

T.C.  
GAZI ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK  
LİSANS  
TEZİ

ÇİMENTO SEKTÖRÜNDE OPTİMAL DAĞILIM:  
ULAŞTIRMA PROBLEMİ VE HEDEF PROGRAMLAMA  
İLE ÇİMENTO FABRİKALARINA UYGULANMASI

GÖRKEM POLAT

EKONOMETRİ ANABİLİM DALI  
UYGULAMALI YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI BİLİM DALI

HAZİRAN 2018



**ÇİMENTO SEKTÖRÜNDE OPTİMAL DAĞILIM: ULAŞTIRMA PROBLEMİ  
ve HEDEF PROGRAMLAMA İLE ÇİMENTO FABRİKALARINA  
UYGULANMASI**

**Görkem POLAT**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI  
UYGULAMALI YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2018**

## JÜRİ ONAY SAYFASI

Görkem POLAT tarafından hazırlanan ÇİMENTO SEKTÖRÜNDE OPTİMAL DAĞILIM: ULAŞTIRMA PROBLEMİ ve HEDEF PROGRAMLAMA İLE ÇİMENTO FABRİKALARINA UYGULANMASI adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

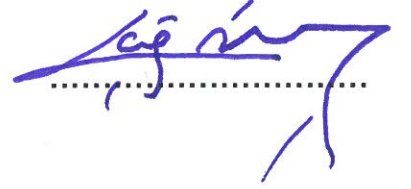
**Danışman:** Prof. Dr. Şenol ALTAN  
Ekonometri Anabilim Dalı, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi  
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum



**Başkan :** Prof. Dr. Murat ATAN  
Ekonometri Anabilim Dalı, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi  
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum



**Üye :** Dr. Öğr. Üyesi. Çağrı KOÇ  
İşletme Anabilim Dalı, Ankara Sosyal Bilimler Üniversitesi  
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum



Tez Savunma Tarihi: 22/06/2018

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.



Prof. Dr. Saliha AĞAÇ  
Enstitü Müdürü ( Tedviren)

## ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
  - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
  - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
  - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
  - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Görkem POLAT

26/06/2018

# ÇİMENTO SEKTÖRÜNDE OPTİMAL DAĞILIM: ULAŞTIRMA PROBLEMİ ve HEDEF PROGRAMLAMA İLE ÇİMENTO FABRİKALARINA UYGULANMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Görkem POLAT

GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

2018

ÖZET

Özellikle birçok amacın olduğu işletmeler için karar verme süreci oldukça önemlidir. Bu aşamada en önemli etken modelin kurulmasıdır. Doğrusal programlamada amaç fonksiyonu tek hedefe odaklanırken hedef programlamada birbirleriyle çelişik birden fazla hedef bulunmaktadır. Çalışmada ulaştırma modeli temel alınarak hedef programlama kullanımı ile taşıma problemlerine alternatif bir çözüm bulma amaçlanmıştır. Bu amaç için ilk aşamada Ülkemizde Çimento sektöründe faaliyet gösteren fabrikalardan talep noktalarına olan dağıtım temel problem olarak ele alınmıştır. Ulaştırma modeli oluşturulurken her bir bölgenin coğrafi olarak bir şehri merkez alınarak arz ve talep noktaları coğrafi bölgeler olarak tespit edilmiştir. Marmara Bölgesi İstanbul, Ege Bölgesi İzmir, Akdeniz Bölgesi Antalya, İç Anadolu Bölgesi Ankara, Karadeniz Bölgesi Samsun, Doğu Anadolu Bölgesi Van ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi Şanlıurfa şehirleri ile temsil edilmiştir. Çalışmada Coğrafi bölgeler için kurulan ulaştırma modelinden yararlanılarak optimum dağıtım elde edilmiştir. İkinci aşamada ise birinci aşamadaki sonuçlara dayalı olarak toplam maliyeti minimize etmek ve arz merkezlerinden talep merkezlerine gönderilecek toplam mal miktarı olan çimento miktarının da toplam talep ya da arz miktarlarına eşit olması biçiminde iki hedef belirlenerek bu hedeflerin gerçekleşip gerçekleşmeyecekleri hedef programlama kapsamında değerlendirilmiştir. Sonuçta WinQSB paket programıyla elde edilen bulgulara göre her iki hedefin de sağlandığı görülmüştür.

Bilim Kodu : 1106.1.148

Anahtar Kelimeler : Hedef Programlama, Doğrusal Programlama, Ulaştırma Modeli

Sayfa Adedi : 97

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Şenol ALTAN

OPTIMAL DISTRIBUTION IN THE CEMENT SECTOR: TRANSPORTATION  
PROBLEM AND GOAL PROGRAMMING WITH APPLICATION TO THE CEMENT  
FACTORIES(Master of Science Thesis)

Görkem POLAT

GAZI UNİVERSİTY  
INSTITUTE OF SOCIAL SCIENCES  
JUNE 2018

ABSTRACT

The decision making process is particularly important for businesses with many purposes. The most important factor in this phase is the establishment of a model. In linear programming, while the objective function is focused on a single target, there are more than one goals contradictory to each other in the target program. It is aimed to find an alternative solution to transportation problems by using goal programming based on transportation model. For this purpose, the distribution to the demand points from the factories operating in the cement sector in the first stage in our country is considered as the basic problem. While the transportation model was established, each region was geographically located as a city center and the supply and demand points were determined as geographical regions. Marmara Region Istanbul, Aegean Region İzmir, Mediterranean Region Antalya, Central Anatolia Region Ankara, Black Sea Region Samsun, Eastern Anatolia Region Van and Southeastern Anatolia Region Şanlıurfa. In the study, optimal distribution was obtained by using the transportation model established for the geographical regions. In the second stage, based on the results of the first stage, the targets were determined to be achieved by determining two targets: minimizing the total cost and ensuring that the amount of cement, which is the total amount of goods sent from the supply centers to the demand centers, is equal to the total demand or supply. As a result, WinQSB showed that both targets were provided according to the findings obtained with the package program.

