Birim stoklama maliyeti sabittir (dönemler arası farklılık göstermemektedir).
- Birinci dönem başında stok bulunmamaktadır.
- Birim üretim maliyeti dönemler boyunca sabittir.
- Müşterilerin hepsi bütün aylarda sipariş vermemektedir.

İndisler

t: Zaman periyodu endeksi ($t = 1, \dots, 6$).

r: Hammadde endeksi ($r = 1, \dots, 3$).

m: Toptancı müşteriler ($m = 1, \dots, 5$).

Parametreler

\tilde{d}_{mt} : t döneminde m müşterisinin bulanık talebi.

cap : Dönemlik üretim kapasitesi.

b_r : Bir birim nihai ürün için gerekli olan r hammaddesi miktarı.

WR_r : Hammadde deposu kapasitesi.

W : Nihai ürün deposunun kapasitesi.

WM_m : m dağıtım merkezinin depolama kapasitesi.

c_r : temin edilen r hammaddesinin birim fiyatı.

pc : birim üretim maliyeti.

tc_{mt} : t döneminde m müşterisine birim ürün gönderme maliyeti.

hcr_r : Bir birim r hammaddesini stoklama maliyeti.

hc : Bir birim nihai ürünü stoklama maliyeti.

hcm_m : m müşterisinin bir birim nihai ürünü stoklama maliyeti.

sir_r : r hammaddesinin güvenlik stoku miktarı.

si_p : üretim merkezinin nihai ürün güvenlik stoku miktarı

sim_m : m müşterisinin güvenlik stoku miktarı

q_m : m müşterisi tarafından geri gönderilen ürün oranı.

Sayılan parametrelere ilişkin işletmeden alınan veriler Tablo 3. 1 ve Tablo 3.2'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1: Toptancı Müşterilerle İlgili Parametre Verileri

Müşteriler	W_m (top)	si_m (top)	q_m (%)	hc_m (TL/br)	tc_{mt} (TL/br)					
					T1	T2	T3	T4	T5	T6
M1	5533	323	12	3,2	5,13	-	-	5,53	5,86	6,05
M2	4143	253	12,3	3,4	4,09	-	4,39	-	4,68	4,83
M3	8392	313	14,4	3,3	4,39	4,55	4,71	4,9	5,01	5,19
M4	5958	318	12	4,3	4,43	-	-	-	5,05	5,23
M5	8111	511	11,8	3,3	6,02	6,24	-	6,5	-	-

Tablo 3.2: Modelde Kullanılan Diğer Parametrelere İlişkin Veriler

Hammadde	b_r	W_r	si_r	hc_r	c_r
r_1	3,1 kg	159046	24346	0,8 TL/kg	8,1 TL/kg
r_2	4,1kg	63841	9288	0,2 TL/kg	2,5 TL/kg
r_3	20m	852146	250000	0,06 TL/m	0,6 TL/m
cap=30.000 top W =40.000 top pc = 18,75 TL/ top hc = 2,625 TL/ top si =9000 top					

Karar Değişkenleri

X_{rt} : t döneminde k tedarikçisinden alınan r hammadde miktarı.

P_t : t döneminde üretim miktarı.

S_{mt} : t döneminde m dağıtım merkezine gönderilen ürün miktarı.

IR_{rt} : t döneminde r hammaddesinin dönem sonu stok miktarı.

I_t : t döneminde nihai ürünün dönem sonu stok miktarı.

IM_{mt} : t döneminde m dağıtım merkezinde dönem sonu stok miktarı.

3.1.2. Bulanık Hedef Programlama Modelin Oluşturulması

Hedefler

Ele alınan tedarik zinciri ile ilgili olarak 2 önemli hedef belirlenmiştir;

1. Toplam maliyetin minimizasyonu (z_1)
2. Müşteriden geri dönen ürün miktarının minimizasyonu (z_2)

$$\text{Min TC} \cong TSC + TPC + TDC \quad (3.1)$$

TSC : Toplam Tedarik Maliyeti

TPC : Toplam Üretim Maliyeti

TDC : Toplam Dağıtım Maliyeti

$$TSC = \sum_{t=1}^T \sum_{r=1}^R c_r \cdot X_{rt} + \sum_{t=1}^T \sum_{r=1}^R hcr_r \cdot IR_{rt} \quad (3.2)$$

$$TPC = \sum_{t=1}^T (pc \cdot P_t + hc \cdot I_t) \quad (3.3)$$

$$TDC = \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M tc_{mt} \cdot S_{mt} + \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M hcm_m \cdot IM_{mt} \quad (3.4)$$

$$\begin{aligned} \text{Min TC} \cong & \sum_{t=1}^T \sum_{r=1}^R c_r \cdot X_{rt} + \sum_{t=1}^T \sum_{r=1}^R hcr_r \cdot IR_{rt} + \sum_{t=1}^T (pc \cdot P_t + hc \cdot I_t) + \\ & \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M tc_{mt} \cdot S_{mt} + \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M hcm_m \cdot IM_{mt} \end{aligned} \quad (3.5)$$

$$\text{Min TRI} \cong \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M S_{mt} \cdot q_m \quad (3.6)$$

Amaç fonksiyonlarında yer alan \cong işareti amaçların bulanıklığını ifade etmektedir. Amaç fonksiyonlarından ilki, (3.1) toplam maliyetin minimizasyonu hedefini sağlamak için kurulmuştur. İlk hedef üç kısımdan oluşmaktadır; tedarikle ilgili maliyetler (3.2), üretimle ilgili maliyetler (3.3) ve dağıtımla ilgili maliyetler (3.4). İkinci amaç fonksiyonu (3.6) ise dağıtım merkezlerinden geri dönen (iade edilen) ürün miktarının minimizasyonu ile ilgilidir.

Kısıtlar

$$(IR_{r,t-1} + X_{rt} - IR_{rt}) \geq b_r \cdot P_t \quad \forall r, t \quad (3.7)$$

$$I_{t-1} + P_t - I_t \geq \sum_{m=1}^M S_{mt} \quad \forall m, t \quad (3.8)$$

$$IM_{m,t-1} + S_{mt} - IM_{mt} \geq \tilde{d}_{mt} \quad \forall m, t \quad (3.9)$$

$$IM_{mt} \geq sim_{mt} \quad \forall m, t \quad (3.10)$$

$$IR_{rt} \geq sir_r \quad \forall r, t \quad (3.11)$$

$$I_t \geq si_t \quad \forall t \quad (3.12)$$

$$P_t \leq cap \quad \forall t \quad (3.13)$$

$$S_{mt} \geq \tilde{d}_{mt} \quad \forall m, t \quad (3.14)$$

$$IR_{rt} \leq WR_r \quad \forall r, t \quad (3.15)$$

$$I_t \leq W_n \quad \forall t \quad (3.16)$$

$$IM_{mt} \leq WM_m \quad \forall m, t \quad (3.17)$$

$$X_{rt}, P_t, S_{mt}, IR_{rt}, I_t, IM_{mt} \geq 0 \quad \forall k, m, r, t \quad (3.18)$$

