

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TALEBİN BELİRSİZ OLDUĞU ORTAMDA  
ÜRETİM PLANLAMA ÇALIŞMALARINDA  
BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI**

Endüstri Mühendisi Coşkun ÖRENLİ

**FBE Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Endüstri Mühendisliği Programında  
Hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Nihan Çetin DEMİREL (Yıldız Teknik Üniversitesi)**

**İSTANBUL, 2009**

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ .....	v
KISALTIMA LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ .....	x
ÖNSÖZ .....	xii
ÖZET .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. ÜRETİM VE ÜRETİM SİSTEMLERİ .....	3
2.1 Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması .....	5
2.1.1 Üretim yöntemlerine göre sınıflandırma.....	6
2.1.1.1 Birincil üretim .....	6
2.1.1.2 Analitik üretim.....	6
2.1.1.3 Sentetik üretim.....	6
2.1.1.4 Fabrikasyon üretim .....	6
2.1.1.5 Montaj üretimi .....	6
2.1.2 Ürün cinslerine göre sınıflandırma .....	7
2.1.2.1 Demir-Çelik üretimi.....	7
2.1.2.2 Kömür üretimi .....	7
2.1.2.3 Takım tezgahları üretimi .....	7
2.1.2.4 Kimyasal maddeler üretimi .....	7
2.1.2.5 Elektriksel araç gereç üretimi.....	7
2.1.2.6 Elektronik ürünler üretimi.....	7
2.1.2.7 Tekstil ürünleri üretimi .....	7
2.1.3 Üretim miktarına veya akışına göre sınıflandırma .....	7
2.1.3.1 Sürekli üretim sistemi .....	8
2.1.3.2 Kesikli üretim sistemi .....	8
2.1.3.3 Proje tipi üretim sistemi .....	9
2.2 Üretim Planlaması .....	9
2.2.1 Üretim planlamasının önemi .....	12
2.2.2 Üretim planlamasının amacı.....	12
2.2.2.1 Bir üretim planının hazırlanmasında uyulması gereken prensipler.....	14
2.2.3 Üretim planlamayı etkileyen faktörler .....	15
2.2.4 Üretim planlama stratejileri.....	17

2.2.5	Üretim planlamasının kapsamı.....	17
2.2.5.1	Ön planlama .....	17
2.2.5.2	Planlama.....	18
2.2.5.3	Kontrol .....	18
2.2.6	Üretim planlama türleri.....	20
2.2.6.1	Uzun dönemli üretim planlama .....	20
2.2.6.2	Orta dönemli üretim planlama.....	20
2.2.6.3	Kısa dönemli üretim planlama .....	21
2.2.7	Ana üretim programlaması.....	23
2.2.8	Çizelgeleme.....	25
2.3	Talep Kavramı ve Tanımı .....	25
2.3.1	Talep tahmini ve üretim planlama içindeki yeri.....	25
2.4	Üretim Planlama ve Bulanık Mantık İlişkisi.....	26
3.	BULANIK MANTIK.....	28
3.1	Bulanık Mantığın Tarihçesi.....	28
3.2	Bulanık Mantık ve Karar Verme .....	29
3.3	Bulanık Sayılar .....	31
3.3.1	Üçgensel bulanık sayılar .....	32
3.3.2	Yamuksal bulanık sayılar .....	33
3.4	Bulanık Kümeler ve Üyelik Fonksiyonları .....	34
3.4.1	Üyelik fonksiyonları .....	37
3.4.2	Üyelik fonksiyonu biçimleri.....	38
3.4.2.1	Üçgen üyelik fonksiyonu .....	40
3.4.2.2	Gaussian üyelik fonksiyonu .....	40
3.4.2.3	Çan Şekilli üyelik fonksiyonu .....	41
3.4.2.4	Sigmoidal üyelik fonksiyonu.....	42
3.4.2.5	S üyelik fonksiyonu .....	42
3.4.3	Bulanık küme teorisinin avantajları ve dezavantajları.....	43
3.4.4	Bulanık mantığın uygulama alanları.....	44
4.	TALEBİN BELİRSİZ OLDUĞU ORTAMDA ÜRETİM PLANLAMA ÇALIŞMALARINDA BİR BULANIK ÇOK AMAÇLI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİ.....	46
4.1	Sistemin Yapısı ve Problemin Tanımı .....	46
4.2	Varsayımlar .....	48
4.3	Yöntem.....	49
4.4	Çözüm .....	50
4.4.1	Bulanık çok amaçlı doğrusal programlama modelinin kurulması.....	51
4.4.1.1	Amaç fonksiyonu.....	52
4.4.1.2	Kısıtlar.....	58
4.4.1.2.1	İş gücü kısıtı .....	58
4.4.1.2.2	Makine kapasitesi kısıtı.....	59
4.4.1.2.3	Fason üretim kısıtı .....	60
4.4.1.2.4	Stok kısıtları .....	61
4.4.1.2.5	Talep kısıtı.....	62
4.4.1.2.6	Negatif olmama kısıtı.....	67
4.4.2	Bulanık kısıtlardaki bulanıklığın giderilmesi.....	67
4.4.3	Eşdeğer doğrusal programlama modelinin türetilmesi .....	68
4.4.4	Amaç fonksiyonlarına ilişkin üyelik fonksiyonlarının oluşturulması .....	72

4.4.5	Üyelik fonksiyonları için parçalı doğrusal denklemlerin oluşturulması.....	74
4.4.6	Eşdeğer doğrusal programlama modelinin oluşturulması.....	77
4.4.7	Modelin çözümü ve değerlendirmeler .....	79
5.	SONUÇ .....	85
KAYNAKLAR.....		87
EKLER.....		90
Ek 1 Modelin lingo ile yazılmış versiyonu .....		91
Ek 2 Modelin lingo ile çözülmüş versiyonu.....		96
ÖZGEÇMİŞ.....		125

## SİMGE LİSTESİ

$A$	Bir bulanık küme
$a$	Doğru üzerindeki bir nokta
$a_1^\alpha$	$a_2$ normal değerinin komşuluğunu oluşturan aralığın alt değeri
$a_3^\alpha$	$a_2$ normal değerinin komşuluğunu oluşturan aralığın üst değeri
$a_{n,t}$	Düzenli üretim maliyeti (TL/adet)
${}^{\alpha+}A$	Kapalı aralıklı bulanık bir küme
$b_{n,t}$	Fazla mesaili üretim maliyeti (TL /adet)
$c_{n,t}$	Fason yaptırma maliyeti (TL /adet)
$d_{ab}^-$	a amaç fonksiyonuna ilişkin negatif sapma değişkenleri
$d_{ab}^+$	a amaç fonksiyonuna ilişkin pozitif sapma değişkenleri
$D_p$	Bulanık talebin en kötümser değeri (adet)
$D_m$	Bulanık talebin en olası değeri (adet)
$D_o$	Bulanık talebin en iyimser değeri (adet)
$D_{n,k,t}$	t. zamanda n.ürünün k. talep merkezi tarafından talep edilen ürün miktarı (adet)
$\tilde{D}_{n,k,t}$	t. zamanda n.ürünün k. talep merkezi tarafından bulanık talep edilen ürün miktarı (adet)
$D_{n,k,t}^p$	Talebin ( $\tilde{D}_{n,k,t}$ ) alabileceği en kötümser değer (adet)
$D_{n,k,t}^m$	Talebin ( $\tilde{D}_{n,k,t}$ ) alabileceği en olası değer (adet)
$D_{n,k,t}^o$	Talebin ( $\tilde{D}_{n,k,t}$ ) alabileceği en iyimser değer (adet)
$DEBM_{n,t}$	t. zamanda n. ürünü depo da elde bulundurma maliyeti (TL /adet)
$DMTA_{n,k,t}$	n. üründen k.müşteriye t. zamanda depo-müşteri arasında taşınan adet (adet)
$DMTM_{n,k,t}$	n. ürünü k. müşteriye t. zamanda depo-müşteri arası taşıma maliyeti (TL /adet)
$DS_{n,t}$	t. zamanda n. üründen depoda bulunan stok miktarı (adet)
$DSK_{n,t}$	t. zamanda n. ürünün depoda bulunan stok kapasitesi (adet)
$DSM_t$	t. zamanda deponun sabit maliyeti (TL /zaman)
$E$	Evrensel bir küme
$F_t$	t zamanında çıkarılan işçi sayısı (adam saat)

$FDTA_{n,t}$	n. üründen t. zamanda fabrika-depo arası taşınan adet (adet)
$FDTM_{n,t}$	n. ürünü t. zamanda fabrika-depo arası taşıma maliyeti (TL /adet)
$FEBM_{n,t}$	t. zamanda n. ürünü fabrika da elde bulundurma maliyeti (TL/adet)
$FS_{n,t}$	t. zamanda n. üründen fabrika da bulunan stok miktarı (adet)
$FSK_{n,t}$	t.zamanda n. ürünün fabrikada bulunan stok kapasitesi (adet)
$FSM_t$	t. zamanda fabrika deponun sabit maliyeti (TL /zaman)
$H_t$	t zamanında tutulan işçi sayısı (adam saat)
$IS_{n,t}$	t. zamanda bir adet n. ürünü üretmek için gerekli olan işçilik saati (adam saat/adet)
$k_t$	t zamanında bir işçi tutma tutma maliyeti (TL /adam saat)
L	Karar vericinin bulanık amaçlara ilişkin toplam tatmin düzeyi
M	Gaussian üyelik fonksiyonunun fonksiyon merkezi
$m_t$	t zamanında bir işçi çıkarma maliyeti (TL /adam saat)
$MK_{t_{max}}$	t. zamanda mevcut maksimum makine saat düzeyi (makine saat)
$O_{n,t}$	Fazla mesaili üretim miktarı (adet)
$Q_{n,t}$	Düzenli üretim miktarı (adet)
$q_{ab}$	$\mu_{Z_a}$ üzerinde belirlenen üyelik fonksiyonu değeri
$R_{n,t}$	t. zamanda bir adet n. ürünü üretmek için gerekli olan makine saati (makine saat /adet)
$S_{ar}$	$X_{a,r-1}$ ve $X_{a,r}$ arasında kalan doğru parçasının y eksenini kestiği nokta
$S_{n,t}$	Fason yaptırılan miktar (adet)
$S_{n,t_{max}}$	t.zamanda n.ürünün maksimum fasona gönderilen miktar (adet)
$t_{ar}$	$X_{a,r-1}$ ve $X_{a,r}$ arasında kalan doğru parçasının eğimi
$W_{t_{max}}$	t. zamanda mevcut maksimum işçilik seviyesi (adam saat)
$W_1$	$D_{n,k,t}^p$ talebini durulaştırmak için kullanılan sabit değer
$W_2$	$D_{n,k,t}^m$ talebini durulaştırmak için kullanılan sabit değer
$W_3$	$D_{n,k,t}^o$ talebini durulaştırmak için kullanılan sabit değer
x	X evrensel kümesinin elemanları
X	Evrensel küme
$Z_a$	a. amaç fonksiyonu

$\alpha$	Kabul edilebilir en düşük üyelik seviyesi
$\alpha_{ab}$	$\mu_{Z_a}$ üyelik fonksiyonunu oluşturmak için hesaplanan bir katsayı
$\beta_a$	$\mu_{Z_a}$ üyelik fonksiyonunu oluşturmak için hesaplanan bir katsayı
$\gamma_a$	$\mu_{Z_a}$ üyelik fonksiyonunu oluşturmak için hesaplanan bir katsayı
$\sigma$	Gaussian üyelik fonksiyonunun genişliği
$\mu_A(x)$	$x$ elemanın A bulanık kümesine üyelik derecesi
$\mu_{Z_a}$	$Z_a$ amaç fonksiyonuna ait üyelik derecesi

## **KISALTMA LISTESİ**

ABS	Anti-lock Braking System
CPM	Critical Path Method
PERT	Program Evaluation and Review
PP	Polypropylene



## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Üretim süreci ve faktörleri.....	3
Şekil 2.2 Üretim planlama sistemi için gerekli girdiler.....	16
Şekil 2.3 Üretim yönetiminin fonksiyonları.....	19
Şekil 2.4 Üretim ve diğer planlama faaliyetleriyle ilişkisi.....	22
Şekil 3.1 Üçgensel bulanık sayı.....	32
Şekil 3.2 Yamuksal bulanık sayı.....	33
Şekil 3.3 Klasik üyelik fonksiyonu.....	38
Şekil 3.4 Bulanık üyelik fonksiyonu.....	38
Şekil 3.5 Üçgen üyelik fonksiyonu.....	40
Şekil 3.6 Gaussian üyelik fonksiyonu.....	41
Şekil 3.7 Çan şekilli üyelik fonksiyonu.....	41
Şekil 3.8 Sigmoidal üyelik fonksiyonu.....	42
Şekil 3.9 S üyelik fonksiyonu.....	42
Şekil 4.1 Sistemdeki iş akışı ve hareketler.....	46
Şekil 4.2 Sistemi incelenen işletmenin üretim iş akışı.....	47
Şekil 4.3 $\tilde{D}_{n,k,t}$ bulanık sayısının üçgensel dağılımı.....	67
Şekil 4.4 $\mu_{z_1}$ üyelik fonksiyonu.....	73
Şekil 4.5 $\mu_{z_2}$ üyelik fonksiyonu.....	73
Şekil 4.6 Kurulan modelin lingo çözüm durumu.....	79
Şekil 4.7 Modelin lingo çözüm raporu.....	80

## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1 Klasik mantık-bulanık mantık arasındaki temel farklılıklar .....	30
Çizelge 3.2 Bulanık denetim uygulamaları .....	45
Çizelge 4.1 Normal mesaili üretim maliyeti .....	53
Çizelge 4.2 Fazla mesaili üretim maliyeti .....	53
Çizelge 4.3 Fason üretim maliyeti .....	53
Çizelge 4.4 İşçi alma ve işçi çıkarma maliyetleri .....	54
Çizelge 4.5 Fabrika-ana depo arası taşıma maliyetleri .....	55
Çizelge 4.6 Ana depo-1.müşteri arası taşıma maliyetleri.....	55
Çizelge 4.7 Ana depo-2.müşteri arası taşıma maliyetleri.....	56
Çizelge 4.8 Ana depo-3.müşteri arası taşıma maliyetleri.....	56
Çizelge 4.9 Fabrika ve ana deponun sabit maliyetleri .....	57
Çizelge 4.10 Fabrika stok elde bulundurma maliyetleri .....	57
Çizelge 4.11 Ana depo stok elde bulundurma maliyetleri .....	57
Çizelge 4.12 Planlama dönemine ait bir ürünü üretmek için gerekli olan işçilik süreleri .....	58
Çizelge 4.13 Maksimum işçilik kapasiteleri .....	59
Çizelge 4.14 Planlama dönemine ait bir ürün üretmek için gerekli olan makine süreleri .....	59
Çizelge 4.15 Maksimum makine kapasiteleri .....	60
Çizelge 4.16 Fason da üretilen maksimum ürün miktarı .....	60
Çizelge 4.17 Ana depoda bulundurulacak maksimum stok miktarı .....	61
Çizelge 4.18 Fabrika depoda bulundurulabilecek maksimum stok miktarı .....	62
Çizelge 4.19 Birinci müşterinin bulanıklığı giderilmiş talep miktarları .....	63
Çizelge 4.20 İkinci müşterinin bulanıklığı giderilmiş talep miktarları.....	63
Çizelge 4.21 Üçüncü müşterinin bulanıklığı giderilmiş talep miktarları.....	64
Çizelge 4.22 1. Müşterinin en kötümser ( $D_p$ ), en olası ( $D_m$ ) ve en iyimser ( $D_o$ ) talep miktarları .....	65
Çizelge 4.23 2. Müşterinin en kötümser ( $D_p$ ), en olası ( $D_m$ ) ve en iyimser ( $D_o$ ) talep miktarları .....	66
Çizelge 4.24 3. Müşterinin en kötümser ( $D_p$ ), en olası ( $D_m$ ) ve en iyimser ( $D_o$ ) talep miktarları .....	66
Çizelge 4.25 Amaç fonksiyonu değerlerine ilişkin üyelik derecelerinin belirlenmesi .....	69
Çizelge 4.26 Amaç fonksiyonlarına ait üyelik fonksiyonları için belirlenen değerler .....	72
Çizelge 4.27 Normal mesai zamanında üretim miktarları.....	80
Çizelge 4.28 Dönem sonu ana depo stok miktarları .....	81

Çizelge 4.29 Dönem sonu fabrika stok miktarları.....	81
Çizelge 4.30 Fabrika-ana depo taşınan stok miktarları.....	82
Çizelge 4.31 Ana depodan 1. müşteriye taşınan miktarlar.....	82
Çizelge 4.32 Ana depodan 2. müşteriye taşınan miktarlar.....	83
Çizelge 4.33 Ana depodan 3. müşteriye taşınan miktarlar.....	83
Çizelge 4.34 İşe alınan ve işten çıkarılan işçilik zamanları .....	83

## ÖNSÖZ

Küreselleşen dünyadaki aşırı rekabetçi piyasa ortamında işletmeler teknoloji, farklılaşma ve yaratıcı olma çabaları, etkin ve doğru strateji seçimi ile rakiplerinin önüne geçmeye çalışmaktadırlar. Bilim ve teknolojiye hızlı gelişmeler günümüzün modern toplumunu öylesine karmaşık bir hale getirmiştir ki; karar süreçleri belirsiz ve incelenmesi zor bir özellik kazanmıştır. İşletmeler karar vermek isterken dışsal ve içsel etkenlere dayanan bir çok belirsizliğin altında kararlar vermeye çalışmaktadırlar. Verilen kararların ise doğru ve optimum kararlar olması, işletmeyi rekabetçi piyasada ayakta tutabilecek en büyük faktördür.

Üretim sektöründe faaliyet gösteren işletmelerde, üretim ve planlama faaliyetleri çoğu kez belirsiz ortam koşullarında yürütülmektedir. Satış tahmini yapılırken taleplerin, üretim proseslerinde arızaların, hammadde tedarik sürelerinin, makine ve iş gücü kapasitelerinin belirsizlik göstermesi hızlı ve doğru kararlar almayı güçleştirmektedir. Belirsiz etkenlerde doğru kararlar alabilen işletmeler rakiplerine karşı büyük avantajlar sağlamaktadır. Bulanıklık altında optimum kararlar alabilmek için belirsizliği temel alan bulanık mantık teoremi önemini gün geçtikçe arttırmaktadır. Bu sayede işletmeler için belirsizlik altında daha etkin ve doğru kararlar alabilmek imkanı hale gelmiştir.

Önemi gün geçtikçe artan ve bir çok alanda çalışma konusu olan bulanık mantık ile ilgili çalışmam da bana yardımlarını esirgemeyen ve bana yol gösteren değerli hocam Yrd.Doç.Dr. Nihan Çetin DEMİREL'e teşekkür ederim.

## ÖZET

Üretim planlama, üretim işletmelerinin üretim faktörlerini daha etkin bir şekilde kullanılmasını sağlayan önemli araçlardan bir tanesidir. Üretim planlama, bulanık olarak gerçekleşen talepleri dikkate alarak işletmelerin makine, malzeme, kalıp, işgücü gibi kıt kaynaklarını etkin ve verimli kullanmalarını, müşteri memnuniyeti sağlamalarını ve birbiri ile çelişen bir çok amacı ortak bir noktada birleştiren önemli araçlardandır.

Üretim planlama problemlerinin bir çoğunda sürece etki eden faktörler sabit veya kesin olarak kabul edilmekte ve üretim planlama bu şekilde yapılmaktadır. Fakat fiili hayatta üretim planlama için gerekli bir çok faktör ya belirsizdir ya da hiç bilinmemektedir. Bu çalışma kapsamın da belirsiz ortamlarda karar vermeyi sağlayan bulanık doğrusal programlama modeli incelenmiş ve bir üretim planlama sistemi birden çok amaç dikkate alınarak bulanık etkenler karşısında çözülmüştür.

Bu çalışma da plastik sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin üretim planlama faaliyetleri ne ilişkin bulanık çok amaçlı doğrusal programlama modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen model, altı planlama zamanı için üretimi gerçekleştirecek, stoklanacak ve müşterilere dağıtım yapılacak ürün miktarını belirlemeye yöneliktir. Üretim ve taşıma maliyetlerinin minimizasyonunun hedeflendiği model de müşteri talepleri ve karar vericinin amaç fonksiyonlarına ilişkin istek düzeyleri bulanık olarak ele alınmıştır.

Çalışma dört ana bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın birinci bölümünde bulanık mantık kavramına değinilmiştir. İkinci bölümde üretim sistemleri, üretim planlama kavramı ve üretim planlama kavramı ile bulanık mantık ilişkisine değinilmiştir. Üçüncü bölümde bulanık mantık ve tarihçesi, bulanık sayılar ve üyelik fonksiyonları incelenmiştir. Dördüncü ve son bölümde ise Talebin belirsiz olduğu ortamda üretim planlamada bir bulanık doğrusal programlama modeli ve çözümü sunulmuştur.

**Anahtar kelimeler :** üretim planlama, bulanık doğrusal programlama, bulanık mantık, üretim sistemleri, bulanık sayılar, bulanık çok amaçlı doğrusal programlama

### JÜRİ:

1. Yrd. Doç. Dr. Nihan Çetin DEMİREL
2. Yrd. Doç. Dr. Semih ÖNÜT
3. Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ

Kabul tarihi: 10.03.1999  
Sayfa Sayısı: 139

## ABSTRACT

Production planning is one of the most important tool that production enterprise use more effective production factors. Production planning is an important tool that associate conflicting aims at the common point that are considered the results of fuzzy demands to provide scarce resources such as material, labor force, mold to use effectively and efficiently and also to provide customer satisfaction.

At most production planning problems the factors that have an effect on process are fixed or definite, and production planning is applied as such. However, in real production enviroment, Most factors that utilized at production planning are either fuzzy or unknown. In this study, one of the model of fuzzy decision making that is fuzzy linear programming is analyzed and more than one cause equation is taken on board that are solved according to the fuzzy factors in this production planning system.

In this study, a fuzzy-multi objective linear programming model is developed for production planning of a company in plastic sector. The model intends to determine the quantities of production to be produced, stored, transported to demand centers for six planning periods. In this model, which aims to minimize both production costs and total transportation costs and aspiration levels of decision maker about objective functions are fuzzy.

The current study is organized into four main sections. In the first section of study, the basic concepts of fuzzy logic are introduced. In the second section, production systems, production planning systems and the relation between production planning and fuzzy logic are introduced. In the third section, fuzzy logic and its history, fuzzy numbers and membership functions are introduced. In the last section, for production planning in the environment where demand is fuzzy, a fuzzy linear programming model and model's solutions are preferred.

**Key words :** production planning, fuzzy linear programming, fuzzy logic, production systems, fuzzy numbers, fuzzy-multi objective linear programming

### JÜRİ:

1. Yrd. Doç. Dr. Nihan Çetin DEMİREL
2. Yrd. Doç. Dr. Semih ÖNÜT
3. Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ

Kabul tarihi: 10.03.1999  
Sayfa Sayısı: 139

## 1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında bilim ve teknolojiadaki hızlı gelişmeler sonucu karar alma süreçleri etkilenmiş ve belirsizliğe sürüklenmiştir ve bunun bir sonucu olarak bilgi eksikliği ortaya çıkmıştır. Belirsizlik ve bilgi eksikliği karar vericileri öznellik altında karar vermeye zorlamıştır. Subjektif kararlar verilmesinde başlangıçta olasılık teorisi temelli stokastik karar modelleri etkili olurken, daha sonraları bulanık mantığın ortaya çıkması ile bu modellerin yetersiz kaldığı görülmüştür. Belirsizlik ve bilgi eksikliğine dayanan bulanık küme teorisi karar almada uygulanmış ve bulanık doğrusal programlamanın uygulamada etkili bir yöntem olduğu görülmüştür.

Bir kavramı, bir amacı ve bir sistemi tanımlayan ifadelerdeki belirsizliğe veya kesin olmama haline bulanıklık denir. İnsanların düşünce biçimlerindeki algılama farklılıkları, subjektif davranışları ve hedeflerindeki belirsizlikler bulanıklık olgusu ile açıklanabilir.

Bulanıklık ile ilgili ilk çalışmalar “Bulanık Küme” kuramı ilk kez 1965’te California Berkeley Üniversitesi’nden Prof. Dr. Lütü Askerzade Zadeh tarafından ortaya atılan bulanık mantık kavramı, gerçek hayat sistemlerindeki belirsizliklerin sayısal ifadelerle dönüştürülerek; çözüm sürecine katılması konusunu içermektedir. Zadeh bir sistemdeki kontrol edilemeyen etkenlerin yarattığı belirsizliğin değişik yansımalarını ve bu sistem içindeki kişilerin algılarındaki farklılıkları 1965 yılında ‘ bulanık kümeler’ adı altında yayınlanan makalesinde ele almıştır. Zadeh’ e göre bir sistemdeki karmaşıklık arttıkça, sistemi tanımlayan ifadelerin anlamı azalmakta ve anlamlı ifadeler de belirsizliğe doğru gitmektedir.

Belirsizlik ve bilgi eksikliğini gidermek için olasılık teorisi yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Olasılık teorisindeki belirsizlik, olayların gerçekleşip gerçekleşmemesi ile ilgilidir. Bulanıklık kavramı ise bir olayın kendisindeki belirsizliği açıklar. Bulanık mantığın özünü belirsizlikler oluşturur.

Bulanık mantık teorisi ortaya çıktığı tarihten bu tarafa insan davranışları, yapay zeka, yöneylem araştırması, yönetim bilimleri gibi bir çok alanda uygulanmaya başlamıştır. Günümüzde bulanık mantık, elektronik araçlar, ABS fren sistemleri, araç yol bilgisayarları, trafik kontrol sistemleri gibi bir çok uygulama da kullanılmaktadır.

İşletmeler bazında ele alındığında; bir işletmenin hayati önem taşıyan fonksiyonu üretim fonksiyonudur. Üretim fonksiyonun yürütülmesi için ise üretim sistemine ihtiyaç vardır. Üretim sistemlerinde de günümüz şartlarında çoğu zaman belirsiz durumlar ortaya

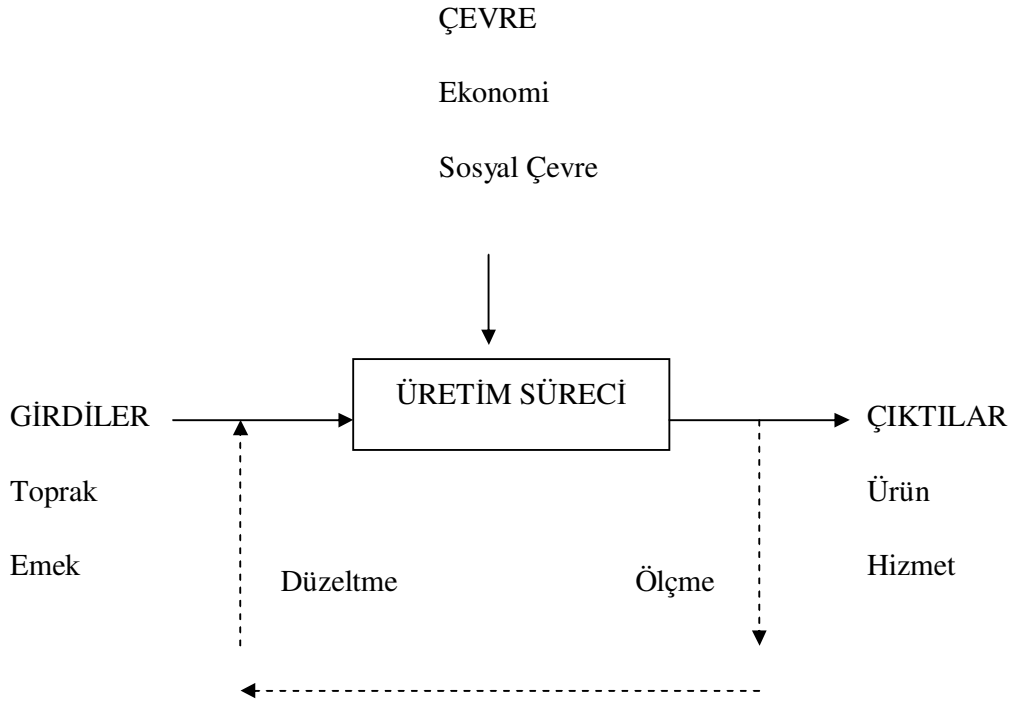
çıkabilmektedir. Örneğin hiçbir zaman talebin mevsimlere göre dalgalanmasına paralel talep bilinemez, yada makinelerde oluşan arızalar nedeniyle hiç bir zaman makine kapasiteleri belirlenemez. Bu nedenle, her zaman tahmini değerler söz konusu olmaktadır. Yada çeşitli sebeplerden dolayı iş gücü kapasitesi tam olarak öngörülemmez. İşte bu gibi belirsizlikler, üretim sistemlerinde gerçekleştirilen üretimin planlanması aşamasında bulanık mantık kurallarının kullanılması gereğini de beraberinde getirmektedir.

Bilindiği gibi; üretim planlama, tesis yerleşimi, atama gibi problemlerde yöneylem araştırması tekniklerinden sıkça yararlanılmaktadır. Bu çalışmada, bulanık bir ortamda faaliyet gösteren bir üretim işletmesinin üretim, depolama ve taşıma faaliyetlerinin bulanık çok amaçlı doğrusal programlama modeli kullanılarak bütünleşik bir şekilde planlanması amaçlanmıştır. Doğrusal programlama tekniği, bulanık temele oturtularak üretim planlamanın gerçekleştirilmesinde kullanılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde üretim sistemleri ve üretim planlama kavramları üzerinde durulmuştur. Üçüncü bölümde bulanık mantık ve tarihçesi, bulanık sayılar ve üyelik fonksiyonları incelenmiştir. Dördüncü bölümde talebin belirsiz olduğu ortamda üretim planlamada bir bulanık doğrusal programlama modeli ve çözümü sunulmuştur. Uygulama örneğinde incelenen sistemin ve problemin tanımlaması yapılmış, varsayımlar ve kullanılan yöntem açıklanmıştır. Kullanılan yöntem sonucu bulanık çok amaçlı doğrusal programlama modeli kurulmuş ve çözüm elde edilmiştir.



## 2. ÜRETİM VE ÜRETİM SİSTEMLERİ

Geleneksel olarak, üretim ekonomistler tarafından fayda yaratmak olarak tanımlanırken; mühendisler tarafından da bir fiziksel varlık üzerinde onun değerini artıracak bir değişiklik yapma veya hammadde ve yarı ürünleri kullanılabilir bir ürüne dönüştürme olarak tanımlanmaktadır (Kobu, 1996; Tekin, 1996). Bu dönüşüm sürecinde girdiler, üretim süreci sonucunda çıktı haline getirilmektedir. Şekil 2.1’de gösterildiği gibi sürecin sonucunda ürün veya hizmet oluşmaktadır.



Şekil 2.1 Üretim süreci ve faktörleri.

Üretim yönetimi kavramı günümüzde yalnızca fiziksel değerlerin yaratılması için gerçekleştirilmesi gereken planlama, yönlendirme ve kontrol çalışmalarını değil, fiziksel olmayan değerlerin yani hizmet faaliyetlerinin oluşturulmasında da aynı sürecin gerçekleştirilmesini kapsamaktadır. Bu anlamda, üretim yönetimi kavramı çok geniş bir uygulama alanı olan bir kavram haline gelmiştir.

Üretim faaliyetlerindeki temel unsur yeni bir ürün meydana getirmek kadar, üretim kaynaklarının da verimli kullanılmasının sağlanmasıdır. Üretim yönetimi miktar, kalite, hız, esneklik ve maliyet faktörlerini optimize ederek, üretim kaynaklarının etkin ve verimli olarak

kullanılmasını sağlar. Böylece çıktı değerleri, girdi değerlerinin toplamından daha büyük olmaktadır.

Üretim sistemi en genel şekilde, bir makine-insan-malzeme sistemi olarak kabul edilebilir. Üretim sistemi, işgücü, malzeme, bilgi, enerji, sermaye gibi girdilerin belirli bir dönüştürme sürecinden geçirilerek mal veya hizmetin üretildiği, işletme sisteminin bir alt sistemidir (Tekin, 1996). Her sistemde olduğu gibi üretim sistemi de, bir çevrede faaliyetlerini sürdürür ve bu çevredeki değişimlerden etkilenir.

Bir süreç olarak ele alındığında, üretim sisteminin temel özellikleri şu şekilde sıralanabilir (Demir, Gümüšoğlu, 1998):

- Üretim sistemi maddi bir değişim, dönüştürme, sürecidir. Bu dönüştürme sırasında girdiler bir dizi işlemde geçirilerek ürün haline getirilmektedir.
- Bir üretim sisteminde üretilen ürünler birbirinden farklı olabilirken; üretim sistemini oluşturan işlemler aynı ya da benzerdir. Her bir ürünün izlediği işlem sıraları ise farklılık gösterebilmektedir.
- Üretim sistemi, içerisinde alt sistemlerini barındırır ve bunların da kendi içerisinde işlerin aksamadan sürdürülmesi için bir iletişim sistemleri vardır. Üretim sistemi ile beraber alt sistemlerin de sağlıklı bir şekilde örgütlenmesi, yönetilmesi ve kontrol edilmesi önemlidir.
- Üretim sistemleri içerisinde malzeme, emek ve bilginin akışı söz konusudur. Malzemenin sürekli veya kesikli olarak akışı ise üretim sistemlerinin tipinin, yani bir nevi kullanılan teknolojilerin, farklılaşmasına sebep olmaktadır.
- Üretim sistemlerinde işlerin ilerleyişi, oluşan ürünlerin kalitesi, üretimin maliyeti ve hızı arasındaki ilişkiler önemlidir. Bu konular arasındaki denge, üretim sisteminin etkinliği açısından önemlidir.
- Üretim sistemi, ekonomik ve teknolojik olarak değişen koşullara ayak uydurabilen değişken bir yapıda olmalıdır.

## 2.1 Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması

Üretim sistemlerinin sınıflandırılmasında genellikle fiziksel sistemlerden söz edilmesine karşı son zamanlarda hizmet üreten sistemler de üretim sistemlerinin içerisinde ele alınmaktadır.

Üretim işletmelerinde işlerin yönetilmesi için gerekli organizasyonun sağlanması, makine ve teçhizatın seçimi, bunların yerleştirilmesi ve belirli bir üretim sistem tipinin avantaj veya dezavantajlarının belirlenerek bunlara uygun faaliyetlerin planlanması bakımından üretim sistemleri sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırma yapılırken üretilen ürünün yapısı ve özellikleri, üretim süreci, talebin oluşma sıklığı ve talep büyüklüğü gibi unsurlar etkili olmaktadır.

Üretim sistemleri Koku (1996)'da: üretim yöntemine (Birincil Üretim, Analitik Üretim, Sentetik Üretim, Fabrikasyon Üretim, Montaj Üretimi), ürün cinsine (Demir çelik Üretimi, Tekstil Ürünlerin Üretimi, Elektronik Ürünler Üretimi...v.b.), ürün miktarına veya üretim akışına (Siparişe göre Üretim, Parti Tipi Üretim, Sürekli Üretim, Proje Tipi Üretim) göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma hemen hemen her tip üretimi kapsayacak kadar geniş bir sınıflandırmadır. Burada bahsedilen üretim yöntemine göre sınıflandırmada üretimin oluşmasında uygulanan işleme, ayırma-parçalama, birleştirme ve şekil verme gibi genel yöntemlerden hangisinin kullanıldığı esas alınmaktadır.

Üreten (2002) ise, üretim sistemlerinin dönüşüm süreçlerinin özellikleri itibariyle Sürekli Üretim Sistemi, Kesikli Üretim Sistemi ve Proje Tipi Üretim Sistemi olarak sınıflandırılabileceğini ifade etmiştir. Tekin (1996), bu sınıflandırmaya sürekli üretim ve sipariş üzerine üretimin karışımından meydana gelen Karma Üretim Sistemi olarak isimlendirilebilecek dördüncü bir tür ilave etmiştir. Üretim sistemleri, teoride bu şekilde, sanki kesin sınırlarla ayrılmış gibi görünse de uygulamalarda birden fazla tipin bir arada bulunduğu karma üretim sistemleri kullanılabilir. Örneğin, inşaat sektöründe farklı özelliklerde ürün üreten bir işletmede, hazır beton ürünü müşteriler tarafından düzenli ve yüksek miktarlarda talep ediliyorsa onun üretim süreci akış tipi bir hat olarak beton santrali şeklinde kurulabilir. Aynı işletmede, başka bir ürün olan parke-bordür üretimi için talep yapısındaki farklılıklardan dolayı parti tipi üretim sistemi; prefabrik yapı elemanlarının üretimi için ise siparişe göre üretim sistemi tercih edilebilmektedir.

## **2.1.1 Üretim yöntemlerine göre sınıflandırma**

### **2.1.1.1 Birincil üretim**

Doğada mevcut hammaddeler, yeryüzünde üretilen tüm ürünlerin esasını oluşturduğundan bunlara temel hammaddeler adı verilir. Doğada mevcut hammaddelerin işlenmek veya kullanılmak üzere çıkarılmasına birincil üretim denilmektedir.

### **2.1.1.2 Analitik üretim**

Temel hammaddelerin bazıları daha sonra ayırıcı işlemlerle parçalanıp, işlenerek çeşitli ürünlere dönüştürülmesidir. Bu şekilde analitik üretim gerçekleşir.

### **2.1.1.3 Sentetik üretim**

Doğadan elde edilen temel hammaddelerin bazıları da birleştirici işlemlerle yeni ürünlere dönüştürülmesine sentetik üretim denilir.

### **2.1.1.4 Fabrikasyon üretim**

Temel veya diğer hammaddelerden şekil verme yoluyla yeni ürünlerin elde edilmesine fabrikasyon üretim denilir.

### **2.1.1.5 Montaj üretimi**

Çeşitli hammadde, yarı mamul ve parçalar sistematik biçimde bir araya getirilerek karmaşık bir ürün üretilir. Bir montaj fabrikası ürettiği ürünleri oluşturan parçaların tamamını veya çoğunu diğer fabrikalardan hazır olarak alır. Montaj üretiminde önemli olan nokta; miktar ve özellik bakımından büyük sayılara ulaşan elemanların en ekonomik biçimde bir araya getirilmesidir. Günümüzdeki ürünlerin karmaşıklığı, üretim miktarları ve kalite nitelikleri göz önüne alınırsa bunun kolay bir iş olmadığı görülebilir.

Bir fabrikanın, üretim yöntemlerine göre tanımlanan yukarıdaki sınıflardan sadece birinin içinde olması şart değildir. Örneğin bazı parçalarını kendi atölyelerinde üreten bir otomobil fabrikasında, fabrikasyon ve montaj üretim yöntemleri kullanılır.

## **2.1.2 Ürün cinslerine göre sınıflandırma**

### **2.1.2.1 Demir-Çelik üretimi**

Doğal kaynaklardan çıkarılan demir cevherinin büyük fırınlarda eritilmesi ile demir veya çelik elde edilir.

### **2.1.2.2 Kömür üretimi**

Maden kömürü üretimi, linyit üretimi ve kok üretimi beraberce aynı grup içinde yer alır.

### **2.1.2.3 Takım tezgahları üretimi**

Torna, freze, planya gibi takım tezgahlarının üretimi yüksek düzeyde teknik bilgi ve kalifiye insan gücüne ihtiyaç gösterir.