Science Code : 1106.1.148  
Key Words : Linear Programming, Transportation Model, WinQSB, Target  
Programming (Goal programming)  
Page Number : 97  
Supervisor : Prof. Dr. Şenol ALTAN

## TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Tez çalışmamın konu tespitinden itibaren tüm aşamalarında yardım ve teşviklerini esirgemeyen, çok önemli rolde yol gösteren beni yönlendiren değerli hocam ve danışmanım Prof. Dr. Şenol Altan'a teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmama destek veren ve yöntem hazırlanmasında bilgi sahibi Araştırma Görevlileri Emin Ahmet Kaplan, Halil İbrahim Çalışkan, Asım Onur Sayın ve son olarak değerli aileme teşekkür etmeyi borç bilirim.





## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	v
ABSTRACT .....	vi
TEŞEKKÜR .....	vii
İÇİNDEKİLER .....	viii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ .....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xiii
GİRİŞ.....	1

### 1. BÖLÜM

#### ÜRETİM, ÜRETİM SİSTEMİ VE ÜRETİM PLANLAMASI

1.1. Üretim ve Üretim Faktörlerinin Tanımı .....	3
1.2. Üretim Yönetiminin Tanımı .....	4
1.2.1. Üretim Yönetiminin Amaçları .....	5
1.2.2. Üretim Yönetiminin Fonksiyonları .....	6
1.3. Üretim Sisteminin Tanımı .....	9
1.3.1. Üretim Sisteminin Sınıflandırılması.....	11
1.3.1.1. Üretim Yöntemlerine Göre Sınıflandırma .....	11
1.3.1.2. Ürün Cinslerine Göre Sınıflandırma .....	13
1.3.1.3. Üretim Miktarına Veya Akışına Göre Sınıflandırma.....	15
1.3.1.4. Diğer Üretim Tipleri .....	20
1.4. Üretim Planlamasının Genel Tanımı Ve Özellikleri.....	20
1.4.1. Üretim Planlamasının Önemi.....	22
1.4.2. Üretim Planlamasının Amacı .....	23
1.4.3. Üretim Planının Hazırlanışı.....	25
1.4.4. Üretim Planının Uygulanması.....	27

## 2. BÖLÜM

### DOĞRUSAL PROGRAMLAMA, HEDEF PROGRAMLAMA, ULAŞTIRMA MODELİ TANIM VE YÖNTEMLERİ

	Sayfa
2.1. Doğrusal Programlamanın Tanımı Ve Tarihi Gelişimi.....	29
2.1.1. Doğrusal Programlama Yönteminin Kullanıldığı Yerler.....	31
2.1.2. Doğrusal Programlamanın Varsayımları.....	32
2.1.3. Doğrusal Programlama Modelinin Matematiksel Yapısı .....	33
2.1.3.1. Amaç Fonksiyonu.....	34
2.1.3.2. Kısıtlayıcı Fonksiyonlar .....	35
2.1.3.3. Pozitif Kısıtlayıcılar .....	36
2.2. Hedef Programlamaya Giriş .....	36
2.2.1. Hedef Programlamanın Tanımı Ve Tarihi Gelişimi .....	37
2.2.2. Hedef Programlamanın Varsayımları ve Bileşenleri .....	41
2.2.3. Hedef Programlama Modelinin Kurulması .....	44
2.2.4. Hedef Programlama Modeli Oluşturulmasında Temel Adımlar .....	47
2.2.5. Hedef Programlama Çözüm Yöntemleri .....	50
2.2.6. Hedef Programlamanın Başlıca Uygulama Alanları.....	50
2.3. Ulaştırma Modelinin Tanımı ve Tarihçesi .....	51
2.3.1. Ulaştırma Modelinde Kabul Edilen Varsayımlar .....	53
2.3.2. Ulaştırma Modelinin Matematiksel Olarak Gösterilmesi.....	54
2.3.3. Ulaştırma Modelinde Başlangıç Çözüm Teknikleri .....	58
2.3.3.1. Kuzeybatı Köşe Yöntemi (Northwest Corner Rule) .....	59
2.3.3.2. En Az Maliyetli Hücrelere Dağıtım Yöntemi .....	60
2.3.3.3. En Küçük Sıra veya Sütun Kullanımı Yöntemi .....	60
2.3.3.4. Vogel'in Yaklaşım Yöntemi (VAM) .....	61
2.3.3.5. Russell'in Yaklaşım Yöntemi (RAM).....	62

### 3. BÖLÜM

## HEDEF PROGRAMLAMA İLE TAŞIMA PROBLEMLERİNE ÇÖZÜM: TÜRKİYE ÇİMENTO FABRİKALARI ÖRNEĞİ

	Sayfa
3.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi.....	63
3.2. Çimento Sektörünün Genel Tanıtımı .....	63
3.3. Çalışmanın Birinci Aşaması İçin Ulaştırma Modelinin Kurulması.....	68
3.3.1. Ulaştırma Modelinin Kurulması için Gerekli Verilerin Elde Edilmesi ....	68
3.3.2. İşletmenin Dağıtım Problemi İçin Kurulan Ulaştırma Modelinin Çözülmesi.....	69
3.3.3. İşletmenin Dağıtım Problemi İçin Kurulan Ulaştırma Modelinin Çözülmesi.....	71
3.4. Çalışmanın İkinci Aşaması İçin Ulaştırma Modelinin Kurulması .....	76
3.4.1. Çalışmanın İkinci Aşaması İlk Hedef İçin Model Gösterimi ve Çözümü	77
3.4.2. Çalışmanın İkinci Aşaması İkinci Hedef İçin Model Gösterimi ve Çözümü .....	82
SONUÇ VE ÖNERİLER .....	89
KAYNAKÇA.....	91
ÖZGEÇMİŞ .....	97

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1. Sapma Değişkenlerinin Sınıflandırılması .....	43
Çizelge 2.2. Üretim ve Tüketim Miktarları Gösterimi .....	55
Çizelge 3.1. Türk Çimento Sektörü Üretim ve Tüketim Miktarları .....	67
Çizelge 3.2. Bölgelere Göre Çimento Üretim ve Tüketim Miktarları .....	68
Çizelge 3.3. Bölgeler Arası Mesafeler (Km) .....	70
Çizelge 3.4. Ulaştırma Model Tablosu .....	71
Çizelge 3.5. Ulaştırma Tablosu Çözüm Sonuçları.....	72
Çizelge 3.6. Birinci Hedef İçin Hedef Programlama Modeli Çözüm Sonuçları .....	79
Çizelge 3.7. İkinci Hedef İçin Hedef Programlama Modeli Çözüm Sonuçları .....	84