Problemin kısıtları ile ilgili olarak 7. ve 8. eşitlikler, üretim merkezinde hammadde ve nihai ürüne ilişkin stok dengeleme eşitlikleridir. 9. eşitlik, dağıtım merkezinin bulanık talebine bağlı olan dağıtım miktarına ilişkin stok dengeleme eşitliğidir. 10, 11 ve 12 nolu eşitlikler sırasıyla müşterilerin, tedarikçilerin ve üretim merkezinin güvenlik stoku miktarı ile ilgili kısıtlardır. Dönem sonu stok miktarları en az güvenlik stoku kadar olmalıdır. 13. eşitlik üretim kapasitesi ile ilgilidir. Üretim miktarı, tesis kapasitesinden fazla olamaz. Bulanık kısıtlardan biri olan 14. eşitlik dağıtım merkezlerine gönderilen ürün miktarının en az dağıtım merkezinin talebi kadar olması gerektiğini göstermektedir. 15 ve 16 numaralı kısıtlar üretim merkezinin hammadde ve nihai ürün depolama kapasitesi ile ilgili, 17. eşitlik ise müşterilerin depolama kapasitesi ile ilgili kısıtlardır ve dönem sonu stok miktarları

depolama kapasitesinden fazla olamayacağını belirtmektedir. Son olarak 18. eşitlik, karar değişkenlerinin pozitif olma koşulunu belirtmektedir.

3.2. ÇÖZÜM METODOLOJİSİ

Literatürde bulanık hedef programlama problemlerinin çözümü için kullanılan birçok yöntem bulunmaktadır. Bu çalışmada, Torabi ve Hassini'nin (2008) ortaya atmış olduğu "TH Metodu" olarak da bilinen çözüm yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem ile çok amaçlı bir model tek amaçlı olarak şu şekilde formüle edilir;

$$\text{Max } \lambda(x) = \gamma\lambda_0 + (1 + \gamma) \sum_k \theta_k \mu_{Z_k}(x) \quad (3.19)$$

$$\text{s.t. } \lambda_0 \leq \mu_{Z_k}(x) \quad k= 1, \dots, n \quad (3.20)$$

$$x \in f(x) \quad (3.21)$$

$$\lambda_0, \gamma \in [0,1] \quad (3.22)$$

Formülde yer alan " μ_{Z_k} " k. Amaç fonksiyonunun tatmin derecesini, " $\lambda_0 = \min\{\mu_{Z_k}(x)\}$ " hedeflerin minimum tatmin derecesini ifade eder. " θ_k " parametresi, k. amaç fonksiyonunun göreceli önemini gösterir, karar vericinin önceliklerine göre $\sum_k \theta_k = 1$ ve $\theta_k > 0$ şartlarını sağlayacak şekilde belirlenir. " γ " telafi katsayısı dolaylı olarak bulanık hedeflerin minimum tatmin düzeylerinin yanında ödün/taviz derecelerini kontrol eder. Büyük değerli bir γ parametresi daha büyük bir λ_0 elde etmek için daha fazla ihtimam gösterildiği anlamını taşır (Torabi ve Hassini, 2009: 5490).

Bu yöntemin çözüm prosedürü şu şekilde özetlenebilir;

1. **Aşama:** Orijinal bulanık tedarik zinciri yönetimi probleminin modeline formüle et ve belirsiz girdi verileri için uygun üçgensel sayıları belirle.
2. **Aşama:** Bulanık hedeflerin doğrusal üyelik fonksiyonlarını belirle.

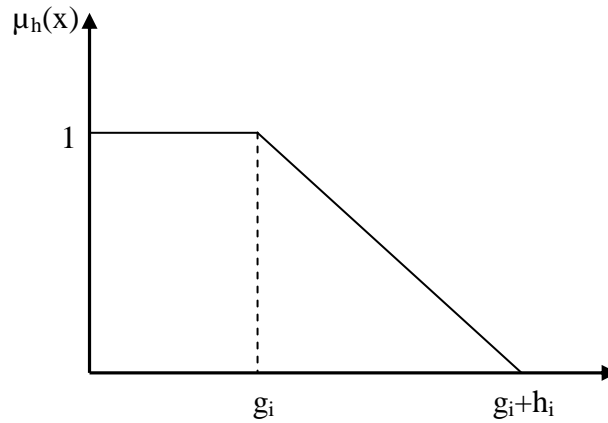
3. **Aşama:** Belirsiz parametreler için verilen minimum kabul edilebilir üyelik derecesinde ağırlıklı ortalama yöntemini kullanarak bulanık kısıtları yeniden düzenle ve eşdeğer kesin modeli oluştur.
4. **Aşama:** Verilen γ ve θ değerleri ile modeli çöz. Eğer karar verici sonuçtan tatmin ise dur, değil ise kontrol edilebilir parametreler olan γ ve θ değerlerinde değişiklik yaparak 3. aşamaya geri dön.

3.2.1. Üyelik Fonksiyonlarının Tanımlanması

Çalışmada bulanık hedef ve bulanık kısıtlar için çözüm metodolojisine uygun olması için doğrusal üyelik fonksiyonları tercih edilmiştir. Bulanık hedefler için oluşturulan üyelik fonksiyonunun genel gösterimi Formül 3.23'teki gibidir. Bu formülizasyon Grafik 3.1 gibi görselleştirilebilir.

$$\mu_h(x) = \begin{cases} 1 & \text{eger } Z_i(x) < g_i \\ \frac{(g_i + h_i) - Z_i(x)}{h_i} & \text{eger } g_i < Z_i(x) < g_i + h_i \\ 0 & \text{eger } Z_i(x) > g_i + h_i \end{cases} \quad (3.23)$$

Burada $Z_i(x)$, i. amaç fonksiyonunu, g_i , i. amaç fonksiyon değerinin alt limitini, h_i ise i. amaç fonksiyonu için tolerans miktarını temsil etmektedir.



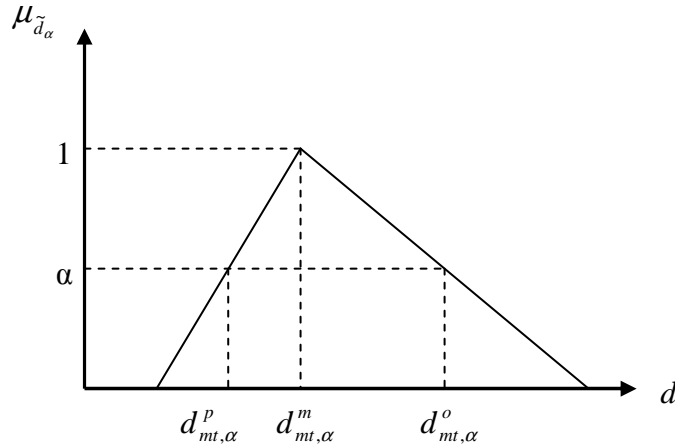
Grafik 3.1. i. Hedef İçin Doğrusal Üyelik Fonksiyonu

Uygulamada kullanılmış olan alt ve üst limit değerleri ile amaçlar için oluşturulan üyelik fonksiyonları 3.24 ve 3.25'te belirtilmiştir.

$$\mu(z_1) = \begin{cases} 1 & \text{eger } Z_1(x) < 5000000 \\ \frac{(6800000) - Z_1(x)}{1800000} & \text{eger } 5000000 < Z_1(x) < 6800000 \\ 0 & \text{eger } Z_1(x) > 6800000 \end{cases} \quad (3.24)$$

$$\mu(z_2) = \begin{cases} 1 & \text{eger } Z_i < 7800 \\ \frac{12000 - Z_i(x)}{4200} & \text{eger } 7800 < Z_i(x) < 12000 \\ 0 & \text{eger } Z_i(x) > 12000 \end{cases} \quad (3.21)$$

Oluşturulan modelde kesin olmayan talep miktarlarının ifade edilmesinde üçgensel bulanık sayılar kullanılmıştır. Grafik 3.2'de üçgensel bulanık talebin $\tilde{d}_{mt} = (d_{mt}^p, d_{mt}^m, d_{mt}^o)$ şeklindeki dağılımı gösterilmektedir. Burada d_{mt}^p t döneminde talebin alabileceği en kötümser değeri, d_{mt}^m en olası değeri ve d_{mt}^o en iyimser değeri belirtmektedir.