### **2.1.2.4 Kimyasal maddeler üretimi**

Çeşitli işlemlerle hammaddelerin kimyasal yapıları değiştirilerek yeni ürünler üretilir.

### **2.1.2.5 Elektriksel araç gereç üretimi**

Elektrik enerjisi ile çalışan makine ve ev eşyaları ile elektrik üretiminde kullanılan sistemlerin üretimidir.

### **2.1.2.6 Elektronik ürünler üretimi**

Son yıllara kadar bir önceki grup içinde yer alan elektronik cihazları kaydeden çok hızlı gelişmeler sonucu tek başına önemli bir endüstri kolunu oluşturmuştur

### **2.1.2.7 Tekstil ürünleri üretimi**

Doğal ve yapay giyecek hammaddelerinin çeşitli işlemlerle giyecek yapımına hazır hale getirilmesidir.

## **2.1.3 Üretim miktarına veya akışına göre sınıflandırma**

Üretilen ürünün üretim miktarı ile üretim faaliyetlerinin fabrika içindeki akışı arasında yakın bir ilişki vardır. Aynı cinsten bir ürünün az veya çok sayıda üretilmesi kullanılan makinelerin

tiplerini, imalat yöntemlerini, işgücünden yararlanma biçimini, fabrikanın yerleşme düzenini, üretim planlama ve kontrol yöntemlerini etkiler. Bütün bunlar hammaddenin ürün haline gelinceye kadar izlediği akışı da belirler.

### **2.1.3.1 Sürekli üretim sistemi**

Az çeşitlilikte ürünün, yüksek miktarlarda üretilmesi durumunda uygun olan üretim sistemidir. Bu sistemde, talebin sürekli ve yüksek miktarlarda olması gerektiğinden mevcut makine ve teçhizat da belirli bir ürünün üretimine tahsis edilmektedir. Bu sebeple kapasite kullanım oranı da yüksektir.

Sürekli üretim sistemlerinde kullanılan makineler özel amaçlı ve pahalı makineler olduğundan yüksek sermaye yatırımı gerektirirler. Bunun yanında üretimde esneklik gerekli olmadığı için kalifiye olmayan işgücü yeterli olmaktadır. Bu tip üretim sistemlerinde üretimin sürekliliğinin sağlanabilmesi için, hammadde ve ürün stokları fazla iken; yarı mamul stokları düşük ya da hiç yoktur. Yine üretimin aksamadan, sürekli olarak devam edebilmesi için bakım-onarım faaliyetleri düzenli olarak yapılmalıdır. Üretim hatlarının iyi dengelenmiş olması da önemlidir. Sürekli üretim sistemlerinde talep düzenli ve yüksek olduğu için üretim planlama faaliyetleri diğer üretim sistemlerine göre oldukça kolaydır.

### **2.1.3.2 Kesikli üretim sistemi**

Talebin düzensiz olduğu, farklı ürünlerin farklı miktarlarda üretilbildiği üretim sistemleri kesikli üretim sistemleridir. Bu tip sistemlerde, talep düzensiz olduğundan çoğu zaman kapasite etkin olarak kullanılamamakta, eksik veya atıl kapasite oluşmaktadır. Ürün çeşitliliği yüksek olduğundan genel amaçlı yani esnek kullanıma olanak sağlayan, gerektiğinde birbirini yedekleyebilecek tezgahlar kullanılırken; bu tezgahların başında kalifiye işçilerin bulunması gerekmektedir.

Atölye tipi üretim olarak da isimlendirilebilen, sipariş tipi üretimde, küçük miktarlarda ama çok çeşitlilikte ürün üretimi söz konusu olduğundan, makine kalıp/ayar değişimleri artmakta, işgücü ve makine kapasite kullanım oranı düşük olmaktadır. Yani ölçek ekonomisinden faydalanmak zorlaşmakta; çeşit ekonomisinin sağlanması gerekmektedir. Bu tip sistemlerde ayrıca, işlerin çeşitliliği rotalama zorluklarını beraberinde getirmekte ve üretim planlama faaliyetlerini zorlaştırmaktadır. Siparişe göre üretimde talep oldukça düzensizken; parti tipi üretimde daha düzenli ve sürekli sayılabilecek talep söz konusudur. Siparişe göre üretim

imalatın yapıldığı sürelerin düzeni bakımından üç alt grupta değerlendirilmektedir (Kobu, 1996):

1. Az sayıda ürünün yalnız bir defa üretilmesi,
2. Az sayıda ürünün talep geldikçe, belirsiz aralıklarda üretilmesi,
3. Az sayıda ürünün belirli aralıklarda periyodik olarak üretilmesi.

### **2.1.3.3 Proje tipi üretim sistemi**

Proje, benzer koşullarda tekrarlanmayan ve aralarında öncelik ilişkileri bulunan tek seferlik faaliyetler dizisi olarak tanımlanmaktadır (Üreten, 2002). Proje tipi üretim de, özel talebe bağlı olarak alınan gemi yapımı, elektrik santrali kurulumu, karayolları çalışmaları, baraj ve köprü yapımı gibi büyük ölçekli işlerinin tek seferde yapılması söz konusudur. Bu tip işlerde tahmin edilebileceği gibi malzeme, makine ve teçhizat, işgücü gibi kaynakların projenin yapıldığı yere taşınması söz konusudur. Yani, üretim işlevi fabrika gibi belirli bir mekanda sınırlandırılmış bir ortamda değil, ürünün bulunduğu ortamda yerine getirilir.

Proje tipi üretim sistemlerinde, diğer üretim sistemlerine göre işlerin akışı, üretimin planlaması ve yürütülmesi farklılık göstermektedir. Üretimde akıştan ziyade, paralel faaliyetlerin aynı anda yapılması söz konusudur ve faaliyetlerin yönetimi proje yönetimi ile sağlanmaktadır. Diğer tip üretim sistemlerinin kurulu olduğu fabrika ortamlarında ürünlerin hatlar şeklinde akışı gözlenirken; proje tipi işlerde böyle bir gözlem belirgin olarak yapılamaz. Proje tipi üretimde, üretim süreci de daha uzundur. Bu tip sistemlerde, talep aynı ürün için bir defaya mahsustur.

## **2.2 Üretim Planlaması**

Planlama, amaçların ve bu amaçların elde edilebilmesi için gerekli olan eylemlerin belirlenmesi sürecidir. Bu süreç, yönetimin bilgi toplama sürecidir. Çünkü bu fonksiyonla, işletmemizin amaçlarını ve bunlara ilişkin strateji ve taktiklerin neler olacağını kararlaştırmaya yardımcı bilgiler toplanır (Şahin, 1984).

Planlama aşağıdaki sorulara cevap arama faaliyetidir (Özalp, 1985).

- Ne yapılacaktır ?

- Kim yapacaktır ?
- Ne zaman yapılacaktır ?
- Nasıl yapılacaktır ?
- Hangi kaynaklar kullanılacaktır?
- Neden yapılacaktır ?

Planlama ile belli bir döneme ilişkin ulaşılmak istenen amaçlar (üretim miktarı, hizmet sunum derecesi, kalite düzeyi, ürün özellikleri, ürün işlem süreleri, ürün teslim süreleri, gerekli olacak işçi sayıları, maliyet ve kar düzeyi gibi) çeşitli bilimsel yöntemler kullanılarak hesaplanmak suretiyle belirlenmektedir.

Üretim planlamasının gerekliliğini aşağıdaki başlıklarda açıklamak mümkündür (Kobu, 1996):

- Üretim sistemlerinin faaliyetlerinin yoğunluğu ve karmaşıklığı,
- İşletme içi faaliyetlerin koordinasyonu zorunluluğu,
- İşletmeler arasındaki bağımlılık ve ilişkilerin gelişmesi,
- Tüketici kütesinin genişlemesi ve isteklerinin çeşitlenmesi,
- Tedarik ve dağıtım faaliyetlerinin geniş bir alana yayılması,
- Hizmet, kalite ve fiyat rekabetinin yoğunlaşması,
- İşletmelerin ekonomik düzeyde çalışmasını sağlamak amacı ile malzeme, zaman ve insan gücü kayıplarının minimum düzeye indirilme zorunluluğu.

Dar bir bakış açısı ile bir üretim ortamında; hangi üründen, ne kadar, ne zaman ve hangi yöntemle üretilecek; hangi ürün veya yarı mamullerden ne kadar stok bulundurulacak; üretilecek ürünlere göre hangi hammadde ve yardımcı mamulden ne kadar, ne zaman için tedarik edilecek; hangi yetenekteki işgücünden nerede, ne kadar ve nasıl faydalanılacak gibi sorulara cevap bulmak gerekmektedir. Üretim planlama, en genel şekilde, işletmenin gelecekteki faaliyetlerinin düzeylerini ve sınırlarını belirleme olarak tanımlanabilir.



Üretim planı, belirli zaman aralıklarındaki üretim miktarını, imalatın plana uygun yürümesini kontrol edecek araç ve yöntemleri, tüm fabrikayı kapsayan iş yükü dağıtım düzenini belirleyen; işçisinden yöneticisine kadar fabrikanın tüm çalışanlarına yol gösteren önemli bir araçtır (Kobu, 1996). İşletmenin amaçları da hesaba katıldığında, üretim planlama: faaliyetlerini kararlı sürdürerek çalışanlarına ve içinde bulunduğu topluma karşı sorumluluklarını yerine getirmek, tahmini tüketici talebini karşılamak, atıl kapasite oluşmasını önlemek ve toplam maliyeti minimize etmek gibi işletme amaçlarını gerçekleştirmeye yönelik bir araç olarak da görülebilmektedir (Üreten, 1998).

Üretim planlamanın temelinde mevcut kapasite ile gerçekleşen talep karşılanmaya çalışılır. Üretim planlama faaliyetlerinin ilk girdilerinden biri olan talep bilgisi (kesin veya tahmini) ışığında, işletme kısıtları göz önünde bulundurularak kaynakların dağılımı sağlanır. Üretim planlama, üretilecek ürünün belirlenmesine, üretim için gerekli makine ve teçhizatın sağlanmasına, talep edilen süre ve kalitede, en düşük maliyet ile üretimin yapılmasına olanak sağlarken; üretim sırasında oluşabilecek aksaklıklar için de ek vardiya, fazla mesai, fason üretim gibi önlemler alınmasını da sağlamaktadır. Üretimin mevcut kapasite ile işleyişini koordine edilirken; olağan dışı durumlar için yedek kapasite de ortaya koyulur.

Planlama etkinliğinin olduğu bir ortamda “kontrol” faaliyetinin olmaması düşünülemez. Bu sebeple, üretim işletmelerinde planlama faaliyetleri, üretim planlama ve kontrol olarak ele alınır. Kontrolün en önemli işlevi, üretim planlarından sapmaların tespit edilmesi ve gerekli düzeltmelerin yapılabilmesi için bilgi geri iletiminin sağlanmasıdır (Acar, 1998).

Üretim yönetiminde planlama ile, üretim adına gerçekleştirilen tüm işlemlerin, firmayı nereye getireceği, gelecek dönemlerde üretim sisteminin teknolojiye uyum sağlaması için nelerin yapılması gerektiği yada müşteri isteminin belirlenerek, değişimlerin yakından takip edilmesi ve üretim sisteminin bu yönde yönlendirilmesi için gerekli verilerin elde edilmesi söz konusu olacaktır.

İşletmelerde kullanılan bazı planlama teknikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Simülasyon Yöntemi
- Doğrusal Programlama Yöntemi
- Korelasyon Analizleri

- Matematik Modeller
- Karar Ağaçları
- PERT ve CPM Yöntemi

### 2.2.1 Üretim planlamasının önemi

İşletmeler faaliyetlerini dinamik bir çevrede sürdürürler. Günümüzde ekonomilerin yaşadığı büyük değişimler, dışa açılımlar, küreselleşme, bilgi teknolojilerindeki büyük gelişmeler, değişen tüketici davranışları işletmelerin yaşadığı çevreyi daha dinamik ve belirsiz bir hale getirmiştir. Böyle bir ortamda “planlama” kavramı çok zorlaşmasına rağmen, planlamanın önemi de bir o kadar artmıştır. Bu sebeple planlama faaliyeti ile geleceğe yönelik faaliyetlerin önceden tasarlanması, alternatiflerin belirlenmesi, olası sonuçların tahmin edilmesi ve bunlara yönelik önlemler alınması işletmeler için büyük önem taşımaktadır. Üretim planlaması da, talep edilen ürünlerin üretimi için işletme kaynaklarının planlı ve verimli bir şekilde önceden dağıtılmasını sağlayan, işletmeye her düzeyde rehberlik eden bir yol haritasıdır.

Üretim planlarının hazırlanmasında, yukarıda da bahsedildiği gibi bir çok veriden faydalanılmaktadır. Doğru hazırlanmış veriler sayesinde planlanan dönemde gelişebilecek aksaklıklar için alternatif planların geliştirilmesi veya planlar üzerinde revizeler yapmak kolaylaşmaktadır. Üretim planları, üretim faaliyetlerinin koordinasyonunu sağlamakla birlikte beklenmeyen değişikliklere karşı alternatif planların hızlı bir şekilde hazırlanmasını da sağlayarak işletmenin amaçlarına ulaşmasını kolaylaştırmaktadır.

### 2.2.2 Üretim planlamasının amacı

Üretim planlamasının ana amacı, işletmenin finans ve kapasite kısıtlarını göz önünde bulundurarak, gelen tüketici taleplerinin verimli ve etkin biçimde karşılanmasıdır. Üretim planlamasının bu amaçları sağlayabilmesi için, aşağıda sıralanan alt amaçları da yerine getirmesi gerekmektedir (Tekin, 1996):

- Hammadde, yardımcı malzeme ve işletme malzemesini üretim yapabilmek üzere, istenen miktar, zaman ve yerde hazır edebilmek için planlamanın yapılması,
- Mevcut makine ve teçhizatın verimli bir şekilde kullanılarak iş akışı ve iş sıralamasının gerçekleştirilmesi,

- Pazar araştırması sonucu elde edilen bilgilere göre istenilen zamanda tüketici ihtiyaçlarının karşılanması,
- İşgücünün verimli kullanımı,
- Üretim sisteminin kendi alt sistemleri, diğer bölümler ile olan bilgi alışverişinin sağlıklı bir şekilde sağlanması,
- Stoklar ile ilgili doğru ve yerinde kararların verilmesi; stok kayıtlarının doğru olarak tutulması.

Üretim planlamasının amacı, yakın gelecekteki dalgalanan veya belirsizlik gösteren taleplerin karşılanması için tüm ürün kategorilerinde üretim seviyelerini belirlemek ve kiralama, işten çıkarma, fazla mesai, yok satma, fason üretim, stok seviyesi gibi hususlarda karar ve politikaların oluşturulması ve böylece kullanılacak uygun kaynakların belirlenmesidir (Paksoy, Atak, 2003).

Bugünün rekabet koşulları altında bir kuruluşun önemle üzerinde durduğu noktalardan biri de müşteriye memnun etme konusudur. Bu açıdan konuya bakıldığında, üretim planlaması ve kontrolü işlevinin amaçlarını aşağıdaki biçimde özetlemek olanaklıdır (Demir, Gümüşoğlu, 1994).

### **1. Pazarlama :**

- Siparişlerin ya da malların/hizmetlerin müşterinin veya pazarın istediği zamanda teslim edilmesinin sağlanması,
- Satış faaliyetlerinin, işletmenin kapasitesi ile uygun duruma getirilmesi.

### **2. Kaynakların Kullanılması :**

- Elde mevcut bulunan kaynakların ve olanakların en iyi biçimde kullanılması, istenilen kalite ve niceliğe kısa sürede ulaşılması ve en verimli sonucun alınması.
- Uzun süreli üretim planlarının hazırlanmasında kullanılacak geçerli ve pratik temelleri sağlam olan esasların göz önünde tutulması, bu arada mevcut kaynakların tam bir envanterinin yapılması,
- Satış düzeyine paralel olarak, üretim ve envanter düzeyinin gerekli adetlere göre

düzenlenmesi,

- Üretim programının esnek tutularak aniden ortaya çıkabilecek ilginç ve kazançlı işlerin devreye sokulması olanağının yaratılması.

### 3. Finansman :

- Üretimin akışını sağlayacak materyal tamamlama işinin zamanında, ekonomik olan maliyetle ve en iyi envanter mevcudu ile sağlanması,

### 4. Maliyet :

- Çalışmaların en az giderle gerçekleştirilmesi,
- Maliyetin daha iyi üretim yöntemleri kullanılarak düşürülmesi,
- Üretim öğelerinin en ucuz ve istenilen kalitede sağlanması.

#### 2.2.2.1 Bir üretim planının hazırlanmasında uyulması gereken prensipler

Bir üretim planının hazırlanmasında uyulması gereken prensipler;

- Uygun planlama periyodunun seçimi,
- Uygun ürün gruplarının oluşturulması,
- Kısıtlayıcı faktörlerin hesaba katılması,

şeklinde ifade edilebilir. Bu prensiplere göre hazırlanacak bir üretim planı, belirli zaman aralıklarındaki üretim miktarını, üretimin plana uygun yürümesini kontrol edecek araç ve yöntemleri ve tüm fabrikayı kapsayan iş yükü dağılımını belirleyen bir araç olacaktır. Üretim planları, bir yandan tezgah başındaki işçiye o gün ne yapacağını bildiren iş emirlerinin temelini oluştururken, diğer yandan her düzeydeki yöneticiye yol gösteren bir kontrol aracı niteliğini taşıyacaktır.

Üretim planında yer alan ürün grupları, aynı üretim işlemlerini gören veya aynı makinelerde işlenen ürünlerden oluşmalıdır. Bu konuda satış departmanı ile üretim planlama ve kontrol departmanı arasında sıkı bir işbirliği yapılmalıdır. Pazarlama açısından yapılan bir ürün gruplamasından üretim planlamasında yararlanmak güçtür. Talep tahmin çalışmalarında

üretim planlama ve kontrolün görev almasının nedenlerinden biri budur.

Üretim planlarının yönetici ve uygulayıcılara daha fazla yararlı olmasını sağlamak için basit ve kolay anlaşılır biçimde tasarlanması şarttır. Planlama prosedürünün yani sıra, sonuç olarak ortaya çıkan tablo, diyagram ve ölçülerde basitliğe özen gösterilmelidir. Özellikle ölçme birimlerinin parça sayısı, işçilik saati gibi imalatta kullanılan birimler arasından seçilmesine dikkat edilmelidir (Kobu, 2003).

Üretim planının uygulanabilir ve gerçekçi olması için hazırlanması sırasında bazı hususların göz önünde bulundurulması gerekir. Bu hususlar (Barutçugil, 1988);

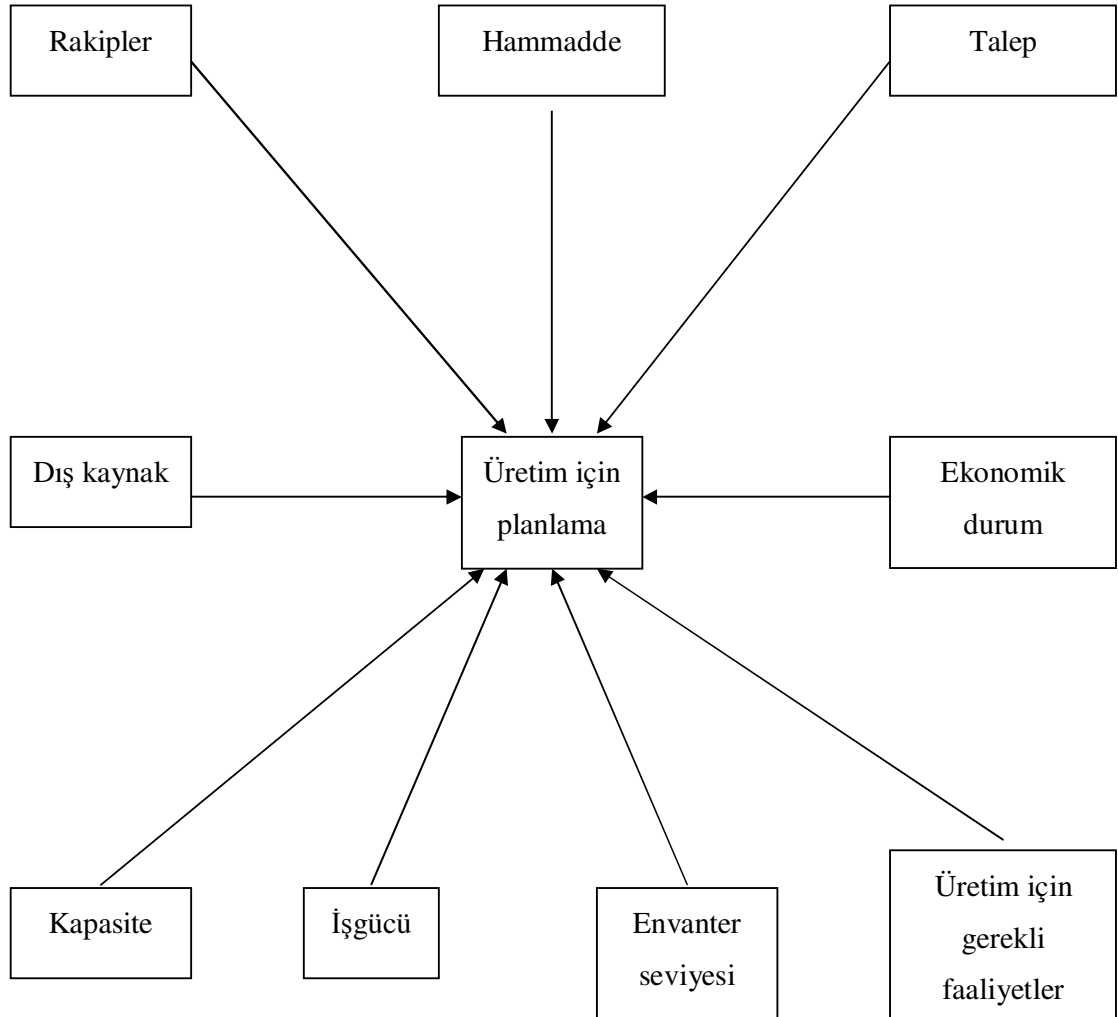
- Üretim hızının, kapasitesinin ve ürün çeşidinin değişmesi için bir hazırlık süresine ihtiyaç vardır. Bu süre üretim planlamasını etkilemeyecek biçimde hesaba katılması gerekir.
- Toplu izinler ve bayram tatilleri hesaba katılmalıdır.
- Çok soğuk ve sıcak mevsimlerde ve günlerde verimliliğin düştüğü dikkate alınmalıdır. Bu günlerde izinlerin ve devamsızlıkların artabileceği göz önüne alınmalıdır.
- Toplu sözleşme maddeleri ve iş yasaları göz önünde bulundurulmalıdır.
- Öğrenmeden kaynaklanan verimlilik artışları dikkate alınmalıdır.
- Tedarikteki gecikmeler, aksaklıklar ve iş kazaları için tolerans tanınmalıdır.
- Bakım-onarım faaliyetleri için zaman ayrılmalıdır.
- Üretim planlamasında taahhütler, verilmiş sözler ve siparişler göz önünde tutulmalıdır.
- Üretimi artırıcı ve azaltıcı çeşitli yollardan uygun olanı seçilmelidir

### **2.2.3 Üretim planlamayı etkileyen faktörler**

Şekil 2.1, üretim planlama çevresini oluşturan iç ve dış faktörleri göstermekte idi. Genellikle dış çevre, üretim planlamacının direkt kontrolü dışındadır. Pazarlama departmanı ve üretim departmanı arasındaki işbirliği sayesinde, talebin düşük olduğu dönemler de talep oluşturmak için promosyon faaliyetleri ve fiyat düşürme politikaları uygulanabilir. Talebin yoğun olduğu dönemlerde, firmanın karşılama kapasitesi olan ürün ve hizmetlerden sağlanacak geliri

artırmak için promosyon faaliyetleri azaltılabilir ve fiyat yükseltilebilir. Ama böyle olmasına rağmen talebin ne kadar kontrol edilebileceği konusunda sınırlar vardır. Üretim planlamacı sonuç olarak pazarlama departmanının tahmin ettiği satış tahminlerini ve siparişleri dikkate alarak ve iç faktörleri değiştirerek üretim planını oluşturur.

İç faktörler kontrol edilebilirliklerine göre farklılık gösterir. Mevcut fiziksel kapasite (fabrika ve teçhizat) genellikle kısa vadede sabittirler. Sendika anlaşmaları sıklıkla işgücü değişikliklerinde yapılabilecekleri engeller. Fiziksel kapasite her zaman artırılamayabilir. Üst yönetim envantere ayrılacak paranın miktarını sınırlayabilir. Yine de bu faktörlerin yönetiminde bazı esneklikler vardır ve üretim planlamacılar bir veya daha fazla üretim planlama stratejisi uygulayabilirler (Chase, Aquilano, Jacobs, 2001).



Şekil 2.2 Üretim planlama sistemi için gerekli girdiler.

## 2.2.4 Üretim planlama stratejileri

Bir üretim planının hazırlanmasında üç temel stratejiden biri seçilir (Kobu, 2003).

1. **Talebi izleme stratejisi:** Üretim hızı talepteki değişimleri çok yakından izler ve bu nedenle stok düzeyi sifıra yakındır. Buna karşılık üretim hızı değişimlerinde yapılan işe alma ve işten çıkarma faaliyetlerinin maliyeti yüksektir.
2. **Sabit üretim hızı stratejisi:** Planlama dönemi boyunca üretim hızı sabit tutulur. Talep ile üretim arasındaki farklar stok bulundurma veya bulundurmama maliyetlerinin artmasına yol açar. Bu stratejinin avantajı kolay planlama ve sıfır hazırlık masraflarıdır.
3. **Karma strateji:** İlk iki stratejinin dezavantajlarını dengelemek amacı ile orta yol izlenir. Örneğin, üretim hızı talebe göre her ay yerine 3 ayda bir değiştirilir. Belirli bir ürün için üretim planının hazırlanmasında en uygun stratejinin seçimi, her stratejinin kağıt üzerinde ayrı ayrı değerlendirilmesi sonunda mümkün olur. Karma stratejide alternatif sayısı çok fazla olabileceğinden hesaplamaların uygun bilgisayar programları kullanılarak yapılması yerinde olur.

## 2.2.5 Üretim planlamasının kapsamı

Üretim sistemlerine göre farklılık göstermesine rağmen, üretim planlama ve kontrol faaliyetlerinin kapsamı, hangi konuları içerdiği üç ana başlıkta incelenebilir (Acar, 1998):

### 2.2.5.1 Ön planlama

Doğru ve güvenilir bir planlama faaliyetinin arkasında aşağıda belirtilen ön planlama faaliyetleri yer almalıdır:

- Tüketici araştırmaları, satış tahminleri,
- Ürün tasarımı ve geliştirme,
- Tesis yatırım politikası,
- İş yeri düzeni.

### 2.2.5.2 Planlama

Planlama faaliyetleri aşağıdaki gibi başlıklar halinde ele alınabilir:

- **Kaynakların planlaması** : Üretimin çeşitli aşamalarında gerekli hammadde, yarı mamül, yardımcı malzeme gibi girdilerin istenilen miktarda ve zamanda hazır olması için malzemelerin planlanması; alternatif üretim tekniklerinin incelenerek, mevcut imkanlar doğrultusunda uygun üretim metodunun seçilmesi ve standart hale getirilmesi; yeterli sayıda ve istenen özelliklerdeki makinelerin üretim için planlanması; gerekli sayı ve niteliklerdeki işgücünün gerektiği zamanda hazır olacak şekilde planlaması faaliyetlerini kapsamaktadır.
- **Operasyonların planlanması** : Hangi ürüne ait, hangi parçaların, hangi tezgahta, ne zaman ve ne miktarda üretileceğine dair rotalama, tahmin ve programlama faaliyetlerini içermektedir. Rotalama, iş akışının belirlenmesi ile ilgili faaliyetleri kapsarken; tahmin, yapılacak işlerin süreleri ile ilgili zaman etüdü çalışmalarını kapsamaktadır. Programlama faaliyetleri ise, iş yükünün tezgahlar arasında dengeli olarak dağıtılmasını sağlayan yükleme ve her tezgahta işlenecek parçaların zaman temelinde tezgahlara dağıtımının yapıldığı çizelgeleme faaliyetlerini kapsar.

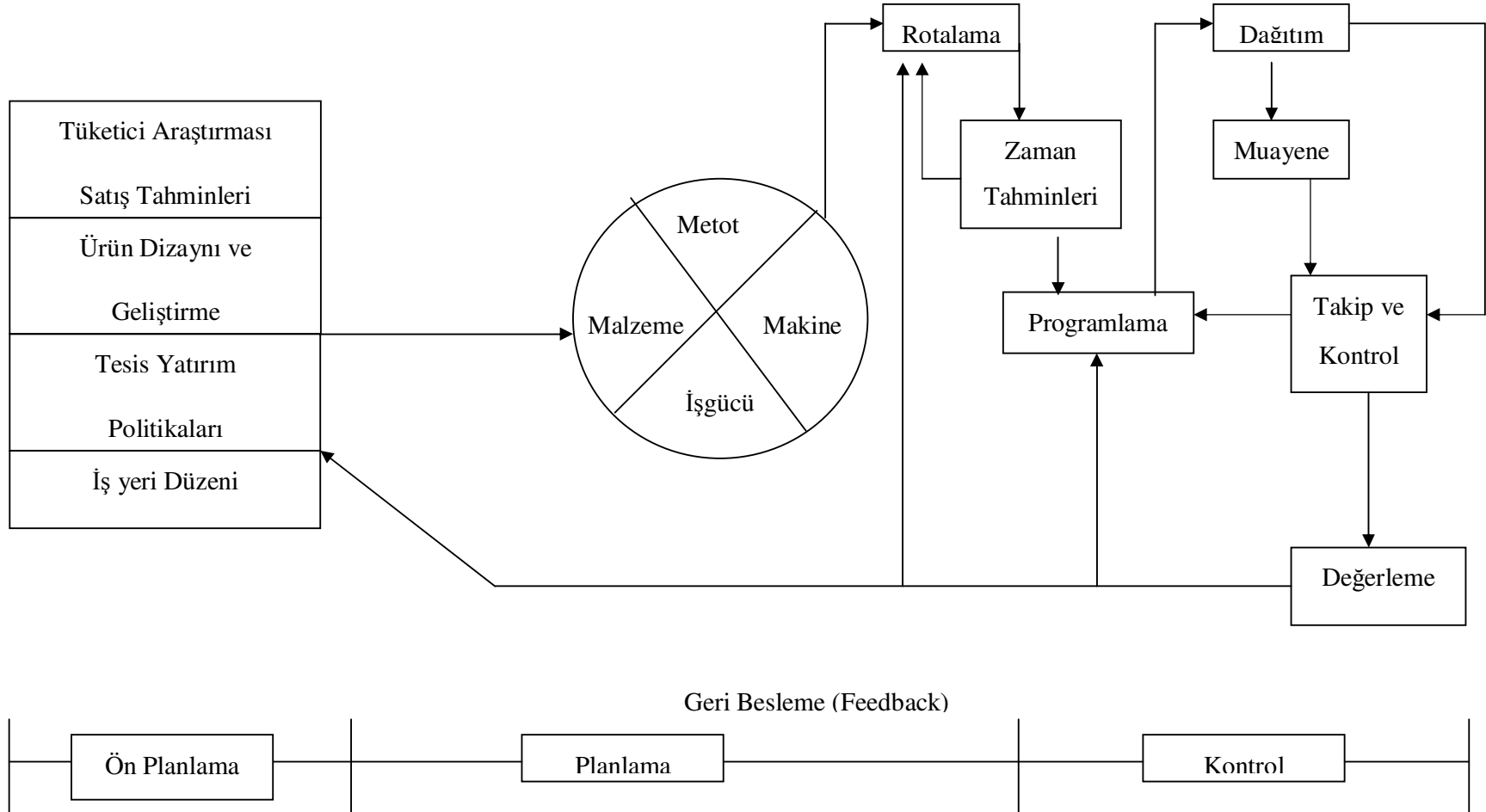
### 2.2.5.3 Kontrol

Dağıtım yapılan işlerin zamanında ve sorunsuz olarak yürütülebilmesi için yapılan takip ve kontrolü; ürünün miktar ve kalitesinin muayenesini; alınacak tedbirlerin belirlenmesinde planlama ve kontrol mekanizmaları arasında iletişimi sağlayan değerlendirme faaliyetlerini içermektedir.

Ayrıca, üretim planları hazırlanırken planlama safhasında, sadece ön planlama kapsamındaki unsurlar, bazı istisnai durumlarda yeterli olmamakta; bunların dışında da aşağıdaki gibi hususların da göz önünde bulundurulması toleranslar belirlenmesi gerekmektedir. Bunlar;

- Resmi tatil günleri,
- İş yasaları ve (varsa) toplu iş sözleşmeleri,
- Öğrenmeden kaynaklanan verimlilik artışları,
- Mevsim koşullarına bağlı olarak oluşabilecek tedarik sıkıntıları...v.b.





Şekil 2.3 Üretim yönetiminin fonksiyonları

## **2.2.6 Üretim planlama türleri**

Üretim planlama türleri, kapsadıkları zaman açısından üç sınıfa ayrılabilir. Bunlar, uzun dönemli planlama, orta dönemli planlama ve kısa dönemli planlamadır. Üretim planları uzun, orta ve kısa olmak üzere farklı yönetim düzeylerinde, farklı hedefler ve farklı dönemler için yapılır. Uzun vadeli üretim planlamasında işletme için stratejik konularda kararlar alınarak planlama yapılırken; orta vadeli planlamada taktiksel konularda; kısa vadeli planlamada ise operasyonel konularda planlama yapılmaktadır.

### **2.2.6.1 Uzun dönemli üretim planlama**

İşletmelerin isteklerine göre 5-10 yıl arası bir dönem için yapılan uzun dönemli planlama faaliyetleri, işletmelerin üretim stratejilerini belirlediğinden üst düzey yöneticiler tarafından yürütülür. Uzun dönemli planlamanın temelini üretimin genel politikasının belirlenmesi ve kapasite kısıtlarının ortaya konması oluşturur. Genel politikanın belirlenmesinde özellikle işletme çevresi teknolojik, ekonomik, politik ve rekabet koşulları açısından incelenirken; kapasitenin planlanmasında uzun dönemli talep tahminleri ve işletmenin sermaye yapısı dikkate alınmaktadır.

Uzun dönem için oluşturulan üretim planlarının, orta ve kısa dönemli üretim planları üzerinde önemli bir kısıtlayıcı etkisi söz konusu olduğundan, bu planların hazırlanmasında çok temkinli davranılmalı, mümkün olduğunca geniş bir çerçeveden bakılmalıdır. Çünkü sonuç olarak oluşan tesis tasarımları, seçilen üretim teknolojileri, belirlenen ürün karmaları, belirlenen kapasiteler işletmenin rekabetçi koşullarda ayakta kalmasında önemli derecede etkili olacak; maliyetleri, esnekliği, kaliteyi, hızı etkileyecek unsurlardır. Örneğin yeni, alternatif üretim teknolojileri varken; eski ve hantal bir teknolojinin kullanılması kararının alınması, ilerleyen dönemlerde işletme açısından problem yaratacak, geri dönüşü çok zor bir karara yol açabilecektir.

### **2.2.6.2 Orta dönemli üretim planlama**

Orta dönemli üretim planlamasının süresi işletmelere göre değişmekle beraber, genellikle 6–18 ay arası dönemler için hazırlanırlar. Bu dönem için yapılan planlara toplam üretim planlaması adı verilmektedir. Bu planlardaki ana hedef, minimum maliyetle eldeki

kaynakların verimli dağıtımının yapılmasıdır. Toplam üretim planlamanın 2 temel amacı aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Russell, Taylor, 1995):

1. Talebin karşılanması için ekonomik bir strateji geliştirmek,
2. Kaynakların dağılımı için işletme çapında bir oyun planı hazırlamak.

Orta dönemli üretim planlamasında hazırlanan toplam üretim planlamasındaki “toplam” kelimesinin içeriği tüm ürün aileleri bazında plan geliştirilmesidir. Yani, kaynakların tek tek her bir ürün için dağıtımını bu dönemli planlamada söz konusu değildir. Toplam üretim planlaması ile, işgücü büyüklüğünün, üretim hızlarının, işletmenin tutması gereken ürün stoklarının, programlanması gereken fason imalat ve fazla mesai miktarlarının belirlenmesi sağlanmaktadır (Üreten, 1998). Bunların sağlanabilmesi için de işletmenin pazarlama, finansman ve personel gibi bölümleri ile yoğun iletişim halinde olmak ve gerektiğinde ortak çalışmalar yapmak gerekmektedir.

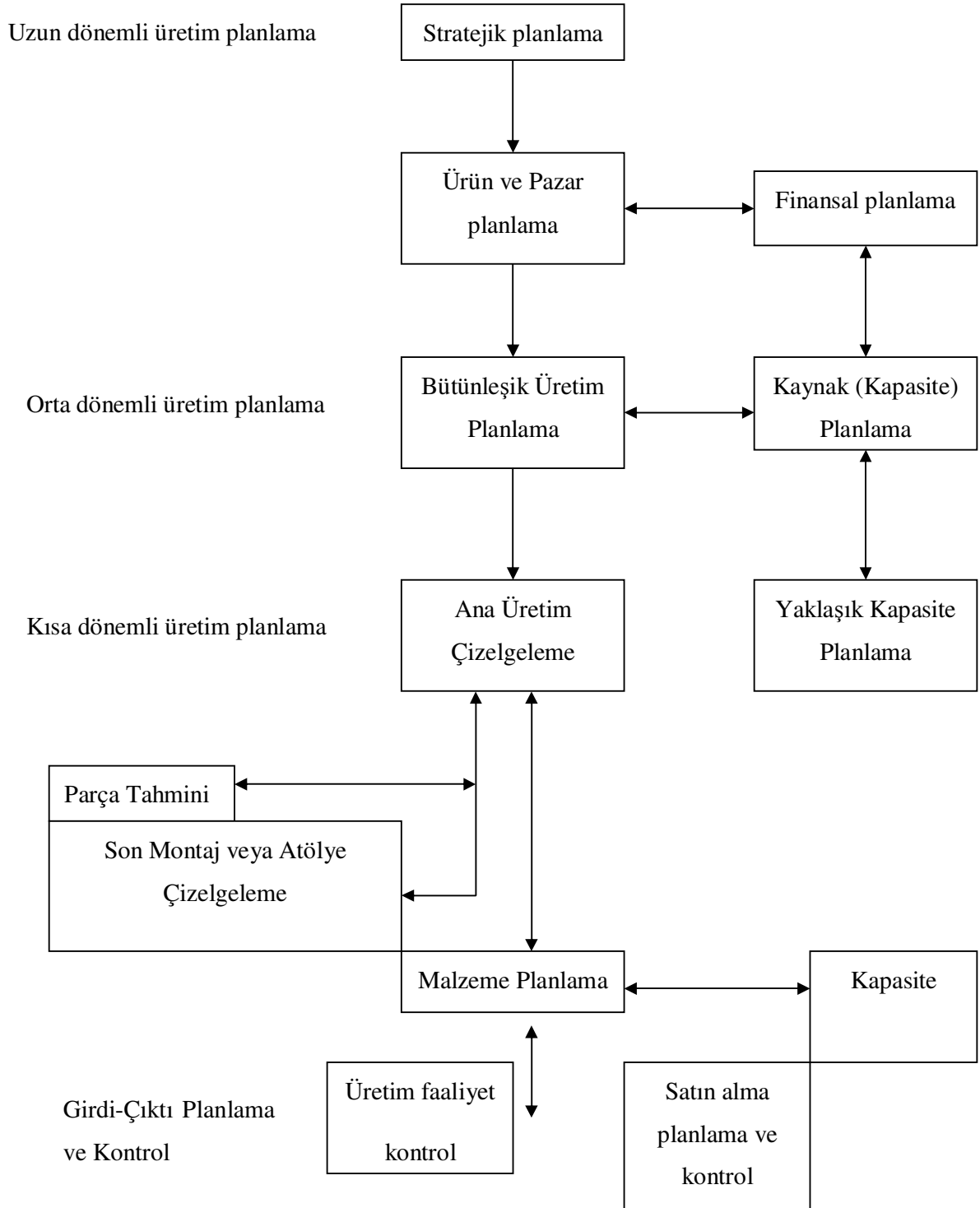
### **2.2.6.3 Kısa dönemli üretim planlama**

Orta dönemde hazırlanan toplam üretim planlarından hareketle, kısa dönemli üretim planlamasında öncelikle ana üretim programları hazırlanır. Ana üretim programı, ürünlerin her biri için ayrı ayrı işgücü, makine ve malzemelerin dağıtılmış programlarını içermektedir. Ana üretim programlarından yola çıkılarak da atölye çizelgeleri oluşturulur. Kısa vadeli olan bu program ve çizelgeler fabrika düzeyinde oluşturulur ve ayrıntılı olarak ürünlerin üretim miktarlarını ve üretilecekleri zamanları içerir.