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Üretim Yönetiminin Fonksiyonları.....	7
Şekil 1.2. Üretim Yönetimi Bölümünün Diğer İşletme Bölümleri İle İlişkileri .....	8
Şekil 1.3. Üretim Sisteminin Unsurları.....	10
Şekil 1.4. Sürekli Üretim .....	17
Şekil 1.5. Planlama Türleri .....	21
Şekil 2.1. Ulaştırma Tablosu.....	58

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklamalar
R	Haftalık üretim miktarı
$S_1$	Dönem başındaki stok
$S_2$	Dönem sonunda bulunması istenilen stok
$\sum F$	Planlama dönemindeki toplam tahmini satış
N	Planlama dönemindeki hafta sayısı
Z	Her faaliyetin amaç fonksiyonu
$h_j$	Model karar değişkenleri
$k_i$	Üretim miktarı
$a_{ij}$	i. kısıtta $X_j$ değişkeni ile ilgili teknoloji katsayısı
$b_i$	i. kısıtın sağ taraf sabiti
$d_j$	Amaç fonksiyonu katsayıları
$d_i^+$	Hedeften pozitif sapma miktarı
$d_i^-$	Hedeften negatif sapma miktarı
$p_k$	Hedeflerin öncelik sırası
$w_{ik}^+, w_{ik}^-$	$P_k$ önceliğe sahip i'ninci hedef ait sapma değişkenlerinin ağırlığı
$y_j$	j. tüketim merkezinin talep ettiği mal miktarı
m	Üretim merkezi sayısı
n	Tüketim merkezi sayısı
$b_j$	J. tüketim merkezinin talebi
$C_{ij}$	i. üretim merkezinden j. tüketim merkezine gönderilen malın birim ulaştırma maliyeti,
$X_{ij}$	i. üretim merkezinden j. tüketim merkezine gönderilecek mal miktarı
$f_1$	Toplam ulaştırma maliyeti
$b_2$	Arz merkezlerinden talep merkezlerine gönderilecek toplam mal miktarı



## GİRİŞ

Amacın basit bir biçimde maksimize ya da minimize edilmesi yerine somut hedefler, elde edilecek başarının düzeyinin belirlenmesinde önemli olacaktır. Oluşturulan hedefler kümesi nihai hedefe ulaşmada çok aşamalı bir yaklaşımın parçasını oluşturacaktır.

Karar vericilerin sıkça karşılaştıkları ve genellikle çok aşamalı olan problemler bir hedefler kümesi ile rahatlıkla çözümlenebilmektedir. Bu tür problemlerin çözümü amacıyla uygulamada kullanılan yöntemlerden biri de hedef programlamadır. Çok amaçlı karar verme yöntemlerinden biri olan hedef programlama, kısıtlı optimizasyon yöntemi olan doğrusal programlamanın özel bir durumudur. Bu yöntem çok sayıda amaç ya da hedef için eşanlı bir çözüm bulmakla ilgilidir.

İş dünyası ve sanayi sektöründe farklı ulaştırma modeli yöntemleri mal ve hizmetlerin ulaşımı ya da tahsisi için kullanılmaktadır. Ulaştırma problemlerinde mal ve hizmetler doğrudan üretim merkezleri ile tüketim merkezleri arasında dağıtılmaktadır. Ancak ulaştırma problemlerinin özel bir durumunu oluşturan taşıma problemlerinde ise mal ve hizmetler üretim yeri, satış yeri ve/veya bazı ana noktalar arasında dağıtılır. Buradaki amaç arz ve talebi karşılayacak ulaştırma maliyetlerinin minimize edilmesidir.

Taşıma problemlerinin çözümünde geleneksel yöntemler kullanılabileceği gibi bu amaca yönelik olarak farklı çözüm alternatifleri de sunulabilir. Bu alternatiflerden biri de hedef programlama modelidir. Bu çalışmada ulaştırma modeli temel alınarak hedef programlama kullanımı ile taşıma problemlerine alternatif bir çözüm bulma amaçlanmıştır. Bu amaç için ilk aşamada Ülkemizde Çimento sektöründe faaliyet gösteren fabrikalardan talep noktalarına olan dağıtım temel problem olarak ele alınmıştır. Çalışmada arz ve talep noktaları coğrafi bölgeler olarak tespit edilmiştir. Coğrafi bölgeler için kurulan ulaştırma modelinden yararlanılarak optimum dağıtım elde edilmiştir. İkinci aşamada ise birinci aşamadaki sonuçlara dayalı olarak toplam maliyeti minimize etmek ve arz merkezlerinden talep merkezlerine gönderilecek toplam mal miktarı olan çimento



miktarının da toplam talep ya da arz miktarlarına eşit olması biçiminde iki hedef belirlenerek bu hedeflerin gerçekleşip gerçekleşmeyecekleri hedef programlama kapsamında değerlendirilmiştir.

Çalışma üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde üretim, üretim sistemi ve üretim planlaması üzerinde durulmuştur. İkinci bölümde doğrusal programlama, hedef programlama ve ulaştırma modelleri anlatılmıştır. Üçüncü bölümde ise çimento fabrikalarında hedef programlama uygulamasına yer verilmiştir.