Grafik 3.2. Bulanık Talebin Üçgensel Dağılımı

3.2.2. Bulanık Kısıtlar İçin Durulaştırma İşlemi

Bulanık sayıların durulaştırılmasında bir başka deyişle kesin değerlere dönüştürülmesinde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada bulanık talep verisinin durulaştırılmasında ağırlıklı ortalama yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemle göre kabul edilebilir en düşük üyelik derecesine (α) göre bulanık kısıt bulanık olmayan şekilde aşağıdaki gibi yeniden düzenlenir.

$$IM_{mt-1} + S_{mt} - IM_{mt} \geq w_1 d_{mt,\alpha}^p + w_2 d_{mt,\alpha}^m + w_3 d_{mt,\alpha}^o \quad (3.26)$$

$$S_{mt} \geq w_1 d_{mt,\alpha}^p + w_2 d_{mt,\alpha}^m + w_3 d_{mt,\alpha}^o \quad (3.27)$$

Eşitlikte yer alan w_1 , w_2 ve w_3 talebin en kötümser, en olası ve en iyimser değerlerinin ağırlıklarını göstermektedir. Ağırlıklar, toplamı 1 olacak şekilde karar vericinin önceliklerine göre belirlenir.

$$w_1 + w_2 + w_3 = 1 \quad (3.28)$$

Literatür incelendiğinde durulaştırma işleminde ağırlıklı ortalama yönteminin sıklıkla kullanıldığı, hatta bir çok çalışmada aynı ağırlık ve “ α ” değerinin kullanıldığı görülmektedir (Tanaka vd., 1984; Lai ve Hwang, 1992; Wang ve Liang, 2004; Torabi ve Hassini, 2008, 2009; Liang, 2006, 2008, 2011). Bu çalışmada da aynı değerler kullanılmıştır.

$$w_1, w_3 = 1/6 \quad w_2 = 4/6 \quad \alpha = 0,5$$

Talep merkezlerinin en kötümser, en olası ve en iyimser talep değerleri Tablo 3.3’de, bunların belirlenen ağırlıklar ve kabul edilebilir en küçük üyelik derecesiyle hesaplanmış olan ağırlıklı ortalamaları da Tablo 3.4’de verilmiştir.

Tablo 3.3: Talep Merkezlerinin En Kötümser (Dp), En Olası (Dm) Ve En İyimser (Do) Talep Miktarları

Müşteriler	T1			T2			T3			T4			T5			T6		
	Dp	Dm	Do	Dp	Dm	Do	Dp	Dm	Do	Dp	Dm	Do	Dp	Dm	Do	Dp	Dm	Do
M1	4219	5210	5372	-	-	-	-	-	-	1905	2066	2647	3734	4240	4402	3719	4210	4372
M2	3211	3890	4017	-	-	-	1130	2260	2396	-	-	-	3121	3710	3837	2099	2225	2378
M3	1033	1189	2160	2098	2254	2693	3273	3414	3571	3630	4129	4286	2832	2988	3060	1818	1974	2553
M4	4411	5640	5799	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1621	1780	2481	3841	4500	4659
M5	6353	7600	7856	5778	6450	6706	-	-	-	3445	3700	4403	-	-	-	-	-	-

Tablo 3.4: $\alpha=0,5$ İçin Durulaştırılmış Talep Verileri

Müşteriler	T7	T8	T9	T10	T11	T12
M1	5072	-	-	2136	4183	4155
M2	3798	-	2094	-	3633	2229
M3	1325	2301	3417	4072	2974	2044
M4	5462	-	-	-	1870	4417
M5	7435	6381	-	3775	-	-

3.2.3. Eşdeğer Doğrusal Programlama Modeli

Max

$$\lambda(x) = \mathcal{N}_0 + (1 + \gamma) \left[\theta_1 \frac{(g_1 + h_1) - \left(\sum_{r=1}^T c_r \cdot X_{rt} + \sum_{r=1}^R hcr_r \cdot IR_{rt} + \sum_{t=1}^T (pc \cdot P_t + hc \cdot J_t) + \sum_{t=1}^T tc_{mt} \cdot S_{mt} + \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M hcm_m \cdot IM_{mt} \right)}{h_1} + \theta_2 \frac{(g_2 + h_2) - \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M S_{mt} \cdot q_m}{h_2} \right] \quad (3.29)$$

$$\text{S.T. } \lambda_0 \leq \frac{(g_1 + h_1) - \left(\sum_{r=1}^T c_{rk} \cdot X_{rt} + \sum_{r=1}^R hcr_r \cdot IR_{rt} + \sum_{t=1}^T (pc \cdot P_t + hc \cdot J_t) + \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M hcm_m \cdot IM_{mt} \right)}{h_1} \quad \forall k, m, r, t \quad (3.30)$$

$$\lambda_0 \leq \frac{(g_2 + h_2) - \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M S_{mt} \cdot q_m}{h_2} \quad \forall m, t \quad (3.31)$$

$$IM_{m,t-1} + S_{mt} - IM_{mt} \geq w_1 d_{mt,\alpha}^p + w_2 d_{mt,\alpha}^m + w_3 d_{mt,\alpha}^o \quad \forall m,t \quad (3.32)$$

$$S_{mt} \geq w_1 d_{mt,\alpha}^p + w_3 d_{mt,\alpha}^m + w_3 d_{mt,\alpha}^o \quad \forall m,t \quad (3.33)$$

$$(IR_{r,t-1} + X_{rt} - IR_{rt}) \geq b_r \cdot P_t \quad \forall r,t \quad (3.34)$$

$$I_{t-1} + P_t - I_t \geq \sum_{m=1}^M S_{mt} \quad \forall m,t$$

(3.35)

$$IM_{mt} \geq sim_m \quad \forall m,t \quad (3.36)$$

$$IR_{rt} \geq si_r \quad \forall r,t \quad (3.37)$$

$$I_t \geq si \quad \forall t \quad (3.38)$$

$$P_t \leq cap \quad \forall t \quad (3.39)$$

$$IR_{rt} \leq WR_r \quad \forall r,t \quad (3.40)$$

$$I_t \leq W \quad \forall t \quad (3.41)$$

$$IM_{mt} \leq WM_m \quad \forall m,t \quad (3.42)$$

$$\lambda_0, \gamma \in [0,1] \quad (3.43)$$

$$X_{rt}, P_t, S_{mt}, IR_{rt}, I_t, IM_{mt} \geq 0 \quad \forall k, m, r, t \quad (3.44)$$

Oluşturulan eşdeğer doğrusal programlama modelinin en düşük tatmin düzeyi (λ_0)= 0,6, telafi katsayısı (γ)= 0,4, hedeflerin ağırlıkları $\theta_1=0,75$ ve $\theta_2=0,25$ değerleri verilerek Excel Solver eklentisi ile çözülmesi ile karar değişkenlerinin değerleri Tablo 3.11'deki gibi bulunmuştur.