Kısa dönemli programlar, her ne kadar işletmeler açısından sadece işlevsel olarak görülse de aslında, stratejik bir öneme sahiptirler. Çünkü, üretim planlamasında buraya kadar yapılanların hepsi- uzun ve orta dönemler için yapılanlar- planlama boyutunda iken, artık bu evrede gerçekten icraat kısmı başlamaktadır. Kısa dönemde yapılan program ve çizelgelerin stratejik önemleri aşağıdaki gibi özetlenebilir (Heizer, Render, 2001):

- Etkili bir çizelgeleme ile, işletme varlıklarının ve yatırımlarının daha etkin kullanılması sağlanır ve dolayısıyla, düşük maliyetlere ulaşılabilir,
- Kapasitenin esnek kullanımı ile beraber oluşturulabilecek hızlı teslimat ve bunun sonucu olarak da daha iyi bir müşteri hizmeti sunulabilir,

- İyi bir çizelgeleme sayesinde, teslim tarihleri ile ilgili sorunlar çok azalacağından işletme güvenilirlik imajı sağlayarak, rekabet avantajı elde edebilecektir.



Şekil 2.4 Üretim ve diğer planlama faaliyetleriyle ilişkisi (Çelikçapa, 2001).

Şekil 2.4'den de görüldüğü gibi, uzun dönemli planlama da, işletmeler stratejik kararlar almaktadırlar. Bu kararlar, işletmenin geleceğini etkileyecek önemli kararlardır. Hangi pazara ağırlık verileceği, pazarın özelliklerinin belirlenmesi, pazara hitap edebilecek ürünün özelliklerinin belirlenmesi gibi önemli konular, bu plan çerçevesinde ele alınır. Bu arada, eldeki mali kaynakların yeterliliği de alınacak kararlarda önemli bir kriter niteliğindedir. Bu nedenle, finansal planlama da bu aşamada ele alınan bir konudur.

Uzun dönemli planlama ayrıntılı bir hale getirilerek; orta dönemli planlamaya geçilir. Bu planlama türünün ana bileşeni olan bütünleşik üretim planlamasının ana amacı; üretim oranı, iş gücü düzeyi ve mevcut stoklar arasında optimal bir bileşimi sağlayacak şekilde planlamanın gerçekleştirilmesidir (Çelikçapa, 2001).

Bütünleşik üretim planlamasıyla, üretim bir bütün olarak ele alındıktan sonra, kapasite planlamasına geçilir. Bilindiği gibi kapasite, belirli bir zaman dilimi içindeki üretim miktarıdır.

İşletme bu anlamda, üretim gücünü belirler. Bununla birlikte, kapasite planlaması, finansal planlamayla yakından ilgilidir. Çünkü, işletmenin maddi gücü, bir yerde, kapasitenin ne kadarının kullanılacağını belirleyecektir.

Tüm bu aşamalardan sonra, planlar daha da detaylandırılarak; kısa dönemli planlamaya geçilir. Kısa dönemli planlamada, ana üretim çizelgesi hazırlanır. Bu çizelgeyle, yukarıda da bahsedildiği gibi; ne üretilecek, kaç tane üretilecek, üretilenler ne zaman tamamlanacak sorularına cevaplar aranırken; satın alma, üretim, alt montaj ve montaja kadar uzanan ilişkiler zinciri incelenir.

### **2.2.7 Ana üretim programlaması**

Hangi ürüne ait alt parçanın (başka bir ifade ile işletme içi yarı mamul) ne zaman ve hangi iş istasyonlarında işlem görerek üretileceği üretim planlarıyla değil, üretim programlarıyla belirlenmektedir. Ana üretim programı, işgücü, malzeme ve stok ihtiyaçlarını belirlemek üzere toplam üretim planının ürün türlerine dağıtılmış şeklidir (Üreten, 1998). Ürün çeşitliliğine göre değişmekle birlikte, genellikle, çok fazla detay içerirler, haftalık olarak düzenlenirler.

Ana üretim programlarının hazırlanmasında sırasıyla aşağıdaki aşamalar izlenmektedir (Kobu, 1996):

### **1. Bilgi Toplama:**

- İşlem sıraları, tezgahların özellikleri, kalıplar ve diğer gereçler,
- İşlemlere ait zaman standartları.

### **2. Sistemin Kurulması:**

- Çalışma takviminin düzenlenmesi,
- Programlama karar kurallarının belirlenmesi.

### **3. Programlama Yönteminin Seçilmesi:**

- İleri yönlü programlama,
- Geri yönlü programlama.

### **4. Programın Hazırlanması:**

- İşlem sürelerinin hesaplanması,
- İşlemler arası geçiş sürelerinin belirlenmesi,
- Toleransların eklenmesi.

Ana üretim programında ilk aşamada rota bilgileri, tezgah ve kalıp özellikleri ile ilgili bilgiler, her bir işleme ait zaman standartları bilgileri elde edilmekte; ikinci aşamada işletmenin genel politika ve önceliklerine göre programlama karar kuralları belirlenmektedir. Bu karar kuralları daha çok tezgah veya kalıplarda sıralamanın nasıl yapılması, sipariş önceliklerinin belirlenmesi ile ilgili kurallardır. Üçüncü aşamada, programlamanın yönteminin belirlenmesi gerekmektedir. Bu yöntemlerden ileriye doğru programlamada üretime başlangıç için belli bir kabul tarihi vardır. Bu tarihte üretime başlanır ve standart zamanlar eklenerek diğer operasyonların ve ambara teslimin tarihi belirlenir. Geriye doğru programlamada ise, teslim tarihinden itibaren, son işlemde başlamak üzere ilk işleme doğru süreler hesaplanarak üretimin başlama tarihi hesaplanır. Son aşamada, işlem sürelerine toleranslar da eklenerek programlar tamamlanır.

### 2.2.8 Çizelgeleme

Çizelgeleme, sonlu sayıda üretim işleminin sonlu sayıda tezgahta önceden belirli bir süreç sıralamasına göre ve kapasite kısıtları göz önüne alınarak günlük olarak planlanmasıdır. Çizelgelerde, işlerin bir tezgahta hangi zamanda başlaması ve bitirilmesi planlanır (Acar, 1998). Başka bir deyişle, siparişlerin söz verilen tarihlerde tamamlanması için, ürünlere ait işlemlerin, işlem süreleri ve sıraları göz önüne alınarak ve iş merkezlerinin, tezgahların, makinelerin, kalıpların atıl kalmaması sağlanarak atanması faaliyetidir. Çizelgeleme ile:

- Hangi iş merkezi/tezgah/makine/kalıpta, hangi işin yapılacağı,
- Bir işlemin ne zaman başlayıp, ne zaman biteceği (hangi vardiyada yapılacağı),
- İşin hangi ekipmanla ve kim tarafından yapılacağı, fazla mesaiye gerek olup olmadığı,
- İşlerin sıralamasının ne olacağı, kritik işlerin olup olmadığı

sorularının cevapları verilir. Bu cevaplar verilirken; teslim tarihlerine uyulmaya çalışılarak, siparişlerin geciktirilmemesine; işlem sıralarına uyularak işlem sürelerinin minimize edilmesine ve iş merkezi, tezgah, makine, kalıplar ve işgörenlerin verimli kullanımına dikkat edilmelidir. Bunların yanı sıra, ara ürünlerin (yarı mamüllerin) mümkün olduğunca akış halinde olmasına, stokların birikmemesine özen gösterilmeli; fazla mesai, ek vardiya gibi ilave maliyet gerektirecek uygulamalardan da kaçınılmalıdır. Ayrıca, çizelgenin fiili olarak atölyedeki uygulaması da takip edilerek geciken işlere göre çizelgelerde değişikliğe gidilmelidir.

## 2.3 Talep Kavramı ve Tanımı

Talep, bazı şeylerin değişmediği varsayımı ile alıcıların her fiyat seviyesinde bir maldan, zaman birim başına, satın almak istedikleri miktarları gösterir. Talep kabaca, insanların, üretilmiş ya da üretilmesi düşünülen bir ürünü satın alma isteklerinin ölçüsüdür. Talep, ürün fiyatı ve üretim miktarı ile doğrudan ilişkilidir (Türksay, 1995).

### 2.3.1 Talep tahmini ve üretim planlama içindeki yeri

Bir üretim planlaması faaliyeti için ön şart, talep raporudur. Üretilcek ürünlere ait talep planlama faaliyetini sınırlayabilmekte ve üretim planlaması döneminin süresini etkileyebilmektedir. Talep tahmini, üretim planlamanın başlıca girdisidir. Diğer girdiler yeni

ürünlerle eski ürünlerde yapılacak düzenlemelerle veya üretim sürecinde önerilen değişikliklerle ve finansman kontrolden sağlanan parasal sınırlar ve bütçe sınırlamaları ile ilgilidir (Acar, 1996).

Talep tahminleri, hangi miktarda ne satılabileceğini, kar edip edilmeyeceğini tespit etmek ve sonuçlara göre gereken tedbirleri almak için sistemli inceleme ve çalışmayı gerektirir.

Talep tahmini, tüketicilerin gelecekte ne miktar mal ve hizmet talep edeceklerinin kestirilmesi işlevidir. Başka bir ifadeyle üretilmesi düşünülen ürünün tüketiciler tarafından tercih edilme miktarının, çeşitli yöntemler kullanılarak tahmin edilmeye çalışılması işlemidir. Üretilmesi düşünülen ürüne ne kadar talep olacağını bilmeden yapılan bir planlama gerçek bir planlama sayılamaz (Toraman, Gözlu, 1984).

Talep tahminleri oluştururken göz önüne alınması yararlı olan prensiplerden belli başlıları şöyle sıralanabilir (Kobu, 2003):

- Miktar veya çeşit yönünden büyük olan gruplar için yapılan tahminler daha duyarlıdır.
- Tahminlerin kapsadığı zaman aralığı kısaldıkça (kısa vadeye gidildikçe) duyarlılık artar.
- Her talep tahmin araştırmasında sapmaları belirleyecek hata hesaplamaları yer almalıdır.
- Herhangi bir talep tahmin araştırmasının sonuçlarını uygulamaya geçmeden önce kullanılan yöntemin testi yapılmalıdır.

## **2.4 Üretim Planlama ve Bulanık Mantık İlişkisi**

Bulanık karar verme sürecinin ana odağında belirsizlikler ve şüpheli durumlar vardır. Gerçek hayatta belirsizliğin, üretim sistemi üzerindeki etkisi büyüktür. Sistemdeki belirsizlikler, üretim stratejilerini de etkilemektedir. Belirsizlik, sistemde yer alan ve darboğaz oluşturan kaynaklarda veya sistemin ulaşmasının istendiği başarı seviyesinde yer alabilir (örneğin belirsiz talep seviyeleri) . Bu durumda, özellikle üretim planlarının oluşturulması aşamasında sistemde bulunan belirsizlikler dikkate alınmalıdır. Bu anlamda bulanık küme teorisi, üretim sistemlerinin etkin bir şekilde yönlendirilmesi alanında da kullanılmaktadır.

Bulanık küme teorisinin üretim yönetimi alanındaki; yeni ürün geliştirme, yerleşim düzeni oluşturma, üretim çizelgeleme ve kontrol, kalite süreçleri, fayda maliyet analizleri gibi



alanlarda etkin bir şekilde kullanıldığını belirtmiştir (Gullfrida, Nagi, 1998).

Bulanık küme teorisinin üretim yönetimi alanında kullanılmasının sebepleri şöyle açıklanabilir:

- Belli bir amaca ulaşmak için, üretim sistemlerinde yapılan çalışmalarda belirsizlik, karar vericilerin her aşamada karşılaştığı bir durumdur.
- Bu belirsizlik ortamında, karar vericilerin deneyimleri ve yargıları, problemin daha iyi anlaşılabilmesi için; bulanık küme teorisi kullanılarak belirli bir hale getirilir.
- Üretim yönetimi problemlerindeki modelin amacını, karar değişkenlerini, kısıtlayıcılarını ve parametrelerini oluşturmak için gerekli bilgiler, belirsiz ve ölçülemez olabilirler.
- Karar vericinin düşüncelerindeki subjektifliği, nitelik ve nicelik olarak var olan bilgilerin elde edilmesini engelleyebilir.

Günümüz şartlarındaki rekabet durumundan kaynaklanan ürün taleplerindeki değişkenlik işletmeleri gittikçe zorlamaktadır. Değişken talep dalgalanmaları karşısında işletmeler üretim sistemlerini talep dalgalanmalarına karşı uyarlamak zorundadırlar. Belirsiz olan talep karşısında işletmeler ve üretim yapıları esnek olmalıdırlar. Değişen talep karşısında üretim plan ve programlarını iyi yönetmeli, esnekliği sağlamalıdırlar.

Talep dalgalanmaları üretim sistemi için belirsizlik oluşturduğu gibi üretim sistemini oluşturan öğeler üzerinde de belirsizlik olabilir. Örneğin tezgah süreleri, işçilik süreleri, belirli bir zaman periyodu için amaç edinilen üretim miktarı gibi.

Belirsizlikle gelen karmaşanın aşılması için üretim ve üretim planlama sistemlerinde bulanık mantık yaklaşımı kullanılmaktadır. Belirsiz etkenlerin sistemi zorladığı durumlar göz önüne alınarak sistemin hedeflerine ulaşması sağlanmaktadır.

Bulanık küme teorisinin üretim yönetimi alanındaki uygulamaları, yöneylem araştırmasındaki uygulamalarıyla paralellik göstermektedir. Zimmermann'a göre; bulanık küme teorisi, kaliteli girdilerin sağlanması, problemin çözümünün daha stabil ve hızlı yapılması, bulanıklık içeren problemin modellenmesi açısından; algoritmik bir araç olarak; yöneylem araştırmasında kullanılabilir.

### 3. BULANIK MANTIK

Bulanık Mantık, Aristoteles'in "Sadece doğrular ve yanlışlar vardır" mantığına alternatif olarak kendini ifade eder. Temelleri eski yunan felsefelerine dayanan, uygulama da ise Yapay Zekanın yönlendirici bir unsuru olan Bulanık sistemler (Fuzzy Systems) Aristoteles'ten günümüze gelişen klasik küme üyeliğine ve mantığına karşı oluşturulmuş bir alternatiftir. Çok eskilere dayanan temellerine karşı göreceli olarak yeni bir bilim sahasıdır ve gelişimini sürdürmektedir. Ancak ilk kez Lukasiewicz 1900'lerin başında "olası" kavramını ortaya atmıştır. Bu kavram Bulanık Mantık'ın temelini oluşturur. Lukasiewicz, Doğru ile yanlış arasında sonsuz farklı değer olduğundan bahsetmiş ve ancak bu mantık uygulamalarda çok başarı elde edememiştir. Nihayet 1965 yılında Lotfi A. Zadeh, bu değerleri [0.0, 1.0] aralığında sayılarla ifade ettiği teorisinin adına "Bulanık Mantık (fuzzy logic)" ismini vermiştir.

#### 3.1 Bulanık Mantığın Tarihçesi

Matematiğin doğruluğundaki ve bütünlüğündeki başarısında Aristoteles'in ve onun izinden giden düşünürlerin büyük katkısı olmuştur. Onların mantık teorisini oluşturma çabaları ile matematik gelişmiş ve "Düşüncenin Yasaları" oluşturulmuştur. Bu yasalardan biri her önermenin "Doğru" yada "Yanlış" olması gerektiğini öngörmüştür. Bu kavramı Perminedes ilk ortaya attığı zaman bile (yaklaşık M.Ö. 400) karşı görüşlerin oluşması uzun sürmedi. Heraclitus bazı şeylerin aynı anda hem doğru olmasının hem de doğru olmamasının mümkün olabileceğini savunmuştur.

Bulanık Mantığı oluşturacak temel düşünceyi Plato, "Doğru" ve "Yanlış'ın" iç içe girdiği üçüncü bir durumu belirterek oluşturdu. Hegel ve Marx gibi modern düşünürler bu düşünceyi destekledi ancak ilk kez Lukasiewicz Aristoteles'in iki-değerli mantığına sistematik bir alternatif getirdi.

Bulanık mantığın tarihi aslında çok eski zamanlara dayanmaktadır. Aristoteles'in "var ya da yok" yasalarına karşın Heraclitus, bir şeyin hem doğru hem yanlış olabileceği fikrini ortaya sürmüştür. Plato ise bu durumu daha da ileriye götürerek; "doğru" ve "yanlış" olmanın dışında, doğru ve yanlışın içi içe olduğu üçüncü bir durumdan bahseder. Ancak ilk kez Lukasiewicz 1900'lerin başında "olası" kavramını ortaya atmıştır. Bu kavram bulanık mantığın temelini oluşturmuştur. Lukasiewicz, doğru ile yanlış arasında sonsuz farklı değer olduğundan bahsetmiştir. Ancak, bu yaklaşım, o dönemlerde uygulamalarda çok fazla başarı

elde edememiştir.

Bulanık mantık kavramı ilk kez uygulamada, 1965 yılında California Berkeley Üniversitesinden Prof. Lotfi A. Zadeh 'in bu konu üzerindeki çalışmalarıyla ortaya çıkmıştır. Zadeh, bulanık mantıkta, önermelerin doğruluk değerlerinin 0-1 arasında değiştiğini ileri sürmüş ve geleneksel mantığın katı sınırlarından bu şekilde uzaklaştığını belirtmiştir. Bilindiği gibi geleneksel mantıkta, bir önermenin doğruluk değeri ya 0' dır yada 1'dir. Doğruluk değeri " 0 " olan önerme, yanlış bir önermedir. Doğruluk değeri " 1 " olan önerme ise; doğru bir önermedir. Zadeh, bulanık mantığın basit bir teori olarak görülmemesi gerektiğini çünkü bulanık mantık sayesinde katı sınırları olan sistemlerin sürekliliğinin ve esnekliğinin sağlandığını ileri sürmüştür.

Zadeh'in bu alandaki çalışmalarından sonra, bulanık mantık konusuyla ilgili bir çok yeni çalışma daha yapılmıştır. Başta yönelem araştırması olmak üzere, kontrol sistemlerinde, yapay zeka, akıllı sistemler, insan davranışları, tıp, üretim sistemleri, endüstriyel sistem modellemeleri, yazılım geliştirme, robotik hareket sistemleri gibi alanlarda bulanık mantık uygulamaları kullanılmıştır.

Gerçek hayat, belirsizliklerin olduğu bir sistemdir. Yine gerçek hayat problemleriyle ilgili durumlarda, insan kendi düşünce sisteminden yola çıkarak; karar vermeye çalıştığında, bu karar kümesini oluşturacak seçeneklere ulaşmak için, düşünce sisteminde yer alan, durumla ilgili kısıtları ve bu kısıtlar ışığında ulaşmaya çalıştığı amacını belirlerken; klasik matematiksel yöntemler yetersiz kalmaktadır. Klasik yöntemler ışığında elde edilen klasik karar kümeleri ise kesin sınırlara sahip kümeler olarak karşımıza çıkmaktadır. Oysa ki, insan belli bir amaca ulaşmak için belli seviyelerde de tatminkar olabilir. İşte bulanık mantık sistemiyle, amaç sonucunda elde edilecek karar kümesinin seçenekleri, belli bir seviyede amaca hizmet edecek ve daha esnek bir seçim hakkı tanıyacaktır. Bu alternatiflerin seçiminde de büyük oranda karar verici etkili olacaktır.

### **3.2 Bulanık Mantık ve Karar Verme**

Karar vericiler hangi şartlarda ve boyutlarda karar verirlerse versinler, bir belirsizlik ortamı içinde bu işlevlerini yerine getirmek zorundadırlar. Verilen kararların doğruluğu ise, söz konusu belirsizliğin riske dönüştürülebildiği ölçüde sağlanacaktır. Ancak karar vericiler karar sürecinde klasik bilimsel yaklaşım ve bu yaklaşımın içerdiği yöntemleri kullanıyorlarsa, sonuçta verilen kararlar, iyi-kötü, güzel-çirkin, doğru-yanlış, evet-hayır, siyah-beyaz ya da 0-1

gibi yönlü kararlar olacaktır. Oysa gerçek yaşam mutlak ayırım üzerine kurulu değildir. Diğer bir deyişle karar ortamlarında mutlak siyah ve mutlak beyazın yanında binlerce gri tonunun varlığı unutulmamalıdır.

Bu noktada genel anlamda karar süreçlerinde belirsizliğin nasıl öngörüleceği ve nasıl karar süreçlerinin bir parçası haline getirilebileceği yolunda çalışmalar başlamış ve bu çalışmaların sonunda alternatif bilimsel yaklaşım düşüncesi ortaya atılmıştır. Bu süreçteki son nokta ise Loutfi Zadeh' in Bulanık Mantık Teorisi olmuştur. Klasik mantık ile bulanık mantık arasındaki temel farklılıklar Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 Klasik mantık-bulanık mantık arasındaki temel farklılıklar

<b>Klasik Mantık</b>	<b>Bulanık Mantık</b>
A <u>veya</u> A Değil	A <u>ve</u> A Değil
Kesin	Kısmi
Hepsi veya Hiçbiri	Belirli Derecelerde
0 veya 1	0 ve 1 Arasında Süreklilik
İkili Birimler	Bulanık Birimler

Zadeh' e göre bulanık mantık çoklu değerliliklidir. Klasik mantığın 0-1 önermelerine karşılık bulanık mantık, üç veya daha fazla sayıda önerme oluşturur.

Bulanık mantığın temel prensipleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Cobb, 2002):

1. Bulanık mantıkta, kesin düşünce, yaklaşık düşüncenin sınırlandırılmış bir şekli olarak görülür.
2. Bulanık mantık yaklaşımına göre; her şey bir bütünün belli bir derecede parçasıdır.
3. Her türlü sistem bulanıklaştırılabilir.
4. Bulanık mantıkta, bilgi; esnekliği veya değişkenler üzerinde etkili olan bulanık kısıtlayıcıları tanımlar.
5. Sonuç çıkarma; bulanık kısıtlayıcıların çözüm prosesidir.

### 3.3 Bulanık Sayılar

Bulanık kümelerde geçerli olan birleşim, kesişim,  $\alpha$  - kesimi gibi kümeteorik işlemler bulanık sayılara da kolayca uygulanabilir. Gerçel sayı doğrusu üzerinde tanımlanan ve bulanık kümelerin özel bir alt kümesi olan bulanık sayılar,  $\alpha$  - kesim yöntemi ile aralık analizi arasındaki ilişkiye dayanarak açıklanmaya çalışılmıştır. Bulanık sayılarla hesap yapmanın temeli aralık analizine dayanır. Aralık analizi, bulanık sayılarda bir tür tolerans veya güven aralığı olarak algılanabilir (Özkan, 2003).

Bulanık bir sayının üyelik fonksiyonu sürekli ise zayıf  $\alpha$  - kesmesi kapalı bir aralık olur. Ancak kapalı bir aralık elde etmek için üyelik fonksiyonunun mutlaka sürekli olması gerekmez (Terano, 1991).

Gerçel sayılar kümesinde tanımlı bir A bulanık kümesinin bulanık sayı belirtmesi için en azından aşağıdaki 3 özelliğin sağlanması gerekmektedir:

Özellik 1: A kümesi normal bir bulanık küme olmalıdır.

Özellik 2:  $\forall \alpha \in (0,1]$  için,  $\alpha^+ A$  kapalı bir aralık olmalıdır.

Özellik 3: A'nın destek kümesi sınırlı bir küme olmalıdır.

İkinci özelliğe göre her bulanık sayının dışbükey bir bulanık küme olduğu açıktır. Fakat tersi her zaman doğru değildir. Kapalı aralıkların standart aritmetik işlemlerine göre bulanık sayılar üzerinde anlamlı aritmetik işlemler tanımlanabilmesi için özellik 1 ve özellik 2 zorunlu koşullardır (Öğütü, 2002).

Bu özellikler bir araya getirilerek bulanık bir sayının tanımı aşağıdaki gibi verilebilir:

Bulanık sayı hiçbir zaman rastgele değişken olarak anlaşılmamalıdır. Rastgele değişken, olasılık teorisinde tanımlıdır ve objektiftir. Bulanık sayı ise subjektiftir (Uzun, 1995).

Sıradan bir sayı, tek bir noktada tanımlıdır ve üyelik derecesi 0 ya da 1'dir. Bulanık bir sayı ise en az bir aralıkta tanımlı ve üyelik derecesi  $[0,1]$  kapalı aralığındaki herhangi bir değerdir. Diğer bir ifadeyle bulanık bir sayının eşit olduğu değer kesin olarak bilinmemekte ancak alabileceği değerler ve bu değerlerin üyelik dereceleri kesin olarak bilinmektedir (Çelik, 2000).

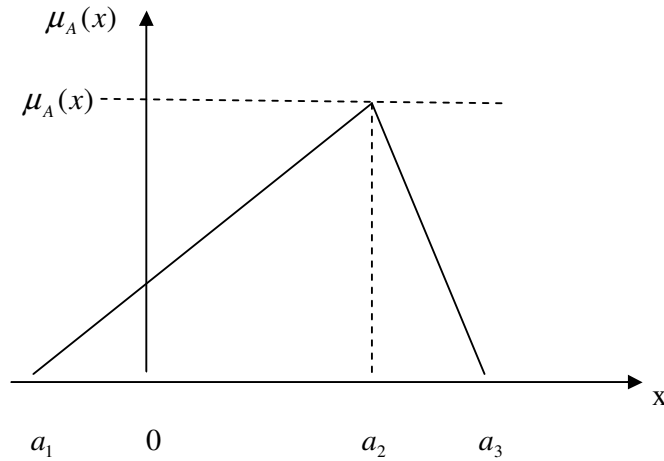
Her bulanık sayı bulanık küme olmasına rağmen, her bulanık küme bulanık bir sayı değildir.

Kesin olmayan veya yaklaşık sayısal miktarların modellenmesinde bulanık sayılar oldukça yararlıdır. Bulanık sayıların kullanım alanları arasında bulanık regresyon, bulanık programlama ve bulanık karar verme ön plana çıkmaktadır (Özkan, 2003).

Bulanık kümeler üyelik fonksiyonlarıyla tanımlandıkları için bulanık sayıların üyelik fonksiyonları ile aynı kavramdır ve bu nedenle üyelik fonksiyonu çeşidi kadar bulanık sayı çeşidi vardır. Bulanık sayılar kümesinin eleman sayısı sonsuzdur. Çeşitli bulanık sayı biçimleri arasında en önemli grubu üçgensel ve yamuksal bulanık sayılar oluşturur. Özellikle olabilirlik matematiksel programlama problemlerini çözmeye bu tip bulanık sayılar çok sık kullanılır (Çelik, 2000).

### 3.3.1 Üçgensel bulanık sayılar

Üçgensel bulanık sayılar özellikle sistem modellemede çok sık kullanılmaktadır.



Şekil 3.1 Üçgensel bulanık sayı.

Üçgensel bulanık bir sayı  $(a_1, a_2, a_3)$  gibi üçlüyle tanımlanabilir. Üyelik fonksiyonu ise,

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & x > a_3 \end{cases} \quad (3.1)$$

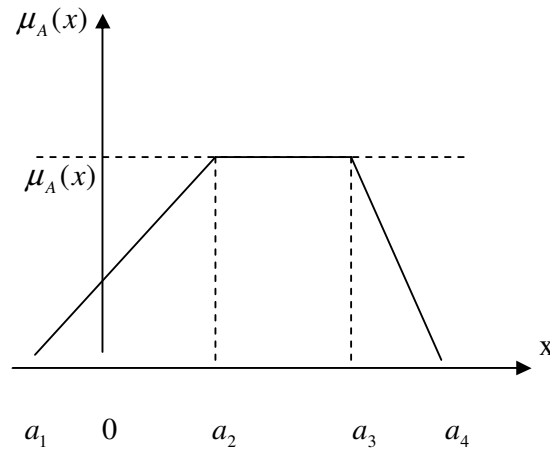
biçimindedir.

Üçgensel bulanık sayıların bazı önemli cebirsel özellikleri şöyledir:

1. İki üçgensel bulanık sayının toplanması ya da çıkarılması işlemleri sonucunda yine üçgensel bulanık bir sayı elde edilir.
2. Üçgensel bulanık sayıların çarpılması, bölünmesi ya da tersinin alınması işlemleri sonucunda her zaman üçgensel bulanık bir sayı elde edilmeyebilir.
3. Üçgensel bulanık sayıların maksimum ya da minimum işlemleri sonucunda her zaman üçgensel bulanık bir sayı elde edilmeyebilir.

### 3.3.2 Yamuksal bulanık sayılar

Üçgensel bulanık sayılar, yamuksal bulanık sayıların özel bir tipidir. Şekil 3.2’de de görüldüğü gibi  $\alpha = 1$  durumunda bir nokta değil,  $(a_2, a_4)$  aralığında tanımlı bir doğru söz konusudur. Üçgensel bulanık bir sayı, yamuksal bulanık bir sayının  $a_2 = a_3$  olan özel bir durumudur. Yamuksal bulanık sayılar üçgensel bulanık sayılarla aynı cebirsel özelliklere sahiptir.



Şekil 3.2 Yamuksal bulanık sayı.

Yamuksal bulanık bir sayı  $(a_1, a_2, a_3, a_4)$  gibi dörtlüyle tanımlanabilir. Üyelik fonksiyonu ise,

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a_1 \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_4-x}{a_4-a_3}, & a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0, & x > a_4 \end{cases} \quad (3.2)$$

biçiminde tanımlanır (Kaufmann, Gupta, 1988).

### 3.4 Bulanık Kümeler ve Üyelik Fonksiyonları

Bulanık mantık, Sayıların Komşuluğu felsefesine dayanır. Karar sürecinde bir durum bir sayıyla ifade ediliyorsa, söz konusu durumun kabul edilirliliği o sayının gerçekleşmesinde sağlanacaktır. Ancak söz konusu sayıya yakın sayılar karar sürecinin bir parçası olarak algılanmayacaktır. Oysa belirli bir güven katsayısında bu sayıların farklı popülasyonların üyeleri olduğunu öne sürmek de istatistiksel açıdan yanlış olacaktır. Örneğin bir tezgahta işlenen bir parçanın sıcaklığının  $39\text{ C}^0$  ye ulaşması, tezgahın bakım sürecini başlatan bir durumsa belki de sıcaklığın  $36\text{ C}^0$  ye ulaşması da aynı bakım sürecinin başlaması için bir ön şart olarak kabul edilebilir. Bu durumda aynı temel amaca hizmet eden sayıların komşuluğundan söz etmek mümkündür.

A kümesi  $A = [a_1, a_3]$  aralığında ise genel olarak  $\mu_A(x)$  üyelik fonksiyonu (3.3) eşitliği ile gösterilebilir.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ 1, & a_1 \leq x \leq a_3 \\ 0 & x > a_3 \end{cases} \quad (3.3)$$



Üyelik fonksiyonları genellikle, üçgensel üyelik fonksiyonları ve yamuk üyelik fonksiyonları olmak üzere iki başlık altında incelenmektedir.

$\mu_A(x)$  üçgensel üyelik fonksiyonu, eşitlik (3.4)'de tanımlanmıştır.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & x > a_3 \end{cases} \quad (3.4)$$

(3.4)'deki eşitlikten yararlanarak küme,  $A = (a_1, a_2, a_3)$  olmalıdır. Burada  $a_2$  normal değerli üyelik olarak tanımlanabilir. Bulanık Mantık bu noktada bir  $\alpha$  katsayısına bağlı olarak  $a_2$ 'ye yakın değerlerin, bu değere yüklenen anlam ile temsil edileceğini varsaymaktadır. Diğer bir deyişle  $a_2$ 'deki belirsizlik, varsayılacak ya da dağılıma göre bulunabilecek bir  $\alpha$  katsayısı ile tolere edilebilir.

$\alpha$  değeri bulanık mantık terminolojisinde kesim katsayısı olarak adlandırılır.  $a_1^\alpha$  ve  $a_3^\alpha$  sayıları ise  $a_2$  normal değerinin komşuluğunu oluşturan aralığın alt ve üst sınır değerleridir. Diğer bir deyişle  $a_1^\alpha$  ve  $a_3^\alpha$  aralığındaki tüm sayılar  $a_2$  normal değeri ile aynı anlama sahiptir.  $a_1^\alpha$  ve  $a_3^\alpha$  değerleri eşitlik (3.5) ve eşitlik (3.6) formülleri yardımıyla bulunabilir (Terano, 1991).

$$\frac{a_1^\alpha - a_1}{a_2 - a_1} = \alpha \quad (3.5)$$

$$\frac{a_3 - a_3^\alpha}{a_3 - a_2} = \alpha \quad (3.6)$$

Eşitlik (3.5) ve eşitlik (3.6) formüllerinden  $\forall \alpha \in [0,1]$  için  $A_\alpha = [a_1^\alpha, a_3^\alpha]$  aralığı oluşturulabilir.  $a_1^\alpha$  ve  $a_3^\alpha$  değerleri eşitlik (3.7) ve eşitlik (3.8) formüllerinde gösterilmiştir.

$$a_1^\alpha = \alpha(a_2 - a_1) + a_1 \quad (3.7)$$

$$a_3^\alpha = a_3 - (a_3 - a_2)\alpha \quad (3.8)$$

Örneğin üçgensel bulanık mantık sayılarına ilişkin küme  $A = (-5, -1, 1)$  ise bu durumda eşitlik (3.4) formülünden üyelik fonksiyonu,

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < -5 \\ \frac{x+5}{4}, & -5 \leq x \leq -1 \\ \frac{1-x}{2}, & -1 \leq x \leq 1 \\ 0, & x > 1 \end{cases} \quad (3.9)$$

olarak bulunur. Eğer karar verici  $\alpha$  kesim katsayısını 0,5 olarak saptamışsa -1 normal değerinin komşuları eşitlik (3.7) ve eşitlik (3.8) formüllerinden  $a_1^{0,5} = -3$  ve  $a_3^{0,5} = 0$  olarak bulunacaktır. Diğer bir deyişle -1 normal değeri ile aynı anlam düzeyinde bulunan sayılar kümesi  $[-3, 0]$  aralığıdır.

Eğer bulanık mantık sayılarına ilişkin kümede normal kabul edilen iki değer varsa diğer bir deyişle küme,  $A = (a_1, a_2, a_3, a_4)$  şeklinde 4 belirleyici değerden oluşuyorsa bu durumda üyelik fonksiyonu yamuk üyelik fonksiyonu tipinde oluşacaktır. Yamuk üyelik fonksiyonu eşitlik (3.10) formülünde gösterilmiştir.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{a_4-x}{a_4-a_3}, & a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0, & x > a_4 \end{cases} \quad (3.10)$$

### 3.4.1 Üyelik fonksiyonları

Hem klasik kümelerin hem de bulanık kümelerin temelini üyelik fonksiyonları oluşturur (Özkan, 2002). Bir üyelik fonksiyonunun derecesi, verilen toleranslar içinde memnuniyetin öznel bir derecesini gösterir. Diğer taraftan olabilirliğin derecesi, bir olayın meydana çıkmasının öznel veya nesnel derecesidir. Matematiksel programlama problemlerinde bulanıklığı/kesin olmamayı modellerken bu farkı anlamak önemlidir (Atin, 1999).

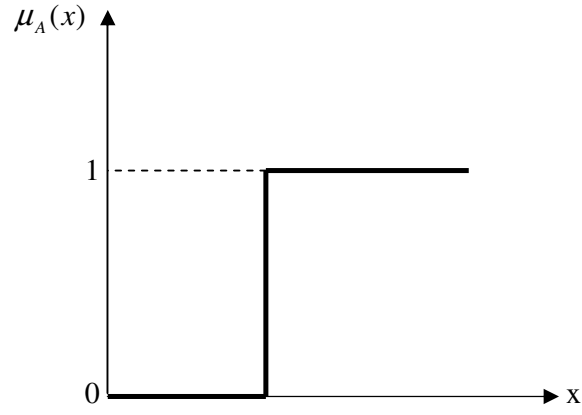
Üyelik fonksiyonu, E evrensel kümesine ait bir x ögesinin A alt kümesine ait olma derecesini veren bir fonksiyondur. Klasik ve bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları sembolik olarak sırasıyla,

$$\forall x \in E : \mu_A(x) \in \{0,1\} \quad (3.11)$$

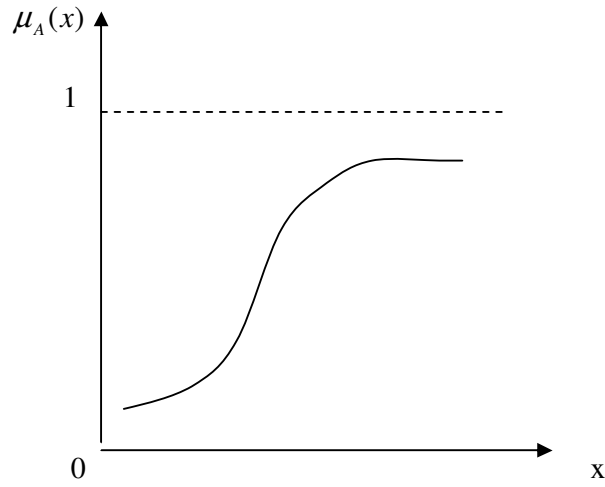
$$\forall x \in E : \mu_A(x) \in [0,1] \quad (3.12)$$

şeklinde gösterilir. Görüldüğü gibi klasik kümeler ile bulanık kümeler arasındaki en önemli farklılık, üyelik fonksiyonlarının aldığı değerlerden kaynaklanmaktadır (Özkan, Fall 2002-2003). Klasik bir kümenin elemanlarının üyelik dereceleri yalnızca 0 ya da 1 değerlerini alırken, bulanık bir kümenin elemanlarının üyelik dereceleri  $[0,1]$  kapalı aralığındaki herhangi bir değeri alabilmektedir (Buckley, 2003).