## 1. BÖLÜM

### ÜRETİM, ÜRETİM SİSTEMİ VE ÜRETİM PLANLAMASI

#### 1.1. Üretim ve Üretim Faktörlerinin Tanımı

Üretim, birçok bilim alanı için farklı anlamlar taşır. Sosyal bilimciler üretimi, fayda yaratmak şeklinde tanımlarlar. Fen bilimciler ise, bir fiziksel varlık üzerinde onun değerini arttıracak bir değişiklik yapmayı, hammadde veya yarı mamulleri, kullanılabilir bir ürüne dönüştürmeyi üretim olarak ifade ederler (Kobu, 1994 :1-3). Fen bilimciler sigortacılık, bankacılık, dağıtım ve depolama gibi hizmet faaliyetleri üretim olarak kabul etmezken sosyal bilimciler bu faaliyetleri üretim süreci içinde kabul ederler. Bireylerin ihtiyaçlarının doğa tarafından tam olarak karşılanamaması nedeniyle üretim faaliyeti ortaya çıkmıştır. Bir faaliyetin üretim olarak adlandırılması için üretim faktörleri adı verilen unsurların belirli koşullar ve yöntemlerle bir araya getirilmesi zorunludur. Modern üretim çok sayıda unsurdan oluşan bir bileşimdir. Sosyal bilimcilere göre üretim, toprak, işgücü ve sermaye faktörlerinin bileşimidir. Bir ülkenin sahip olduğu yeraltı ve yerüstü zenginlikleri toprak faktörünü oluşturur. Burada önemli olan bu zenginliklerin sadece biliniyor olmasının yeterli olmadığıdır. Bu kaynaklar ancak yarar sağlayacak hale getirilmeleri durumunda üretim faktörü niteliği kazanırlar. Toprak, üretim için en önemli faktördür. İşgücü ise, o ülkede yaşayan, çalışabilme becerisine sahip bireylerin oluşturduğu fiziksel ve zihinsel yeteneklerdir. İşgücü de üretimin önemli bir unsurudur. Diğer bir üretim faktörü olan sermaye ise türetilmiş bir üretim faktörüdür. Sermaye, işgücü ve toprak tarafından üretilir. Burada bir yanlışlığı ayırt etmek gereklidir. Sermaye denilince sadece değerli madenler (altın, gümüş vb.), değerli kağıtlar (hisse senedi, tahvil vb.) veya paranın akla getirilmesi önemli bir yanlışlıktır. Sermaye, biriktirilmiş emeğin, para, makine (araç-gereç) veya teknoloji şekline dönüşmesi ile oluşan bir üretim faktörü olarak tanımlanır. Bu üretim faktörlerine ek olarak son yıllarda bazı bilim insanları yeni bir üretim faktörü olarak yönetimden bahsetmektedirler. Yönetim ise üretim süreci içinde geçen aşamalar arasındaki bağlantıları kuran, koordinasyonu sağlayan bir fonksiyondur ve bu fonksiyonunu işgücü faktörünün içinde sürdürmektedir. Bu nedenle literatürde üretim faktörlerinin kaçaya ayrıldığı tartışması sürmektedir.

Literatürde, üretim ve imalat sözcükleri çoğu zaman aynı anlamda kullanılmaktadır. Eş anlamlı olarak kullanılan bu iki sözcük arasında bazı temel farklılıklar vardır. Literatürde üretim süreci ile belirtilen tarımsal üretimdir. Tarımsal üretimde insan, makine, diğer canlılar, iklim ve toprak koşulları devreye girer. İmalat süreci için insan ve makine doğrudan olayı etkileyen unsurlar olduğunda süreci aynı düzeyde etkileyememektedir.

Fen bilimcilerin yaptığı tanımdan hareketle üretim süreci içinde fiziksel bir varlığın üzerinde çeşitli araç-gereç yardımıyla dönüştürme yapılır. Burada bahsedilen araç-gereç sözcüğü basit bir tornavidadan, bilgisayarla kontrol edilen tezgahlara kadar olan tüm malzeme kastedilmektedir. Üretim tanımının içeriğine yalnızca bir malın fiziksel olarak üretilmesi girmez. Geniş anlamda üretim, mal ve hizmet yaratma anlamına gelmektedir. Üretimin temel amacı, insanların ihtiyaç ve isteklerinin karşılanmasıdır. Bugün modern toplumlarda, toplam üretim, insanların yaşam düzeylerini etkilediği için tüm bireyler üretim süreciyle yakından ilgilidir. Şükrü F. Erlaçın(1948)'e göre üretim süreci, "objektif olarak var olan araçların etkileri ile yeni maddelerin ya da kuvvetlerin doğadan çıkarılması veya kuvvetlerin etkileri ile tüketim ya da kullanım maddelerinin yapılması" olarak tanımlamaktadır. Verilen bu tanımlamadan üretim, belirli bir materyalin arzu edilen şekle sokulmasını sağlayan bir süreçtir. Bu şekillendirme süreci iki yolla sağlanabilir:

- Parçalara Ayırma Yolu: Bu, bir fiziksel varlığı girdi olarak kullanarak türlü çıktılar elde etmektir. Yani girdi üzerinde yapılan fiziksel değişiklikler ile çeşitli çıktılar yaratılmasıdır.
- Birleştirme Yolu: Bu, ise türlü fiziksel varlıkların girdi olarak kullanılması ile çıktı elde edilmesidir.

## 1.2. Üretim Yönetiminin Tanımı

Üretim yönetimi, işletmenin elinde bulunan malzeme, makine, insan gücü kaynaklarının belirli miktarlardaki ürünün zamanında ve mümkünse en düşük maliyetle üretimini sağlayacak biçimde bir araya getirilmesidir. Bir ürünün üretilmesi için; gerekli hammadde ve yarı mamullerin çeşitli kaynaklardan uygun fiyatla ve istenilen zamanda sağlanması, her parçanın değişik özelliklere göre işlenmesi,

işlenen parçaların istenilen yerlerde ve yeterli miktarlarda hazır bulundurulması gerekir. Bu anlatılanlardan daha da önemlisi, bütün faaliyetlerin eldeki insan gücü ve makinelerden en iyi şekilde yararlanmak suretiyle son derece sınırlı süreler içinde gerçekleştirilmesi gerekir. Bazı konularda gelişmelerin olması üretim yönetimini etkileyebilir. Daha büyük kapasiteli ve hızlı bilgisayarların geliştirilmesi ya da teorik alandaki bulguların uygulama oranının artması örnek olarak gösterilebilir.