Tablo 3.5: Karar Değişkenlerinin Çözüm Değerleri

Değişken	Değeri	Değişken	Değeri	Değişken	Değeri
$Max\lambda(x)$	0,67	IR26	9288	S34	4072
X11	129157	IR31	250000	S35	2974
X12	26914,2	IR32	250000	S36	2044
X13	17084,1	IR33	250000	S41	5462
X14	30947,3	IR34	250000	S45	1870
X15	39246	IR35	250000	S46	4417
X16	39819,5	IR36	250000	S51	7435
X21	147909	P1	33810	S52	6381
X22	35596,2	P2	8682	S54	2752
X23	22595,1	P3	5511	IM11	323
X24	40930,1	P4	9983	IM14	323
X25	51906	P5	12660	IM15	323
X26	52664,5	P6	12845	IM16	323
X31	676200	I1	9000	IM21	253
X32	173640	I2	9000	IM23	253
X33	110220	I3	9000	IM25	253
X34	199660	I4	9000	IM26	253
X35	253200	I5	9000	IM31	313
X36	256900	I6	9000	IM32	313
IR11	24346	S11	5072	IM33	313
IR12	24346	S14	2136	IM34	313
IR13	24346	S15	4183	IM35	313
IR14	24346	S16	4155	IM36	313
IR15	24346	S21	3798	IM41	318
IR16	24346	S23	2094	IM45	318
IR21	9288	S25	3633	IM46	318
IR22	9288	S26	2229	IM51	511
IR23	9288	S31	1325	IM52	511
IR24	6288	S32	2301	IM54	511
IR25	9288	S33	3417		

Analiz sonuçlarına göre işletme, her dönemde talep miktarı kadar üretim yapar, her dönem sonunda güvenlik stoku miktarı kadar stok bulundurursa zincirin maliyeti minimum olmaktadır. Tablo 3.5'de görüldüğü gibi ilk dönemde üretim ve hammadde alım miktarı oldukça yüksektir. Bunun nedeni, ilk dönemde dönem başı

stok bulunmamasıdır. İşletme müşterilerine ilk dönemde güvenlik stokları kadar fazla gönderim yapmak durumundadır. Ayrıca kendi bünyesinde bulundurması gereken 9000 top güvenlik stoku için fazladan üretim yapmak zorundadır. Aynı durum ilk ayın hammadde alım miktarları için de geçerlidir. İşletme, ilk ay talepleri karşılayabilmek ve minimum stok miktarı kadar stok tutabilmek için birinci hammaddeden 129157kg, ikinci hammaddeden 147909kg ve üçüncü hammaddeden 676200 m alım yapması gerekmektedir. Karar değişkenlerinin aldığı bu değerlerle karar vericinin hedeflerden genel tatmin düzeyi $\lambda(x)=0,67$ olarak gerçekleşmiştir.

3.2.4. Hedef Programlama ile Bulanık Hedef Programlama Sonuçlarının Karşılaştırılması

Tablo 3.6’da Bulanık Hedef Programlama TH Yöntemi ve Hedef Programlama sonuçları karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Görüldüğü gibi bulanık hedef programlama yöntemi her iki hedef açısından da hedef programlamadan daha iyi sonuç vermiştir. Bulanık hedef programlama yöntemi kullanılarak 1.391.904 TL’lik tasarruf sağlanırken, müşteriler tarafından geri gönderilen ürün miktarı da 195 top daha az olmaktadır.

Tablo 3.6: Hedeflerin Değerleri

	Bulanık Hedef Programlama	Hedef Programlama
TC	5.215.071 TL	6.606.975 TL
TSC	3.107.907,89 TL	4.477.375 TL
TPC	1.707.206 TL	1.719.694 TL
TDC	399.956,7 TL	409.905,5 TL
TRI	9000 top	9195 top

SONUÇ

Küreselleşmenin ve bilgi teknolojilerindeki gelişmelerin de etkisiyle çetinleşen rekabet koşullarında işletmelerin varlıklarını sürdürebilmeleri ve global pazarlarda rekabet avantajı elde edebilmeleri için bireysel başarılarından çok, birlikte iş yaptıkları tüm işletmelerin ve müşterilerin dahil olduğu tedarik zincirinin başarısına odaklanmaları gerekmektedir. İşletmelerin pazardaki değişimlere hızlı bir şekilde cevap verebilmeleri için zincirdeki tüm halkaların çevik olması gerekmektedir. Bu nedenle işletmelerin tedarik zincirinde yer alan tüm aktörlerin anlık bilgi paylaşımı sağlanması ve zincirin koordinasyonlu bir şekilde yönetilmesi büyük önem taşımaktadır. “Tedarik Zinciri Yönetimi” olarak bilinen bu yönetim anlayışı işletmelerin birçok alanda rekabet avantajı elde etmesini sağlamaktadır.

Hızla değişen çevre koşulları ve globalleşme aynı zamanda işletmelerin faaliyetlerini yürüttükleri alanlarda karmaşıklığın ve belirsizliğin de artmasına neden olmaktadır. Bu durumda ortaya çıkan çeşitli karar problemlerinin çözümünde iki değerliliği savunan klasik mantık yaklaşımlarının kullanımı, süreci sıkıntıya sokmaktadır. Lotfi A. Zadeh tarafından ortaya atılan Bulanık Mantık yaklaşımı, incelenen olayın karmaşık olması ve konuyla ilgili yeterli bilginin bulunmaması durumunda karar sürecinde kişilerin görüş ve değer yargılarına yer verilmesini sağlamaktadır.

Tedarik zinciri yönetiminde verilen kararlar stratejik, taktik ve operasyonel seviye olmak üzere üç düzey olarak sınıflandırılmaktadır. Çeşitli karar seviyelerinde karşılaşılan problemler için farklı çözüm yöntemleri kullanılmaktadır. Stratejik düzeyde karşılaşılan problemlerin çözümünde birleşik modelli simülasyon, taktik seviyede çeşitli optimizasyon teknikleri ve ayrık olay simülasyonu, operasyonel seviyede ise yine matematiksel modeller sıklıkla kullanılmaktadır.

Tedarik zincirinin optimizasyonunda doğrusal programlama, doğrusal olmayan programlama, tamsayı programlama, dinamik programlama, hedef programlama, stokastik programlama gibi bir çok model kullanılmaktadır. Bunlardan hedef programlama, çok amaçlı karar vermede sıklıkla kullanılan bir yöntemdir.

Belirsizlik altında çok amaçlı karar verme problemlerinde de bulanık hedef programlama yaygın olarak kullanılmaktadır.

Çeşitli aktörlerden ve iş süreçlerinden oluşan tedarik zincirlerinde de belirsiz koşullar bulunmaktadır. Tedarik zincirindeki bu belirsizlikler tedarikte belirsizlik, süreçte belirsizlik ve/veya talepte belirsizlik şeklinde olabilmektedir. Çoğu zaman belirsizlikler olasılık dağılımları ile ele alınmaktadır. Ancak sözel bilgilerin bulunması, problemin çok karmaşık olması durumlarında bulanık mantık uygulamalarının kullanımı daha doğru sonuçlar vermektedir.