Üyelik fonksiyonları, karakteristik fonksiyonların uzantısı, bulanık kümeler ise klasik kümelerin uzantısıdır. Bulanık kümeler, klasik kümelerin bir uzantısı olduğundan bu kümeler için yapılan tanımlamalar, bulanık kümeler için de yapılabilir. Tüm bu tanımlamalarda üyelik fonksiyonunun ikili (0,1) değerleri de klasik küme tanımlarıyla tamamen örtüşür (Yılmaz, 1998). Zadeh (1965), bulanık kümelerdeki üyelik fonksiyonlarının doğrulayıcı ve yoklayıcı olgular değil ama derece veren olgular olduğunu belirtmiştir (Çelik, 2000).



Şekil 3.3 Klasik üyelik fonksiyonu.



Şekil 3.4 Bulanık üyelik fonksiyonu.

### 3.4.2 Üyelik fonksiyonu biçimleri

Üyelik fonksiyonlarının doğru ve uygulama ile örtüşen bir şekilde belirlenmesi, bulanık küme teorisinde önemli bir yer tutmaktadır. Bulanık bir kümeye ilişkin üyelik fonksiyonunun belirlenmesi, rastgele bir değişkenin olasılık yoğunluk fonksiyonunun belirlenmesine benzetilebilir. Bulanık bir kümenin üyelik fonksiyonunu belirleme süreci, kavramların uygulamadaki anlamına dayanarak sezgisel olarak yapılabilir.

Bir sistemin işleyişi veya bir nesne için ne kadar veya hangi noktadan sonra gibi soruların yanıtları ile bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları oluşturulmaya çalışılır. Bulanık kümelere ilişkin üyelik fonksiyonları kesikli-sürekli, parametrik-parametrik olmayan ve simetrik-asimetrik şeklinde sınıflandırılabilir (Özkan, Fall 2002-2003).

Üyelik fonksiyonları, tercihe dayalı ve olabilirlik dağılımlı olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Tercihe dayalı bir üyelik fonksiyonu, tercih bilgisini karar vericiden alarak oluşturulabilir. Diğer yandan olasılık dağılımının bazı yönlerden aynısı olan olabilirlik dağılımı, olayların olası ortaya çıkışları düşünülerek oluşturulabilir (Tuncel, 1997). Olabilirlik, öğeler arasında hiçbir ayırım gözetmeden herbirinin eşit önemi varmış gibi sonuçların yazılmasıdır (Şen, 2004).

Üyelik fonksiyonları aşağıda verilen dört ana grupta ele alınabilir: (Çelik, 2000), Deneysel karar vermeye dayalı üyelik fonksiyonları (Zadeh'in unimodel (tek model) fonksiyonları, Dimitru ve Luban'ın kuvvet fonksiyonları, Sawarovski'nin sinüs fonksiyonu)

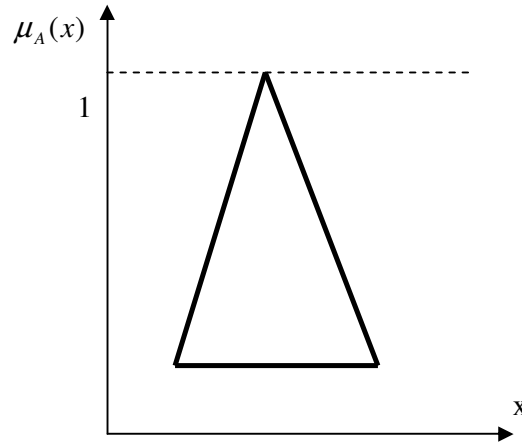
1. Güvenilirlik (Fuller, 1989) kavramına dayalı üyelik fonksiyonları (Zimmemann, 1976)'ın doğrusal fonksiyonu, Tanaka, Uejima ve Asai'nin simetrik üçgensel fonksiyonu, Hannan'ın parçalı doğrusal fonksiyonu, Leberling'in hiperbolik fonksiyonu, Sakawa ve Yumihe'nin üstel ve ters hiperbolik fonksiyonları, Dimitru ve Luban'ın fonksiyonu, Dubois ve Prade'in doğrusal rastgele (L-R) bulanık sayısı)
2. Teorik isteğe dayalı üyelik fonksiyonları (Civanlar ve Trussel'in fonksiyonları, Sawarovski'nin fonksiyonu)
3. Kişilere özel kavramlar için bir model oluşturan üyelik fonksiyonları (Hersh ve Caramazza'nın fonksiyonu, Zimmermann ve Zysno'nun fonksiyonu, Dombi'nin fonksiyonu)

Çok sayıda üyelik fonksiyonu tipi olmakla beraber pratikte en fazla kullanılan üyelik fonksiyonları aşağıda verilmiştir

### 3.4.2.1 Üçgen üyelik fonksiyonu

Bir üçgen üyelik fonksiyonu  $a_1$ ,  $a_2$  ve  $a_3$  olarak üç parametre ile tanımlanır.

$$\mu_A(x, a_1, a_2, a_3) = \begin{cases} a_1 \leq x \leq a_2 & (x - a_1)/(a_2 - a_1) \\ a_2 \leq x \leq a_3 & (a_3 - x)/(a_3 - a_2) \\ x > a_3 \text{ veya } x < a_1 \text{ ise} & 0 \end{cases} \quad (3.13)$$



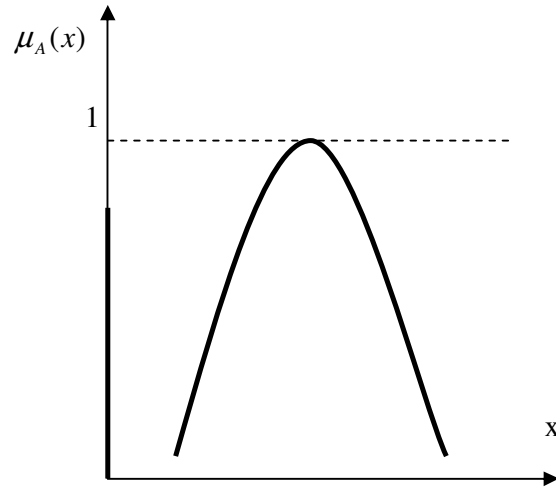
Şekil 3.5 Üçgen üyelik fonksiyonu.

### 3.4.2.2 Gaussian üyelik fonksiyonu

Bu tip bir üyelik fonksiyonu  $m$  ve  $\sigma$  parametreleri ile tanımlanır

$$\mu_A(x, m, \sigma) = \exp\left\{\frac{-(x - m)^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (3.14)$$

Bu fonksiyonda  $m$  fonksiyon merkezini ve  $\sigma$  da genişliğini ifade eder.  $\sigma$  değeri değiştirilerek, fonksiyonun biçimi değiştirilebilir.  $\sigma$  küçük olursa üyelik fonksiyonu daha ince olurken, bu değer büyüdükçe üyelik fonksiyonu gittikçe yayvanlaşacaktır (Yen, Langari, 1999).

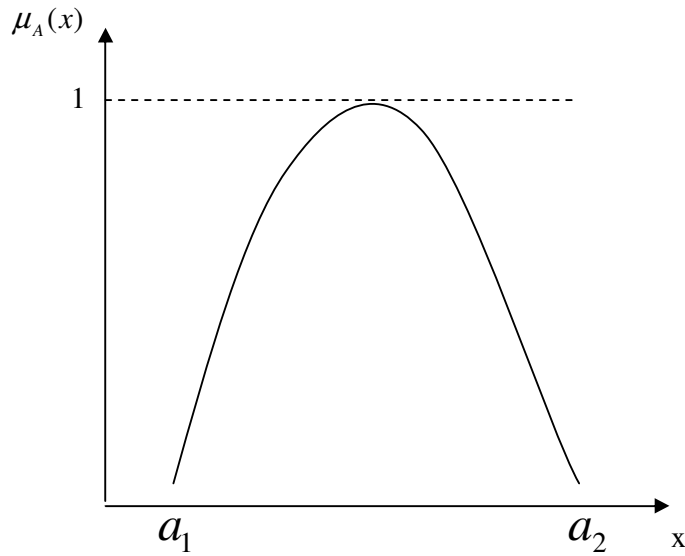


Şekil 3.6 Gaussian üyelik fonksiyonu.

### 3.4.2.3 Çan Şekilli üyelik fonksiyonu

Bu tip üyelik fonksiyonu  $a_1$ ,  $a_2$  ve  $a_3$  olarak üç parametre ile tanımlanır.

$$\mu_A(x, a_1, a_2) = \left\{ \frac{1}{1 + \frac{|x - a_3|^{a_2}}{a_1}} \right\} \quad (3.15)$$

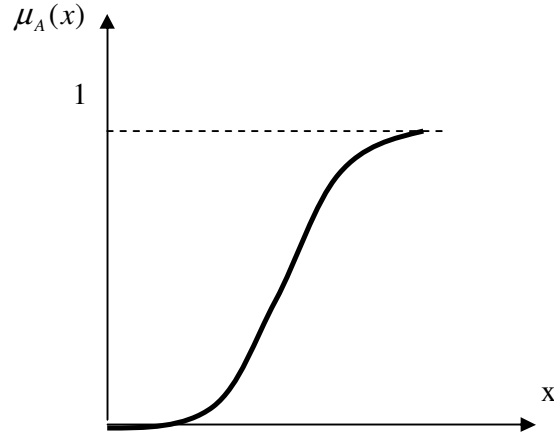


Şekil 3.7 Çan şekilli üyelik fonksiyonu.

### 3.4.2.4 Sigmoidal üyelik fonksiyonu

Bu tip üyelik fonksiyonu  $a_1$  ve  $a_2$  parametreleri ile tanımlanır.

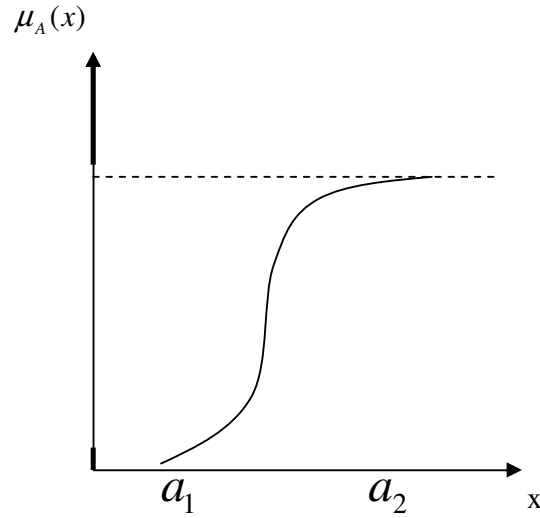
$$\mu_A(x, a_1, a_2) = \left\{ \frac{1}{1 + e^{-a_1(x-a_2)}} \right\} \quad (3.16)$$



Şekil 3.8 Sigmoidal üyelik fonksiyonu.

### 3.4.2.5 S üyelik fonksiyonu

Bu üyelik fonksiyonu  $a_1$  ve  $a_2$  parametre ile tanımlanan düzgün bir üyelik fonksiyonudur. Bu fonksiyonun adı şeklinin S harfine benzemesinden gelmektedir (Bojadziev, Bojadziev, 1995).



Şekil 3.9 S üyelik fonksiyonu.



$$\mu_A(x, a_1, a_2) = \begin{cases} x \leq a_1 \text{ ise} & 0 \\ a_1 \leq x \leq [(a_1 + a_2)/2] \text{ ise} & 2[(x - a_1)/(a_2 - a_1)]^2 \\ [(a_1 + a_2)/2] \leq x \leq a_2 \text{ ise} & 1 - 2[(x - a_2)/(a_2 - a_1)]^2 \\ a_2 \leq x \text{ ise} & 1 \end{cases} \quad (3.17)$$

### 3.4.3 Bulanık küme teorisinin avantajları ve dezavantajları

Bulanık küme teorisinin avantajları:

- Bulanık küme teknikleri kesin olmamaya yol açan bazı problemler için iyi çözüm olarak görülür.
- Uygulayıcılar için mümkün birçok tanım ve kesin problemin farklı çözümleri olduğu için bulanık küme teknikleri etkin sonuçlar verir.
- İnsan faktörünün içine girdiği, belirsizlik, kişisel önyargı, davranış ve amaçların kapsandığı durumlarda uygulama alanı bulduğundan gerçek hayat problemleri için klasik matematiksel modellemeden daha esnek ve güvenlidir.

Bulanık küme teorisinin dezavantajları:

- Üyelik fonksiyonlarının makul bir şekilde oluşumu açık değildir. Daha basit fonksiyonların birleşimi ve istatistiksel veri kullanımı içerilmesi önerilmiştir, fakat henüz genel yaklaşım görüntüsü tamamen oluşmamıştır.

Uygulayıcılar için tanımların seçimi tam uygun olmayabilir. Zadeh'in kabul ettiği gibi farklı tanımlar farklı durumlarda geçerlidir. Bununla birlikte, kullanılan tanımlar her zaman açık değildir (Çelik, 2000).

### 3.4.4 Bulanık mantığın uygulama alanları

- Günümüzde hemen hemen her alanda uygulama imkanı bulan bulanık mantık, özellikle sanayi alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Japonlar bulanık mantığı özellikle bulaşık makineleri, çamaşır makineleri, elektrik süpürgeleri, video kameralara uygulamışlardır.
- Bulanık mantık uygulamaları ilk olarak çimento sektöründe kullanılmaya başlanmıştır. Bu sektörde kireç taşı ve kil 1000-1400 derece sıcaklıkta reaksiyona girmektedir. Fırın içindeki sıcaklık ve oksijen oranı çimentonun kalitesini doğrudan etkilemektedir. Sadece bu konuda uzman operatörler istenilen limitler dahilinde ürün elde edebilmektedirler. Ama vardiyalı bir sistemle çalışan bu fabrikada çok sayıda operatör vardır ve her operatörün uzmanlıklarının farklı olması nedeniyle farklı niteliklerde ve verimlilikte ürün elde edilmektedir. İstenilen kalitede ürün sadece bu işte yıllardır çalışan uzmanlar tarafından sağlanabilmektedir. Zira çimento üretimi bulanık bir yapıya sahiptir ve süreç kontrolünü bulanık kurallar sağlamaktadır. Örneğin ısıyı 10 derece yükselt veya 5 derece azalt gibi kesin kurallar değil biraz azalt , biraz yükselt gibi bulanık terimlerle ifade edilen kurullarla kontrol edilmektedir. Bir Danimarka firması bu sürecin kontrolü için uzman operatörlerin kullandığı 50-60 pratik kuraldan hareketle bir mikro kontrolör oluşturmuşlar ve sonuç olarak sabit ürün kalitesi ve yakıtta büyük tasarruf elde etmişlerdir.
- Daha sonraları bulanık mantık, insansız uçakların kontrolünde, tren frenleme sistemlerinde, otomatik fren sistemi ve otomatik vites kontrolü kontrolünde kullanılmıştır.

Çizelge 3.2’de pratikteki bulanık mantık uygulamalarından bazı örnekler verilmiştir.

Çizelge 3.2 Bulanık denetim uygulamaları

<b>Ürün</b>	<b>Firma</b>	<b>Bulanık Mantığın İşlevi</b>
Asansör Denetimi	Fujitec-Toshiba Mitsubishi Hitachi	Yolcu trafiğini değerlendirir. Böylece bekleme zamanı azalır.
SLR Fotoğraf Makinesi	Sanyo-Fisher Canon Minolta	Ekranında birkaç obje olması durumunda en iyi fokusu ve aydınlatmayı belirler
Video Kayıt cihazı	Panasonic	Cihazın elle tutulması nedeniyle çekim sırasında oluşan sarsıntıları ortadan kaldırır.
Çamaşır Makinesi	Matsushita	Çamaşırın kirliliğini, ağırlığını, kumaş cinsini sezer, ona göre yıkama programını seçer.
Elektrik Süpürgesi	Matsushita	Yerin durumunu ve kirliliğini sezer ve motor gücünü uygun ayarlar.
Su Isıtıcısı	Matsushita	Isıtmayı kullanılan suyun miktar ve sıcaklığına göre ayarlar.
Klima	Mitsubishi	Ortam koşullarını değerlendirerek en iyi çalışma durumunu algılar, odaya birisi girerse soğutmayı arttırır.
ABS Fren Sistemi	Nissan	Tekerleklerin kilitlenmeden frenlenmesini sağlar.
Çelik Endüstrisi	Nippon Steel	Geleneksel denetleyicilerin yerini alır.
Sendai Metro Sistemi	Hitachi	Hızlanma ve yavaşlamayı ayarlayarak rahat bir yolculuk sağlanmasının yanı sıra durma konumunu iyi ayarlar, güçten tasarruf sağlar.
Çimento Sanayi	Mitsubishi Chem	Değirmende ısı ve oksijen oranı denetimi yapar.
Televizyon	Sony	Ekran kontrastını, parlaklığını ve rengini ayarlar
El Bilgisayarı	Sony	El yazısı ile veri ve komut girişine olanak tanır.

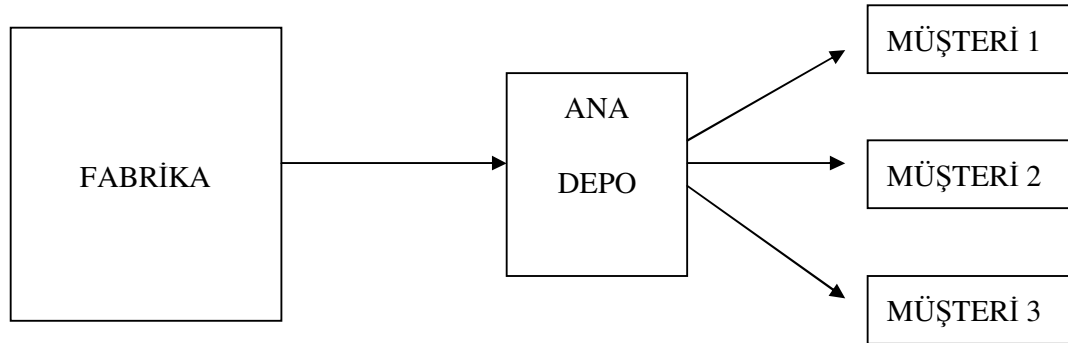
#### 4. TALEBİN BELİRSİZ OLDUĞU ORTAMDA ÜRETİM PLANLAMA ÇALIŞMALARINDA BİR BULANIK ÇOK AMAÇLI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİ

##### 4.1 Sistemin Yapısı ve Problemin Tanımı

Tez çalışmasının dördüncü bölümünde analizi ve uygulaması gerçekleştirilen sistem anlatılmaktadır. Uygulama konusu olan işletme plastik sektörde faaliyet gösteren, iç ve dış mekan plastik mobilyalar üreten bir işletmedir. İşletme ürettiği plastik mobilyaları iç piyada satmakta, aynı zamanda ihracat da gerçekleştirmektedir.

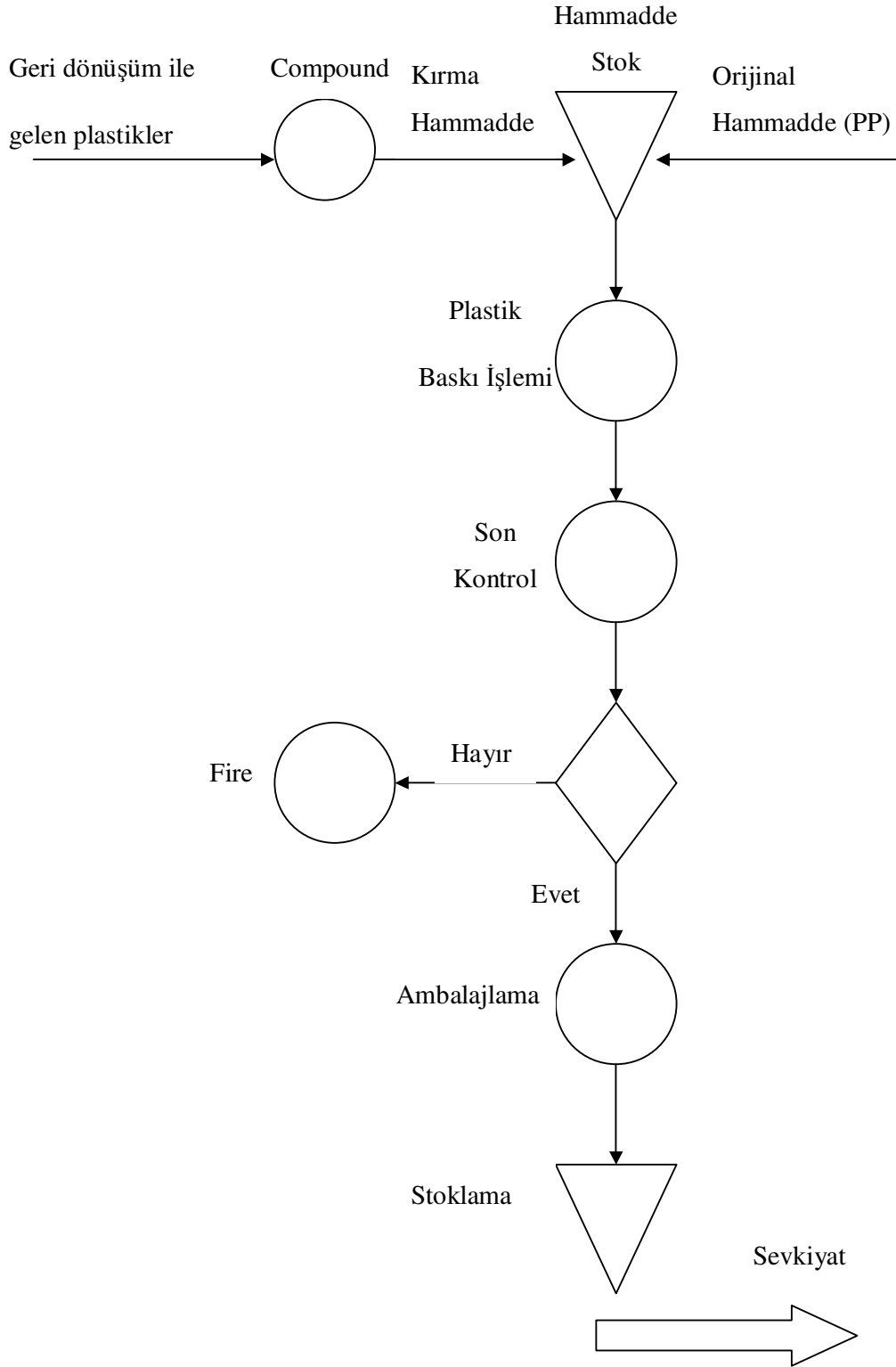
Sistem şu şekilde işlemektedir; işletmenin fabrikasında üretimi gerçekleştirilen ürünler fabrika stok sahasında geçici olarak tutulmakta, ardından işletmenin ana deposuna yönlendirilmektedir. Ana depoda stoklanan ürünler müşteri taleplerini karşılamak için buradan sevk edilmektedir.

İşletmenin stok politikası şu şekildedir, üretilen ürünleri fabrika stok sahasında uzun süreler ve yüksek miktarlarda tutmamak, mümkün olan en kısa sürede farklı bir lokasyonda bulunan ana depoya sevk etmek ve müşterilerden gerçekleşen talepleri ana depoda bulunan stoklardan karşılamak biçimindedir. İşletmedeki iş akışı Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Sistemdeki iş akışı ve hareketler.

Sistemde hareket eden ürün tipi 6 çeşittir. Planlama zamanı olarak 6 birimlik zaman periyodu dikkate alınmıştır. Ana depodan gerçekleşen talepler çerçevesinde 3 müşteriye dağıtım gerçekleştirilmektedir.



Şekil 4.2 Sistemi incelenen işletmenin üretim iş akışı.

İşletme aşırı belirsizlik gösteren talepler karşısında üretim faktörlerini, stoklarını ve dağıtım faaliyetlerini planlamak istemektedir. Fakat talep merkezlerinin gösterdiği aşırı belirsizlik ve bunun sonucunda kestirilemeyen talepler karşısında işletme gerçekleştirebilecek talepleri karşılayabilmek için aşırı şekilde stok tutma politikasını seçmiştir. Bu durum ise stoklama maliyetlerini arttırmakta ve işletmenin finansal akışında da sorunlara yol açabilmektedir. Kurulan model de talepler bulanık olarak kabul edilmiş, üretim ve dağıtım planlaması bulanık talepler dikkate alınarak toplam maliyetleri minimum ve karar vericinin isteğinin maksimum yapılması amaçlanmaktadır.

Sistem de 6 birim zamanlık planlama döneminde her bir planlama dönemi için, fabrika da normal mesai zamanında üretilen ürün miktarı, fazla mesai zamanında üretilen ürün miktarı, fasonda üretilen ürün miktarı, işe alınan çalışan (adam/saat), işten çıkarılan çalışan (adam/saat), her bir ürün tipi için fabrika stok sahasında elde bulunacak ürün miktarı, fabrika-ana depo arasında her bir ürün tipi için taşınacak ürün miktarı, her bir ürün tipi için fabrika depoda elde bulunacak stok miktarı, her bir ürün tipi ve planlama zamanı için ana depo ile her bir müşteri arasında taşınacak ürün miktarı, her bir ürün tipi ve planlama zamanı için ana depoda elde bulundurulacak ürün miktarı belirlenmek istenmektedir. Problemin çözümü amacıyla bir bulanık çok amaçlı doğrusal programlama modeli geliştirilmiştir. Toplam üretim ve işçilik maliyetleri ile toplam transport maliyetlerinin (taşıma maliyetleri, elde bulundurma maliyetleri) mininizasyonunun hedeflendiği model için, müşterilerin talep miktarları ve karar vericinin amaç fonksiyonlarına ilişkin istek düzeyleri bulanık olarak ele alınmıştır.

## 4.2 Varsayımlar

İncelenen sistem için oluşturulan bulanık çok amaçlı doğrusal programlama modeli, aşağıdaki varsayımlara dayanmaktadır:

1. Amaç fonksiyonları, belirsiz istek düzeyleriyle bulanıktır.
2. Tüm amaç fonksiyonları ve kısıtlar doğrusaldır.
3. Birim maliyetler planlama dönemi boyunca belirlidir ve sabittir.
4. Taşıma maliyetleri taşınan birim sayısı ile doğru orantılıdır.
5. Tahmini talep miktarlarını ifade etmek için üçgensel bulanık sayı mantığı benimsenmiştir.
6. Modelde yer alan bulanık kümeleri temsil etmek üzere parçalı doğrusal üyelik

fonksiyonları belirlenmiş ve bulanık kümeleri birleştirmek için minimum operatörü kullanılmıştır.

Birinci varsayım, gerçek hayattaki üretim planlama problemlerinin amaç fonksiyonlarının bulanıklığıyla ilgilidir ve karar vericilerin farklı amaç fonksiyonu değerleri karşısında sistemdeki değişkenlerin nasıl hareket ettiğini görmek istediklerinden kaynaklanmaktadır. İkinci, üçüncü ve dördüncü varsayımlar, standart doğrusal programlama yapısının elde edilebilmesi için doğrusallık ve orantılılık özelliklerinin teknik olarak sağlandığını belirtmektedir. Beşinci varsayım, bulanık aritmetik işlemlerin basitliği ve esnekliği ile ilişkilidir. Tahmini talep miktarlarının ifade edilmesinde üçgensel bulanık sayılardan yararlanılması, hesaplamaları kolaylaştırmış, veri gereksinimi de azaltmıştır (Zimmermann, 1996). Altıncı varsayım ise bulanık çok amaçlı problemin, eşdeğer bir doğrusal programlama yapısına çevrilmesi aşaması için konulmuştur.

### 4.3 Yöntem

Ele alınan sistem için oluşturulan çok amaçlı bulanık üretim planlama modelinin çözümünde Wang ve Liang tarafından yapılan çalışmada kullanılan yöntem esas alınmıştır (Wang, Liang, 2004). Söz konusu yöntem, Hannan'ın bulanık amaç programlama yöntemi ile Bellman ve Zadeh'in bulanık karar verme yöntemini birleştirmektedir (Hannan, 1981; Bellman, Zadeh, 1970).

Bulanık amaçların ifade edilmesinde parçalı doğrusal üyelik fonksiyonları, bulanık kümelerin birleştirilmesinde ise minimum operatörü kullanılmıştır. Bir yardımcı değişkenin modele ilave edilmesiyle bulanık çok amaçlı model, eşdeğer bir doğrusal programlama modeline çevrilebilmekte ve standart simpleks yöntemi ile çözülebilmektedir (Liang, 2006). Bu çözüm yöntemi, aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır (Liang, 2006):

1. Orjinal bulanık çok amaçlı doğrusal programlama modeli oluşturulur.
2. Verilen minimum kabul edilebilir üyelik seviyesi ( $\alpha$ ) göz önüne alınarak, bulanık sağ taraf değerine sahip olan kısıtlar, ağırlıklı ortalama yöntemi kullanılarak bulanık olmayan kısıtlara dönüştürülür.
3. Her bir amaç fonksiyonu ( $Z_a$ ,  $a = 1, 2$ ) için birkaç amaç fonksiyonu değerine ilişkin üyelik dereceleri ( $\mu(Z_a)$ ) belirlenir.
4. Her bir amaç fonksiyonu için ( $Z_a, \mu(Z_a)$ ) noktaları kullanılarak parçalı doğrusal

üyelik fonksiyonları çizilir.

5. Her bir üyelik fonksiyonu ( $\mu(Z_a)$ ) için parçalı doğrusal denklemler oluşturulur.
6. Orjinal bulanık çok amaçlı tedarik zinciri modeli, yardımcı değişken “L”nin de modele dahil edilmesiyle, eşdeğer bir klasik doğrusal programlama problemine dönüştürülebilir. Bu yeni değişken (L), karar vericinin bulanık amaçlarına ilişkin toplam tatmin düzeyi olarak tanımlanabilir.

#### 4.4 Çözüm

Tez kapsamında ele alınan problemin çözümü, yukarıda belirtilen adımlar izlenerek bu bölümde açıklanmıştır. Model oluşturulurken şu parametrelere gereksinim duyulmuştur:

- Müşteri taleplerinin en kötümser, en olası ve en iyimser değerleri,
- Her bir ürün tipi için fabrika stok sahasında elde bulunan ürünlerin birim elde bulundurma maliyetleri, fabrikada üretimi gerçekleştirilecek ürün tipleri ve her bir planlama dönemi için birim düzenli üretim maliyetleri, birim fazla mesaili üretim maliyetleri, birim fason üretim maliyetleri, her bir planlama dönemi için birim işçi çalıştırma ve birim işçi çalıştırmama maliyetleri, fabrika deponun birim sabit maliyetleri, her bir ürün tipi ve planlama zamanı için fabrika-ana depo arası birim ürün taşıma maliyetleri,
- Her bir ürün tipi için ana depoda elde bulunan ürünlerin birim elde bulundurma ve elde bulundurmama maliyetleri, ana deponun birim sabit maliyetleri, her bir ürün tipi, planlama zamanı ve müşteri tipi için ana depo-müşteri arası birim ürün taşıma maliyetleri,
- Fabrika da her bir planlama zamanı için maksimum işçilik zamanları ve maksimum makina çalıştırma zamanları,
- Fabrika da her bir planlama zamanı ve ürün tipi için birim işçilik maliyetleri ve makine çalışma maliyetleri,
- Fabrika da her bir ürün tipi için fasona gidebilecek maksimum ürün sayısı,
- Fabrika stok sahası ve ana depo da her bir ürün ve planlama zamanı için stok kapasiteleri,



#### 4.4.1 Bulanık çok amaçlı doğrusal programlama modelinin kurulması

Modeli kurulan problemde 6 dönemlik zaman periyodu için belirlenen karar değişkenlerinin  $(Q_{n,t}, O_{n,t}, S_{n,t}, H_t, F_t, FDTA_{n,t}, DMTA_{n,k,t}, DS_{n,t}, FS_{n,t})$  her bir zaman periyodu ve ürün tipi için elde edilecek değerlerinin bulunabilmesi için kurulan bulanık çok amaçlı doğrusal programlama modeli aşağıdaki gibidir:

$$\text{Min } z_1 \cong \sum_{n=1}^6 \sum_{t=1}^6 (a_{n,t} * (Q_{n,t}) + b_{n,t} * (O_{n,t}) + c_{n,t} * (S_{n,t})) + \sum_{t=1}^6 (k_t * (H_t) + m_t * (F_t)) \quad (4.1)$$

$$\text{Min } z_2 \cong \sum_{n=1}^6 \sum_{t=1}^6 FDTM_{n,t} * FDTA_{n,t} + \sum_{n=1}^6 \sum_{k=1}^3 \sum_{t=1}^6 DMTM_{n,k,t} * DMTA_{n,k,t} + \sum_{t=1}^6 DSM_t + \sum_{n=1}^6 \sum_{t=1}^6 DEBM_{n,t} * DS_{n,t} + \sum_{t=1}^{12} FSM_t + \sum_{n=1}^6 \sum_{t=1}^6 FEBM_{n,t} * FS_{n,t} \quad (4.2)$$

#### Kısıtlar

$$\sum_{n=1}^6 IS_{n,t-1} (Q_{n,t-1} + O_{n,t-1}) + H_t - F_t - \sum_{n=1}^6 IS_{n,t} (Q_{n,t} + O_{n,t}) = 0 \quad (n=1, 2, \dots, 6) \quad (t=1, 2, \dots, 6) \quad (4.3)$$

$$\sum_{n=1}^6 IS_{n,t} (Q_{n,t} + O_{n,t}) \leq \tilde{W}_{t_{\max}} \quad (n=1, 2, \dots, 6) \quad (t=1, 2, \dots, 6) \quad (4.4)$$

$$\sum_{n=1}^6 R_{n,t} (Q_{n,t} + O_{n,t}) \leq MK_{t_{\max}} \quad (n=1, 2, \dots, 6) \quad (t=1, 2, \dots, 6) \quad (4.5)$$

$$S_{n,t} \leq S_{n,t_{\max}} \quad (n=1, 2, \dots, 6) \quad (t=1, 2, \dots, 6) \quad (4.6)$$

$$FDTA_{n,t} \leq FS_{n,t} \quad (n=1, 2, \dots, 6) \quad (t=1, 2, \dots, 6) \quad (4.7)$$

$$FDTA_{n,t} \leq DSK_{n,t} - DS_{n,t} \quad (n=1, 2, \dots, 6) \quad (t=1, 2, \dots, 6) \quad (4.8)$$

$$FS_{n,t} = FS_{n,t-1} + Q_{n,t} + O_{n,t} + S_{n,t} - FDTA_{n,t} \quad (n=1, 2, \dots, 6) \quad (t=1, 2, \dots, 6) \quad (4.9)$$

$$DS_{n,t} \leq DSK_{n,t} \quad (n=1, 2, \dots, 6) \quad (t=1, 2, \dots, 6) \quad (4.10)$$

$$\sum_{k=1}^3 DMTA_{n,k,t} \leq DS_{n,t} \quad (n=1, 2, \dots, 6) \quad (k=1, 2, 3) \quad (t=1, 2, \dots, 6) \quad (4.11)$$

$$DS_{n,t} = DS_{n,t-1} + FDTA_{n,t} - \sum_{k=1}^3 DMTA_{n,k,t} \quad (n=1, 2, \dots, 6) \quad (k=1, 2, 3) \quad (t=1, 2, \dots, 6) \quad (4.12)$$

$$FS_{n,t} \leq FSK_{n,t} \quad (n=1, 2, \dots, 6) \quad (t=1, 2, \dots, 6) \quad (4.13)$$

$$\sum_{k=1}^3 DMTA_{n,k,t} \leq \tilde{D}_{n,k,t} \quad (n=1, 2, \dots, 6) \quad (t=1, 2, \dots, 6) \quad (4.14)$$

$$Q_{n,t}, O_{n,t}, S_{n,t}, H_t, F_t, IS_{n,t}, R_{n,t}, FDTA_{n,t}, DMTA_{n,k,t}, DS_{n,t}, FS_{n,t}, d_{11}^+, d_{11}^-, d_{12}, d_{12}^- \geq 0 \quad (4.15)$$

#### 4.4.1.1 Amaç fonksiyonu

Eşitlik (4.1)'deki birinci amaç denklemi düzenli zamandaki üretim maliyeti, fazla mesaili üretim maliyeti, fason üretim maliyeti, işçi çalıştırma maliyeti ve işçi çalıştırmama maliyetlerinin toplamının minimizasyonunu ifade etmektedir. Denklem birinci kısmı üretim maliyetlerini, denklemin ikinci kısmı ise işçilik seviyesindeki değişimlerin maliyetlerini minimize etmeye çalışmaktadır.

Üretim maliyetleri üç maliyet bileşeninden oluşmaktadır;

$$\text{Min } z_1 \cong \sum_{n=1}^6 \sum_{t=1}^6 (a_{n,t} * (Q_{n,t}) + b_{n,t} * (O_{n,t}) + c_{n,t} * (S_{n,t})) + \sum_{t=1}^6 (k_t * (H_t) + m_t * (F_t)) \quad (4.16)$$

$$\sum_{n=1}^6 \sum_{t=1}^6 a_{n,t} * Q_{n,t} \quad \text{Düzenli üretim maliyeti} \quad (4.17)$$

$$\sum_{n=1}^6 \sum_{t=1}^6 b_{n,t} * O_{n,t} \quad \text{Fazla mesaili üretim maliyeti} \quad (4.18)$$

$$\sum_{n=1}^6 \sum_{t=1}^6 c_{n,t} * S_{n,t} \quad \text{Fason yaptırma maliyeti} \quad (4.19)$$

İşçilik seviyesindeki değişimlerin maliyeti iki maliyet bileşeninden oluşmaktadır;

$$\sum_{t=1}^6 k_t * H_t \quad \text{İşe alma maliyeti} \quad (4.20)$$

$$\sum_{t=1}^6 m_t * F_t \quad \text{İşten çıkarma maliyeti} \quad (4.21)$$

Çizelge 4.1'deki veriler, normal mesaili üretim zamanında olan üretim faaliyetlerinin ürün başına olan birim maliyetlerini göstermektedir. Normal mesaili üretim maliyeti (TL/adet) için belirlenen veriler excel de normal dağılım kullanılarak üretilmiştir.

Çizelge 4.1 Normal mesaili üretim maliyeti (TL/adet)

	Dönem 1	Dönem 2	Dönem 3	Dönem 4	Dönem 5	Dönem 6
Ürün 1	1,64	1,36	2,47	1,85	1,81	2
Ürün 2	2,41	2,26	2,35	2,4	2,12	1,8
Ürün 3	1,88	1,54	2,38	2,11	2,18	1,87
Ürün 4	2,46	2,04	3,71	2,77	2,72	3
Ürün 5	3,61	3,39	3,53	3,6	3,19	2,7
Ürün 6	2,82	2,3	2,57	2,17	2,27	2,81

Çizelge 4.2'deki veriler, fazla mesaili üretim zamanında olan üretim çalışmalarının ürün başına olan birim maliyetlerini göstermektedir. Fazla mesaili üretim maliyeti (TL/adet) için belirlenen veriler excel de normal dağılım kullanılarak üretilmiştir.

Çizelge 4.2 Fazla mesaili üretim maliyeti (TL/adet)

	Dönem 1	Dönem 2	Dönem 3	Dönem 4	Dönem 5	Dönem 6
Ürün 1	2,46	2,04	3,71	2,78	2,72	3,00
Ürün 2	3,62	3,39	3,53	3,60	3,18	2,70
Ürün 3	2,82	2,31	3,57	3,17	3,27	2,81
Ürün 4	3,69	3,06	5,57	4,16	4,08	4,50
Ürün 5	5,42	5,09	5,30	5,40	4,79	4,05
Ürün 6	4,23	3,45	3,86	3,26	3,41	4,22

Çizelge 4.3'deki veriler, fason üretim faaliyetlerinin ürün başına olan birim maliyetlerini göstermektedir. Fason üretim maliyeti (TL/adet) için belirlenen veriler excel de normal dağılım kullanılarak üretilmiştir.