### 1.2.1. Üretim Yönetiminin Amaçları

Üretim yönetiminin, üretilen mal ile ilgili dört faktörü vardır. Bunlar; miktar, kalite, zaman ve maliyettir. Bu üretim süreci içinde bu unsurların hepsinin aynı zamanda optimum olarak gerçekleşmesi mümkün değildir. Bu durumda işletmeciler birbirleri ile çatışan amaçlar için en uygun çözümü bulmaya çalışırlar. Üretim yönetiminin ana amacı bu dört faktör için en uygun (optimum) değerlerin bulunmasına yönelmiştir. İşletmeler belli amaçları gerçekleştirmek üzere yapılanmış birimler olduklarına göre yönetimleri de modern yönetim biliminin kabul ettiği sınırlar içerisinde yapmalıdırlar. Tanımlamada modern yönetim kavramı ile işletmenin gerçekleştirebileceği rasyonel hedeflerin belirlenmesi, belirlenen hedefler çerçevesinde organizasyonların ve planların yapılması, yapılan planların öngörüldüğü şekilde yürütülmesinin sağlanması ve sonuçları kontrol edilerek hedeflerden sapma olup olmadığının belirlenmesi demek istenilmektedir. Kısaca üretim yönetimi; hangi malların, ne miktarlarda, hangi özelliklerde, nerede ve kim tarafından yapılacağı sorularına en düşük maliyet sağlayan cevabı bulmaya çalışır. Bu çabalar sonucu üretim yönetimi;

- Müşteri taleplerini istenilen fiyat, zaman ve miktara uygun olarak üretmeye çalışmak,
- Mal ve hizmetleri en düşük maliyetle üretmeyi sağlamak,
- Mal ve hizmetlerin kalitesinin tatmin edici düzeyde olmasını sağlamak,
- Stok düzeyinin mümkün olduğu kadar düşük tutulması veya stok devrinin arttırılması,
- Üretim gerçekleştirileceği düzenin yani işyeri düzeninin sağlanması,
- İşletmenin insan gücü ve makine kaynaklarından yararlanma derecesinin yükseltilmesi amaçlarını gerçekleştirmeye çalışır.

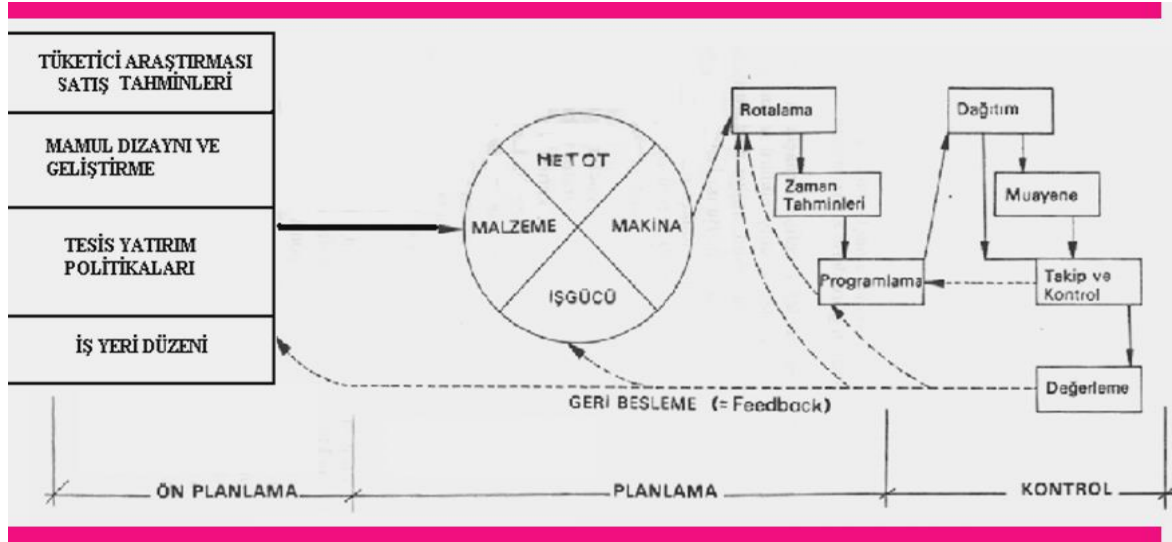
Bu amaçların dikkat çekici özelliği, kendi aralarında çelişiyor olmalarıdır. Üretim yönetimi, bir işletmede çelişen bu amaçları temsil eden yöneticiler arasında aracı konumunda görev yapar ve optimum çözümlü bulmaya çalışır. Burada önemli olan nokta mal ve hizmet üretiminde karşılaşılan sorunlarla ilgilenen üretim yönetiminde, üretilen ürünün mal veya hizmet olmasının sorunlara yaklaşım ve çözüm getirmede bir farkı yoktur. Fark, sadece üretim sisteminin tipine göre ortaya çıkar. Bir işletme için üretim yönetiminin amaçları belirlenirken işletme için gereksiz olan seçimlerden kaçınılmalıdır. Önemli olan işletmenin sahip olduğu kaynaklar ile optimum düzeyde üretim yapılmasını sağlayacak bileşenlerin tespitidir.

### 1.2.2. Üretim Yönetiminin Fonksiyonları

Bir işletmede üretim yönetimi bölümlerinin işlevleri; işletme büyüklüğü, yönetim politikası, organizasyon yapısı, üretim tipi veya yöntemleri, endüstri dalı, üretim miktarı gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak belirlenir (Kobu, 1994: 10-14). Ön planlama grubunda yer alan işlevler ise şöyle tanımlanabilir:

- Tüketicinin istediği ürünün tipi, nitelikleri, fiyatı, miktarı ve ihtiyaç zamanına ait bilgiler toplanıp analiz edilmelidir. Bu işlevin büyük işletmelerde pazarlama veya satış bölümlerine ait olduğu bilinmektedir. Ancak tüketicinin istediklerinin, eldeki teknik bilgi, makine ve insan gücü olanakları ile ne ölçüde karşılanabileceğinin belirlenmesinde üreticilere de önemli görevler düşmektedir.
- Tüketicinin üründen istedikleri kalite ve tasarım dikkate alınarak imalatın gerek duyacağı bilgiler hazırlanır. Bu sırada mevcut ürün üzerinde, tüketici zevkinin değişmesi, yeni buluşlar, rekabet vb. nedenlerle yapılması zorunlu hale gelen değişiklikler belirlenir.
- Genel özellikleri ile beliren üretim hacminin gerçekleşmesini sağlayacak makine ve teçhizatın sağlanması için eldeki olanakların nasıl kullanılacağı saptanır.
- Üretim araçları ve tesisleri belirlendikten sonra makine ve teçhizatın iş akışı ilkelerine uygun olarak yerleştirileceği düzen belirlenir. Fabrikalarda işyeri düzenlenmesi sürekli bir faaliyettir. Değişen üretim koşulları ve teknoloji ile beraber işyeri düzenine zaman zaman yer değiştirme veya eklemeler yapılır.