Bu çalışmada, bulanık talep koşullarında faaliyet gösteren bir tekstil işletmesinin tedarik zinciri modellemesi ve optimizasyonu için bir bulanık hedef programlama modeli kullanılmıştır. Toplam maliyetin ve müşterilerden geri dönen ürün miktarının minimizasyonunu hedefleyen problemin çözümü ile ilgili olarak öncelikle bulanık hedef programlama modeli formüle edilmiş, ardından çeşitli çözüm yöntemleri arasından seçilen Torabi Hassini Yöntemi ile model tek amaçlı bir modele dönüştürülmüştür. Bulanık hedefler ve bulanık kısıtlar için doğrusal üyelik fonksiyonunun kullanıldığı model Excel Solver yardımıyla çözülmüştür. Çözüm sonuçlarında işletmenin talebi izleme stratejisini uygulaması gerektiği görülmüştür.

Son olarak deterministik hedef programlama ile elde edilen hedef değerleri bulanık hedef programlama ile elde edilen hedef değerleri karşılaştırılmış ve bulanık hedef programlamanın daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Bundan sonraki çalışmalarda Torabi Hassini yönteminin parametrelere verilecek farklı değerlerle sonuçların nasıl değişeceği incelenebilir. Ayrıca literatürdeki diğer çözüm yöntemlerinin vereceği sonuçlarla Torabi Hassini yönteminin verdiği sonuçlar karşılaştırılabilir.

KAYNAKÇA

Aliev, R.A., Fazlollahi, B., Guirimov, B.G. ve Aliev, R. R. (2007). Fuzzy-Genetic Approach to Aggregate Production–Distribution Planning in Supply Chain Management. *Information Sciences*. 177: 4241–4255.

Altaş, İsmail H., Bulanık Mantık: Bulanıklık Kavramı, *Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e*, Temmuz 1999, Sayı 62, S:80-85.

Aydın, S. T. (2005). *Tedarik Zinciri Yönetiminde Stratejik İttifak Olarak Üçüncü Parti Lojistik*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Ayuso, A. A., Escudero, L. F., Garin, A., Ortuno, M. T. ve Perez G. (2003). An Approach for Strategic Supply Chain Planning Under Uncertainty Based on Stochastic 0-1 Programming. *Journal of Global Optimization*. 26: 97-124.

Azaron, A., Brown, K.N., Tarim, S.A. ve Modarres, M. (2008). A Multi-Objective Stochastic Programming Approach for Supply Chain Design Considering Risk. *International Journal of Production Economics*. 116: 129-138.

Barbarosoğlu, G. ve Özgür, D. (1998). Hierarchical Design of an Integrated Production and 2-Echelon Distribution System. *European Journal of Operational Research*. 118: 464-484.

Barough, H. A. (2011). Fuzzy Cost Analysis in a Fuzzy Transportation System: a Study of the Supply Chain Management in a General Contractor Company. *The Journal of Mathematics and Computer Science*. 2(1): 186-196.

Baykal, N. Ve Beyan, T. (2004). *Bulanık Mantık İlke ve Temelleri*. Ankara: Bıçaklar Kitabevi.

Beamon, B. M. (1998). Supply Chain Design and Analysis: Models and Methods. *International Journal of Production Economics*. 55: 281-294.

Bellman, R. E. ve Zadeh, L. A. (1970) Decision Science in a Fuzzy Environment. *Management Science*. 17(4): B141-B164.

Benjamin, J. (1989). An Analysis of Inventory and Transportation Costs in a Constrained Network. *Transportation Science*. 23: 177-183.

Bidhandi, H. M. ve Yusuf, R. M. (2011). Integrated Supply Chain Planning Under Uncertainty Using an Improved Stochastic Approach. *Applied Mathematical Modelling*. 35: 2618-2630.

Bih, J. (2006). Paradigm Shift-An Introduction to Fuzzy Logic. *IEEE Potentials*. 25(1): 6-21.

Bilgen, B. (2010). Application of Fuzzy Mathematical Programming Approach to the Production Allocation and Distribution Supply Chain Network Problem. *Expert Systems with Applications*. 37 (6): 4488-4495.

Bit, A.K., Biswal, M. P. ve Alam, S. S. (1993). An Additive Fuzzy Programming Model For Multiobjective Transportation Problem. *Fuzzy Sets and Systems*. 57 (3): 313-319.

Bojadziev, G., ve Bojadziev, M. (2007). *Fuzzy Logic for Business, Finance and Management*. Singapore: World Scientific.

Bowersox, D. J., Closs, D. J. ve Cooper M. P. (2002). *Supply Chain Logistics Management*. New York: McGraw Hill.

Bowersox, D. J. ve Closs, D. J. (1996). *Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process*. New York: McGraw Hill.

Cheema, D. S. C. (2005). *Operations Research*. New Delhi: Laxmi Publication.

Chen, C.L., W.C., Lee., 2004, Multi- Objective Optimization of Multi Echelon Supply Chain Networks With Uncertain Product Demand and Prices, *Computers and Chemical Engineering*, Vol: 28, p. 1131-1144.

Chen, C.-L., Wang, B.-W. ve Lee, W.-C. (2003). The Optimal Profit Distribution Problem in a Multi-Echelon Supply Chain Network: A Fuzzy Optimization Approach. *Lecture Notes in Artificial Intelligence*. Springer-Verlang Berlin Heidelberg. 2773: 1289-1295.

Chen, G. ve Pham, T. T. (2001). *Intruduction to Fuzzy Sets, Fuzzy Logic and Fuzzy Control Systems*. USA: CRC Pres.

Chen, L. H. ve Tsai, F. C. (2001).Fuzzy Goal Programming with Different Importance and Priorities. *European Journal of Operational Research*. 133: 548-556.

Chen, M. ve Wang, W. (1997). A Linear Programming Model for Integrated Steel Production and Distribution Planning. *International Journal of Operations & Production Management*.17 (6): 592-610.

Chern, C.-C. ve Hsieh, J.-S. (2007). A Heuristic Algorithm for Master Planning That Satisfies Multiple Objectives. *Computers & Operations Research*. 34: 3491 – 3513.

Cheung, R.K.M. ve Powell, W.B. (1996). Models and Algorithms for Distribution Problems with Uncertain Demands, *Transportation Science* 39: 43–59.

Chopra, S. ve Meindl, P. (2003). *Supply Chain Management Strategy, Planning and Operation*. USA: Prentice Hall.

Cohen, M.A. ve Lee, H.L. (1988). Strategic Anaysis of Integrated Production Distribution Systems: Models and Methods. *Operations Research*. 36 (2): 216-228.

Cohon, J. L. (2003). *Multiobjective Programming and Planning*. USA: Dover Publications Inc.

Cooper, M. C. ve Ellram, L. M. (1993). Characteristics of Supply Chain Management and the Implications for Purchasing and Logistics Strategy. *The International Journal of Logistics Management*. 4(2): 13-24.

Dhaenens-Flippo, C. ve Finke, G. (2001). An Integrated Model for an Industrial Production-Distribution Problem. *IIE Transactions*.33: 705-715.