Çizelge 4.3 Fason üretim maliyeti (TL/adet)

	Dönem 1	Dönem 2	Dönem 3	Dönem 4	Dönem 5	Dönem 6
Ürün 1	2,95	2,45	4,45	3,33	3,26	3,60
Ürün 2	4,34	4,07	4,23	4,32	3,82	3,24
Ürün 3	3,38	2,77	4,28	3,80	3,92	3,37
Ürün 4	4,43	3,67	6,68	4,99	4,90	5,40
Ürün 5	6,50	6,10	6,35	6,48	5,74	4,86
Ürün 6	5,08	4,14	4,63	3,91	4,09	5,06

Çizelge 4.4'deki veriler, işçi alma ve işçi çıkarma faaliyetlerinin ürün başına olan birim maliyetlerini göstermektedir. İşçi alma maliyetleri (TL/adet) ve işçi çıkarma maliyetleri (TL/adet) için belirlenen veriler excel de normal dağılım kullanılarak üretilmiştir.

Çizelge 4.4 İşçi alma ve işçi çıkarma maliyetleri (TL/saat)

	Dönem 1	Dönem 2	Dönem 3	Dönem 4	Dönem 5	Dönem 6
İşçi çalıştırma maliyeti	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
İşçi çalıştırmama maliyeti	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45

Eşitlik (4.2)'deki ikinci amaç denklemi ise transport ve lojistiksel faaliyetler sonucu ortaya çıkan maliyetlerdir. Bu maliyetlerin bileşenleri ise fabrika-ana depo arası taşıma maliyeti, ana depo-müşteri arası taşıma maliyeti, fabrika deponun sabit maliyeti, ana deponun sabit maliyeti, fabrika stok elde bulundurma maliyeti, ana depo stok elde bulundurma maliyetleridir. İkinci amaç denklemi tüm transport maliyetlerin toplamının minimizasyonunu ifade etmektedir.

$$\text{Min } z_2 \cong \sum_{n=1}^6 \sum_{t=1}^6 FDTM_{n,t} * FDTA_{n,t} + \sum_{n=1}^6 \sum_{k=1}^3 \sum_{t=1}^6 DMTM_{n,k,t} * DMTA_{n,k,t} + \sum_{t=1}^6 DSM_t + \sum_{n=1}^6 \sum_{t=1}^6 DEBM_{n,t} * DS_{n,t} + \sum_{t=1}^6 FSM_t + \sum_{n=1}^6 \sum_{t=1}^6 FEBM_{n,t} * FS_{n,t} \quad (4.22)$$

$$\sum_{n=1}^6 \sum_{t=1}^6 FDTM_{n,t} * FDTA_{n,t} \quad \text{Fabrika-Ana depo arası taşıma maliyeti} \quad (4.23)$$

$$\sum_{n=1}^6 \sum_{k=1}^3 \sum_{t=1}^6 DMTM_{n,k,t} * DMTA_{n,k,t} \quad \text{Ana depo-Müşteri arası taşıma maliyeti} \quad (4.24)$$

$$\sum_{t=1}^6 DSM_t \quad \text{Ana deponun sabit maliyeti} \quad (4.25)$$

$$\sum_{n=1}^6 \sum_{t=1}^6 DEBM_{n,t} * DS_{n,t} \quad \text{Ana depo stok elde bulundurma maliyeti} \quad (4.26)$$

$$\sum_{t=1}^6 FSM_t \quad \text{Fabrika stok sahasının sabit maliyeti} \quad (4.27)$$

$$\sum_{n=1}^6 \sum_{t=1}^6 FEBM_{n,t} * FS_{n,t} \quad \text{Fabrika stok elde bulundurma maliyeti} \quad (4.28)$$

Çizelge 4.5 deki veriler, fabrika-ana depo arası taşıma faaliyetlerinin ürün başına olan birim maliyetlerini göstermektedir. Fabrika-ana depo arası taşıma maliyetleri (TL/adet) için belirlenen veriler excel de normal dağılım kullanılarak üretilmiştir.

Çizelge 4.5 Fabrika-ana depo arası taşıma maliyetleri (TL/adet)

	Dönem 1	Dönem 2	Dönem 3	Dönem 4	Dönem 5	Dönem 6
Ürün 1	1,12	1,95	1,91	1,6	1,2	1,77
Ürün 2	1,68	1,7	1,87	1,58	1,85	1,43
Ürün 3	1,69	1,42	1,14	1,91	1,06	1,8
Ürün 4	1,81	1,53	1,85	1,4	1,47	1,74
Ürün 5	1,27	1,21	1,99	1,84	1,32	1,22
Ürün 6	1,89	1,55	1,44	1,94	1,48	1,99

Çizelge 4.6'daki veriler, modeli kurulan bulanık çok amaçlı doğrusal programa modelinin çözümü için gerekli olan ana depo – birinci müşteri arası taşıma faaliyetlerinin ürün başına olan birim maliyetlerini göstermektedir. Ana depo - birinci müşteri arası taşıma maliyetleri (TL/adet) için belirlenen veriler excel de normal dağılım kullanılarak üretilmiştir.

Çizelge 4.6 Ana depo-1.müşteri arası taşıma maliyetleri (TL/adet)

	Dönem 1	Dönem 2	Dönem 3	Dönem 4	Dönem 5	Dönem 6
Ürün 1	1,75	1,64	1,14	1,15	1,43	1,59
Ürün 2	1,67	1,3	1,3	1,6	1,94	1,28
Ürün 3	1,5	1,65	1,13	1,11	1,23	1,67
Ürün 4	1,87	1,88	1,25	1,48	1,85	1,11
Ürün 5	1,15	1,12	1,12	1,4	1,7	1,26
Ürün 6	1,91	1,39	1,17	1,15	1,17	1,18

Çizelge 4.7'deki veriler, ana depo – ikinci müşteri arası taşıma faaliyetlerinin ürün başına olan birim maliyetlerini göstermektedir. Ana depo – ikinci müşteri arası taşıma maliyetleri (TL/adet) için belirlenen veriler excel de normal dağılım kullanılarak üretilmiştir.

Çizelge 4.7 Ana depo–2.müşteri arası taşıma maliyetleri (TL/adet)

	Dönem 1	Dönem 2	Dönem 3	Dönem 4	Dönem 5	Dönem 6
Ürün 1	2,18	2,62	2,4	2,26	2,47	2,82
Ürün 2	2,16	2,25	2,69	2,81	2,6	2,22
Ürün 3	2,47	2,15	2,25	2,93	2,3	2,79
Ürün 4	2,2	2,61	2,47	2,96	2,91	2,46
Ürün 5	2,69	2,89	2,58	2,82	2,88	2,24
Ürün 6	2,71	2,26	2,28	2,25	2,72	2,63

Çizelge 4.8'deki veriler, ana depo – üçüncü müşteri arası taşıma faaliyetlerinin ürün başına olan birim maliyetlerini göstermektedir. Ana depo – üçüncü müşteri arası taşıma maliyetleri (TL/adet) için belirlenen veriler excel de normal dağılım kullanılarak üretilmiştir.

Çizelge 4.8 Ana depo–3.müşteri arası taşıma maliyetleri (TL/adet)

	Dönem 1	Dönem 2	Dönem 3	Dönem 4	Dönem 5	Dönem 6
Ürün 1	3,76	3,9	3,27	3,99	3,38	3,36
Ürün 2	3,73	3,27	3,57	3,33	3,59	3,3
Ürün 3	3,93	3,14	3,18	3,35	3,83	3,28
Ürün 4	3,32	3,61	3,53	3,32	3,94	3,74
Ürün 5	3,73	3,92	3,21	3,89	3,56	3,84
Ürün 6	3,39	3	3,39	3,43	3,39	3,37

Çizelge 4.9'deki veriler, fabrika stoklama sahasının ve ana deponun sabit depolama maliyetlerini göstermektedir. Fabrika stoklama sahasının ve ana deponun sabit depolama maliyetleri (TL/dönem) için belirlenen veriler excel de normal dağılım kullanılarak üretilmiştir.

Çizelge 4.9 Fabrika ve ana deponun sabit maliyetleri (TL/dönem)

	Dönem 1	Dönem 2	Dönem 3	Dönem 4	Dönem 5	Dönem 6
Depo stok sabit maliyeti	80	80	80	80	80	80
Fabrika stok sabit maliyeti	50	50	50	50	50	50

Çizelge 4.10'daki veriler, ürünlerin fabrika stoklama sahasında elde bulundurma maliyetlerini göstermektedir. Fabrika stok sahası elde bulundurma maliyetleri (TL/adet) için belirlenen veriler excel de normal dağılım kullanılarak üretilmiştir.

Çizelge 4.10 Fabrika stok elde bulundurma maliyetleri (TL/adet)

	Dönem 1	Dönem 2	Dönem 3	Dönem 4	Dönem 5	Dönem 6
Ürün 1	1,7	1,03	1,39	1,09	1,7	1,04
Ürün 2	1,02	1,16	1,2	1,87	1,47	1,95
Ürün 3	1,88	1,35	1,14	1,61	1,23	1,41
Ürün 4	1,2	1,55	1,39	1,82	1,4	1,61
Ürün 5	1,57	1,62	1,54	1,29	1,34	1,01
Ürün 6	1,89	1,12	1,77	1,76	1,1	1,53

Çizelge 4.11'deki veriler, ürünlerin ana depo da stoklama süresince elde bulundurma maliyetlerini göstermektedir. Ana depo elde bulundurma maliyetleri (TL/adet) için belirlenen veriler excel de normal dağılım kullanılarak üretilmiştir.

Çizelge 4.11 Ana depo stok elde bulundurma maliyetleri (TL/adet)

	Dönem 1	Dönem 2	Dönem 3	Dönem 4	Dönem 5	Dönem 6
Ürün 1	1,98	1,41	1,36	1,87	1,29	1,32
Ürün 2	1,47	1,06	1,45	1,45	1,72	1,17
Ürün 3	1,89	1,64	1,97	1,97	1,34	1,58
Ürün 4	2	1,81	1,69	1,19	1,8	1,03
Ürün 5	1,29	1,9	1,99	1,34	1,44	1,29
Ürün 6	1,07	1,11	1,85	1,88	1,89	1,73

#### 4.4.1.2 Kısıtlar

##### 4.4.1.2.1 İş gücü kısıtı

$$\sum_{n=1}^6 IS_{n,t-1} (Q_{n,t-1} + O_{n,t-1}) + H_t - F_t - \sum_{n=1}^6 IS_{n,t} (Q_{n,t} + O_{n,t}) = 0 \quad (4.29)$$

Eşitlik (4.29)'daki kısıt t. periyottaki işgücü seviyesi; t-1. periyottaki işgücü seviyesi ile yeni işe alımlar ve işten ayrılımların toplamına eşit olmasını ifade ediyor.

Çizelge 4.12'deki veriler, bir adet ürün üretmek için gerekli olan işçilik sürelerini göstermektedir. Planlama dönemine ait bir ürünü üretmek için gerekli olan işçilik süreleri (adam saat/adet) için belirlenen veriler excel de normal dağılım kullanılarak üretilmiştir.

Çizelge 4.12 Planlama dönemine ait bir ürünü üretmek için gerekli olan işçilik süreleri  
(adam saat/adet)

	Dönem 1	Dönem 2	Dönem 3	Dönem 4	Dönem 5	Dönem 6
Ürün 1	0,54	0,37	0,4	0,51	0,05	0,27
Ürün 2	1,62	1,53	1,96	1,98	1,09	1,16
Ürün 3	1,6	1,8	1,53	1,15	1,97	1,48
Ürün 4	2,51	2,29	2,61	2,11	2,01	2,52
Ürün 5	2,07	2,42	2,16	2,19	2,38	2,9
Ürün 6	1,54	1,79	1,02	1,1	1,84	1,34

$$\sum_{n=1}^6 IS_{n,t} (Q_{n,t} + O_{n,t}) \leq \tilde{W}_{t_{\max}} \quad (4.30)$$

Eşitlik (4.30)'daki kısıt fiili işgücü seviyesinin her planlama dönemindeki maksimum elverişli işgücü seviyesinden fazla olamayacağını göstermektedir.

Çizelge 4.13'deki veriler, sistemdeki maksimum işçilik kapasitelerini göstermektedir. Maksimum işçilik kapasiteleri (adam saat) için belirlenen veriler excel de normal dağılım kullanılarak üretilmiştir.



Çizelge 4.13 Maksimum işçilik kapasiteleri (adam saat)

	Dönem 1	Dönem 2	Dönem 3	Dönem 4	Dönem 5	Dönem 6
Maksimum işçilik kapasitesi	300000	300000	300000	300000	300000	300000

#### 4.4.1.2.2 Makine kapasitesi kısıtı

Eşitlik (4.31)'deki kısıt tüm planlama dönemleri için her ürün tipine ait makine kullanım süresinin her planlama dönemindeki maksimum elverişli makine kapasitesini geçemeyeceğini göstermektedir.

$$\sum_{n=1}^6 R_{n,t} (Q_{n,t} + O_{n,t}) \leq MK_{t_{\max}} \quad (4.31)$$

Çizelge 4.14'deki veriler, bir ürünü üretmek için gerekli olan makine sürelerini göstermektedir. Bir ürünü üretmek için gerekli olan makine süreleri (makine saat/adet) belirlenen veriler excel de normal dağılım kullanılarak üretilmiştir.

Çizelge 4.14 Planlama dönemine ait bir ürün üretmek için gerekli olan makine süreleri (makine saat/adet)

	Dönem 1	Dönem 2	Dönem 3	Dönem 4	Dönem 5	Dönem 6
Ürün 1	1,32	1,1	1,29	1,21	1,91	1,78
Ürün 2	1,47	1,07	1,03	1,41	1,12	1,09
Ürün 3	3,98	3,77	3,61	3,94	3,92	3,18
Ürün 4	2,05	2,17	2,74	2,47	2,7	2,5
Ürün 5	1,16	1,96	1,6	1,48	1,49	1,89
Ürün 6	2,52	2,45	2,32	2,25	2,48	1,87

Çizelge 4.15'deki veriler, maksimum makine kapasitelerini göstermektedir. Maksimum makine kapasiteleri (makine saat) için belirlenen veriler excel de normal dağılım kullanılarak üretilmiştir.





$$\sum_{k=1}^3 DMTA_{n,k,t} \leq DS_{n,t} \quad (4.37)$$

Eşitlik (4.37)'deki kısıt tüm müşteriler için ana depo-müşteri arası taşınan ürün miktarı toplamının, ilgili planlama dönemi ve ilgili ürün tipi için ana depo da elde bulunan stok miktarını aşamayacağını göstermektedir.

$$DS_{n,t} = DS_{n,t-1} + FDTA_{n,t} - \sum_{k=1}^3 DMTA_{n,k,t} \quad (4.38)$$

Eşitlik (4.38)'deki kısıt her bir planlama dönemi ve ürün tipi için ana depoda bulunan stok miktarının; tüm müşteriler için ana depo-müşteri arası taşınan ürün miktarı toplamının, bir önceki dönem ana depoda bulunan stok miktarı ile fabrika-ana depo arası taşınan ürün miktarı toplamının farkına eşit olacağını göstermektedir.

$$FS_{n,t} \leq FSK_{n,t} \quad (4.39)$$

Eşitlik (4.39)'daki kısıt her bir planlama zamanı ve ürün tipi için fabrikada bulunan stok miktarının, ilgili ürüne fabrika da izin verilen stok miktarını aşamayacağını göstermektedir.

Çizelge 4.18'deki veriler, fabrika depo da bulundurulabilecek olan maksimum stok miktarını göstermektedir. Fabrika depo da bulundurulabilecek olan maksimum stok miktarları (adet) için belirlenen veriler excel de normal dağılım kullanılarak üretilmiştir.

Çizelge 4.18 Fabrika depoda bulundurulabilecek maksimum stok miktarı (adet)

	Dönem 1	Dönem 2	Dönem 3	Dönem 4	Dönem 5	Dönem 6
Ürün 1	15000	15000	15000	15000	15000	15000
Ürün 2	15000	15000	15000	15000	15000	15000
Ürün 3	15000	15000	15000	15000	15000	15000
Ürün 4	15000	15000	15000	15000	15000	15000
Ürün 5	15000	15000	15000	15000	15000	15000
Ürün 6	15000	15000	15000	15000	15000	15000

#### 4.4.1.2.5 Talep kısıtı

$$\sum_{k=1}^3 DMTA_{n,k,t} \leq \tilde{D}_{n,k,t} \quad (4.40)$$

Eşitlik (4.40)'daki kısıt ana depo-müşteri arasında taşınan ürün miktarının, ilgili müşterinin bulanık talep miktarına eşit olacağını göstermektedir.

Çizelge 4.19'deki veriler, birinci müşterinin bulanıklığı giderilmiş talep miktarlarını göstermektedir. Birinci müşterinin bulanıklığı giderilmiş olan talep miktarları (adet) için belirlenen veriler excel de normal dağılım kullanılarak üretilmiştir.

Çizelge 4.19 Birinci müşterinin bulanıklığı giderilmiş talep miktarları (adet) \*

	Dönem 1	Dönem 2	Dönem 3	Dönem 4	Dönem 5	Dönem 6
Ürün 1	7471	7123	7730	7181	7935	8105
Ürün 2	3682	4354	4006	4407	5138	4382
Ürün 3	6717	7368	7931	7174	6575	6985
Ürün 4	4695	5100	5007	4698	5027	5485
Ürün 5	9135	9754	8035	7932	8787	8677
Ürün 6	7682	8378	8191	8581	7847	8423

Çizelge 4.20'deki veriler, ikinci müşterinin bulanıklığı giderilmiş talep miktarlarını göstermektedir. İkinci müşterinin bulanıklığı giderilmiş olan talep miktarları (adet) için belirlenen veriler excel de normal dağılım kullanılarak üretilmiştir.

Çizelge 4.20 İkinci müşterinin bulanıklığı giderilmiş talep miktarları (adet) \*\*

	Dönem 1	Dönem 2	Dönem 3	Dönem 4	Dönem 5	Dönem 6
Ürün 1	6539	6987	6156	6756	5816	6180
Ürün 2	5070	5439	5969	4767	5132	5889
Ürün 3	3976	3565	3979	3450	3733	3984
Ürün 4	5499	5906	5189	5642	6055	5968
Ürün 5	6137	6228	6197	5995	6585	6903
Ürün 6	4222	4378	4893	4670	4354	3973

\* Çizelge 4.19'deki değerlerin ondalık kısmı yuvarlanmıştır.

\*\* Çizelge 4.20'deki değerlerin ondalık kısmı yuvarlanmıştır.

Çizelge 4.21'deki veriler, üçüncü müşterinin bulanıklığı giderilmiş talep miktarlarını göstermektedir. Üçüncü müşterinin bulanıklığı giderilmiş olan talep miktarları (adet) için belirlenen veriler excel de normal dağılım kullanılarak üretilmiştir.

Çizelge 4.21 Üçüncü müşterinin bulanıklığı giderilmiş talep miktarları (adet)\*

	Dönem 1	Dönem 2	Dönem 3	Dönem 4	Dönem 5	Dönem 6
Ürün 1	3349	3576	3626	3881	4085	4145
Ürün 2	5652	5973	5694	5154	5438	5949
Ürün 3	2276	2582	2478	2700	2904	2567
Ürün 4	4648	4964	5054	4792	4276	4853
Ürün 5	6879	6520	6949	6256	6560	6170
Ürün 6	4890	5927	5464	5860	5595	5897

---

\* Çizelge 4.21'deki değerlerin ondalık kısmı yuvarlanmıştır.

Çizelge 4.22'deki veriler, birinci müşterinin en kötümser, en olası ve en kötümser talep miktarlarını göstermektedir. Birinci müşterinin en kötümser, en olası ve en kötümser talep miktarları (adet) için belirlenen veriler excel de normal dağılım kullanılarak üretilmiştir.

Çizelge 4.22 1. Müşterinin en kötümser ( $D_p$ ), en olası ( $D_m$ ) ve en iyimser ( $D_o$ ) talep miktarları

(adet)		1			2			3			4			5			6	
	$D_p$	$D_m$	$D_o$	$D_p$	$D_m$	$D_o$	$D_p$	$D_m$	$D_o$	$D_p$	$D_m$	$D_o$	$D_p$	$D_m$	$D_o$	$D_p$	$D_m$	$D_o$
Ürün 1	7236	7480	7670	6890	7098	7456	7689	7731	7767	7175	7199	7208	7876	7934	7998	8019	8113	8157
Ürün 2	3456	3690	3875	4234	4331	4567	3976	3999	4063	4376	4456	4562	5100	5134	5189	4356	4378	4423
Ürün 3	6645	6688	6905	7345	7367	7396	7899	7934	7952	7154	7195	7274	6543	6577	6598	6953	6987	7009
Ürün 4	4544	4678	4915	5063	5096	5153	4967	4987	5125	4678	4757	4796	4974	4997	5197	5452	5478	5543
Ürün 5	8956	9124	9356	9677	9765	9789	7955	8032	8124	7899	7965	8095	8654	8793	8895	8543	8694	8741
Ürün 6	7634	7689	7699	8345	8375	8423	8125	8196	8234	8525	8684	8861	7694	7854	7974	8245	8431	8567

Çizelge 4.23'deki veriler, ikinci müşterinin en kötümser, en olası ve en kötümser talep miktarlarını göstermektedir. İkinci müşterinin en kötümser, en olası ve en kötümser talep miktarları (adet) için belirlenen veriler excel de normal dağılım kullanılarak üretilmiştir.

Çizelge 4.23 2. Müşterinin en kötümser ( $D_p$ ), en olası ( $D_m$ ) ve en iyimser ( $D_o$ ) talep miktarları

(adet)		1			2			3			4			5			6	
	$D_p$	$D_m$	$D_o$	$D_p$	$D_m$	$D_o$	$D_p$	$D_m$	$D_o$	$D_p$	$D_m$	$D_o$	$D_p$	$D_m$	$D_o$	$D_p$	$D_m$	$D_o$
Ürün 1	6431	6543	6631	6894	6983	7098	6124	6154	6198	6654	6752	6875	5674	5832	5895	6026	6192	6284
Ürün 2	4981	5076	5134	5345	5432	5562	5875	5981	6014	4632	4785	4829	4984	5134	5272	5851	5891	5916
Ürün 3	3897	3985	4017	3457	3563	3679	3865	3980	4086	3142	3450	3756	4534	3567	3597	3890	3965	4154
Ürün 4	5431	5498	5569	5877	5899	5963	5120	5194	5239	5456	5673	5706	5981	6064	6094	5861	5971	6062
Ürün 5	5951	6154	6254	6145	6234	6288	6174	6194	6234	5971	5985	6056	6563	6587	6599	6874	6899	6945
Ürün 6	4105	4236	4285	4309	4380	4436	4786	4897	4986	4530	4676	4786	4134	4393	4420	3895	3984	4007

Çizelge 4.24'deki veriler, üçüncü müşterinin en kötümser, en olası ve en kötümser talep miktarlarını göstermektedir. Üçüncü müşterinin en kötümser, en olası ve en kötümser talep miktarları (adet) için belirlenen veriler excel de normal dağılım kullanılarak üretilmiştir.

Çizelge 4.24 3. Müşterinin en kötümser ( $D_p$ ), en olası ( $D_m$ ) ve en iyimser ( $D_o$ ) talep miktarları

(adet)		1			2			3			4			5			6	
	$D_p$	$D_m$	$D_o$	$D_p$	$D_m$	$D_o$	$D_p$	$D_m$	$D_o$	$D_p$	$D_m$	$D_o$	$D_p$	$D_m$	$D_o$	$D_p$	$D_m$	$D_o$
Ürün 1	3264	3345	3451	3564	3574	3597	3442	3655	3695	3764	3895	3943	4042	4085	4128	4096	4134	4237
Ürün 2	5438	5672	5787	5876	5988	6010	5677	5690	5725	5112	5156	5187	5322	5455	5488	5890	5951	5997
Ürün 3	2205	2278	2341	2543	2569	2673	2453	2470	2534	2677	2690	2763	2876	2899	2954	2544	2567	2587
Ürün 4	4452	4670	4755	4899	4974	4990	5010	5054	5100	4766	4793	4813	4211	4278	4335	4668	4886	4908
Ürün 5	6745	6884	6990	6454	6523	6576	6890	6951	6998	6134	6265	6340	6455	6577	6599	6054	6143	6395
Ürün 6	4677	4900	5065	5894	5900	6066	5320	5475	5562	5764	5852	5988	5473	5563	5845	5860	5890	5964



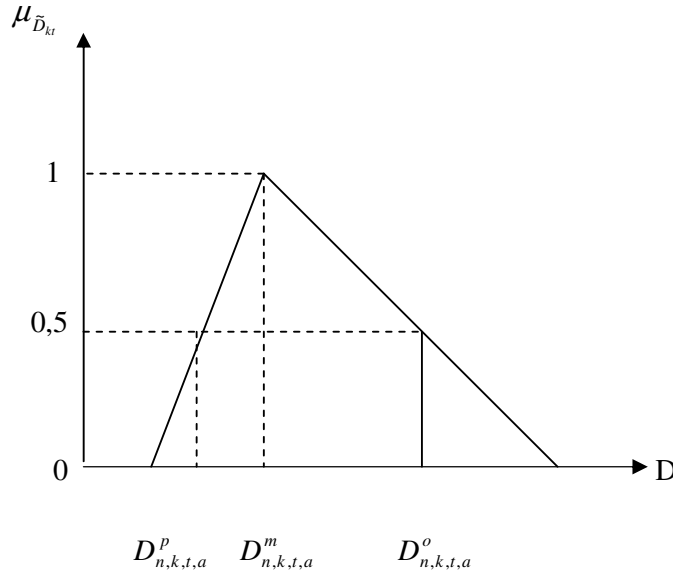
#### 4.4.1.2.6 Negatif olmama kısıtı

$$Q_{n,t}, O_{n,t}, S_{n,t}, H_t, F_t, FDTA_{n,t}, DMTA_{n,k,t}, DS_{n,t}, FS_{n,t}, d_{11}^+, d_{11}^-, d_{12}, d_{12}^- \geq 0 \quad (4.41)$$

Eşitlik (4.41)'deki kısıt ise karar değişkenlerinin negatif değer alamıyacağını göstermektedir.

#### 4.4.2 Bulanık kısıtlardaki bulanıklığın giderilmesi

Bu çalışmada, karar vericinin kesin olmayan talep miktarlarının ( $\tilde{D}_{n,k,t}$ ) ifade edilmesi için üçgensel bulanık sayıları benimsediği varsayılmıştır. Üçgensel bulanık sayıların en önemli avantajı, bulanık aritmetik işlemleri basitleştirmesidir. Şekil 4.3'deki üçgensel bulanık sayı  $\tilde{D}_{n,k,t} = (D_{n,k,t}^p, D_{n,k,t}^m, D_{n,k,t}^o)$ 'nin dağılımı gösterilmiştir. Karar verici uygulamada,  $\tilde{D}_{n,k,t}$ 'nin üçgensel dağılımını, üç önemli veriye dayanarak oluşturabilir:  $\tilde{D}_{n,k,t}$ 'nin alabileceği en kötümser değer ( $D_{n,k,t}^p$ ), en olası değer ( $D_{n,k,t}^m$ ) ve en iyimser değer ( $D_{n,k,t}^o$ ). Şekil 4.3'de  $\tilde{D}_{n,k,t}$  bulanık sayısının üçgensel dağılımı gösterilmiştir.



Şekil 4.3  $\tilde{D}_{n,k,t}$  bulanık sayısının üçgensel dağılımı.

Çalışmada, talep merkezlerinin bulanık talep miktarlarının ( $\tilde{D}_{n,k,t}$ ) kesin değerlere dönüştürülmesinde ağırlıklı ortalama yöntemi kullanılmıştır. Kabul edilebilir en düşük üyelik seviyesi ( $\alpha$ ) verildiğinde, aşağıdaki kısıt için bulanık olmayan eşitlik ifadesi aşağıdaki gibi

olacaktır:

$$\sum_{k=1}^3 DMTA_{n,k,t} = W_1 D_{n,k,t,\alpha}^p + W_2 D_{n,k,t,\alpha}^m + W_3 D_{n,k,t,\alpha}^o \quad (4.42)$$

Yukarıdaki eşitlikte  $W_1$ ,  $W_2$  ve  $W_3$  bulanık talep miktarlarının en kötümser, en olası ve en iyimser değerlerinin ağırlıklarını ifade etmektedir ve aşağıdaki eşitliği sağlayacak şekilde karar vericinin deneyimine ve bilgisine bağlı olarak belirlenen öznel değerlerdir:

$$W_1 + W_2 + W_3 = 1 \quad (4.43)$$

Literatürde bazı çalışmaların bulanık kısıtlardaki bulanıklığın giderilmesinde aynı ağırlıkları ve aynı “ $\alpha$ ” değerini kullandığı görülmektedir (Lai, Hwang, 1992; Wang, Liang, 2004). Bu çalışmada bulanık bir kısıt olan dördüncü kısıt için ağırlıklar ve “ $\alpha$ ” değeri aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

$$W_1 = W_3 = \frac{1}{6} \quad (4.44)$$

$$W_2 = \frac{4}{6} \quad (4.45)$$

$$\alpha = 0,5 \quad (4.46)$$

Talep miktarlarının alabileceği en olası değerler, uç değerlere nazaran daha önemli olduğundan, en fazla ağırlık en olası değere verilmiştir. Öte yandan talep miktarları çok nadir olarak en iyimser ve en kötümser değerleri alacağı için, bu değerlere nispeten az ağırlık verilmiştir.

#### 4.4.3 Eşdeğer doğrusal programlama modelinin türetilmesi

Bulanık çok amaçlı doğrusal programlama probleminin çözümü için oluşturulan eşdeğer doğrusal programlama modelinin türetilişi aşağıdaki gibidir:

**Adım 1:** Her bir amaç fonksiyonu ( $Z_a$ ,  $a = 1, 2$ ) için birkaç amaç fonksiyonu değerine ilişkin üyelik dereceleri  $\mu_{Z_a}$  karar verici tarafından aşağıda gösterildiği şekilde belirlenir.

Çizelge 4.25 Amaç fonksiyonu değerlerine ilişkin üyelik derecelerinin belirlenmesi

$Z_1$	$> X_{10}$	$X_{10}$	$X_{11}$	$X_{12}$	$\dots$	$X_{1P}$	$X_{1,P+1}$	$< X_{1,P+1}$
$\mu_{Z_1}$	<b>0</b>	<b>0</b>	$q_{11}$	$q_{12}$	$\dots$	$q_{1P}$	<b>1</b>	<b>1</b>
$Z_2$	$> X_{20}$	$X_{20}$	$X_{21}$	$X_{22}$	$\dots$	$X_{2P}$	$X_{2,P+1}$	$< X_{2,P+1}$
$\mu_{Z_2}$	<b>0</b>	<b>0</b>	$q_{21}$	$q_{22}$	$\dots$	$q_{2P}$	<b>1</b>	<b>1</b>

$$\text{Not : } 0 \leq q_{ab} \leq 1.0 \quad q_{ab} \leq q_{a,b+1} \quad a=1, 2 \quad (4.47)$$

**Adım 2:** Her bir amaç fonksiyonu için  $(Z_a, \mu_{(Z_a)})$  noktaları kullanılarak, parçalı doğrusal üyelik fonksiyonları çizilir.

**Adım 3:** Üyelik fonksiyonu  $f_a(Z_a)$  ( $a=1, 2$ ) aşağıdaki forma çevrilir.

$$\alpha_{ab} = \frac{|t_{a,b+1}| - |t_{ab}|}{2} \quad (4.48)$$

$$\beta_a = \frac{t_{a,p+1} + t_{a1}}{2} \quad (4.49)$$

$$\gamma_a = \frac{S_{a,p+1} + S_{a1}}{2} \text{ olmak üzere} \quad (4.50)$$

$$\mu_{Z_a} = \sum_{a=1}^P \alpha_{ab} |z_a - X_{ab}| + B_a Z_a + \gamma_a \quad a = 1, 2 \quad (4.51)$$

Burada  $t_{ar}$ ,  $X_{a,r-1}$  ve  $X_{a,r}$  arasında kalan doğru parçasının eğimi,  $S_{gr}$  ise bu doğru parçasının uzantısının y eksenini kestiği nokta olmak üzere, parçalı doğrusal üyelik fonksiyonundaki her  $X_{a,r-1} \leq Z_a \leq X_{a,r}$  doğru parçası için  $f_a(Z_a) = t_{ar}(Z_a) + S_{ar}$  olduğu varsayılmıştır.

**Adım 4:**  $X_{ab}$ , a. amaç fonksiyonunun b. noktadaki değeri olmak üzere, b. noktadaki sapma değişkenleri  $(d_{ab}^-, d_{ab}^+)$  modele dahil edilir.

$$d_{ab}^+ = \begin{cases} z_\alpha - X_{ab} & z_\alpha - x_{ab} \geq 0 \text{ ise} \\ 0 & \text{diğer durumda} \end{cases} \quad (4.52)$$

$$d_{ab}^- = \begin{cases} X_{ab} - z_\alpha & z_\alpha - X_{ab} < 0 \text{ ise} \\ 0 & \text{diğer durumda} \end{cases} \quad (4.53)$$

olarak tanımlandığında,

$$(d_{ab}^+) * (d_{ab}^-) = 0 \quad (4.54)$$

$$z_\alpha - X_{ab} = d_{ab}^+ - d_{ab}^- \quad (4.55)$$

$$|z_\alpha - X_{ab}| = d_{ab}^+ + d_{ab}^- \quad (4.56)$$

eşitlikleri yazılabilir.

Yukarıdaki eşitlikler yerine yazıldığında aşağıdaki şekilde ifade edilebilir;

$$z_\alpha - X_{ab} = d_{ab}^+ - d_{ab}^- \quad (4.57)$$

$$(d_{ab}^+) * (d_{ab}^-) = 0 \quad (4.58)$$

$$d_{ab}^+ \geq 0 \text{ ve } d_{ab}^- \geq 0 \text{ iken,} \quad (4.59)$$

$$\mu_{Z_\alpha} = \sum_{\alpha=1}^{P_\alpha} \alpha_{ab} |d_{ab}^+ - d_{ab}^-| + B_\alpha Z_\alpha + \gamma_\alpha \quad (4.60)$$

Yukarıdaki eşitlikde tüm üyelik fonksiyonlarının  $\mu_{(Z_\alpha)}$  konkav ve parçalı doğrusal olması durumunda eşitlik (4.54) kendiliğinden sağlanmakta ve dolayısıyla böyle bir koşula gerek kalmamaktadır. Başka bir deyişle, orjinal modelde tüm amaçlar ve kısıtlar doğrusal iken tüm üyelik fonksiyonları konkav parçalı doğrusal ise probleme standart formda bir doğrusal programlama modeli çözülerek çözüm bulunabilir (Hu, Fang, 1999).

**Adım 5:** Yardımcı değişken  $L$ 'nin de modele dahil edilmesiyle problem, tüm bulanık kümeleri birleştirmek için minimum operatörü kullanılarak, eşdeğer bir doğrusal programlama problemine dönüştürülür. Buradaki “ $L$ ”, karar vericinin tüm bulanık amaçlara ilişkin toplam tatmin düzeyi olarak tanımlanabilir. Tez kapsamında yapılan uygulama için kurulan modele eşdeğer doğrusal programlama modeli aşağıdaki gibi olacaktır:

Max  $L$

s.t.

$$L \leq \sum_{a=1}^{P_a} \alpha_{ab} |d_{ab}^+ - d_{ab}^-| + B_\alpha Z_\alpha + \gamma_\alpha \quad a = 1, 2 \quad (4.61)$$

$$z_g + d_{ab}^- - d_{ab}^+ = X_{ab} \quad (4.62)$$

$$\sum_{n=1}^6 IS_{n,t-1} (Q_{n,t-1} + O_{n,t-1}) + H_t - F_t - \sum_{n=1}^6 IS_{n,t} (Q_{n,t} + O_{n,t}) = 0 \quad (4.63)$$

$$\sum_{n=1}^6 IS_{n,t} (Q_{n,t} + O_{n,t}) \leq \tilde{W}_{t_{\max}} \quad (4.64)$$

$$\sum_{n=1}^6 R_{n,t} (Q_{n,t} + O_{n,t}) \leq MK_{t_{\max}} \quad (4.65)$$

$$S_{n,t} \leq S_{n,t_{\max}} \quad (4.66)$$

$$FDTA_{n,t} \leq FS_{n,t} \quad (4.67)$$

$$FDTA_{n,t} \leq DSK_{n,t} - DS_{n,t} \quad (4.68)$$

$$FS_{n,t} = FS_{n,t-1} + Q_{n,t} + O_{n,t} + S_{n,t} - FDTA_{n,t} \quad (4.69)$$

$$\sum_{k=1}^3 DMTA_{n,k,t} = \tilde{D}_{n,k,t} \quad (4.70)$$

Dönüşüm;

$$\sum_{k=1}^3 DMTA_{n,k,t} = W_1 D_{n,k,t,\beta}^p + W_2 D_{n,k,t,\beta}^m + W_3 D_{n,k,t,\beta}^o \quad (4.71)$$

$$\sum_{k=1}^3 DMTA_{n,k,t} \leq DS_{n,t} \quad (4.72)$$

$$DS_{n,t} = DS_{n,t-1} + FDTA_{n,t} - \sum_{k=1}^3 DMTA_{n,k,t} \quad (4.73)$$

$$FS_{n,t} \leq FSK_{n,t} \quad (4.74)$$

$$DS_{n,t} \leq DSK_{n,t} \quad (4.75)$$

$$Q_{n,t}, O_{n,t}, S_{n,t}, H_t, F_t, FDTA_{n,t}, DMTA_{n,k,t}, DS_{n,t}, FS_{n,t}, d_{11}^+, d_{11}^-, d_{12}, d_{12}^- \geq 0 \quad (4.76)$$

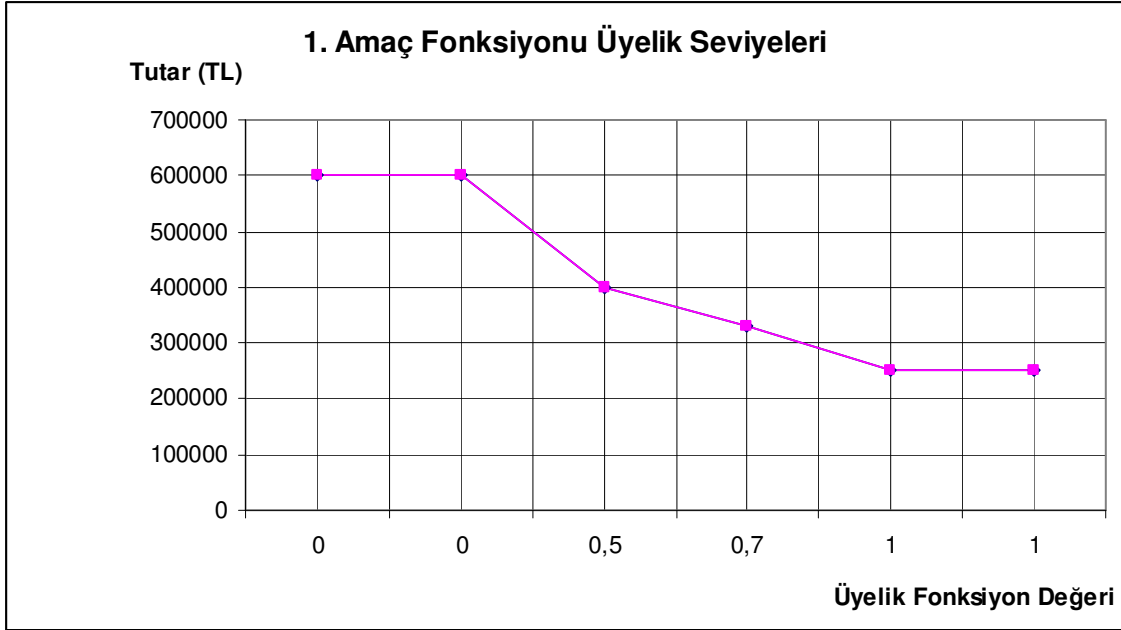
#### 4.4.4 Amaç fonksiyonlarına ilişkin üyelik fonksiyonlarının oluşturulması

Üyelik fonksiyonları oluşturulurken öncelikle her bir amaç fonksiyonu  $Z_a$ ,  $a=(1, 2)$  için birkaç amaç fonksiyonu değerine ilişkin üyelik dereceleri  $\mu_{Z_a}$  belirlenir. Yukarıdaki bölümde modelin amaç fonksiyonları için belirlenen bu değerler ve üyelik dereceleri Çizelge 4.26'da gösterilmiştir.