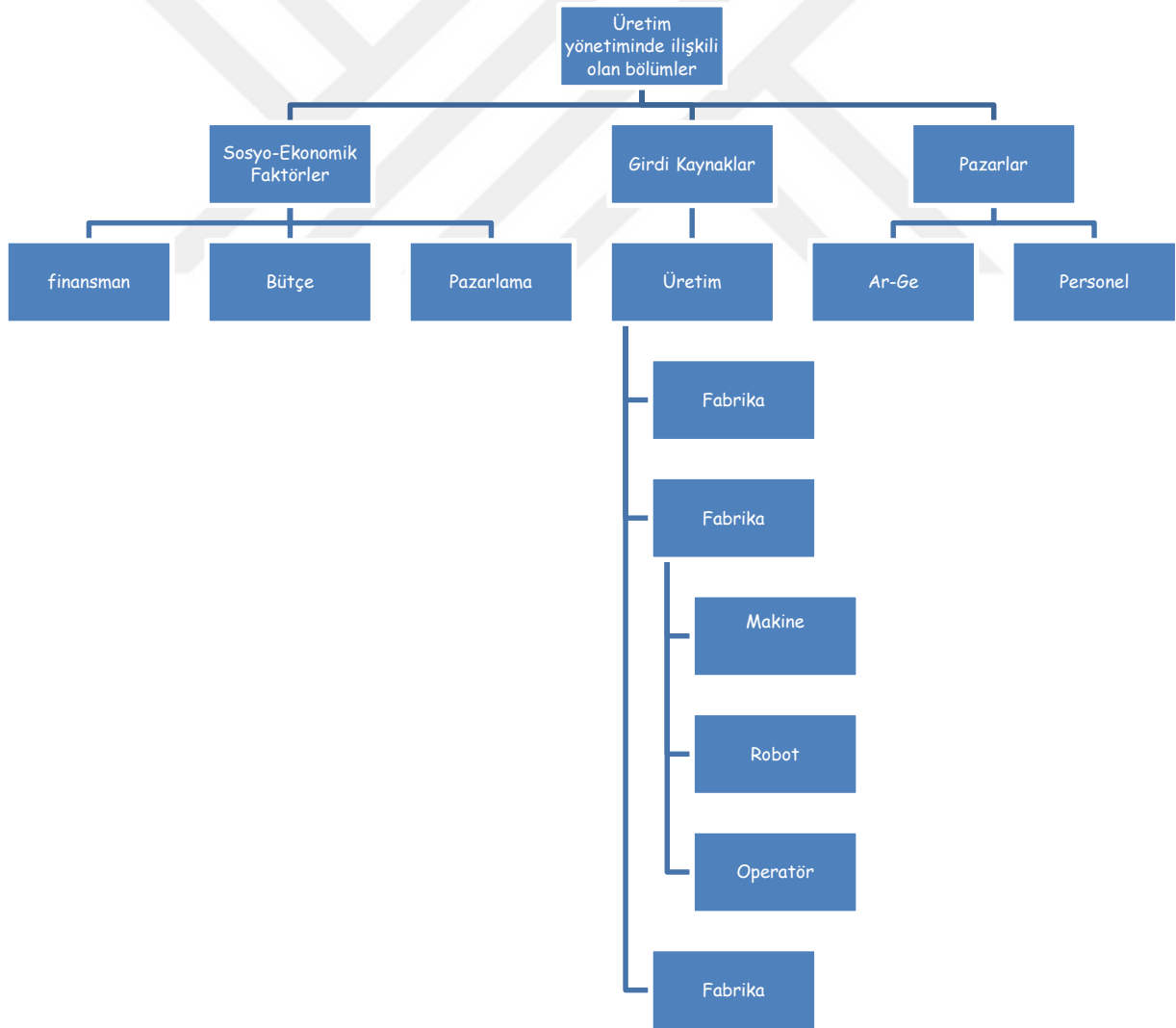
Üretim yönetiminin işlevlerinde dikkati çeken en ilginç nokta bunların hiçbirinin üretim faaliyetlerinin yürütülmesinde doğrudan yetkiye sahip olmamasıdır. Üretim planlama ve kontrol işletme içinde önemli bir bölümdür. Üretim yönetiminin fonksiyonları Şekil 1.1'de toplu halde gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Üretim Yönetiminin Fonksiyonları

Şekil 1.1'de görüldüğü gibi ön planlamadan sonra malzeme, işgücü, makine ve metot ile bahsedilen sermaye ve yöntem planlaması aşamasına geçilir. Bu faktörler işletmede gerçekleştirilen tüm üretim faaliyetlerinin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde planlanmalıdır. Üretim sırasında bir kesinti olmaması için her şeyden önce üretim için gerekli olan hammadde, hazır parça veya yarı mamulün gerekli olan miktarları, gerekli yerde ve gereken zamanda eş zamanlı olarak hazır bulundurulması gereklidir. Bu aşamada mevcut insan gücü ve makine gücünün arzu edilen üretim düzeyini sağlayabilmesi için koordine edilmesi gerekir. Bu koordinasyon mümkün olan en iyi şekilde yapılmalı, üretim sırasında âtil kapasite oluşması engellenmelidir. Planlama aşamasından sonra üretimin yönlendirilmesi yani iş akışının planlanması, üretimde kullanılacak makinelerin sıralarının ve yerlerinin belirlenmesi yapılır. Böylece ürünün üretim başlangıcından sonuna kadar izleyeceği rota belirlenmiş olur. Daha sonra yapılacak olan iş, zaman planlaması ile makinelerin kapasitelerine ve üretilecek olan ürünün gerektirdiği işlemler ve bu işlemlerin zamanlamasına göre hangi parçaların hangi makinelerde, ne kadar sürede ve kimler tarafından işleneceğini tespit etmektir. Kontrol aşamasının ilk işlevi ise dağıtımdır. Dağıtım bölümünde üretimle ilgili ayrıntılı bilgiler içeren iş emirleri

hazırlanır, bilgi akışı sağlanır. Takip ve kontrol bölümünde verilen iş emirlerinin uygulanıp uygulanmadığı kontrol edilir ve aksaklıklar giderilir. Değerlendirme bölümünde ise imalat sırasında çeşitli aşamalarda meydana gelen olaylar raporlanır. Hazırlanan bu üretim raporları geri besleme bilgisi olarak ilgili olan şubelere iletilir. Böylece ilgili şubelere üretimin durumu hakkında bilgi akışı sağlanıp, meydana çıkabilecek aksaklıkların giderilebilmesi için gerekli olan tedbirlerin alınması sağlanır. Anlatılan bu aşamalardan da görüleceği üzere bir işletmede üretim yönetimi bölümü önemli bir birimdir. Üretimin planlanan hedeflerde yapılabilmesi için sürekli olarak tüm şubeler ile ortak çalışma yapar. Aşağıda Şekil 1.2'de üretim yönetimi bölümünün işletmedeki diğer bölümlerle ilişkileri görülmektedir.