Doğan, K. ve Goetschalckx, M. (1999). A Primal Decomposition Method for the Integrated Design of Multi-Period Production-Distribution Systems. *IIE Transactions*. 31: 1027-1036.

Dönmez, N. (2007). *Tedarik Zinciri Planlama için Bir Bulanık Çok Amaçlı Doğrusal Programlama Modeli*. Yüksel Lisans Tezi. Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Dubois, D., Fargier H. ve Fortemps, P. (2003). Fuzzy Scheduling: Modelling Flexible Constraints vs. Coping With Incomplete Knowledge. *European Journal of Operational Research*. 147 (2): 231–252.

Dubois, D., Prade, H. (1980), *Fuzzy Sets and Systems: Theory And Applications*. New York: Academic Pres.

Elmas, Ç. (2007). *Yapay Zeka Uygulamaları*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Eranıl, B. (2008). *Bulanık Hedef Programlama Yaklaşımı ve Tedarikçi Seçim Problemine Uygulanması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Kocaeli Üniversitesi: Fen Bilimleri Enstitüsü.

Fox, M. S., Chionglo, J. F. ve Barbuceanu, M. (1993). *The Integrated Supply Chain Management System*. Department of Industrial Engineering, University of Toronto.

France, R.B., Jones, E., Richards, C. N. ve Carison J. P. (2010). Multi-Objective Stochastic Supply Chain Modelling to Evaluate Tradeoffs Between Profit and Quality. *International Journal of Production Economics*. 127(2): 292-299.

Govil, M., Proth, J.M. (2002). *Supply Chain Design and Management: Strategic and Tactical Perspectives*. Academic Press.

Görçün, Ö. F. (2010). *Örnek Olay ve Uygulamalarla Tedarik Zinciri Yönetimi*. İstanbul: Beta.

Gullien, G., Mele, F.D., Bagajewicz, M.C., Espuna, A. ve Puigjaner, L. (2005). Multiobjective Supply Chain Design Under Uncertainty. *Chemical Engineering Science*. 60 (6): 1535-1553.

Guillen-Gosalbez, G. ve Grossmann, I. E. (2009). Optimal Design and Planning of Sustainable Chemical Supply Chains Under Uncertainty. *Aiche Journal* 55(1): 99-121.

Güleş. H. K., Paksoy, T., Bülbül, H. ve Özceylan, E. (2010). *Tedarik Zinciri Yönetimi Stratejik Planlama, Modelleme ve Optimizasyon*. Ankara: Gazi Kitabevi.

Güneş, M. ve Umarusman, N. (2003). Bir Karar Destek Aracı Olarak Bulanık Hedef Programlama ve Yerel Yönetimlerde Vergi Optimizasyonu Uygulaması. *Eastern Mediterranean University Review of Social, Economic & Business Studies*. 2: 242-255.

Halgeson, C. M. ve Jobe, T. H. (1998). A Fuzzy Cube and Casual Efficacy: Representation of Concomitant Mechanism in Stroke. *Neural Networks*. 11: 549-555.

Hannan, E. L. (1981). Linear Programming With Multiple Fuzzy Goals. *Fuzzy Sets and Systems*. 6: 235-248.

Hansen, B. (1996). *Fuzzy Logic and Linear Programming Find Optimal Solutions for Meteorological Problems*, Term Paper for Fuzzy Logic Course at Technical University of Nova Scoti.

Harrison, T. P., Lee, H. L. ve Neale, J. J. (2003). *The Practice of Supply Chain Management: Where Theory and Application Converge*. USA: Springer.

Hellman, M., *Fuzzy Logic Introduction*, citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.85.9757&rep. (29.09.2010).

Hillier, F. S. ve Liberman, G. J. (2001). *Introduction to Operations Research*. New York: McGraw Hill.

<http://www.igeme.org.tr/tur/pratik/tedarik.pdf>. (20.07.2010).

Hu, C. F., Teng. C. J. ve Li, S. Y. (2007). A Fuzzy Goal Programming Approach to Multi-Objective Optimization Problem with Priorities. *European Journal of Operational Research*. 176: 1319-1333.

Işıkli, Ş. (2008). Bulanık Mantık ve Bulanık Teknolojiler. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Felsefe Bölümü Dergisi*. 19: 105-126.

Jacops, F. R. ve Chase, R. B. (2010). *Operations and Supply Chain Management: The Core*. New York: McGraw-Hill.

Jolai, E., Razmi, J. ve Rostami, N. K. M. (2007), A Fuzzy Goal Programming and Meta Heuristic Algorithms for Solving Integrated Production: Distribution Planning Problem .*Central European Journal of Operations Research* DOI 10.1007/s10100-010-0144-9. Online First.

Jones D. ve Tamiz, M. (2010). *Practical Goal Programming*. New York: Springer.

Kabak, Ö. (2007). *Olabilirsel Doğrusal Programlama ile Tedarik Zinciri Ağ Yapısının Modellenmesi ve Bir Uygulama*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi: Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kabak, Ö. ve Ülengin, F. (2011). Possibilistic Linear-Programming Approach for Supply Chain Networking Decisions. *European Journal of Operational Research* 209: 253–264.

Kandel, A. (1986). *Fuzzy Mathematical Techniques With Applications*. USA: Addison Wasley Longman Publishing Co. Inc.

Kanyaklar, A. P. ve Adil, G. K. (2005). An Integrated Aggregate and Detailed Planning in a Multi-Site Production Environment Using Linear Programming. *International Journal of Production Research*. 43(20): 4431-4454.

Karasu, I. F. (2006). *Tedarik Zinciri Yönetiminin Yapısı ve İşleyişi*. Yüksek Lisans Tezi. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Kasabov, N. K. (1998). *Foundations of Neural Networks, Fuzzy Systems and Knowledge Engineering*. London: The MIT Press,

Kim, J., Lee, Y. ve Moon, I. (2008). Optimization of a Hydrogen Supply Chain Under Demand Uncertainty. *International Journal of Hydrogen Energy*. 33: 4715–4729.

Klir, G. J. ve Yuan, B. (1995). *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications*. USA: Prentice Hall.

Kulu, M. C. (2006). *Tedarik Zinciri Yönetiminde Ulaştırma Modeli Optimizasyonu: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Küçükdeniz, T. (2004). *Tedarik Zinciri Yönetiminde Bulanık Modelleme*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Küçüköncü, T. *Bulanık Mantık*.
<http://80.251.40.59/science.ankara.edu.tr/ozbek/bulanik-1.htm>. (29.09.2010).

Lababidi, H. M. S., Ahmed, M.A., Alatiqi, I. M. ve Al-Enzi, A. F. (2004). Optimizing the Supply Chain of a Petrochemical Company under Uncertain Operating and Economic Conditions, *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 43(1): 63-73.

Lai, Y.-J. ve Hwang, C.L. (1992). *Fuzzy Mathematical Programming: Methods and Applications*. New York: Springer.

Lee, Y. H., Kim, S. H. ve Moon, C. (2002). Production-Distribution Planning in Supply Chain Using a Hybrid Approach. *Production Planning & Control*. 13(1): 35-46.

Liang, T.-F. (2006). Distribution Planning Decisions Using Interactive Multi Objective Linear Programming. *Fuzzy Sets and Systems*. 157: 1303-1316.