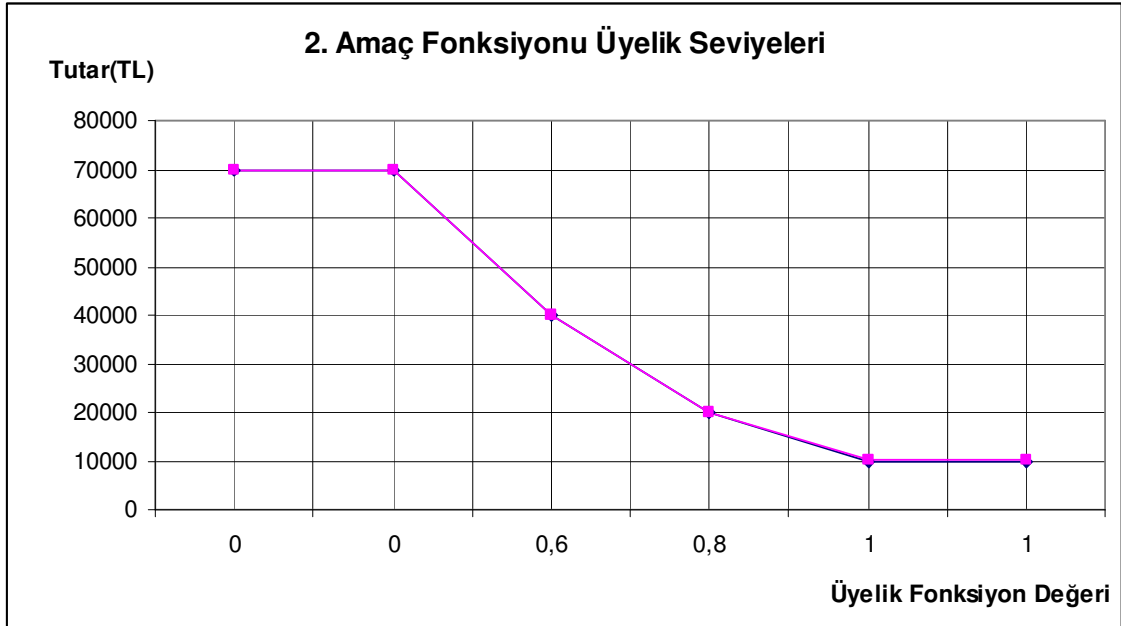
Çizelge 4.26, bulank çok amaçlı doğrusal programlama programının amaç denklemlerine ait üyelik fonksiyonlarını göstermektedir.

Çizelge 4.26 Amaç fonksiyonlarına ait üyelik fonksiyonları için belirlenen değerler

$Z_1$	>600000	600000	400000	330000	250000	<250000
$\mu_{Z_1}$	0	0	0,5	0,7	1	1
$Z_2$	>70000	70000	40000	20000	10000	<10000
$\mu_{Z_2}$	0	0	0,6	0,8	1	1



Şekil 4.4  $\mu_{z_1}$  üyelik fonksiyonu.



Şekil 4.5  $\mu_{z_2}$  üyelik fonksiyonu.

#### 4.4.5 Üyelik fonksiyonları için parçalı doğrusal denklemlerin oluşturulması

Üyelik fonksiyonları için parçalı doğrusal denklemler oluşturulurken Hannan'ın yaklaşımı esas alınmıştır. Hannan, her bir üyelik fonksiyonunu aşağıdaki formda parçalı doğrusal denklemlere çevirerek ifade etmiştir (Hannan, 1981).

$$\mu_{Z_a} = \sum_{a=1}^{P_a} \alpha_{ab} |Z_a - X_{ab}| + B_a Z_a + \gamma_a \quad a=1, 2 \quad (4.77)$$

$$\alpha_{ab} = \frac{|t_{a,b+1}| - |t_{ab}|}{2} \quad (4.78)$$

$$\beta_a = \frac{t_{a,p+1} + t_{a1}}{2} \quad (4.79)$$

$$\gamma_a = \frac{S_{a,p+1} + S_{a1}}{2} \quad (4.80)$$

Burada  $t_{a,r}$ ,  $X_{a,r-1}$  ve  $X_{a,r}$  arasında kalan doğru parçasının eğimi,  $S_{gr}$  ise bu doğru parçasının uzantısının y eksenini kestiği nokta olmak üzere, parçalı doğrusal üyelik fonksiyonundaki her  $X_{a,r-1} \leq Z_a \leq X_{a,r}$  doğru parçası için  $\mu_{Z_g} = t_{ar}(Z_a) + S_{ar}$  olduğu varsayılmıştır (Hannan, 1981). Eşitliklerde, “a” amaç fonksiyonlarını; “ $X_{ab}$ ” a. amaç fonksiyonunun b. noktadaki değerini; “ $P_a$ ” ise amaç fonksiyonu için üyelik derecesi 0 ve 1 arasında olacak şekilde belirlenen nokta sayısını ifade etmektedir. Buradan yola çıkılarak, oluşturulan modelin her iki amaç fonksiyonu için  $\alpha_{ab}$ ,  $\beta_a$  ve  $\gamma_a$  değerleri hesaplanmış, bu değerler kullanılarak amaç fonksiyonlarına ait üyelik fonksiyonları elde edilmiştir. Yapılan işlemler aşağıda gösterilmiştir.

$$t_{11} = \frac{q_{11} - 0}{X_{11} - X_{10}} = \frac{0,5}{400000 - 600000} = -25 * 10^{-7} \quad (4.81)$$

$$t_{12} = \frac{q_{12} - q_{11}}{X_{12} - X_{11}} = \frac{0,7 - 0,5}{330000 - 400000} = -2,85 * 10^{-6} \text{ s} \quad (4.82)$$

$$t_{13} = \frac{1 - q_{12}}{X_{13} - X_{12}} = \frac{1 - 0,7}{250000 - 330000} = -375 * 10^{-8} \quad (4.83)$$

$$\beta_1 = \frac{t_{13} + t_{11}}{2} = \frac{-25 * 10^{-7} - 375 * 10^{-8}}{2} = -312,5 * 10^{-8} \quad (4.84)$$



$$\alpha_{11} = \frac{|t_{12}| - |t_{11}|}{2} = \frac{|-2,85 * 10^{-6}| - |-25 * 10^{-7}|}{2} = 1,75 * 10^{-7} \quad (4.85)$$

$$\alpha_{12} = \frac{|t_{13}| - |t_{12}|}{2} = \frac{|-375 * 10^{-8}| - |-2,85 * 10^{-6}|}{2} = 45 * 10^{-8} \quad (4.86)$$

$$t_{11} = \frac{S_{11} - q_{10}}{0 - X_{10}} = \frac{S_{11} - q_{11}}{0 - X_{11}} \longrightarrow -25 * 10^{-7} = \frac{S_{11} - 0}{0 - 600000} \longrightarrow S_{11} = 1,5 \quad (4.87)$$

$$t_{12} = \frac{S_{12} - q_{11}}{0 - X_{11}} \longrightarrow -2,85 * 10^{-6} = \frac{S_{12} - 0,5}{0 - 400000} \longrightarrow S_{12} = 1,64 \quad (4.88)$$

$$t_{13} = \frac{S_{13} - q_{12}}{0 - X_{12}} \longrightarrow -375 * 10^{-8} = \frac{S_{13} - 0,7}{0 - 330000} \longrightarrow S_{13} = 1,9375 \quad (4.89)$$

$$\gamma_1 = \frac{S_{13} + S_{11}}{2} = \frac{2 + 1,9375}{2} = 1,96875 \quad (4.90)$$

Birinci amaç denkleminin üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$\mu_{Z_1} = \begin{cases} 1 & , Z_1 \leq 250000 \\ 1,9375 - 375 * 10^{-8} Z_1 & , 250000 \leq Z_1 \leq 330000 \\ 1,64 - 2,85 * 10^{-6} Z_1 & , 330000 \leq Z_1 \leq 400000 \\ 1,5 - 25 * 10^{-7} Z_1 & , 400000 \leq Z_1 \leq 600000 \\ 0 & , Z_1 \geq 600000 \end{cases} \quad (4.91)$$

İkinci amaç denklemi için hesaplamalar aşağıdaki gibidir;

$$t_{21} = \frac{q_{21} - 0}{X_{21} - X_{20}} = \frac{0,6}{40000 - 70000} = -2 * 10^{-5} \quad (4.92)$$

$$t_{22} = \frac{q_{22} - q_{21}}{X_{22} - X_{21}} = \frac{0,8 - 0,6}{20000 - 40000} = -1 * 10^{-5} \quad (4.93)$$

$$t_{23} = \frac{q_{23} - q_{22}}{X_{23} - X_{22}} = \frac{1 - 0,8}{10000 - 20000} = -2 * 10^{-5} \quad (4.94)$$

$$\beta_2 = \frac{t_{23} + t_{21}}{2} = \frac{-2 * 10^{-5} - 2 * 10^{-5}}{2} = -2 * 10^{-5} \quad (4.95)$$

$$\alpha_{21} = \frac{|t_{22}| - |t_{21}|}{2} = \frac{|-1 * 10^{-5}| - |-2 * 10^{-5}|}{2} = -5 * 10^{-6} \quad (4.96)$$

$$\alpha_{22} = \frac{|t_{23}| - |t_{22}|}{2} = \frac{|-2 * 10^{-5}| - |-1 * 10^{-5}|}{2} = 5 * 10^{-6} \quad (4.97)$$

$$t_{21} = \frac{S_{21} - q_{20}}{0 - X_{20}} \longrightarrow -2 * 10^{-5} = \frac{S_{21} - 0}{0 - 70000} \longrightarrow S_{21} = 1,4 \quad (4.98)$$

$$t_{23} = \frac{S_{23} - q_{22}}{0 - X_{22}} \longrightarrow -2 * 10^{-5} = \frac{S_{23} - 0,8}{-20000} \longrightarrow S_{23} = 1,2 \quad (4.99)$$

$$\gamma_2 = \frac{S_{23} + S_{21}}{2} = \frac{1,2 + 1,4}{2} = 1,3 \quad (4.100)$$

İkinci amaç denkleminin üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$\mu_{Z_2} = \begin{cases} 1 & , Z_2 \leq 10000 \\ 1,2 - 2 * 10^{-5} Z_2 & , 10000 \leq Z_2 \leq 20000 \\ 1 - 1 * 10^{-5} Z_2 & , 20000 \leq Z_2 \leq 40000 \\ 1,4 - 2 * 10^{-5} Z_2 & , 40000 \leq Z_2 \leq 70000 \\ 0 & , Z_2 \geq 70000 \end{cases} \quad (4.101)$$

#### 4.4.6 Eşdeğer doğrusal programlama modelinin oluşturulması

Sapma değişkenleri  $(d_{11}^+, d_{11}^-, d_{12}^+, d_{12}^-)$  ve yardımcı değişken L'nin modele dahil edilmesi ve tüm bulanık kümeleri birleştirmek için minimum operatörünün kullanılmasıyla, mevcut model eşdeğer bir doğrusal programlama problemine dönüştürülür. Buradaki "L", karar vericinin tüm bulanık amaçlara ilişkin toplam tatmin düzeyi olarak tanımlanabilir

Max L

S.T.

$$L \leq 1,75 * 10^{-7} (d_{11}^+ + d_{11}^-) + 45 * 10^{-8} (d_{12}^+ + d_{12}^-) - 312,5 * 10^{-8} \left\{ \sum_{n=1}^6 \sum_{t=1}^6 (a_{n,t} * Q_{n,t}) + (b_{n,t} * O_{n,t}) + c_{n,t} * S_{n,t} + \sum_{t=1}^6 (k_t * H_t) + m_t * F_t \right\} + 1,96875 \quad (4.102)$$

$$L \leq -5 * 10^{-6} (d_{21}^+ + d_{21}^-) + 5 * 10^{-6} (d_{22}^+ + d_{22}^-) - 2 * 10^{-5} \left\{ \sum_{n=1}^6 \sum_{t=1}^6 FDTM_{n,t} * FDTA_{n,t} + \sum_{n=1}^6 \sum_{k=1}^3 \sum_{t=1}^6 DMTM_{n,k,t} * DMTA_{n,k,t} + \sum_{t=1}^6 DSM_t + \sum_{n=1}^6 \sum_{t=1}^6 DEBM_{n,t} * DS_{n,t} + \sum_{t=1}^6 FSM_t + \sum_{n=1}^6 \sum_{t=1}^6 FEBM_{n,t} * FS_{n,t} \right\} + 1,3 \quad (4.103)$$

$$\sum_{n=1}^6 \sum_{t=1}^6 (a_{n,t} * Q_{n,t} + b_{n,t} * O_{n,t} + c_{n,t} * S_{n,t}) + \sum_{t=1}^6 (k_t * H_t + m_t * F_t) - d_{11}^+ + d_{11}^- = 400000 \quad (4.104)$$

$$\sum_{n=1}^6 \sum_{t=1}^6 (a_{n,t} * Q_{n,t} + b_{n,t} * O_{n,t} + c_{n,t} * S_{n,t}) + \sum_{t=1}^6 (k_t * H_t + m_t * F_t) - d_{12}^+ + d_{12}^- = 330000 \quad (4.105)$$

$$\sum_{n=1}^6 \sum_{t=1}^6 FDTM_{n,t} * FDTA_{n,t} + \sum_{n=1}^6 \sum_{k=1}^3 \sum_{t=1}^6 DMTM_{n,k,t} * DMTA_{n,k,t} + \sum_{t=1}^6 DSM_t + \sum_{n=1}^6 \sum_{t=1}^6 DEBM_{n,t} * DS_{n,t} + \sum_{t=1}^6 FSM_t + \sum_{n=1}^6 \sum_{t=1}^6 FEBM_{n,t} * FS_{n,t} - d_{21}^+ + d_{21}^- = 180000 \quad (4.106)$$

$$\sum_{n=1}^6 \sum_{t=1}^6 FDTM_{n,t} * FDTA_{n,t} + \sum_{n=1}^6 \sum_{k=1}^3 \sum_{t=1}^6 DMTM_{n,k,t} * DMTA_{n,k,t} + \sum_{t=1}^6 DSM_t + \sum_{n=1}^6 \sum_{t=1}^6 DEBM_{n,t} * DS_{n,t} + \sum_{t=1}^6 FSM_t + \sum_{n=1}^6 \sum_{t=1}^6 FEBM_{n,t} * FS_{n,t} - d_{22}^+ + d_{22}^- = 140000 \quad (4.107)$$

$$\sum_{n=1}^6 IS_{n,t-1} (Q_{n,t-1} + O_{n,t-1}) + H_t - F_t - \sum_{n=1}^6 IS_{n,t} (Q_{n,t} + O_{n,t}) = 0 \quad (4.108)$$

$$\sum_{n=1}^6 IS_{n,t} (Q_{n,t} + O_{n,t}) \leq \tilde{W}_{t_{\max}} \quad (4.109)$$

$$\sum_{n=1}^6 R_{n,t} (Q_{n,t} + O_{n,t}) \leq MK_{t_{\max}} \quad (4.110)$$

$$S_{n,t} \leq S_{n,t_{\max}} \quad (4.111)$$

$$FDTA_{n,t} \leq FS_{n,t} \quad (4.112)$$

$$FDTA_{n,t} \leq DSK_{n,t} - DS_{n,t} \quad (4.113)$$

$$FS_{n,t} = FS_{n,t-1} + Q_{n,t} + O_{n,t} + S_{n,t} - FDTA_{n,t} \quad (4.114)$$

$$\sum_{k=1}^3 DMTA_{n,k,t} \leq \tilde{D}_{n,k,t} \quad (4.115)$$

Dönüşüm;

$$\sum_{k=1}^3 DMTA_{n,k,t} = W_1 D_{n,k,t,\beta}^p + W_2 D_{n,k,t,\beta}^m + W_3 D_{n,k,t,\beta}^o \quad (4.116)$$

$$\sum_{k=1}^3 DMTA_{n,k,t} \leq DS_{n,t} \quad (4.117)$$

$$DS_{n,t} = DS_{n,t-1} + FDTA_{n,t} - \sum_{k=1}^3 DMTA_{n,k,t} \quad (4.118)$$

$$FS_{n,t} \leq FSK_{n,t} \quad (4.119)$$

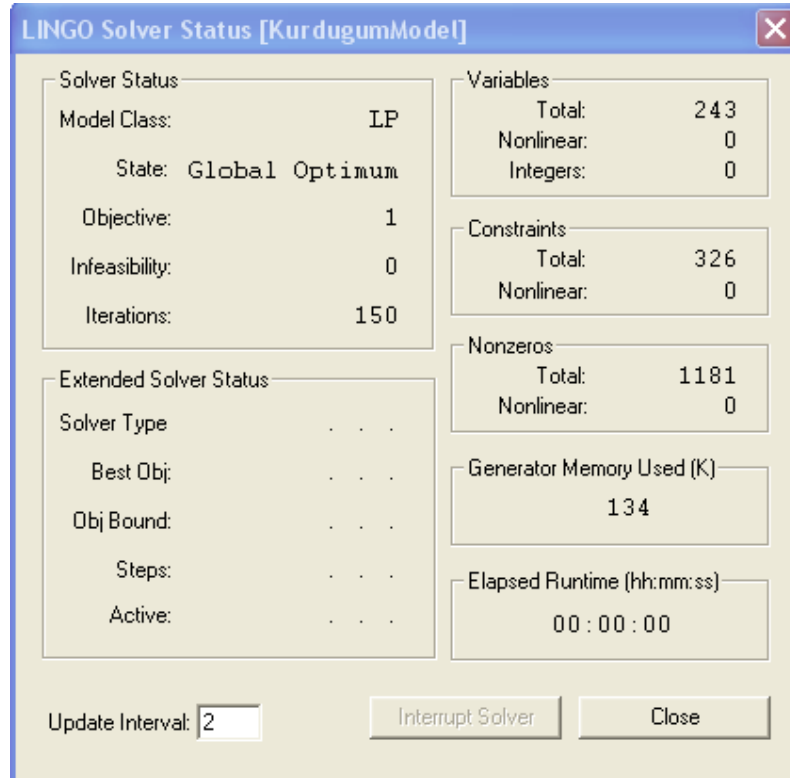
$$DS_{n,t} \leq DSK_{n,t} \quad (4.120)$$

$$Q_{n,t}, O_{n,t}, S_{n,t}, H_t, F_t, FDTA_{n,t}, DMTA_{n,k,t}, DS_{n,t}, FS_{n,t}, d_{11}^+, d_{11}^-, d_{12}, d_{12}^- \geq 0 \quad (4.121)$$

#### 4.4.7 Modelin çözümü ve değerlendirmeler

Bölüm 4.4.6'daki model, LINGO 8.0 programı ile çözülmüş ve çözüm durumu global optimum olarak elde edilmiştir. Modelin çözüm çıktılarında üretim maliyeti 491549,6 TL, ürün maliyeti 484950,9 TL ve işçilik maliyeti 6598,682 TL, fabrika-ana depo arası toplam taşımaların maliyeti 268350,7 TL, ana depo-müşteriler arası toplam taşıma maliyeti 1564301 TL, sabit ve depolama maliyetleri 3162936 TL olarak bulunmuştur. Toplam lojistik maliyet; fabrika-ana depo arası toplam taşıma maliyeti, ana depo-müşteriler arası toplam taşıma maliyeti, sabit ve depolama maliyetlerinin toplamından oluşmaktadır. Toplam lojistik maliyet 4995588 TL olarak bulunmuştur. Sistemin toplam maliyeti ise 5487137,6 TL olarak bulunmuştur.

Kurulan model de amaç fonksiyonu L'yi maksimum yapmayı amaçlamaktadır. Elde edilen sonuçlar, karar vericinin isteğini %100 düzeyinde karşıladığı görülmektedir. Kurulan modelin çözülmesi sonucu elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir;



Şekil 4.6 Kurulan modelin lingo çözüm durumu.

Global optimal solution found at iteration: 150  
Objective value: 1.000000

Variable	Value	Reduced Cost
L	1.000000	0.000000
D11A	1367497.	0.000000
D11B	1459047.	0.000000
D12A	0.000000	0.000000
D12B	161549.6	0.000000
URETIMMALIYETI	491549.6	0.000000
D21A	0.000000	0.000000
D21B	4955588.	0.000000
D22A	4955588.	0.000000
D22B	9931176.	0.000000
LOJISTIKMALIYET	4995588.	0.000000
URUNMALIYETI	484950.9	0.000000
ISCILIKMALIYET	6598.682	0.000000
FABRIKADEPOTASIMAMALIYET	268350.7	0.000000
DEPOMUSTERITASIMAMALIYET	1564301.	0.000000
SABITVEDEPOLAMAMALIYET	3162936.	0.000000
K( T1)	1.250000	0.000000
K( T2)	1.250000	0.000000
K( T3)	1.250000	0.000000
K( T4)	1.250000	0.000000
K( T5)	1.250000	0.000000
K( T6)	1.250000	0.000000
M( T1)	0.4500000	0.000000
M( T2)	0.4500000	0.000000
M( T3)	0.4500000	0.000000
M( T4)	0.4500000	0.000000
M( T5)	0.4500000	0.000000

Şekil 4.7 Modelin lingo çözüm raporu.

Çizelge 4.27, kurulan bulanık çok amaçlı doğrusal programlama modelinin çözümü sonucu normal mesai zamanında üretimi gerçekleştirilen ürün miktarlarını (adet) göstermektedir.

Çizelge 4.27 Normal mesai zamanında üretim miktarları\*

(adet)	Dönem 1	Dönem 2	Dönem 3	Dönem 4	Dönem 5	Dönem 6
Ürün 1	9695	14149	0	0	26250	0
Ürün 2	0	0	0	0	0	30000
Ürün 3	0	0	0	0	5528	0
Ürün 4	7620	8351	0	0	0	0
Ürün 5	12129	10374	18749	15000	0	0
Ürün 6	0	0	8791	15104	20251	0

\* Çizelge 4.27'deki verilerin ondalık kısımları yuvarlanmıştır.

Çizelge 4.28, kurulan bulanık çok amaçlı doğrusal programlama modelinin çözümü sonucu elde edilen dönem sonu ana depo stok miktarlarını (adet) göstermektedir.

Çizelge 4.28 Dönem sonu ana depo stok miktarları\*

(adet)	Dönem 1	Dönem 2	Dönem 3	Dönem 4	Dönem 5	Dönem 6
Ürün 1	80000	71157	61145	47077	44241	33311
Ürün 2	80000	64234	48565	34237	18529	17309
Ürün 3	80000	66485	52097	38773	28325	16171
Ürün 4	80000	72015	60758	47622	33262	17455
Ürün 5	80000	68749	62568	57385	42953	24953
Ürün 6	80000	61317	47165	37803	35007	24214

Çizelge 4.29, kurulan bulanık çok amaçlı doğrusal programlama modelinin çözümü sonucu elde edilen dönem sonu fabrika stok miktarlarını (adet) göstermektedir.

Çizelge 4.29 Dönem sonu fabrika stok miktarları\*\*

(adet)	Dönem 1	Dönem 2	Dönem 3	Dönem 4	Dönem 5	Dönem 6
Ürün 1	9695	15000	7500	3750	15000	7500
Ürün 2	0	0	0	0	0	15000
Ürün 3	0	0	0	0	2764	1382
Ürün 4	7620	7985	3993	1997	999	500
Ürün 5	12129	11251	15000	15000	7500	3750
Ürün 6	0	0	4396	9750	15000	7500

Çizelge 4.30, kurulan bulanık çok amaçlı doğrusal programlama modelinin çözümü sonucu elde edilen dönem sonu fabrika – ana depo taşınan stok miktarlarını (adet) göstermektedir.

\* Çizelge 4.28'deki değerlerin ondalık kısmı yuvarlanmıştır.

\*\* Çizelge 4.29'deki değerlerin ondalık kısmı yuvarlanmıştır.

Çizelge 4.30 Fabrika-ana depo taşınan stok miktarları\*

(adet)	Dönem 1	Dönem 2	Dönem 3	Dönem 4	Dönem 5	Dönem 6
Ürün 1	0	8843	7500	3750	15000	7500
Ürün 2	0	0	0	0	0	15000
Ürün 3	0	0	0	0	2764	1382
Ürün 4	0	7985	3993	1997	999	500
Ürün 5	0	11251	15000	15000	7500	3750
Ürün 6	0	0	4396	9750	15000	7500

Çizelge 4.31, kurulan bulanık çok amaçlı doğrusal programlama modelinin çözümü sonucu elde edilen dönem sonu ana depodan birinci müşteriye taşınan stok miktarlarını (adet) göstermektedir.

Çizelge 4.31 Ana depodan 1. müşteriye taşınan miktarlar\*\*

(adet)	Dönem 1	Dönem 2	Dönem 3	Dönem 4	Dönem 5	Dönem 6
Ürün 1	7471	7123	7730	7181	7935	8105
Ürün 2	3682	4354	4006	4407	5138	4382
Ürün 3	6717	7368	7931	7174	6575	6985
Ürün 4	4695	5100	5007	4698	5027	5485
Ürün 5	9135	9754	8035	7932	8787	8677
Ürün 6	7682	8378	8191	8581	7847	8423

Çizelge 4.32, kurulan bulanık çok amaçlı doğrusal programlama modelinin çözümü sonucu elde edilen dönem sonu ana depodan ikinci müşteriye taşınan stok miktarlarını (adet) göstermektedir.

---

\* Çizelge 4.30'daki değerlerin ondalık kısmı yuvarlanmıştır.

\*\* Çizelge 4.31'deki değerlerin ondalık kısmı yuvarlanmıştır.



Çizelge 4.32 Ana depodan 2. müşteriye taşınan miktarlar\*

(adet)	Dönem 1	Dönem 2	Dönem 3	Dönem 4	Dönem 5	Dönem 6
Ürün 1	6539	6987	6156	6756	5816	6180
Ürün 2	5070	5439	5969	4767	5132	5889
Ürün 3	3976	3565	3979	3450	3733	3984
Ürün 4	5499	5906	5189	5642	6055	5968
Ürün 5	6137	6228	6197	5995	6585	6903
Ürün 6	4222	4378	4893	4670	4354	3973

Çizelge 4.33, kurulan bulanık çok amaçlı doğrusal programlama modelinin çözümü sonucu elde edilen dönem sonu ana depodan üçüncü müşteriye taşınan stok miktarlarını (adet) göstermektedir.

Çizelge 4.33 Ana depodan 3. müşteriye taşınan miktarlar\*\*

(adet)	Dönem 1	Dönem 2	Dönem 3	Dönem 4	Dönem 5	Dönem 6
Ürün 1	3349	3576	3626	3881	4085	4145
Ürün 2	5652	5973	5694	5154	5438	5949
Ürün 3	2276	2582	2478	2700	2904	2567
Ürün 4	4648	4964	5054	4792	4276	4853
Ürün 5	6879	6520	6949	6256	6560	6170
Ürün 6	4890	5927	5464	5860	5595	5897

Çizelge 4.34, kurulan bulanık çok amaçlı doğrusal programlama modelinin çözümü sonucu işe alınan ve işten çıkarılan işçilik zamanlarını (adam saat) göstermektedir.

Çizelge 4.34 İşe alınan ve işten çıkarılan işçilik zamanları

(adam saat)	Dönem 1	Dönem 2	Dönem 3	Dönem 4	Dönem 5	Dönem 6
Alınan işçi	14664	0	0	0	0	0
Çıkarılan işçi	0	0	0	0	0	14664

\* Çizelge 4.32'deki değerlerin ondalık kısmı yuvarlanmıştır.

\*\* Çizelge 4.33'deki değerlerin ondalık kısmı yuvarlanmıştır.

Modelin çözümü sonucu ürün maliyeti 484.950,90 TL, işçilik maliyeti 6.598,68 TL ve toplam üretim maliyeti (ürün maliyeti+işçilik maliyeti) 491.549,60 TL olarak gerçekleşmiştir. Fabrika-ana depo arası toplam taşımaların maliyeti 268.350,70 TL , ana depo-müşteriler arası toplam taşıma maliyeti 1.564.301,00 TL , sabit ve depolama maliyetleri 3.162.936,00 TL ve toplam lojistik maliyetler (fabrika-ana depo arası toplam taşımaların maliyeti + ana depo-müşteriler arası toplam taşımaların maliyeti + sabit ve depolama maliyetleri) 4.995.588,00 TL olarak gerçekleşmiştir. Toplam maliyet (toplam üretim maliyeti + toplam lojistik maliyetler 5.487.137,60 TL olarak gerçekleşmiştir

Önerilen model ile ulaşılan hedefin belirsiz olduğu unutulmamalıdır. Bilindiği gibi güncel hayatta ilgili veri ve model parametreleri farklılık gösterebilecektir. Önerilen bulanık çok amaçlı doğrusal programlama yaklaşımı, maliyet minimizasyon hedefini sağlayabilmek için karar vericiye bir tatmin derecesi belirler. Model çözümü ile elde edilen L değerinin, yani karar verici tatmin derecesinin, bulanıklaştırdığımız sağ taraf değişkenlerinin değiştirilmesi ile değiştirebiliriz. Bulanık model karar vericiye sağ taraf değişkenlerinin değiştirilmesi ile karar vericinin tatmin derecesinin değiştirilebilmesine olanak tanır. Doğrusal modelde ise güncel hayatta yaşanan belirsizliğin etkilerini göremeyiz. Bu yaklaşımda optimal hedef değerleri, talepler, ilgili makine ve işçilik kıstlarının belirsiz olması nedeni ile güncel hayatta her zaman belirsizlik gösterecektir. Aynı zamanda çözümün karar vericiyi doyurup doyurmadığı doğrusal programlama modellerinde ele alınamaz.

Önerilen yöntem, Hannan'ın bulanık programlama metoduna dayanmaktadır. Bu metot, bulanık kümeleri mantıksal “ve” işlemleri kullanarak birleştiren karar sürecini en uygun şekilde ifade eden operatörün minimum operatörü olduğunu varsaymaktadır. Söz konusu metot ayrıca iki veya daha fazla üyelik fonksiyonunun maksimize edilmesinin en iyi yolunun, minimum üyelik derecesinin maksimizasyonu olduğunu da temel almaktadır. Bulanık çok amaçlı doğrusal programlama yöntemi, genel olarak, karar verici, üyelik fonksiyonlarının optimum değerlerinin yaklaşık olarak eşit olmasını istediğinde veya minimum operatörünün kullanılmasının durumu iyi temsil ettiğini düşündüğünde diğer yöntemlere tercih edilebilir.

## 5. SONUÇ

Hayatın her anında çok çeşitli kararlar vermeye zorlanırız ve bu kararların bir çoğu anlık olarak verilmesi gereken kararlardır. Alınan kararlar da birbirinden bağımsız ve çoğu zaman nicel olarak ölçülemeyen bir çok kısıta bağlıdır. Günümüzde işletme faaliyetlerinin ve işletme dışı unsurların karmaşık bir durum göstermesiyle birlikte, işletme yönetiminde doğru ve etkin kararlar verebilmek güçleşmiştir. İşletmeler de rekabetçi günümüz piyasasında ayakta kalabilmek için doğru kararlar vermelidirler.

Fiili hayatta üretim faaliyetleri belirsizlikler içerisinde faaliyetlerini sürdürürler. Üretim faaliyetleri tamamlandıktan sonra ise ürünün talep merkezine taşınması gereklidir. İşletmeler için tedarik zinciri faaliyetlerinde de belirsizlik gösteren bir çok durum söz konusudur. Tedarik zincirinin faktörleri ve bu faktörlerin arasındaki ilişkilerin insan tarafından yönetilmesi belirsizliklerin başlıca nedenleri arasındadır. Ayrıca sistemi dışarıdan belirsizliğe iten bir çok faktör bulunmaktadır.

Matematiksel programlama modellerinde, incelenen sistemdeki tüm bilgilerin kesin ve tam olması istenmektedir. Bu durumda karar vericilerin kesin bilgilere sahip olma gerekmektedir. Fakat hiç bir zaman kararların alınması için kesin bilgilerin elde edilmesi beklenmez. Kesin bilgilerin elde edilmesi beklendiği taktirde ise alınan kararın geç kalmış ve geçerliliğini yitirmiş bir karar olması ihtimali yüksektir. Karar vericiler gerçek üretim ve tedarik zinciri planlama sistemlerinde birbirleriyle çelişen amaçları, belirsizlik altında maksimum tatmin düzeyini sağlayarak optimize etmek zorundadırlar. Üretim ve tedarik zinciri planlama problemlerinde dışsal faktörlerden kaynaklanan nedenlerden ötürü (ekonomik krizler, tüketici davranışlarını değiştiren akımlar gibi) veya planlama dönemi içerisinde gerekli olan verilere ulaşamamaktan ötürü belirsiz durumlar ortaya çıkar.

Bulanık küme kuramının amacı belirsizlik ifade eden, tanımlanması güç veya anlaması zor olan kavramlara üyelik derecesi atayarak onlara belirlilik getirmektir. Bulanık doğrusal programlama, bulanık küme teorisine dayanan karar verme yaklaşımlarından birisidir. Belirsizlik ve bilgi eksikliğine dayanan bulanık küme teorisi karar almada kullanılmış ve bulanık doğrusal programlamanın gerçek hayatta etkili bir yöntem olduğu görülmüştür. Belirsizlik, amaç fonksiyonu katsayılarında veya sağ taraf sabitlerinde olabilir.

Bu çalışma da, belirsizlik altında faaliyet gösteren bir üretim işletmesinin üretim ve dağıtım faaliyetlerini bulanık çok amaçlı doğrusal programlama modeli kurularak optimize etmek amaçlanmıştır. Altı planlama zamanı için oluşturulan model de üretim maliyetinin, işçilik

maliyetinin ve lojistik maliyetlerin (fabrika-ana depo arası taşıma maliyetleri, ana depo-müşteriler arası taşıma maliyetleri, sabit ve depolama maliyetleri) minimizasyonu hedeflenmiştir. Kurulan model için müşterilerin talepleri ve karar vericinin amaç fonksiyonuna ilişkin tatmin seviyeleri bulanık olarak ele alınmıştır.

Modelin çözümünde, Wang ve Liang tarafından yapılan çalışmada kullanılan, Hannan'ın bulanık amaç programlama yöntemi ile Bellman ve Zadeh'in bulanık karar verme yöntemini birleştiren yöntem esas alınmıştır. Bulanık amaçların ifade edilmesinde parçalı doğrusal üyelik fonksiyonları, bulanık kümelerin birleştirilmesinde ise minimum operatörü kullanılmıştır. Bulanık çok amaçlı model, sapma değişkenlerinin ve bir yardımcı değişkenin modele ilave edilmesiyle, eşdeğer bir doğrusal programlama modeline çevrilebilmiştir. Modelin çözümü ile karar vericinin tatmin düzeyi ve kurulan modelin kısıtları karşılanmıştır. Böylece belirsiz taleplerin gerçekleştiği ortamda üretim ve dağıtım maliyetleri minimize edilerek en etkin stok hareketlerinin, doğru zamanda, doğru yerde gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Çalışma uygulamasının gerçekleştirildiği işletme tüm yatırım faaliyetlerini tamamlamış ve yakın bir zaman da yatırım yapmayı düşünmemektedir.

Gerçekleştirilen bu çalışmanın ardından aynı işletmenin üretim faaliyetlerini gerçekleştirirken bir yanda da makine parkını genişletmek ve dolayısıyla üretimini arttırmak için yatırım sürecinde olduğu kabul edilebilir. Böylece yatırım süreci sonucunda makine parkının genişlemesi ile makine kapasitesi sorunu çözülür, dolayısıyla karşılanamayan talepler karşılanmış olur veya tam tersi durum gerçekleşerek yatırım sonucunda tezgahlar atılabilir. Fakat burada üzerinde durulması gereken asıl konu taleplerin belirsiz olduğudur. İşletme bu nokta da ya yatırım kararı verecek, artabilecek olan talepleri karşılayacak ya da yatırım kararı vermeyerek mevcut kapasite ile belirsiz olan talepleri karşılamaya çalışacaktır. Fakat yatırım kararı verilmediği durum da karşılanmayan talep seviyelerinde artış gözlemlendiği durumda müşteri memnuniyet düzeyi sağlanamamış olacaktır. Bu çalışmanın ardından üretim faaliyetlerini yürüten, fakat bir taraftan da yatırım yapmak isteyen, yatırım sonucunda yapılan yatırımın doğru olup olmadığı incelenebilir.