Şekil 1.2. Üretim Yönetimi Bölümünün Diğer İşletme Bölümleri İle İlişkileri

### 1.3. Üretim Sisteminin Tanımı

Günümüzde işletmelerin rekabet güçlerini koruyabilmeleri, kalite, hız, esneklik sürekli gelişim ve çeşitlilik faktörlerine daha fazla önem vermeleri sayesinde sağlanabilmektedir. Müşteri ihtiyaçlarının saptanmasında, tasarımda, üretimde ve sevkiyatta sürat faktörü hayati bir önem haline gelmiştir. Üretimde pazar aramak anlayışı değişmekte, müşteri isteklerine göre mamul üretmek hedef haline gelmekte ve bir anlamda atölye tipi üretim gerçek olmaktadır. Büyük işletmeler yerine küçük, esnek, dinamik ve uyum sağlayabilen işletmeler ön plana çıkmaya başlamıştır. Bu gelişimler bölümler arasında sürekli bir bilgisayar destekli bilgi akışını gerektirmekte ve doğal kaynaklar önemini yitirirken bilgi en önemli değer haline gelmektedir.

Birçok sanayi ürünü için bir müşteri cenneti haline gelmekte olan günümüz piyasalarında “müşteri daima haklıdır” ilkesi, tüketim mallarının yanında yatırım mallarının pazarlamasında da geçerli olmaktadır. Bu durum, imalatçı kuruluşları hayatta kalabilmek için ürün çeşitlerini artırmaya, kaliteyi yükseltmeye, tasarım ve piyasaya çıkarma sürelerini kısaltmaya zorlamaktadırlar. Bu gerekleri verimliliği düşürmeden karşılamanın yolu ise, otomasyon ile esnekliği birleştiren “esnek üretim sistemlerini” kurmaktan geçmektedir. Tam zamanında üretim ve esnek üretim sistemi gibi üretim teknolojilerinin uygulanabileceği ortamı oluşturan ise, hücreli üretim düşüncesi olmaktadır.

Üretim sisteminden önce sistemin tanımını irdelemek gerekir. Sistem, aralarında ilişkiler bulunan ve belirli bir amacı gerçekleştirmek amacıyla bir araya getirilmiş elemanlardan oluşan bir bütün şeklinde tanımlanır. Her sistem daha büyük bir sistemin parçasıdır. Örneğin; bir montaj hattı bir fabrikanın, fabrika bir holdingin, holding bir sektörün gibi uzatılabilen bir alt sistem tanıtımı mevcuttur. Şekil 1.3’de üretim sisteminin unsurları verilmektedir. Aslında bu unsurlara geri besleme ve çevre faktörleri de eklenmelidir.





Şekil 1.3. Üretim Sisteminin Unsurları

Girdiler, üretilen mamul ve hizmete göre ayrıntılardan değişik isimler alabilirler. Aslında her girdiyi sonunda temel üretim unsurlarından birine dönüştürmek mümkündür. Girdiler aynı zamanda karar değişkenleri olarak da bilinir.

Çıktılar, belirli girdilerin dönüştürme sürecinde çeşitli işlemlerden geçirilerek mal ve hizmet olarak geri dönmesi olayıdır. Örneğin; bir bisküvi fabrikasının un gibi yarımamul halinde bulunan maddeyi kullanıp tüketicinin istediği bisküvi üretimini yapması tüketicilere sonuç olarak istenilen bisküviyi verecektir.

Üretim prosesi, sisteme giren unsurların bir fayda (katma değer) yaratacak şekilde bir ürüne veya hizmete dönüştürülmesi faaliyetleridir. Bu dönüştürme prosesi çeşitli biçimlerde olur. Örneğin; depolamak veya kalite kontrol amacıyla muayene etmek üretim prosesi olarak nitelendirilebilir. Bir üretim prosesini karakterize eden unsurların başlıcaları aşağıdaki gibidir:

- Verimlilik (Üretkenlik)
- Etkinlik (Performans)
- Kapasite
- Esneklik

Verimlilik, genellikle birim girdi başına üretilen çıktı olarak ölçülür. Verimliliğin bu tanımı mühendislikteki teknik verim kavramından farklıdır. İşletmecilerin pek çoğu bu tanımı aynı zamanda üretkenlik için kullanırlar.

Etkinlik, üretim sisteminin amaçlarını gerçekleştirme derecesi olarak tanımlanır ve performans ile eş anlamda kullanılır. Buna göre verimlilik; birşeyi doğru yapmak ise etkinlik doğru şeyi yapmak olarak tanımlanabilir.

Kapasite, üretim sisteminin gerçekleştireceği en yüksek üretim düzeyini ölçer. Yüzde olarak veya birim zamanda üretilen miktar cinsinden ifade edilir. Bir fabrikaya alınan yeni makineler kapasiteyi artırabilir. Fakat yatırım ve işletme verimliliği düşer. Dolayısıyla verimlilik ve kapasite farklı ölçülerdir.

Esneklik, bir üretim sisteminin ani talep değişmelerine cevap verebilmesi veya yeni mamul üretimine kolay geçebilmesi olarak tanımlanır. Son yıllarda önem kazanan bu faktörün belli bir ölçüsü yoktur.

### **1.3.1. Üretim Sisteminin Sınıflandırılması**

İnsan ihtiyaçlarının doğa tarafından tam olarak karşılanamaması sonucu ortaya çıkan, beşeri bir faaliyet olan üretim, ekonomistler tarafından fayda yaratmak şeklinde tanımlansa da mühendisler göre, bir fiziksel varlık üzerinde onun değerini arttırıcı bir değişiklik yapmak ya da hammadde veya yarı mamulleri kullanılabilir bir hale dönüştürme işlemidir.