Liang, T.-F. (2007). Applying Fuzzy Goal Programming to Production/Transportation Planning Decisions in a Supply Chain. *International Journal of System Science*. 38 (4): 293-304.

Liang, T.-F. (2008). Fuzzy Multi-Objective Production/Distribution Planning Decisions With Multi-Product And Multi-Time Period In A Supply Chain. *Computers & Industrial Engineering*. 55: 676–694.

Liang, T.-F. (2011). Application Of Fuzzy Sets To Manufacturing/Distribution Planning Decisions in Supply Chains. *Information Sciences* 181: 842–854.

Lovveaux, F. V. ve Peeters, D. (1992). A Dual Based Procedure for Stochastic Facility Location. *Operations Research*. 40(3): 564-573.

Maleki, H. R.ve Khodaparast, S. (2008). *Non-Linear Multi-Objective Transportation Problem: A Fuzzy Goal Programming Approach*. International Conference on Urban Planning and Transportation. Greece: July 22-24.

Marler R. T., Yang, J. ve Rao, S. S. (2004). A Fuzzy Approach for Determining a Feasible Point in a Constrained Problem. www.ccad.uiowa.edu/tmarler/rtm/img/Papers/conference_fuzzy.pdf. (09.10.2010).

Martin, C. H., Dent, D. C. ve Eckhart, J. C. (1993). Integrated Production, Distribution, and Inventory Planning at Libbey-Owens-Ford. *Institute for Operations Research and the Management Science Interface*. 23(3): 68-78.

Min, H. ve Zhou, G. (2002). Supply Chain Modeling: Past, Present and Future. *Computers & Industrial Engineering*. 43: 231-249.

MirHassani, S.A., Lucas, C., Mitra, G. ve Poojari, C.A. (1999). Computational Solution of Capacity Planning Model Under Uncertainty. *Parallel Computing Journal*. 26(5): 551-538.

Mohammed, R. H. (1992). A Chance- Constrained Fuzzy Goal Program. *Fuzzy Sets and Systems*. 47(2): 183-186.

Narasimhan, R. (1980). Goal Programming In A Fuzzy Environment. *Decision Sciences*. 11: 325-336.

Oh, H. C. ve Karimi, I. A. (2006). Global Multiproduct Production–Distribution Planning with Duty Drawbacks. *American Institute of Chemical Engineers Journal*. 52(2): 595-610.

Özgüven, C. (2008). *Doğrusal Programlama ve Uzantıları*. Ankara: Detay Yayıncılık.

Özkan, M. M. (2003). *Bulanık Hedef Programlama*. Bursa: Ekin Kitabevi.

Öztürk, A. (2009). *Yöneylem Araştırması*. Bursa: Ekin Kitabevi.

Öztürk, M. U. (2007) *Üretim Planlamasında Çok Hedefli Doğrusal Hedef Programlama ve Bir Tekstil İşletmesinde Uygulama*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Uludağ Üniversitesi: Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Paksoy, T. (2005). Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Ağlarının Tasarımı ve Optimizasyonu: Malzeme İhtiyaç Kısıtı Altında Stratejik Bir Üretim Dağıtım Modeli. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 14: 435-455.

Paksoy, T., Pehlivan, N. Y. ve Özceylan, E. (2010c). Application Of Fuzzy Mathematical Programming Approach To The Aggregate Production/Distribution Planning in a Supply Chain Network Problem. *Scientific Research and Essays*. 5(22): 3384-3397.

Paksoy, T., Özceylan, E. ve Weber, G.-W. (2010a). A Multi-Objective Mixed Integer Programming Model For Multi Echelon Supply Chain Network Design and Optimization. *System Research and Information Technologies*. 4: 47-57.

Paksoy, T., Yapıcı Pehlivan, N. ve Özceylan E. (2010b). Fuzzy Multi-Objective Mixed Integer Programming Model for Multi Echelon Supply Chain Network Design. *3.rd Conference on Nonlinear Science and Complexity*, Düzenleyen Çankaya Üniversitesi. Ankara. 28-31 Temmuz 2010.

Park, Y.B. (2005). An Integrated Approach for Production and Distribution Planning in Supply Chain Management. *International Journal of Production Research*. 43(6): 1205-1224.

Peidro, D., Mula, J., Poler, R. Ve Verdagay, J.L. (2009). Fuzzy Optimization for Supply Chain Planning Under Supply, Demand and Process Uncertainties. *Fuzzy Sets and Systems*. 160: 2640-2657.

Peidro, D. ve Vasant, P. (2011). Transportation Planning With Modified S-Curve Membership Functions Using an Interactive Fuzzy Multi-Objective Approach. *Applied Soft Computing*. 11: 2656-2663.

Peidro, D., Mula, J., Jimenez, M. ve Botella, M. M. (2010). A Fuzzy Linear Programming Based Approach for Tactical Supply Chain Planning in an Uncertainty Environment. *European Journal of Operational Research*. 205: 65-80.

Perea-Lopez, E., Ydstie, B. E. ve Grossmann, I. E. (2003). A Model Predictive Control Strategy for Supply Chain Optimization. *Computers & Chemical Engineering*. 27: 1201-1218.

Petrovic, D., Roy, R. ve Petrovic, R. 1999. Supply Chain Modelling Using Fuzzy Sets. *International Journal of Production Economics*. 59: 443-453.

Pinto-Varela, T., Barbosa-Povoa, A.P.F.D. ve Novais, A. Q. vd. (2011). Bi-Objective Optimization Approach To The Design And Planning Of Supply Chains:

Economic Versus Environmental Performances. *Computers and Chemical Engineering*. Kabul Edilmiş Metin.

Pramanik, S. Ve Roy, K.P. (2008). Multiobjective Transportation Model with Fuzzy Parameters: Priority Based Fuzzy Goal Programming Approach. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*. 8 (3): 40-48.

Ramik, J. (2000). Fuzzy Goals and Fuzzy Alternatives in Goal Programming Problems. *Fuzzy Sets and Systems*. 111: 81-86.

Rappold, J. A. ve Van Rao, B. D. (2009). Designing Multi-Echelon Service Parts Networks with Finite Repair Capacity. *European Journal of Operational Research*. 199(3): 761-792.

Ravidran, R. A. (2008). *Operations Research and Management Science Handbook*. USA: CRC Pres Taylor&Francis Group.

Roghalian, E., Sadjadi, S. J. ve Aryanezhad, M. B. (2006). A Probabilistic Bi-Level Linear Multi-Objective Programming Problem to Supply Chain Planning. *Applied Mathematics and Computation*. 188: 786–800.

Romo, F., Tomasgard, A., Hellemo, L., Fodstad, M., Eidesen, B. H. ve Pedersen, B. (2009). Optimizing the Norwegian Natural Gas Production and Transport. *Interfaces*. 39(1): 46-56.

Ross, D. F. (2003). *Introduction to E-Supply Chain Management: Engaging Technology to Build Market-Winning Business Partnerships*. USA: St. Lucie Pres.

Ross, T. J., Booker J. M. ve Parkinson, W.J. (2002). *Fuzzy Logic and Probability Applications Bridging the Gap*. USA: ASA-SIAM

Russel, R. S. ve Taylor, B. W. (2009). *Operations Management Along the Supply Chain*. Asia: John Wiley & Sons Inc.