Modelin çözümünde kullanılan yaklaşım ile görülmektedir ki, bulanık doğrusal programlama modeli esnek bir modeldir. Aynı zamanda bulanık model karar vericiye istediği tatmin seviyesine ulaşabilmesi için alternatifler sunmaktadır. Önerilen metodun gerçek hayattaki problemlere kolay uygulanabildiği ve bu tarz problemler de etkin çözüm üretmek amacıyla kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

**KAYNAKLAR**

- Acar, Nesime, (1996), Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları, M.P.M Yayınları, Ankara.
- Acar, Nesime, (1998), Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları, M.P.M Yayınları, Ankara.
- Atin, M. H., (1999), “Bulanık Lineer Programlama”, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul (yayımlanmamış).
- Barutçugil, İsmet.S, (1988), Üretim Sistemi ve Yönetimi Teknikleri, Uludağ Üniv. Yayınları, Bursa.
- Bellman, R. E. ve Zadeh, L. A., (1970), “Decision making in a fuzzy environment”, Management Science, 17: 141-164.
- Bojadziev, G. ve Bojadziev, M., (1995), “Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, Applications”, World Scientific, London.
- Buckley, J.J., (2003), “Fuzzy Probabilities, New Approach and Applications”, Physica-Verlag, 7., New York.
- Çelik, S.H., (2000), “Bulanık Rastgele Doğrusal Programlama”, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara (yayımlanmamış).
- Çelikçapa, Feray Omdan, (2001), Endüstri İşletmelerinde Üretim Yönetimi ve Teknikleri, Vipaş Yayınları, Bursa.
- Chase, Richart B. ve Nicholas J. Aqilano, F. Robert Jacobs, (2001), Operations Management For Competitive Advantage, The McGraw-Hill Companies, New York.
- Cobb, Clifton F., (2002), “ Fuzzy Logic ”, Alabama Journal of Mathematic, 13, Alabama.
- Demir, M.Hulisi ve Gümüsoğlu, Şevkinaz, (1994), Üretim/İşlemler Yönetimi, Beta Basım Yayım, İstanbul.
- Demir, Hulisi ve Gümüsoğlu, Şevkinaz (1998), Üretim Yönetimi (İşlemler Yönetimi), Beta Yayıncılık, 5. Baskı, 1-8; 61-62;367-407, İstanbul.
- Fuller, R., (1989), “On Stability in Fuzzy Linear Programming Problems, Fuzzy Sets and Systems”, 30:339-344.
- Gullfrida, L. Alfred. ve Rakesh Nagi, (1998), “ Fuzzy Set Theory Applications in Production Management Research A Literature Survey ”, Journal of Intelligent Manufacturing 9:39-56.
- Hannan, E. L., (1981), Linear programming with multiple fuzzy goals, Fuzzy Sets and Systems, 6:235-248.
- Heizer, Jay ve Render, Barry, (2001), Operations Management, Prentice Hall, Sixth Editions, 540-554, 616-622, New Jersey.
- Hu, C.-F. ve Fang, S.-C., (1999), “Solving fuzzy inequalities with piecewise linear membership functions”, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 7 (2): 230-235.
- Kaufmann, A. ve Gupta, M. M., (1988), “Fuzzy Mathematical Models in Engineering and Management Science”, Elsevier Science Publishers B.V., North Holland.

Kobu, Bülent, (1996), Üretim Yönetimi, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Araştırma ve Yardım Vakfı Yayın No: 01, 9:1-44; 405- 438, İstanbul.

Kobu, Bülent, (2003), Üretim Yönetimi, Avcıol Basım Yayın, İstanbul.

Lai, Y. J. ve Hwang, C. L., (1992), “A new approach to some possibilistic linear programming problems”, Fuzzy Sets and Systems, 49: 121-133.

Liang, T. F., (2006), “Distribution planning decisions using interactive fuzzy multi-objective linear programming”, Fuzzy Sets and Systems, 157: 1303-1316.

Öğütü, A.S, (2002), “Bulanık Doğrusal Programlama ve Bir Yem Karışım Problemine Uygulanması”, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 25., Eskişehir (yayımlanmamış).

Özalp, İnan, (1985), İşletmelerde Yönetim Fonksiyonlar ve Organizasyon, Bayteş AŞ. Yayınları, 34-36, Eskişehir.

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

Özkan, M., (2002), “Bulanık Doğrusal Programlama ve Bir Tekstil İşletmesinde Uygulama Denemesi”, Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa (yayımlanmamış).

Özkan, M., (Fall 2002-2003), “Bulanık Hedef Programlama Modeli ve Bir Uygulama Denemesi”, Review of Social, Economic and Business Studies, 2.265-301.

Paksoy, Turan ve Atak, Mehmet, (2003), “Etkileşimli Bulanık Çok Amaçlı Doğrusal Programlama ile Bütünleşik Üretim Planlama”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 15(2):457-466, Ankara.

Russell, S. ve Roberta, Taylor, W., Bernard (1995), “Production and Operations Management Focusing on Quality and Competitiveness”, Prentice-Hall, Inc., 2-7:61-63:546-550, New Jersey.

Şahin, Mehmet, (1984), Yönetimin İşlevleri, İş İdaresi 1. Fasikül, A:Ü.AÖ.F. Yayını, 76, Ankara.

Şen, Z., (2004), Mühendislikte Bulanık(Fuzzy) Mantık ile Modelleme Prensipleri, Su Vakfı Yayınları, 44, İstanbul.

Tekin, Mahmut, (1996), Üretim Yönetimi, Cilt 1, Arı Ofset, 2-36.247-250:264-286, Konya.

Terano T. et al, (1991), Fuzzy Systems Theory and its Applications, Academic Pres Inc., San Diego.

Toramam, Ayhan ve Sıtkı Gözölü, (1984), Üretim Planlama ve Kontrol, 248, İstanbul.

Tuncel, S. Ö., (1997), “Bulanık Doğrusal Programlama”, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara (yayımlanmamış).

Türksay, Orhan, (1995), İktisat Teorisine Giriş, Ankara.

Türkşen, İsmail Burhan, (1985), “Bulanık Kümeler Kuramı ve Uygulamaları”, Yöneylem Araştırması Dergisi, 4(1):1-15.

Uzun, Ç., (1995), “Bulanık Lineer Programlama ve Bir Uygulama”, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul (yayımlanmamış).

Üreten, Sevinç, (2002), Üretim / İşlemler Yönetimi Stratejik Kararlar Ve Karar Modelleri, Gazi Kitabevi, 3:6-23, Ankara.

Üreten, Sevinç, (1998), “Üretim / İşlemler Yönetimi Planlama ve Denetim Kararları, Karar Modelleri ve İyileştirme Yaklaşımları”, Gazi Üniversitesi Yayınları, 234:3-39:173-195, Ankara.

Wang, R.-C. ve Liang, T.-F., (2004), “Application of fuzzy multi-objective linear programming to aggregate production planning”, Computers and Industrial Engineering, 46: 17-41.

Yen, J. ve Langari, R., (1999), Fuzzy Logic, Intelligence, Control and Information, NJ: Prentice Hall.

Yılmaz, Ö.F., (1998), “Bulanık Doğrusal Programlama ile Asgari Ücretin Belirlenmesi”, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara (yayımlanmamış).

Zimmermann, H.-J., (1996), Fuzzy set theory and its applications, 3rd ed., Kluwer Academic Publishers, 62., Boston.

**EKLER**

- Ek 1 Modelin Lingo ile yazılmış versiyonu  
Ek 2 Modelin Lingo ile çözülmüş versiyonu



### Ek 1 Modelin lingo ile yazılmış versiyonu

MODEL:

SETS:

DONEMLER/t1..t6/:K, M, H, F,Wmax, MKmax,DSM,FSM;

MUSTERILER/k1..k3/;;

URUN/n1..n6/;;

URUNDONEM(URUN,DONEMLER):A, B, CC, Q, O, S, Smax,IS, RN, FDTM,  
DEBM,FEBM,DS, FDTA, FS,FSK,DSK;

URUNMUSTERIDONEM(URUN,MUSTERILER,DONEMLER):DMTM, DMTA,D;

SAPMALAR/d11a, d11b, d12a, d12b, d21a, d21b, d22a, d22b/;;

ENDSETS

DATA:

A,B,CC,K,M,D,FDTM,DSM,FSM,DEBM,FEBM,DSK,FSK,DMTM,Wmax,MKmax,Smax,R  
N,IS=@OLE('TezFuzzy.XLS','A','B','CC','K','M','D','FDTM','DSM','FSM','DEBM','FEBM','D  
SK','FSK','DMTM','Wmax','MKmax','Smax','RN','IS');

@OLE('Tezanswer.xls','Q','O','S','DS','FS','FDTA','DMTA','H','F')=Q,O,S,DS,FS,FDTA,DMT  
A,H,F;

ENDDATA

MAX = L;

$L \leq (0.000000175)*(d11a+d11b)+(0.00000045)*(d12a+d12b)-$   
 $(0.000003125*URETIMMALIYETI) + 1.96875;$

$L \leq -(0.000005)*(d21a+d21b)+(0.000005)*(d22a+d22b)-$   
 $(0.0000100*LOJISTIKMALIYET) + 1.3;$

$$0 \leq L;$$

$$L \leq 1;$$

$$\text{URETIMMALIYETI} + d11a - d11b = 400000;$$

$$\text{URETIMMALIYETI} + d12a - d12b = 330000;$$

$$\text{LOJISTIKMALIYET} + d21a - d21b = 40000;$$

$$\text{LOJISTIKMALIYET} + d22a - d22b = 20000;$$

$$\text{URETIMMALIYETI} = \text{URUNMALIYETI} + \text{ISCILIKMALIYET};$$

$$\begin{aligned} \text{URUNMALIYETI} = & @\text{SUM}(\text{URUNDONEM}(n,t):A(n,t)*Q(n,t)) + \\ & @\text{SUM}(\text{URUNDONEM}(n,t):B(n,t)*O(n,t)) + \\ & @\text{SUM}(\text{URUNDONEM}(n,t):CC(n,t)*S(n,t)); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ISCILIKMALIYET} = & @\text{SUM}(\text{DONEMLER}(t):K(t)*H(t)) + \\ & @\text{SUM}(\text{DONEMLER}(t):M(t)*F(t)); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LOJISTIKMALIYET} = & \text{FABRIKADEPOTASIMAMALİYET} + \text{DEPOMUSTERITASI} \\ & \text{MAMALİYET} + \text{SABITVEDEPOLAMAMALİYET}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{FABRIKADEPOTASIMAMALİYET} = & @\text{SUM}(\text{URUNDONEM}(n,t): \\ & \text{FDTM}(n,t)*\text{FDTA}(n,t)); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{DEPOMUSTERITASIMAMALİYET} = & @\text{SUM}(\text{URUNMUSTERIDONEM}(n,k,t): \\ & \text{DMTM}(n,k,t)*\text{DMTA}(n,k,t)); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SABITVEDEPOLAMAMALİYET} = & @\text{SUM}(\text{DONEMLER}(t):\text{DSM}(t)) + \\ & @\text{SUM}(\text{URUNDONEM}(n,t):\text{DEBM}(n,t)*\text{DS}(n,t)) + \\ & @\text{SUM}(\text{DONEMLER}(t):\text{FSM}(t)) + \\ & @\text{SUM}(\text{URUNDONEM}(n,t):\text{FEBM}(n,t)*\text{FS}(n,t)); \end{aligned}$$

!KISITLAR;

!Isçilik kisitlari;

@FOR(URUN(n):

@SUM(URUN(n):IS(n,1)\*(Q(n,1)+O(n,1))+H(1)-F(1)=@SUM(URUN(n):

IS(n,2)\*(Q(n,2)+O(n,2))));

@FOR(DONEMLER(t)|t#NE# 1:

@SUM(URUN(n):IS(n,t-1)\*(Q(n,t-1)+O(n,t-1))+H(t)-F(t)=

@SUM(URUN(n):IS(n,t)\*(Q(n,t)+O(n,t))));

@FOR(DONEMLER(t):

@SUM(URUN(n):IS(n,t)\*(Q(n,t)+O(n,t))<=Wmax(t));

!Makina kapasite kisitlari;

@FOR(DONEMLER(t):

@SUM(URUN(n):RN(n,t)\*(Q(n,t)+O(n,t))<=MKmax(t));

!Fasonda üretilebilecek maksimum ürün sayısı kisiti;

@FOR(DONEMLER(t):

@FOR(URUN(n):

S(n,t)<=Smax(n,t));

!TRANSPORT KISITLARI;

!Fabrika-depo arasi tasinan ürün adetinin ilgili ürünün depodaki stok miktarini gecemeyecegini saglayan kisit;

@FOR(DONEMLER(t):

@FOR(URUN(n):

$$FDTA(n,t) \leq FS(n,t));$$

!Fabirka-depo arasi tasinan ürün adetinin ilgili ürünün depodaki mevcut bosda bulunan stok kapasitesini gecemeyecegini saglayan kisit;

@FOR(DONEMLER(t):

@FOR(URUN(n):

$$FDTA(n,t) \leq DSK(n,t) - DS(n,t));$$

!Fabrika stok kisitlari;

@FOR(URUN(n):

$$FS(n,1) = Q(n,1) + O(n,1) + S(n,1) - FDTA(n,1));$$

@FOR(DONEMLER(t)|t#NE#1:

@FOR(URUN(n):

$$FS(n,t) = FS(n,t-1) + Q(n,t) + O(n,t) + S(n,t) - FDTA(n,t));$$

!Depo stok kisitlari;

@FOR(URUN(n):

$$DS(n,2) = DS(n,1) + FDTA(n,2) - @SUM(MUSTERILER(k):DMTA(n,k,2));$$

@FOR(DONEMLER(t)|t#NE#1:

@FOR(URUN(n):

$$DS(n,t) = DS(n,t-1) + FDTA(n,t) - @SUM(MUSTERILER(k):DMTA(n,k,t));$$

!Depo-Müsteri arasi tasinan toplam ürün adetinin, ilgili üründen depoda bulunan stok miktarini gecemeyecegini saglayan kisit;

@FOR(DONEMLER(t):

@FOR(URUN(n):

$$@SUM(MUSTERILER(k):DMTA(n,k,t)) \leq DS(n,t));$$

!Depo-Müsteri arasi tasinan toplam ürün adetinin her müsteri için gerçekleşen talepten büyük olamayacağını sağlayan kisiti;

@FOR(DONEMLER(t):

@FOR(URUN(n):

@FOR(MUSTERILER(k):

DMTA(n,k,t) <=D(n,k,t)));

!Fabrikadaki stok miktarının fabrikadaki stok kapasitesinden büyük olamayacağını sağlayan kisiti;

@FOR(DONEMLER(t):

@FOR(URUN(n):

FS(n,t) <=FSK(n,t)));

!Depodaki stok miktarının depodaki stok kapasitesinden büyük olamayacağını sağlayan kisiti;

@FOR(DONEMLER(t):

@FOR(URUN(n):

DS(n,t) <=DSK(n,t)));

END

## Ek 2 Modelin lingo ile çözülmüş versiyonu

Global optimal solution found at iteration: 150  
 Objective value: 1.000000

### Export Summary Report

-----  
 Transfer Method: OLE BASED  
 Spreadsheet: Tezanswer.xls

Ranges Specified: 9

Q  
 O  
 S  
 DS  
 FS  
 FDTA  
 DMTA  
 H  
 F

Ranges Found: 9

Range Size Mismatches: 0

Values Transferred: 336

Variable	Value	Reduced Cost
L	1.000000	0.000000
D11A	1367497.	0.000000
D11B	1459047.	0.000000
D12A	0.000000	0.000000
D12B	161549.6	0.000000
URETIMMALIYETI	491549.6	0.000000
D21A	0.000000	0.000000
D21B	4955588.	0.000000
D22A	4955588.	0.000000
D22B	9931176.	0.000000
LOJISTIKMALIYET	4995588.	0.000000
URUNMALIYETI	484950.9	0.000000
ISCILIKMALIYET	6598.682	0.000000
FABRIKADEPOTASIMAMALİYET	268350.7	0.000000
DEPOMUSTERITASIMAMALİYET	1564301.	0.000000
SABITVEDEPOLAMAMALİYET	3162936.	0.000000
K( T1)	1.250000	0.000000
K( T2)	1.250000	0.000000
K( T3)	1.250000	0.000000
K( T4)	1.250000	0.000000
K( T5)	1.250000	0.000000
K( T6)	1.250000	0.000000

M( T1)	0.4500000	0.0000000
M( T2)	0.4500000	0.0000000
M( T3)	0.4500000	0.0000000
M( T4)	0.4500000	0.0000000
M( T5)	0.4500000	0.0000000
M( T6)	0.4500000	0.0000000
H( T1)	0.0000000	0.0000000
H( T2)	0.0000000	0.0000000
H( T3)	0.0000000	0.0000000
H( T4)	0.0000000	0.0000000
H( T5)	0.0000000	0.0000000
H( T6)	0.0000000	0.0000000
F( T1)	0.0000000	0.0000000
F( T2)	0.0000000	0.0000000
F( T3)	0.0000000	0.0000000
F( T4)	0.0000000	0.0000000
F( T5)	0.0000000	0.0000000
F( T6)	14663.74	0.0000000
WMAX( T1)	300000.0	0.0000000
WMAX( T2)	300000.0	0.0000000
WMAX( T3)	300000.0	0.0000000
WMAX( T4)	300000.0	0.0000000
WMAX( T5)	300000.0	0.0000000
WMAX( T6)	300000.0	0.0000000
MKMAX( T1)	200000.0	0.0000000
MKMAX( T2)	200000.0	0.0000000
MKMAX( T3)	200000.0	0.0000000
MKMAX( T4)	200000.0	0.0000000
MKMAX( T5)	200000.0	0.0000000
MKMAX( T6)	200000.0	0.0000000
DSM( T1)	80.00000	0.0000000
DSM( T2)	80.00000	0.0000000
DSM( T3)	80.00000	0.0000000
DSM( T4)	80.00000	0.0000000
DSM( T5)	80.00000	0.0000000
DSM( T6)	80.00000	0.0000000
FSM( T1)	50.00000	0.0000000
FSM( T2)	50.00000	0.0000000
FSM( T3)	50.00000	0.0000000
FSM( T4)	50.00000	0.0000000
FSM( T5)	50.00000	0.0000000
FSM( T6)	50.00000	0.0000000
A( N1, T1)	1.640000	0.0000000
A( N1, T2)	1.360000	0.0000000
A( N1, T3)	2.470000	0.0000000
A( N1, T4)	1.850000	0.0000000
A( N1, T5)	1.810000	0.0000000
A( N1, T6)	2.000000	0.0000000
A( N2, T1)	2.410000	0.0000000
A( N2, T2)	2.260000	0.0000000
A( N2, T3)	2.350000	0.0000000

A( N2, T4)	2.400000	0.000000
A( N2, T5)	2.120000	0.000000
A( N2, T6)	1.800000	0.000000
A( N3, T1)	1.880000	0.000000
A( N3, T2)	1.540000	0.000000
A( N3, T3)	2.380000	0.000000
A( N3, T4)	2.110000	0.000000
A( N3, T5)	2.180000	0.000000
A( N3, T6)	1.870000	0.000000
A( N4, T1)	2.460000	0.000000
A( N4, T2)	2.040000	0.000000
A( N4, T3)	3.710000	0.000000
A( N4, T4)	2.770000	0.000000
A( N4, T5)	2.720000	0.000000
A( N4, T6)	3.000000	0.000000
A( N5, T1)	3.610000	0.000000
A( N5, T2)	3.390000	0.000000
A( N5, T3)	3.530000	0.000000
A( N5, T4)	3.600000	0.000000
A( N5, T5)	3.190000	0.000000
A( N5, T6)	2.700000	0.000000
A( N6, T1)	2.820000	0.000000
A( N6, T2)	2.300000	0.000000
A( N6, T3)	2.570000	0.000000
A( N6, T4)	2.170000	0.000000
A( N6, T5)	2.270000	0.000000
A( N6, T6)	2.810000	0.000000
B( N1, T1)	2.460000	0.000000
B( N1, T2)	2.040000	0.000000
B( N1, T3)	3.705000	0.000000
B( N1, T4)	2.775000	0.000000
B( N1, T5)	2.715000	0.000000
B( N1, T6)	3.000000	0.000000
B( N2, T1)	3.615000	0.000000
B( N2, T2)	3.390000	0.000000
B( N2, T3)	3.525000	0.000000
B( N2, T4)	3.600000	0.000000
B( N2, T5)	3.180000	0.000000
B( N2, T6)	2.700000	0.000000
B( N3, T1)	2.820000	0.000000
B( N3, T2)	2.310000	0.000000
B( N3, T3)	3.570000	0.000000
B( N3, T4)	3.165000	0.000000
B( N3, T5)	3.270000	0.000000
B( N3, T6)	2.805000	0.000000
B( N4, T1)	3.690000	0.000000
B( N4, T2)	3.060000	0.000000
B( N4, T3)	5.565000	0.000000
B( N4, T4)	4.155000	0.000000
B( N4, T5)	4.080000	0.000000
B( N4, T6)	4.500000	0.000000



B( N5, T1)	5.415000	0.000000
B( N5, T2)	5.085000	0.000000
B( N5, T3)	5.295000	0.000000
B( N5, T4)	5.400000	0.000000
B( N5, T5)	4.785000	0.000000
B( N5, T6)	4.050000	0.000000
B( N6, T1)	4.230000	0.000000
B( N6, T2)	3.450000	0.000000
B( N6, T3)	3.855000	0.000000
B( N6, T4)	3.255000	0.000000
B( N6, T5)	3.405000	0.000000
B( N6, T6)	4.215000	0.000000
CC( N1, T1)	2.952000	0.000000
CC( N1, T2)	2.448000	0.000000
CC( N1, T3)	4.446000	0.000000
CC( N1, T4)	3.330000	0.000000
CC( N1, T5)	3.258000	0.000000
CC( N1, T6)	3.600000	0.000000
CC( N2, T1)	4.338000	0.000000
CC( N2, T2)	4.068000	0.000000
CC( N2, T3)	4.230000	0.000000
CC( N2, T4)	4.320000	0.000000
CC( N2, T5)	3.816000	0.000000
CC( N2, T6)	3.240000	0.000000
CC( N3, T1)	3.384000	0.000000
CC( N3, T2)	2.772000	0.000000
CC( N3, T3)	4.284000	0.000000
CC( N3, T4)	3.798000	0.000000
CC( N3, T5)	3.924000	0.000000
CC( N3, T6)	3.366000	0.000000
CC( N4, T1)	4.428000	0.000000
CC( N4, T2)	3.672000	0.000000
CC( N4, T3)	6.678000	0.000000
CC( N4, T4)	4.986000	0.000000
CC( N4, T5)	4.896000	0.000000
CC( N4, T6)	5.400000	0.000000
CC( N5, T1)	6.498000	0.000000
CC( N5, T2)	6.102000	0.000000
CC( N5, T3)	6.354000	0.000000
CC( N5, T4)	6.480000	0.000000
CC( N5, T5)	5.742000	0.000000
CC( N5, T6)	4.860000	0.000000
CC( N6, T1)	5.076000	0.000000
CC( N6, T2)	4.140000	0.000000
CC( N6, T3)	4.626000	0.000000
CC( N6, T4)	3.906000	0.000000
CC( N6, T5)	4.086000	0.000000
CC( N6, T6)	5.058000	0.000000
Q( N1, T1)	9694.407	0.000000
Q( N1, T2)	14148.59	0.000000
Q( N1, T3)	0.000000	0.000000

Q( N1, T4)	0.000000	0.000000
Q( N1, T5)	26250.00	0.000000
Q( N1, T6)	0.000000	0.000000
Q( N2, T1)	0.000000	0.000000
Q( N2, T2)	0.000000	0.000000
Q( N2, T3)	0.000000	0.000000
Q( N2, T4)	0.000000	0.000000
Q( N2, T5)	0.000000	0.000000
Q( N2, T6)	30000.00	0.000000
Q( N3, T1)	0.000000	0.000000
Q( N3, T2)	0.000000	0.000000
Q( N3, T3)	0.000000	0.000000
Q( N3, T4)	0.000000	0.000000
Q( N3, T5)	5527.821	0.000000
Q( N3, T6)	0.000000	0.000000
Q( N4, T1)	7619.021	0.000000
Q( N4, T2)	8350.979	0.000000
Q( N4, T3)	0.000000	0.000000
Q( N4, T4)	0.000000	0.000000
Q( N4, T5)	0.000000	0.000000
Q( N4, T6)	0.000000	0.000000
Q( N5, T1)	12128.03	0.000000
Q( N5, T2)	10373.97	0.000000
Q( N5, T3)	18749.00	0.000000
Q( N5, T4)	15000.00	0.000000
Q( N5, T5)	0.000000	0.000000
Q( N5, T6)	0.000000	0.000000
Q( N6, T1)	0.000000	0.000000
Q( N6, T2)	0.000000	0.000000
Q( N6, T3)	8790.095	0.000000
Q( N6, T4)	15103.40	0.000000
Q( N6, T5)	20250.78	0.000000
Q( N6, T6)	0.000000	0.000000
O( N1, T1)	0.000000	0.000000
O( N1, T2)	0.000000	0.000000
O( N1, T3)	0.000000	0.000000
O( N1, T4)	0.000000	0.000000
O( N1, T5)	0.000000	0.000000
O( N1, T6)	0.000000	0.000000
O( N2, T1)	0.000000	0.000000
O( N2, T2)	0.000000	0.000000
O( N2, T3)	0.000000	0.000000
O( N2, T4)	0.000000	0.000000
O( N2, T5)	0.000000	0.000000
O( N2, T6)	0.000000	0.000000
O( N3, T1)	0.000000	0.000000
O( N3, T2)	0.000000	0.000000
O( N3, T3)	0.000000	0.000000
O( N3, T4)	0.000000	0.000000
O( N3, T5)	0.000000	0.000000
O( N3, T6)	0.000000	0.000000

O( N4, T1)	0.000000	0.000000
O( N4, T2)	0.000000	0.000000
O( N4, T3)	0.000000	0.000000
O( N4, T4)	0.000000	0.000000
O( N4, T5)	0.000000	0.000000
O( N4, T6)	0.000000	0.000000
O( N5, T1)	0.000000	0.000000
O( N5, T2)	0.000000	0.000000
O( N5, T3)	0.000000	0.000000
O( N5, T4)	0.000000	0.000000
O( N5, T5)	0.000000	0.000000
O( N5, T6)	0.000000	0.000000
O( N6, T1)	0.000000	0.000000
O( N6, T2)	0.000000	0.000000
O( N6, T3)	0.000000	0.000000
O( N6, T4)	0.000000	0.000000
O( N6, T5)	0.000000	0.000000
O( N6, T6)	0.000000	0.000000
S( N1, T1)	0.000000	0.000000
S( N1, T2)	0.000000	0.000000
S( N1, T3)	0.000000	0.000000
S( N1, T4)	0.000000	0.000000
S( N1, T5)	0.000000	0.000000
S( N1, T6)	0.000000	0.000000
S( N2, T1)	0.000000	0.000000
S( N2, T2)	0.000000	0.000000
S( N2, T3)	0.000000	0.000000
S( N2, T4)	0.000000	0.000000
S( N2, T5)	0.000000	0.000000
S( N2, T6)	0.000000	0.000000
S( N3, T1)	0.000000	0.000000
S( N3, T2)	0.000000	0.000000
S( N3, T3)	0.000000	0.000000
S( N3, T4)	0.000000	0.000000
S( N3, T5)	0.000000	0.000000
S( N3, T6)	0.000000	0.000000
S( N4, T1)	0.000000	0.000000
S( N4, T2)	0.000000	0.000000
S( N4, T3)	0.000000	0.000000
S( N4, T4)	0.000000	0.000000
S( N4, T5)	0.000000	0.000000
S( N4, T6)	0.000000	0.000000
S( N5, T1)	0.000000	0.000000
S( N5, T2)	0.000000	0.000000
S( N5, T3)	0.000000	0.000000
S( N5, T4)	0.000000	0.000000
S( N5, T5)	0.000000	0.000000
S( N5, T6)	0.000000	0.000000
S( N6, T1)	0.000000	0.000000
S( N6, T2)	0.000000	0.000000
S( N6, T3)	0.000000	0.000000

S( N6, T4)	0.000000	0.000000
S( N6, T5)	0.000000	0.000000
S( N6, T6)	0.000000	0.000000
SMAX( N1, T1)	9000.000	0.000000
SMAX( N1, T2)	9000.000	0.000000
SMAX( N1, T3)	9000.000	0.000000
SMAX( N1, T4)	9000.000	0.000000
SMAX( N1, T5)	9000.000	0.000000
SMAX( N1, T6)	9000.000	0.000000
SMAX( N2, T1)	9000.000	0.000000
SMAX( N2, T2)	9000.000	0.000000
SMAX( N2, T3)	9000.000	0.000000
SMAX( N2, T4)	9000.000	0.000000
SMAX( N2, T5)	9000.000	0.000000
SMAX( N2, T6)	9000.000	0.000000
SMAX( N3, T1)	9000.000	0.000000
SMAX( N3, T2)	9000.000	0.000000
SMAX( N3, T3)	9000.000	0.000000
SMAX( N3, T4)	9000.000	0.000000
SMAX( N3, T5)	9000.000	0.000000
SMAX( N3, T6)	9000.000	0.000000
SMAX( N4, T1)	9000.000	0.000000
SMAX( N4, T2)	9000.000	0.000000
SMAX( N4, T3)	9000.000	0.000000
SMAX( N4, T4)	9000.000	0.000000
SMAX( N4, T5)	9000.000	0.000000
SMAX( N4, T6)	9000.000	0.000000
SMAX( N5, T1)	9000.000	0.000000
SMAX( N5, T2)	9000.000	0.000000
SMAX( N5, T3)	9000.000	0.000000
SMAX( N5, T4)	9000.000	0.000000
SMAX( N5, T5)	9000.000	0.000000
SMAX( N5, T6)	9000.000	0.000000
SMAX( N6, T1)	9000.000	0.000000
SMAX( N6, T2)	9000.000	0.000000
SMAX( N6, T3)	9000.000	0.000000
SMAX( N6, T4)	9000.000	0.000000
SMAX( N6, T5)	9000.000	0.000000
SMAX( N6, T6)	9000.000	0.000000
IS( N1, T1)	0.5400000	0.000000
IS( N1, T2)	0.3700000	0.000000
IS( N1, T3)	0.4000000	0.000000
IS( N1, T4)	0.5100000	0.000000
IS( N1, T5)	0.5000000E-01	0.000000
IS( N1, T6)	0.2700000	0.000000
IS( N2, T1)	1.620000	0.000000
IS( N2, T2)	1.530000	0.000000
IS( N2, T3)	1.960000	0.000000
IS( N2, T4)	1.980000	0.000000
IS( N2, T5)	1.090000	0.000000
IS( N2, T6)	1.160000	0.000000

IS( N3, T1)	1.600000	0.000000
IS( N3, T2)	1.800000	0.000000
IS( N3, T3)	1.530000	0.000000
IS( N3, T4)	1.150000	0.000000
IS( N3, T5)	1.970000	0.000000
IS( N3, T6)	1.480000	0.000000
IS( N4, T1)	2.510000	0.000000
IS( N4, T2)	2.290000	0.000000
IS( N4, T3)	2.610000	0.000000
IS( N4, T4)	2.110000	0.000000
IS( N4, T5)	2.010000	0.000000
IS( N4, T6)	2.520000	0.000000
IS( N5, T1)	2.070000	0.000000
IS( N5, T2)	2.420000	0.000000
IS( N5, T3)	2.160000	0.000000
IS( N5, T4)	2.190000	0.000000
IS( N5, T5)	2.380000	0.000000
IS( N5, T6)	2.900000	0.000000
IS( N6, T1)	1.540000	0.000000
IS( N6, T2)	1.790000	0.000000
IS( N6, T3)	1.020000	0.000000
IS( N6, T4)	1.100000	0.000000
IS( N6, T5)	1.840000	0.000000
IS( N6, T6)	1.340000	0.000000
RN( N1, T1)	1.320000	0.000000
RN( N1, T2)	1.100000	0.000000
RN( N1, T3)	1.290000	0.000000
RN( N1, T4)	1.210000	0.000000
RN( N1, T5)	1.910000	0.000000
RN( N1, T6)	1.780000	0.000000
RN( N2, T1)	1.470000	0.000000
RN( N2, T2)	1.070000	0.000000
RN( N2, T3)	1.030000	0.000000
RN( N2, T4)	1.410000	0.000000
RN( N2, T5)	1.120000	0.000000
RN( N2, T6)	1.090000	0.000000
RN( N3, T1)	3.980000	0.000000
RN( N3, T2)	3.770000	0.000000
RN( N3, T3)	3.610000	0.000000
RN( N3, T4)	3.940000	0.000000
RN( N3, T5)	3.920000	0.000000
RN( N3, T6)	3.180000	0.000000
RN( N4, T1)	2.050000	0.000000
RN( N4, T2)	2.170000	0.000000
RN( N4, T3)	2.740000	0.000000
RN( N4, T4)	2.470000	0.000000
RN( N4, T5)	2.700000	0.000000
RN( N4, T6)	2.500000	0.000000
RN( N5, T1)	1.160000	0.000000
RN( N5, T2)	1.960000	0.000000
RN( N5, T3)	1.600000	0.000000

RN( N5, T4)	1.480000	0.000000
RN( N5, T5)	1.490000	0.000000
RN( N5, T6)	1.890000	0.000000
RN( N6, T1)	2.520000	0.000000
RN( N6, T2)	2.450000	0.000000
RN( N6, T3)	2.320000	0.000000
RN( N6, T4)	2.250000	0.000000
RN( N6, T5)	2.480000	0.000000
RN( N6, T6)	1.870000	0.000000
FDTM( N1, T1)	1.120000	0.000000
FDTM( N1, T2)	1.950000	0.000000
FDTM( N1, T3)	1.910000	0.000000
FDTM( N1, T4)	1.600000	0.000000
FDTM( N1, T5)	1.200000	0.000000
FDTM( N1, T6)	1.770000	0.000000
FDTM( N2, T1)	1.680000	0.000000
FDTM( N2, T2)	1.700000	0.000000
FDTM( N2, T3)	1.870000	0.000000
FDTM( N2, T4)	1.580000	0.000000
FDTM( N2, T5)	1.850000	0.000000
FDTM( N2, T6)	1.430000	0.000000
FDTM( N3, T1)	1.690000	0.000000
FDTM( N3, T2)	1.420000	0.000000
FDTM( N3, T3)	1.140000	0.000000
FDTM( N3, T4)	1.910000	0.000000
FDTM( N3, T5)	1.060000	0.000000
FDTM( N3, T6)	1.800000	0.000000
FDTM( N4, T1)	1.810000	0.000000
FDTM( N4, T2)	1.530000	0.000000
FDTM( N4, T3)	1.850000	0.000000
FDTM( N4, T4)	1.400000	0.000000
FDTM( N4, T5)	1.470000	0.000000
FDTM( N4, T6)	1.740000	0.000000
FDTM( N5, T1)	1.270000	0.000000
FDTM( N5, T2)	1.210000	0.000000
FDTM( N5, T3)	1.990000	0.000000
FDTM( N5, T4)	1.840000	0.000000
FDTM( N5, T5)	1.320000	0.000000
FDTM( N5, T6)	1.220000	0.000000
FDTM( N6, T1)	1.890000	0.000000
FDTM( N6, T2)	1.550000	0.000000
FDTM( N6, T3)	1.440000	0.000000
FDTM( N6, T4)	1.940000	0.000000
FDTM( N6, T5)	1.480000	0.000000
FDTM( N6, T6)	1.990000	0.000000
DEBM( N1, T1)	1.980000	0.000000
DEBM( N1, T2)	1.410000	0.000000
DEBM( N1, T3)	1.360000	0.000000
DEBM( N1, T4)	1.870000	0.000000
DEBM( N1, T5)	1.290000	0.000000
DEBM( N1, T6)	1.320000	0.000000

DEBM( N2, T1)	1.470000	0.000000
DEBM( N2, T2)	1.060000	0.000000
DEBM( N2, T3)	1.450000	0.000000
DEBM( N2, T4)	1.450000	0.000000
DEBM( N2, T5)	1.720000	0.000000
DEBM( N2, T6)	1.170000	0.000000
DEBM( N3, T1)	1.890000	0.000000
DEBM( N3, T2)	1.640000	0.000000
DEBM( N3, T3)	1.970000	0.000000
DEBM( N3, T4)	1.970000	0.000000
DEBM( N3, T5)	1.340000	0.000000
DEBM( N3, T6)	1.580000	0.000000
DEBM( N4, T1)	2.000000	0.000000
DEBM( N4, T2)	1.810000	0.000000
DEBM( N4, T3)	1.690000	0.000000
DEBM( N4, T4)	1.190000	0.000000
DEBM( N4, T5)	1.800000	0.000000
DEBM( N4, T6)	1.030000	0.000000
DEBM( N5, T1)	1.290000	0.000000
DEBM( N5, T2)	1.900000	0.000000
DEBM( N5, T3)	1.990000	0.000000
DEBM( N5, T4)	1.340000	0.000000
DEBM( N5, T5)	1.440000	0.000000
DEBM( N5, T6)	1.290000	0.000000
DEBM( N6, T1)	1.070000	0.000000
DEBM( N6, T2)	1.110000	0.000000
DEBM( N6, T3)	1.850000	0.000000
DEBM( N6, T4)	1.880000	0.000000
DEBM( N6, T5)	1.890000	0.000000
DEBM( N6, T6)	1.730000	0.000000
FEBM( N1, T1)	1.700000	0.000000
FEBM( N1, T2)	1.030000	0.000000
FEBM( N1, T3)	1.390000	0.000000
FEBM( N1, T4)	1.090000	0.000000
FEBM( N1, T5)	1.700000	0.000000
FEBM( N1, T6)	1.040000	0.000000
FEBM( N2, T1)	1.020000	0.000000
FEBM( N2, T2)	1.160000	0.000000
FEBM( N2, T3)	1.200000	0.000000
FEBM( N2, T4)	1.870000	0.000000
FEBM( N2, T5)	1.470000	0.000000
FEBM( N2, T6)	1.950000	0.000000
FEBM( N3, T1)	1.880000	0.000000
FEBM( N3, T2)	1.350000	0.000000
FEBM( N3, T3)	1.140000	0.000000
FEBM( N3, T4)	1.610000	0.000000
FEBM( N3, T5)	1.230000	0.000000
FEBM( N3, T6)	1.410000	0.000000
FEBM( N4, T1)	1.200000	0.000000
FEBM( N4, T2)	1.550000	0.000000
FEBM( N4, T3)	1.390000	0.000000

FEBM( N4, T4)	1.820000	0.000000
FEBM( N4, T5)	1.400000	0.000000
FEBM( N4, T6)	1.610000	0.000000
FEBM( N5, T1)	1.570000	0.000000
FEBM( N5, T2)	1.620000	0.000000
FEBM( N5, T3)	1.540000	0.000000
FEBM( N5, T4)	1.290000	0.000000
FEBM( N5, T5)	1.340000	0.000000
FEBM( N5, T6)	1.010000	0.000000
FEBM( N6, T1)	1.890000	0.000000
FEBM( N6, T2)	1.120000	0.000000
FEBM( N6, T3)	1.770000	0.000000
FEBM( N6, T4)	1.760000	0.000000
FEBM( N6, T5)	1.100000	0.000000
FEBM( N6, T6)	1.530000	0.000000
DS( N1, T1)	80000.00	0.000000
DS( N1, T2)	71157.00	0.000000
DS( N1, T3)	61145.00	0.000000
DS( N1, T4)	47077.00	0.000000
DS( N1, T5)	44241.00	0.000000
DS( N1, T6)	33311.00	0.000000
DS( N2, T1)	80000.00	0.000000
DS( N2, T2)	64234.00	0.000000
DS( N2, T3)	48565.00	0.000000
DS( N2, T4)	34237.00	0.000000
DS( N2, T5)	18529.00	0.000000
DS( N2, T6)	17309.00	0.000000
DS( N3, T1)	80000.00	0.000000
DS( N3, T2)	66485.00	0.000000
DS( N3, T3)	52097.00	0.000000
DS( N3, T4)	38773.00	0.000000
DS( N3, T5)	28324.91	0.000000
DS( N3, T6)	16170.87	0.000000
DS( N4, T1)	80000.00	0.000000
DS( N4, T2)	72015.00	0.000000
DS( N4, T3)	60757.50	0.000000
DS( N4, T4)	47621.75	0.000000
DS( N4, T5)	33261.88	0.000000
DS( N4, T6)	17454.94	0.000000
DS( N5, T1)	80000.00	0.000000
DS( N5, T2)	68749.00	0.000000
DS( N5, T3)	62568.00	0.000000
DS( N5, T4)	57385.00	0.000000
DS( N5, T5)	42953.00	0.000000
DS( N5, T6)	24953.00	0.000000
DS( N6, T1)	80000.00	0.000000
DS( N6, T2)	61317.00	0.000000
DS( N6, T3)	47164.05	0.000000
DS( N6, T4)	37802.27	0.000000
DS( N6, T5)	35006.27	0.000000
DS( N6, T6)	24213.27	0.000000



FDTA( N1, T1)	0.000000	0.000000
FDTA( N1, T2)	8843.000	0.000000
FDTA( N1, T3)	7500.000	0.000000
FDTA( N1, T4)	3750.000	0.000000
FDTA( N1, T5)	15000.00	0.000000
FDTA( N1, T6)	7500.000	0.000000
FDTA( N2, T1)	0.000000	0.000000
FDTA( N2, T2)	0.000000	0.000000
FDTA( N2, T3)	0.000000	0.000000
FDTA( N2, T4)	0.000000	0.000000
FDTA( N2, T5)	0.000000	0.000000
FDTA( N2, T6)	15000.00	0.000000
FDTA( N3, T1)	0.000000	0.000000
FDTA( N3, T2)	0.000000	0.000000
FDTA( N3, T3)	0.000000	0.000000
FDTA( N3, T4)	0.000000	0.000000
FDTA( N3, T5)	2763.910	0.000000
FDTA( N3, T6)	1381.955	0.000000
FDTA( N4, T1)	0.000000	0.000000
FDTA( N4, T2)	7985.000	0.000000
FDTA( N4, T3)	3992.500	0.000000
FDTA( N4, T4)	1996.250	0.000000
FDTA( N4, T5)	998.1250	0.000000
FDTA( N4, T6)	499.0625	0.000000
FDTA( N5, T1)	0.000000	0.000000
FDTA( N5, T2)	11251.00	0.000000
FDTA( N5, T3)	15000.00	0.000000
FDTA( N5, T4)	15000.00	0.000000
FDTA( N5, T5)	7500.000	0.000000
FDTA( N5, T6)	3750.000	0.000000
FDTA( N6, T1)	0.000000	0.000000
FDTA( N6, T2)	0.000000	0.000000
FDTA( N6, T3)	4395.048	0.000000
FDTA( N6, T4)	9749.223	0.000000
FDTA( N6, T5)	15000.00	0.000000
FDTA( N6, T6)	7500.000	0.000000
FS( N1, T1)	9694.407	0.000000
FS( N1, T2)	15000.00	0.000000
FS( N1, T3)	7500.000	0.000000
FS( N1, T4)	3750.000	0.000000
FS( N1, T5)	15000.00	0.000000
FS( N1, T6)	7500.000	0.000000
FS( N2, T1)	0.000000	0.000000
FS( N2, T2)	0.000000	0.000000
FS( N2, T3)	0.000000	0.000000
FS( N2, T4)	0.000000	0.000000
FS( N2, T5)	0.000000	0.000000
FS( N2, T6)	15000.00	0.000000
FS( N3, T1)	0.000000	0.000000
FS( N3, T2)	0.000000	0.000000
FS( N3, T3)	0.000000	0.000000

FS( N3, T4)	0.000000	0.000000
FS( N3, T5)	2763.910	0.000000
FS( N3, T6)	1381.955	0.000000
FS( N4, T1)	7619.021	0.000000
FS( N4, T2)	7985.000	0.000000
FS( N4, T3)	3992.500	0.000000
FS( N4, T4)	1996.250	0.000000
FS( N4, T5)	998.1250	0.000000
FS( N4, T6)	499.0625	0.000000
FS( N5, T1)	12128.03	0.000000
FS( N5, T2)	11251.00	0.000000
FS( N5, T3)	15000.00	0.000000
FS( N5, T4)	15000.00	0.000000
FS( N5, T5)	7500.000	0.000000
FS( N5, T6)	3750.000	0.000000
FS( N6, T1)	0.000000	0.000000
FS( N6, T2)	0.000000	0.000000
FS( N6, T3)	4395.048	0.000000
FS( N6, T4)	9749.223	0.000000
FS( N6, T5)	15000.00	0.000000
FS( N6, T6)	7500.000	0.000000
FSK( N1, T1)	15000.00	0.000000
FSK( N1, T2)	15000.00	0.000000
FSK( N1, T3)	15000.00	0.000000
FSK( N1, T4)	15000.00	0.000000
FSK( N1, T5)	15000.00	0.000000
FSK( N1, T6)	15000.00	0.000000
FSK( N2, T1)	15000.00	0.000000
FSK( N2, T2)	15000.00	0.000000
FSK( N2, T3)	15000.00	0.000000
FSK( N2, T4)	15000.00	0.000000
FSK( N2, T5)	15000.00	0.000000
FSK( N2, T6)	15000.00	0.000000
FSK( N3, T1)	15000.00	0.000000
FSK( N3, T2)	15000.00	0.000000
FSK( N3, T3)	15000.00	0.000000
FSK( N3, T4)	15000.00	0.000000
FSK( N3, T5)	15000.00	0.000000
FSK( N3, T6)	15000.00	0.000000
FSK( N4, T1)	15000.00	0.000000
FSK( N4, T2)	15000.00	0.000000
FSK( N4, T3)	15000.00	0.000000
FSK( N4, T4)	15000.00	0.000000
FSK( N4, T5)	15000.00	0.000000
FSK( N4, T6)	15000.00	0.000000
FSK( N5, T1)	15000.00	0.000000
FSK( N5, T2)	15000.00	0.000000
FSK( N5, T3)	15000.00	0.000000
FSK( N5, T4)	15000.00	0.000000
FSK( N5, T5)	15000.00	0.000000
FSK( N5, T6)	15000.00	0.000000

FSK( N6, T1)	15000.00	0.000000
FSK( N6, T2)	15000.00	0.000000
FSK( N6, T3)	15000.00	0.000000
FSK( N6, T4)	15000.00	0.000000
FSK( N6, T5)	15000.00	0.000000
FSK( N6, T6)	15000.00	0.000000
DSK( N1, T1)	80000.00	0.000000
DSK( N1, T2)	80000.00	0.000000
DSK( N1, T3)	80000.00	0.000000
DSK( N1, T4)	80000.00	0.000000
DSK( N1, T5)	80000.00	0.000000
DSK( N1, T6)	80000.00	0.000000
DSK( N2, T1)	80000.00	0.000000
DSK( N2, T2)	80000.00	0.000000
DSK( N2, T3)	80000.00	0.000000
DSK( N2, T4)	80000.00	0.000000
DSK( N2, T5)	80000.00	0.000000
DSK( N2, T6)	80000.00	0.000000
DSK( N3, T1)	80000.00	0.000000
DSK( N3, T2)	80000.00	0.000000
DSK( N3, T3)	80000.00	0.000000
DSK( N3, T4)	80000.00	0.000000
DSK( N3, T5)	80000.00	0.000000
DSK( N3, T6)	80000.00	0.000000
DSK( N4, T1)	80000.00	0.000000
DSK( N4, T2)	80000.00	0.000000
DSK( N4, T3)	80000.00	0.000000
DSK( N4, T4)	80000.00	0.000000
DSK( N4, T5)	80000.00	0.000000
DSK( N4, T6)	80000.00	0.000000
DSK( N5, T1)	80000.00	0.000000
DSK( N5, T2)	80000.00	0.000000
DSK( N5, T3)	80000.00	0.000000
DSK( N5, T4)	80000.00	0.000000
DSK( N5, T5)	80000.00	0.000000
DSK( N5, T6)	80000.00	0.000000
DSK( N6, T1)	80000.00	0.000000
DSK( N6, T2)	80000.00	0.000000
DSK( N6, T3)	80000.00	0.000000
DSK( N6, T4)	80000.00	0.000000
DSK( N6, T5)	80000.00	0.000000
DSK( N6, T6)	80000.00	0.000000
DMTM( N1, K1, T1)	1.750000	0.000000
DMTM( N1, K1, T2)	1.640000	0.000000
DMTM( N1, K1, T3)	1.140000	0.000000
DMTM( N1, K1, T4)	1.150000	0.000000
DMTM( N1, K1, T5)	1.430000	0.000000
DMTM( N1, K1, T6)	1.590000	0.000000
DMTM( N1, K2, T1)	1.670000	0.000000
DMTM( N1, K2, T2)	1.300000	0.000000
DMTM( N1, K2, T3)	1.300000	0.000000

DMTM( N1, K2, T4)	1.600000	0.000000
DMTM( N1, K2, T5)	1.940000	0.000000
DMTM( N1, K2, T6)	1.280000	0.000000
DMTM( N1, K3, T1)	1.500000	0.000000
DMTM( N1, K3, T2)	1.650000	0.000000
DMTM( N1, K3, T3)	1.130000	0.000000
DMTM( N1, K3, T4)	1.110000	0.000000
DMTM( N1, K3, T5)	1.230000	0.000000
DMTM( N1, K3, T6)	1.670000	0.000000
DMTM( N2, K1, T1)	1.870000	0.000000
DMTM( N2, K1, T2)	1.880000	0.000000
DMTM( N2, K1, T3)	1.250000	0.000000
DMTM( N2, K1, T4)	1.480000	0.000000
DMTM( N2, K1, T5)	1.850000	0.000000
DMTM( N2, K1, T6)	1.110000	0.000000
DMTM( N2, K2, T1)	1.150000	0.000000
DMTM( N2, K2, T2)	1.120000	0.000000
DMTM( N2, K2, T3)	1.120000	0.000000
DMTM( N2, K2, T4)	1.400000	0.000000
DMTM( N2, K2, T5)	1.700000	0.000000
DMTM( N2, K2, T6)	1.260000	0.000000
DMTM( N2, K3, T1)	1.910000	0.000000
DMTM( N2, K3, T2)	1.390000	0.000000
DMTM( N2, K3, T3)	1.170000	0.000000
DMTM( N2, K3, T4)	1.150000	0.000000
DMTM( N2, K3, T5)	1.170000	0.000000
DMTM( N2, K3, T6)	1.180000	0.000000
DMTM( N3, K1, T1)	2.180000	0.000000
DMTM( N3, K1, T2)	2.620000	0.000000
DMTM( N3, K1, T3)	2.400000	0.000000
DMTM( N3, K1, T4)	2.260000	0.000000
DMTM( N3, K1, T5)	2.470000	0.000000
DMTM( N3, K1, T6)	2.820000	0.000000
DMTM( N3, K2, T1)	2.160000	0.000000
DMTM( N3, K2, T2)	2.250000	0.000000
DMTM( N3, K2, T3)	2.690000	0.000000
DMTM( N3, K2, T4)	2.810000	0.000000
DMTM( N3, K2, T5)	2.600000	0.000000
DMTM( N3, K2, T6)	2.220000	0.000000
DMTM( N3, K3, T1)	2.470000	0.000000
DMTM( N3, K3, T2)	2.150000	0.000000
DMTM( N3, K3, T3)	2.250000	0.000000
DMTM( N3, K3, T4)	2.930000	0.000000
DMTM( N3, K3, T5)	2.300000	0.000000
DMTM( N3, K3, T6)	2.790000	0.000000
DMTM( N4, K1, T1)	2.200000	0.000000
DMTM( N4, K1, T2)	2.610000	0.000000
DMTM( N4, K1, T3)	2.470000	0.000000
DMTM( N4, K1, T4)	2.960000	0.000000
DMTM( N4, K1, T5)	2.910000	0.000000
DMTM( N4, K1, T6)	2.460000	0.000000

DMTM( N4, K2, T1)	2.690000	0.000000
DMTM( N4, K2, T2)	2.890000	0.000000
DMTM( N4, K2, T3)	2.580000	0.000000
DMTM( N4, K2, T4)	2.820000	0.000000
DMTM( N4, K2, T5)	2.880000	0.000000
DMTM( N4, K2, T6)	2.240000	0.000000
DMTM( N4, K3, T1)	2.710000	0.000000
DMTM( N4, K3, T2)	2.260000	0.000000
DMTM( N4, K3, T3)	2.280000	0.000000
DMTM( N4, K3, T4)	2.250000	0.000000
DMTM( N4, K3, T5)	2.720000	0.000000
DMTM( N4, K3, T6)	2.630000	0.000000
DMTM( N5, K1, T1)	3.760000	0.000000
DMTM( N5, K1, T2)	3.900000	0.000000
DMTM( N5, K1, T3)	3.270000	0.000000
DMTM( N5, K1, T4)	3.990000	0.000000
DMTM( N5, K1, T5)	3.380000	0.000000
DMTM( N5, K1, T6)	3.360000	0.000000
DMTM( N5, K2, T1)	3.730000	0.000000
DMTM( N5, K2, T2)	3.270000	0.000000
DMTM( N5, K2, T3)	3.570000	0.000000
DMTM( N5, K2, T4)	3.330000	0.000000
DMTM( N5, K2, T5)	3.590000	0.000000
DMTM( N5, K2, T6)	3.300000	0.000000
DMTM( N5, K3, T1)	3.930000	0.000000
DMTM( N5, K3, T2)	3.140000	0.000000
DMTM( N5, K3, T3)	3.180000	0.000000
DMTM( N5, K3, T4)	3.350000	0.000000
DMTM( N5, K3, T5)	3.830000	0.000000
DMTM( N5, K3, T6)	3.280000	0.000000
DMTM( N6, K1, T1)	3.320000	0.000000
DMTM( N6, K1, T2)	3.610000	0.000000
DMTM( N6, K1, T3)	3.530000	0.000000
DMTM( N6, K1, T4)	3.320000	0.000000
DMTM( N6, K1, T5)	3.940000	0.000000
DMTM( N6, K1, T6)	3.740000	0.000000
DMTM( N6, K2, T1)	3.730000	0.000000
DMTM( N6, K2, T2)	3.920000	0.000000
DMTM( N6, K2, T3)	3.210000	0.000000
DMTM( N6, K2, T4)	3.890000	0.000000
DMTM( N6, K2, T5)	3.560000	0.000000
DMTM( N6, K2, T6)	3.840000	0.000000
DMTM( N6, K3, T1)	3.390000	0.000000
DMTM( N6, K3, T2)	3.000000	0.000000
DMTM( N6, K3, T3)	3.390000	0.000000
DMTM( N6, K3, T4)	3.430000	0.000000
DMTM( N6, K3, T5)	3.390000	0.000000
DMTM( N6, K3, T6)	3.370000	0.000000
DMTA( N1, K1, T1)	7471.000	0.000000
DMTA( N1, K1, T2)	7123.000	0.000000

DMTA( N1, K1, T3)	7730.000	0.000000
DMTA( N1, K1, T4)	7181.000	0.000000
DMTA( N1, K1, T5)	7935.000	0.000000
DMTA( N1, K1, T6)	8105.000	0.000000
DMTA( N1, K2, T1)	6539.000	0.000000
DMTA( N1, K2, T2)	6987.000	0.000000
DMTA( N1, K2, T3)	6156.000	0.000000
DMTA( N1, K2, T4)	6756.000	0.000000
DMTA( N1, K2, T5)	5816.000	0.000000
DMTA( N1, K2, T6)	6180.000	0.000000
DMTA( N1, K3, T1)	3349.000	0.000000
DMTA( N1, K3, T2)	3576.000	0.000000
DMTA( N1, K3, T3)	3626.000	0.000000
DMTA( N1, K3, T4)	3881.000	0.000000
DMTA( N1, K3, T5)	4085.000	0.000000
DMTA( N1, K3, T6)	4145.000	0.000000
DMTA( N2, K1, T1)	3682.000	0.000000
DMTA( N2, K1, T2)	4354.000	0.000000
DMTA( N2, K1, T3)	4006.000	0.000000
DMTA( N2, K1, T4)	4407.000	0.000000
DMTA( N2, K1, T5)	5138.000	0.000000
DMTA( N2, K1, T6)	4382.000	0.000000
DMTA( N2, K2, T1)	5070.000	0.000000
DMTA( N2, K2, T2)	5439.000	0.000000
DMTA( N2, K2, T3)	5969.000	0.000000
DMTA( N2, K2, T4)	4767.000	0.000000
DMTA( N2, K2, T5)	5132.000	0.000000
DMTA( N2, K2, T6)	5889.000	0.000000
DMTA( N2, K3, T1)	5652.000	0.000000
DMTA( N2, K3, T2)	5973.000	0.000000
DMTA( N2, K3, T3)	5694.000	0.000000
DMTA( N2, K3, T4)	5154.000	0.000000
DMTA( N2, K3, T5)	5438.000	0.000000
DMTA( N2, K3, T6)	5949.000	0.000000
DMTA( N3, K1, T1)	6717.000	0.000000
DMTA( N3, K1, T2)	7368.000	0.000000
DMTA( N3, K1, T3)	7931.000	0.000000
DMTA( N3, K1, T4)	7174.000	0.000000
DMTA( N3, K1, T5)	6575.000	0.000000
DMTA( N3, K1, T6)	6985.000	0.000000
DMTA( N3, K2, T1)	3976.000	0.000000
DMTA( N3, K2, T2)	3565.000	0.000000
DMTA( N3, K2, T3)	3979.000	0.000000
DMTA( N3, K2, T4)	3450.000	0.000000
DMTA( N3, K2, T5)	3733.000	0.000000
DMTA( N3, K2, T6)	3984.000	0.000000
DMTA( N3, K3, T1)	2276.000	0.000000
DMTA( N3, K3, T2)	2582.000	0.000000
DMTA( N3, K3, T3)	2478.000	0.000000
DMTA( N3, K3, T4)	2700.000	0.000000
DMTA( N3, K3, T5)	2904.000	0.000000

DMTA( N3, K3, T6)	2567.000	0.000000
DMTA( N4, K1, T1)	4695.000	0.000000
DMTA( N4, K1, T2)	5100.000	0.000000
DMTA( N4, K1, T3)	5007.000	0.000000
DMTA( N4, K1, T4)	4698.000	0.000000
DMTA( N4, K1, T5)	5027.000	0.000000
DMTA( N4, K1, T6)	5485.000	0.000000
DMTA( N4, K2, T1)	5499.000	0.000000
DMTA( N4, K2, T2)	5906.000	0.000000
DMTA( N4, K2, T3)	5189.000	0.000000
DMTA( N4, K2, T4)	5642.000	0.000000
DMTA( N4, K2, T5)	6055.000	0.000000
DMTA( N4, K2, T6)	5968.000	0.000000
DMTA( N4, K3, T1)	4648.000	0.000000
DMTA( N4, K3, T2)	4964.000	0.000000
DMTA( N4, K3, T3)	5054.000	0.000000
DMTA( N4, K3, T4)	4792.000	0.000000
DMTA( N4, K3, T5)	4276.000	0.000000
DMTA( N4, K3, T6)	4853.000	0.000000
DMTA( N5, K1, T1)	9135.000	0.000000
DMTA( N5, K1, T2)	9754.000	0.000000
DMTA( N5, K1, T3)	8035.000	0.000000
DMTA( N5, K1, T4)	7932.000	0.000000
DMTA( N5, K1, T5)	8787.000	0.000000
DMTA( N5, K1, T6)	8677.000	0.000000
DMTA( N5, K2, T1)	6137.000	0.000000
DMTA( N5, K2, T2)	6228.000	0.000000
DMTA( N5, K2, T3)	6197.000	0.000000
DMTA( N5, K2, T4)	5995.000	0.000000
DMTA( N5, K2, T5)	6585.000	0.000000
DMTA( N5, K2, T6)	6903.000	0.000000
DMTA( N5, K3, T1)	6879.000	0.000000
DMTA( N5, K3, T2)	6520.000	0.000000
DMTA( N5, K3, T3)	6949.000	0.000000
DMTA( N5, K3, T4)	6256.000	0.000000
DMTA( N5, K3, T5)	6560.000	0.000000
DMTA( N5, K3, T6)	6170.000	0.000000
DMTA( N6, K1, T1)	7682.000	0.000000
DMTA( N6, K1, T2)	8378.000	0.000000
DMTA( N6, K1, T3)	8191.000	0.000000
DMTA( N6, K1, T4)	8581.000	0.000000
DMTA( N6, K1, T5)	7847.000	0.000000
DMTA( N6, K1, T6)	8423.000	0.000000
DMTA( N6, K2, T1)	4222.000	0.000000
DMTA( N6, K2, T2)	4378.000	0.000000
DMTA( N6, K2, T3)	4893.000	0.000000
DMTA( N6, K2, T4)	4670.000	0.000000
DMTA( N6, K2, T5)	4354.000	0.000000
DMTA( N6, K2, T6)	3973.000	0.000000
DMTA( N6, K3, T1)	4890.000	0.000000
DMTA( N6, K3, T2)	5927.000	0.000000

DMTA( N6, K3, T3)	5464.000	0.000000
DMTA( N6, K3, T4)	5860.000	0.000000
DMTA( N6, K3, T5)	5595.000	0.000000
DMTA( N6, K3, T6)	5897.000	0.000000
D( N1, K1, T1)	7471.000	0.000000
D( N1, K1, T2)	7123.000	0.000000
D( N1, K1, T3)	7730.000	0.000000
D( N1, K1, T4)	7181.000	0.000000
D( N1, K1, T5)	7935.000	0.000000
D( N1, K1, T6)	8105.000	0.000000
D( N1, K2, T1)	6539.000	0.000000
D( N1, K2, T2)	6987.000	0.000000
D( N1, K2, T3)	6156.000	0.000000
D( N1, K2, T4)	6756.000	0.000000
D( N1, K2, T5)	5816.000	0.000000
D( N1, K2, T6)	6180.000	0.000000
D( N1, K3, T1)	3349.000	0.000000
D( N1, K3, T2)	3576.000	0.000000
D( N1, K3, T3)	3626.000	0.000000
D( N1, K3, T4)	3881.000	0.000000
D( N1, K3, T5)	4085.000	0.000000
D( N1, K3, T6)	4145.000	0.000000
D( N2, K1, T1)	3682.000	0.000000
D( N2, K1, T2)	4354.000	0.000000
D( N2, K1, T3)	4006.000	0.000000
D( N2, K1, T4)	4407.000	0.000000
D( N2, K1, T5)	5138.000	0.000000
D( N2, K1, T6)	4382.000	0.000000
D( N2, K2, T1)	5070.000	0.000000
D( N2, K2, T2)	5439.000	0.000000
D( N2, K2, T3)	5969.000	0.000000
D( N2, K2, T4)	4767.000	0.000000
D( N2, K2, T5)	5132.000	0.000000
D( N2, K2, T6)	5889.000	0.000000
D( N2, K3, T1)	5652.000	0.000000
D( N2, K3, T2)	5973.000	0.000000
D( N2, K3, T3)	5694.000	0.000000
D( N2, K3, T4)	5154.000	0.000000
D( N2, K3, T5)	5438.000	0.000000
D( N2, K3, T6)	5949.000	0.000000
D( N3, K1, T1)	6717.000	0.000000
D( N3, K1, T2)	7368.000	0.000000
D( N3, K1, T3)	7931.000	0.000000
D( N3, K1, T4)	7174.000	0.000000
D( N3, K1, T5)	6575.000	0.000000
D( N3, K1, T6)	6985.000	0.000000
D( N3, K2, T1)	3976.000	0.000000
D( N3, K2, T2)	3565.000	0.000000
D( N3, K2, T3)	3979.000	0.000000
D( N3, K2, T4)	3450.000	0.000000
D( N3, K2, T5)	3733.000	0.000000



D( N3, K2, T6)	3984.000	0.000000
D( N3, K3, T1)	2276.000	0.000000
D( N3, K3, T2)	2582.000	0.000000
D( N3, K3, T3)	2478.000	0.000000
D( N3, K3, T4)	2700.000	0.000000
D( N3, K3, T5)	2904.000	0.000000
D( N3, K3, T6)	2567.000	0.000000
D( N4, K1, T1)	4695.000	0.000000
D( N4, K1, T2)	5100.000	0.000000
D( N4, K1, T3)	5007.000	0.000000
D( N4, K1, T4)	4698.000	0.000000
D( N4, K1, T5)	5027.000	0.000000
D( N4, K1, T6)	5485.000	0.000000
D( N4, K2, T1)	5499.000	0.000000
D( N4, K2, T2)	5906.000	0.000000
D( N4, K2, T3)	5189.000	0.000000
D( N4, K2, T4)	5642.000	0.000000
D( N4, K2, T5)	6055.000	0.000000
D( N4, K2, T6)	5968.000	0.000000
D( N4, K3, T1)	4648.000	0.000000
D( N4, K3, T2)	4964.000	0.000000
D( N4, K3, T3)	5054.000	0.000000
D( N4, K3, T4)	4792.000	0.000000
D( N4, K3, T5)	4276.000	0.000000
D( N4, K3, T6)	4853.000	0.000000
D( N5, K1, T1)	9135.000	0.000000
D( N5, K1, T2)	9754.000	0.000000
D( N5, K1, T3)	8035.000	0.000000
D( N5, K1, T4)	7932.000	0.000000
D( N5, K1, T5)	8787.000	0.000000
D( N5, K1, T6)	8677.000	0.000000
D( N5, K2, T1)	6137.000	0.000000
D( N5, K2, T2)	6228.000	0.000000
D( N5, K2, T3)	6197.000	0.000000
D( N5, K2, T4)	5995.000	0.000000
D( N5, K2, T5)	6585.000	0.000000
D( N5, K2, T6)	6903.000	0.000000
D( N5, K3, T1)	6879.000	0.000000
D( N5, K3, T2)	6520.000	0.000000
D( N5, K3, T3)	6949.000	0.000000
D( N5, K3, T4)	6256.000	0.000000
D( N5, K3, T5)	6560.000	0.000000
D( N5, K3, T6)	6170.000	0.000000
D( N6, K1, T1)	7682.000	0.000000
D( N6, K1, T2)	8378.000	0.000000
D( N6, K1, T3)	8191.000	0.000000
D( N6, K1, T4)	8581.000	0.000000
D( N6, K1, T5)	7847.000	0.000000
D( N6, K1, T6)	8423.000	0.000000
D( N6, K2, T1)	4222.000	0.000000
D( N6, K2, T2)	4378.000	0.000000

D( N6, K2, T3)	4893.000	0.000000
D( N6, K2, T4)	4670.000	0.000000
D( N6, K2, T5)	4354.000	0.000000
D( N6, K2, T6)	3973.000	0.000000
D( N6, K3, T1)	4890.000	0.000000
D( N6, K3, T2)	5927.000	0.000000
D( N6, K3, T3)	5464.000	0.000000
D( N6, K3, T4)	5860.000	0.000000
D( N6, K3, T5)	5595.000	0.000000
D( N6, K3, T6)	5897.000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	1.000000	1.000000
2	0.000000	0.000000
3	0.000000	0.000000
4	1.000000	0.000000
5	0.000000	1.000000
6	0.000000	0.000000
7	0.000000	0.000000
8	0.000000	0.000000
9	0.000000	0.000000
10	0.000000	0.000000
11	0.000000	0.000000
12	0.000000	0.000000
13	0.000000	0.000000
14	0.000000	0.000000
15	0.000000	0.000000
16	0.000000	0.000000
17	0.000000	0.000000
18	0.000000	0.000000
19	0.000000	0.000000
20	0.000000	0.000000
21	0.000000	0.000000
22	0.000000	0.000000
23	0.000000	0.000000
24	0.000000	0.000000
25	0.000000	0.000000
26	0.000000	0.000000
27	0.000000	0.000000
28	250536.3	0.000000
29	250536.3	0.000000
30	250536.3	0.000000
31	250536.3	0.000000
32	250536.3	0.000000
33	265200.0	0.000000
34	157515.9	0.000000
35	145981.9	0.000000
36	149608.6	0.000000
37	143817.4	0.000000
38	77971.52	0.000000
39	167300.0	0.000000

40	9000.000	0.000000
41	9000.000	0.000000
42	9000.000	0.000000
43	9000.000	0.000000
44	9000.000	0.000000
45	9000.000	0.000000
46	9000.000	0.000000
47	9000.000	0.000000
48	9000.000	0.000000
49	9000.000	0.000000
50	9000.000	0.000000
51	9000.000	0.000000
52	9000.000	0.000000
53	9000.000	0.000000
54	9000.000	0.000000
55	9000.000	0.000000
56	9000.000	0.000000
57	9000.000	0.000000
58	9000.000	0.000000
59	9000.000	0.000000
60	9000.000	0.000000
61	9000.000	0.000000
62	9000.000	0.000000
63	9000.000	0.000000
64	9000.000	0.000000
65	9000.000	0.000000
66	9000.000	0.000000
67	9000.000	0.000000
68	9000.000	0.000000
69	9000.000	0.000000
70	9000.000	0.000000
71	9000.000	0.000000
72	9000.000	0.000000
73	9000.000	0.000000
74	9000.000	0.000000
75	9000.000	0.000000
76	9694.407	0.000000
77	0.000000	0.000000
78	0.000000	0.000000
79	7619.021	0.000000
80	12128.03	0.000000
81	0.000000	0.000000
82	6157.000	0.000000
83	0.000000	0.000000
84	0.000000	0.000000
85	0.000000	0.000000
86	0.000000	0.000000
87	0.000000	0.000000
88	0.000000	0.000000
89	0.000000	0.000000
90	0.000000	0.000000

91	0.000000	0.000000
92	0.000000	0.000000
93	0.000000	0.000000
94	0.000000	0.000000
95	0.000000	0.000000
96	0.000000	0.000000
97	0.000000	0.000000
98	0.000000	0.000000
99	0.000000	0.000000
100	0.000000	0.000000
101	0.000000	0.000000
102	0.000000	0.000000
103	0.000000	0.000000
104	0.000000	0.000000
105	0.000000	0.000000
106	0.000000	0.000000
107	0.000000	0.000000
108	0.000000	0.000000
109	0.000000	0.000000
110	0.000000	0.000000
111	0.000000	0.000000
112	0.000000	0.000000
113	0.000000	0.000000
114	0.000000	0.000000
115	0.000000	0.000000
116	0.000000	0.000000
117	0.000000	0.000000
118	0.000000	0.000000
119	15766.00	0.000000
120	13515.00	0.000000
121	0.000000	0.000000
122	0.000000	0.000000
123	18683.00	0.000000
124	11355.00	0.000000
125	31435.00	0.000000
126	27903.00	0.000000
127	15250.00	0.000000
128	2432.000	0.000000
129	28440.90	0.000000
130	29173.00	0.000000
131	45763.00	0.000000
132	41227.00	0.000000
133	30382.00	0.000000
134	7615.000	0.000000
135	32448.51	0.000000
136	20759.00	0.000000
137	61471.00	0.000000
138	48911.18	0.000000
139	45740.00	0.000000
140	29547.00	0.000000
141	29993.73	0.000000

142	39189.00	0.000000
143	47691.00	0.000000
144	62447.18	0.000000
145	62046.00	0.000000
146	51297.00	0.000000
147	48286.73	0.000000
148	0.000000	0.000000
149	0.000000	0.000000
150	0.000000	0.000000
151	0.000000	0.000000
152	0.000000	0.000000
153	0.000000	0.000000
154	0.000000	0.000000
155	0.000000	0.000000
156	0.000000	0.000000
157	0.000000	0.000000
158	0.000000	0.000000
159	0.000000	0.000000
160	0.000000	0.000000
161	0.000000	0.000000
162	0.000000	0.000000
163	0.000000	0.000000
164	0.000000	0.000000
165	0.000000	0.000000
166	0.000000	0.000000
167	0.000000	0.000000
168	0.000000	0.000000
169	0.000000	0.000000
170	0.000000	0.000000
171	0.000000	0.000000
172	0.000000	0.000000
173	0.000000	0.000000
174	0.000000	0.000000
175	0.000000	0.000000
176	0.000000	0.000000
177	0.000000	0.000000
178	0.000000	0.000000
179	0.000000	0.000000
180	0.000000	0.000000
181	0.000000	0.000000
182	0.000000	0.000000
183	0.000000	0.000000
184	0.000000	0.000000
185	0.000000	0.000000
186	0.000000	0.000000
187	0.000000	0.000000
188	0.000000	0.000000
189	0.000000	0.000000
190	0.000000	0.000000
191	0.000000	0.000000
192	0.000000	0.000000

193	0.000000	0.000000
194	0.000000	0.000000
195	0.000000	0.000000
196	0.000000	0.000000
197	0.000000	0.000000
198	0.000000	0.000000
199	0.000000	0.000000
200	0.000000	0.000000
201	0.000000	0.000000
202	0.000000	0.000000
203	0.000000	0.000000
204	0.000000	0.000000
205	0.000000	0.000000
206	0.000000	0.000000
207	0.000000	0.000000
208	0.000000	0.000000
209	0.000000	0.000000
210	0.000000	0.000000
211	0.000000	0.000000
212	0.000000	0.000000
213	0.000000	0.000000
214	0.000000	0.000000
215	0.000000	0.000000
216	0.000000	0.000000
217	0.000000	0.000000
218	0.000000	0.000000
219	0.000000	0.000000
220	62641.00	0.000000
221	65596.00	0.000000
222	67031.00	0.000000
223	65158.00	0.000000
224	57849.00	0.000000
225	63206.00	0.000000
226	53471.00	0.000000
227	48468.00	0.000000
228	52970.00	0.000000
229	56045.00	0.000000
230	46247.00	0.000000
231	42634.00	0.000000
232	43633.00	0.000000
233	32896.00	0.000000
234	37709.00	0.000000
235	45507.50	0.000000
236	41387.00	0.000000
237	28616.05	0.000000
238	29259.00	0.000000
239	19909.00	0.000000
240	25449.00	0.000000
241	32489.75	0.000000
242	37202.00	0.000000
243	18691.27	0.000000

244	26405.00	0.000000
245	2821.000	0.000000
246	15112.91	0.000000
247	17903.88	0.000000
248	21021.00	0.000000
249	17210.27	0.000000
250	14881.00	0.000000
251	1089.000	0.000000
252	2634.865	0.000000
253	1148.938	0.000000
254	3203.000	0.000000
255	5920.270	0.000000
256	0.000000	0.000000
257	0.000000	0.000000
258	0.000000	0.000000
259	0.000000	0.000000
260	0.000000	0.000000
261	0.000000	0.000000
262	0.000000	0.000000
263	0.000000	0.000000
264	0.000000	0.000000
265	0.000000	0.000000
266	0.000000	0.000000
267	0.000000	0.000000
268	0.000000	0.000000
269	0.000000	0.000000
270	0.000000	0.000000
271	0.000000	0.000000
272	0.000000	0.000000
273	0.000000	0.000000
274	0.000000	0.000000
275	0.000000	0.000000
276	0.000000	0.000000
277	0.000000	0.000000
278	0.000000	0.000000
279	0.000000	0.000000
280	0.000000	0.000000
281	0.000000	0.000000
282	0.000000	0.000000
283	0.000000	0.000000
284	0.000000	0.000000
285	0.000000	0.000000
286	0.000000	0.000000
287	0.000000	0.000000
288	0.000000	0.000000
289	0.000000	0.000000
290	0.000000	0.000000
291	0.000000	0.000000
292	0.000000	0.000000
293	0.000000	0.000000
294	0.000000	0.000000

295	0.000000	0.000000
296	0.000000	0.000000
297	0.000000	0.000000
298	0.000000	0.000000
299	0.000000	0.000000
300	0.000000	0.000000
301	0.000000	0.000000
302	0.000000	0.000000
303	0.000000	0.000000
304	0.000000	0.000000
305	0.000000	0.000000
306	0.000000	0.000000
307	0.000000	0.000000
308	0.000000	0.000000
309	0.000000	0.000000
310	0.000000	0.000000
311	0.000000	0.000000
312	0.000000	0.000000
313	0.000000	0.000000
314	0.000000	0.000000
315	0.000000	0.000000
316	0.000000	0.000000
317	0.000000	0.000000
318	0.000000	0.000000
319	0.000000	0.000000
320	0.000000	0.000000
321	0.000000	0.000000
322	0.000000	0.000000
323	0.000000	0.000000
324	0.000000	0.000000
325	0.000000	0.000000
326	0.000000	0.000000
327	0.000000	0.000000
328	0.000000	0.000000
329	0.000000	0.000000
330	0.000000	0.000000
331	0.000000	0.000000
332	0.000000	0.000000
333	0.000000	0.000000
334	0.000000	0.000000
335	0.000000	0.000000
336	0.000000	0.000000
337	0.000000	0.000000
338	0.000000	0.000000
339	0.000000	0.000000
340	0.000000	0.000000
341	0.000000	0.000000
342	0.000000	0.000000
343	0.000000	0.000000
344	0.000000	0.000000
345	0.000000	0.000000



346	0.000000	0.000000
347	0.000000	0.000000
348	0.000000	0.000000
349	0.000000	0.000000
350	0.000000	0.000000
351	0.000000	0.000000
352	0.000000	0.000000
353	0.000000	0.000000
354	0.000000	0.000000
355	0.000000	0.000000
356	0.000000	0.000000
357	0.000000	0.000000
358	0.000000	0.000000
359	0.000000	0.000000
360	0.000000	0.000000
361	0.000000	0.000000
362	0.000000	0.000000
363	0.000000	0.000000
364	5305.593	0.000000
365	1500.00	0.000000
366	1500.00	0.000000
367	7380.979	0.000000
368	2871.973	0.000000
369	1500.00	0.000000
370	0.000000	0.000000
371	1500.00	0.000000
372	1500.00	0.000000
373	7015.000	0.000000
374	3749.000	0.000000
375	1500.00	0.000000
376	7500.000	0.000000
377	1500.00	0.000000
378	1500.00	0.000000
379	11007.50	0.000000
380	0.000000	0.000000
381	10604.95	0.000000
382	11250.00	0.000000
383	1500.00	0.000000
384	1500.00	0.000000
385	13003.75	0.000000
386	0.000000	0.000000
387	5250.777	0.000000
388	0.000000	0.000000
389	1500.00	0.000000
390	12236.09	0.000000
391	14001.88	0.000000
392	7500.000	0.000000
393	0.000000	0.000000
394	7500.000	0.000000
395	0.000000	0.000000
396	13618.04	0.000000

397	14500.94	0.000000
398	11250.00	0.000000
399	7500.000	0.000000
400	0.000000	0.000000
401	0.000000	0.000000
402	0.000000	0.000000
403	0.000000	0.000000
404	0.000000	0.000000
405	0.000000	0.000000
406	8843.000	0.000000
407	15766.00	0.000000
408	13515.00	0.000000
409	7985.000	0.000000
410	11251.00	0.000000
411	18683.00	0.000000
412	18855.00	0.000000
413	31435.00	0.000000
414	27903.00	0.000000
415	19242.50	0.000000
416	17432.00	0.000000
417	32835.95	0.000000
418	32923.00	0.000000
419	45763.00	0.000000
420	41227.00	0.000000
421	32378.25	0.000000
422	22615.00	0.000000
423	42197.73	0.000000
424	35759.00	0.000000
425	61471.00	0.000000
426	51675.09	0.000000
427	46738.12	0.000000
428	37047.00	0.000000
429	44993.73	0.000000
430	46689.00	0.000000
431	62691.00	0.000000
432	63829.13	0.000000
433	62545.06	0.000000
434	55047.00	0.000000
435	55786.73	0.000000

**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi	01.01.1982	
Doğum yeri	Karabük	
Lise	1996-2000	Bartın Köksal Toptan Y.D.A Lisesi
Lisans	2000-2005	Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2005-2009	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Müh. Anabilim Dalı, Endüstri Müh. Programı

**Çalıştığı kurumlar**

2005-2007	Simge Tekstil A.Ş.
2007-2008	Sigma Danışmanlık ve Uygulama Merkezi A.Ş.
2008-Devam ediyor	Axis Yazılım ve Bilişim A.Ş.