Santoso, T., Ahmed, S., Goetschalckx, M. ve Shapiro, A. (2005). A Stochastic Programming Approach for Supply Chain Network Design Under Uncertainty. *European Journal of Operational Research*.167: 96-115.

Sasaki, M., Gen, M. ve Ida, K. (1990). Interactive Sequential Fuzzy Goal Programming. *Computers & Industrial Engineering*. 19 (1-4): 567-571.

Schniederjans, M. J. (1994). *Goal Programming Methodology and Applications*. USA: Kluwer Academic Publishers.

Seçme, Y. N. (2005). *Klasik Doğrusal Programlama ve Bulanık Doğrusal Programlamanın Karşılaştırılmalı Bir Analizi: Üretim Planlama Örneği*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Selim, H. ve Özkarahan, İ. (2008). A Supply Chain Distribution Network Design Model: An Interactive Fuzzy Goal Programming-Based Solution Approach. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 36: 401-418

Selim, H., Araz, C. ve Özkarahan, İ. (2009). Collaborative Production-Distribution Planning in Supply Chain, A Fuzzy Goal Programming Approach. *Transportation Research Part E*. 44: 396-419.

Shih, L.-H. (1999). Cement Transportation Planning Via Fuzzy Linear Programming. *International Journal of Production Economics*. 58: 277-287.

Smithson, M. ve Verkvilen, J. (2006). *Fuzzy Set Theory Applications in the Social Sciences*. USA: Sage Publications

Sodhi, M. M. ve Tang, C. S. (2009). Modeling Supply-Chain Planning Under Demand Uncertainty Using Stochastic Programming: A Survey Motivated By Asset–Liability Management. *International Journal of Production Economics*. 121: 728-738.

Stadtler, H. (2005). Supply Chain Management And Advanced Planning-Basics, Overview and Challenges. *European Journal of Operational Research* 163: 575–588.

Stock J. R. ve Lambert, D. M. (2001). *Strategic Logistics Management*. McGraw Hill/Irwin.

Susuz, Z. (2005). *Analitik Hiyerarşi Prosesine Dayalı Optimum Tedarikçi Seçim Modeli*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Swaminathan, J. M., Smith, S. F. ve Sadeh, N. M. (1998). Modeling Supply Chain Dynamics: A Multiagent Approach. *Decision Science*. 29(3): 607-632.

Şen, E. (2008). KOBİ'lerin *Uluslar arası Rekabet Güçlerini Artırmada Tedarik Zinciri Yönetiminin Önemi*. T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi.

Tang, S. L. (1999). *Linear Optimization in Applications*. Hong Kong: Hong Kong University Pres.

Taslaman, C. (2008). *Kuantum Teorisi Felsefe ve Tanrı*. İstanbul: İstanbul Yayınevi.

TedarikYönetimi,

http://www2.bayar.edu.tr/kulamyo/docs/turker_palamutcuoglu/TYDN.pdf

Tiwari, R. N., Dharma S. ve Rao, J. R. (1986). Priority Structure in Fuzzy Goal Programming. *Fuzzy Sets and Systems*. 19: 251-259.

Tiwari, R. N., Dharma, S. ve Rao, J. R. (1987). Fuzzy Goal Programming: An Additive Model. *Fuzzy Sets and Systems*, 24: 27-34.

Torabi, S. A. ve Hassini, E. (2009). Multi-site Production Planning Integrating Procurement and Distribution Plans in Multi-Echelon Supply Chains: An

Interactive Fuzzy Goal Programming Approach. *International Journal of Production Research*. 47(19): 5475-5499.

Tsai, W.-H. ve Hung, S. J. (2009). A Fuzzy Goal Programming Approach for Green Supply Chain Optimisation Under Activity-Based Costing and Performance Evaluation With a Valuechain Structure. *International Journal of Production Research*. 47(18): 4991-5017.

Tuş, A. (2006). *Bulanık Doğrusal Programlama ve Bir Üretim Planlamasında Uygulama Örneği*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi: Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Tutkun, H.İ. (2007). *Tedarik Zinciri Yönetimi Yapısının Tasarlanması ve Örgütlenmesi Öncesinde İşletmede Uygulanabilirliğinin Analizi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi: Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Tütek H. H. ve Gümüşoğlu, ř. (2008). *Sayısal Yöntemler Yönetmel Yaklaşım*. İstanbul: Beta Basım Yayım A.ř.

Ural, ř. (2010). Puslu Mantık, <http://www.safakural.com/makaleler/puslu-%28fuzzy%29-mantik>, 23.10.2010.

Varela, T.P., Barbosa-Povoa, A.P.F.D. ve Novais, A.Q. (2011). Bi-Objective Optimization Approach to the Design and Planning of Supply Cahins: Economic versus Environmental Performances. *Computers & Chemical Engineering*. 35 (8): 1454-1468.

Wang, H. F. ve Fu, C. C. (1997). A Generalization of Fuzzy Goal Programming With Preemptive Structure. *Computers and Operations Research*. 24(9): 819-828.

Wang, J. ve Shu, Y.-F. (2005). Fuzzy Decision Modeling for Supply Chain Management. *Fuzzy Sets and Systems* 150: 107–127.

Wu, H. C. (2003). Duality Theory in Fuzzy Linear Programming Problems with Fuzzy Coeficients. *Fuzzy Optimization and Decision Making*. 2: 61-73.

www.utikad.org.tr/sektor.asp?id=7. (10.11.2010).

Yalçiner, A. Y., Denizhan, B. ve Taşkın, H. (2010). From Detereministic World View to Uncertainty and Fuzzy Logic: A Critique of Artificial Intelligence and Classical Logic. *Turkish Journal of Fuzzy Systems*. 1(1): 55-79.

Yang, T., Ignizio, J. P.ve Kim, H.J. (1991). Fuzzy Programming With Nonlinear Membership Functions: Piecewise Linear Approximation. *Fuzzy Sets and Systems*. 41: 39-53.

Yurtçu, Ş. Bulanık Mantık.
<http://www.2.aku.edu.tr/~icaga/lesson/sisan/bulanikmantik.pdf>. (03.10.2010).

Yüksel, H. (2010). *Üretim/İşlemler Yönetimi Temel Kavramlar*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.

Zadeh, A. L. (1988). Fuzzy Logic, *IEEE*.

Zadeh, L. A. (1999). From Computing with Numbers to Computing with Words-From Manupilation of Measurements to Manipulation of Perceptions. *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*. 12(3): 307-324.

Zadeh, L. A. (1999). Fuzzy Logic and the Calculi of Fuzzy Rules, Fuzzy Graphs, and Fuzzy Probabilities. *Computers and Mathematics with Applications*. 37: 35.

Zadeh, L. A. (2006). Generalized Theory of Uncertainty (GTU)- Principal Concepts and Ideas. *Computational Statistics & Data Analysis*. 51: 15-46.

Zhao, J. ve Bose, B. K. Evaluation of Membership Functions for Fuzzy Logic Controlled Induction Motor Drive. *28th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*. İspanya: 5-8 Kasım 2002.

Zimmerman, H.J. (1987). *Fuzzy Sets, Decision Making and Expert Systems*. USA: Kluwer Academic Publishers.

Zimmerman, H.J. (1992). Fuzzy Set Theory and Its Applications. 2.Baskı.
USA: : Kluver Academic Publishers.