Bir üretim sistemi ise hammadde veya yarı mamullerin bir dönüşüm birimiyle ürün haline getirildiği sistem olarak tanımlanabilir. Üretim sistemlerinin sınıflandırılması durumunda belirlenen sınıflar arasındaki çizgilerin kesin ve bilimsel olduğunu söylemek oldukça zordur. Bununla birlikte üretim sistemlerini topluca görmek ve incelenmelerini kolaylaştırmak amacıyla belirli gruplar altında sınıflandırılmasında fayda vardır. Üretim sistemlerini üretim yöntemlerine, mamul cinslerine, üretim miktarı veya akışına ve diğer üretim türleri şeklinde sınıflandırmak mümkündür.

#### **1.3.1.1. Üretim Yöntemlerine Göre Sınıflandırma**

İnsanların ihtiyaçları olan malların üretilmesinde kullanılan temel süreçlere bağlı olarak yapılan bir sınıflandırmadır. Üretim yöntemine göre sınıflandırma şu şekildedir:

1. Birincil (Primer) Üretim: Doğada mevcut hammaddelerin işlenmek veya kullanılmak üzere çıkarılması faaliyetidir. Üretilen maddeler, yeryüzünde üretilen tüm ürünlerin temelini oluşturduğundan bunlara temel hammaddeler adı verilir.

Demir, bakır ve diğer madenler ile kömür ve petrol üretimi, orman işletmeciliği, balıkçılık ve benzerleri birincil (primer) üretim sınıfına girerler.

2. Analitik Üretim: Temel hammaddelerin bazıları daha sonra ayırıcı işlemlerle parçalanıp işlenerek çeşitli ürünlere dönüştürülür. Şeker pancarından şeker, ham petrolden benzin, fuel-oil, makine yağı v.b., boksitten alüminyum, süttten yağ üretimi v.b, analitik üretim sınıfına girer. Analitik üretimde asıl işlem, elektrokimyasal reaksiyon ve damıtma gibi değişik teknikler uygulanır.

3. Sentetik Üretim: Yeryüzünden elde edilen iki veya daha fazla hammaddenin bazılarını birleştirme işlemi uygulayarak yeni ürünlere dönüştürülme şeklidir. Sentetik kauçuk, alaşımlı çelik, plastik, cam vb. ürünler sentetik üretim grubuna girerler.

4. Fabrikasyon Üretim: Temel veya diğer hammaddelerin şekil verme yolu ile biçim ve işlevini değiştirerek değerini artırıp yeni ürünler meydana getiren bir üretim biçimidir. İmalat kelimesi ile belirlemek istenilen faaliyetler esasen fabrikasyon üretime örnektir. Döküm, tornalama, pres kesme, sacı alıp soğuk şekillendirmeyeyle jant yapılması gibi yöntemlerle şekil vererek yeni mal üreten sistemler bu gruba girerler.

5. Montaj Üretim: Çeşitli hammadde, yarı ürün ve parçalar sistematik biçimde bir araya getirilerek karmaşık bir ürün üretilir. Buzdolabı, traktör, çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, otomobil montaj yolu ile üretilen ürünlerdir. Bir montaj şirketi ürettiği ürünleri oluşturan parçaların tamamını veya çoğunu diğer fabrikalardan hazır olarak alır. Montaj üretiminde dikkat edilmesi gereken hususlar vardır. Bunlar ;

- 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 söylenebilir.
- Bir fabrikanın, üretim yöntemlerine göre tanımlanan yukarıdaki sınıflardan sadece birinin içinde olması şart değildir. Örneğin, bir demir-çelik fabrikasında hem analitik hem fabrikasyon üretim vardır.

- Bazı parçalarını kendi atölyelerinde imal eden bir otomobil fabrikasında ise fabrikasyon ve montaj üretim yöntemleri uygulanır.

### 1.3.1.2. Ürün Cinslerine Göre Sınıflandırma

Çoğu zaman üretilen ürünün özellikleri ve nitelikleri üretim sisteminin karakteristik özelliğinin belirlenmesinde önemli rol oynayabilir. Fabrika binasının yapısı, kullanılan makine ve teçhizatlar, bulunduğu bölge, insan gücü yapısı belirli bir tip ürüne göre oluşabilir. Demir-çelik, kömür üretimi, tekstil üretimi, elektronik cihazların üretimi, kimyasal maddeler üretimi gibi üretimler böyledir. Ürün cinslerine göre yapılan sınıflandırmada gösterilen örneklerin üretim yöntemine göre yapılan sınıflandırmada başka gruplar içinde yer aldığı gözden kaçmamalıdır. Ürüne göre ayrılan yapıların belli başlıca üretim sistemleri şöyle sıralanabilir:

1. Demir-Çelik Üretimi: Doğal Kaynaklardan çıkarılan demir filizinin büyük fırınlarda eritilmesi ile demir veya çelik elde edilir. Aynı zamanda uygulanan çeşitli ısıl işlem veya katkı maddeleri ile alaşımlı çelikler de üretilir. Demir-çelik üretiminden havagazı, inşaatlarda kullanılan cüruf gibi yan ürünler de elde edilir.

2. Kömür Üretimi: Linyit, kok ve maden kömürü üretimi aynı grup içinde yer alır. Maden kömürü ve linyit doğal kaynaklardan elden edildikten sonra temizleme, yıkama, kırma, gaz alma gibi işlemler uygulanarak kullanılabilir hale getirilir.

3. Takım Tezgahları Üretimi: Bir ülke endüstrisini yaratan en önemli unsur, takım tezgahları olarak bilinen makinelerdir. Freze, planya, torna gibi isimler alan takım tezgahlarının üretimi yüksek düzeyde teknik bilgi ve kalifiye insan gücüne ihtiyaç gösterir. Uygulanan yöntemler açısından fabrikasyon ve montaj üretimlerinin bir karmasıdır.

4. Kimyasal Maddeler Üretimi: Çeşitli işlemlerle hammaddelerin kimyasal yapıları değiştirilerek yeni ürünler üretilmesidir. Hemen hemen her üretim faaliyetinde mutlaka birden fazla kimyasal işlem bulunduğundan hangi fabrikaların bu grupta yer aldığını belirtmek güçtür. Kimyasal işlemlerin büyük ağırlık taşıdığı

Üretim tiplerini kimyasal üretim grubu içinde varsaymak mantıklıdır. Kimyasal üretime örnek olarak verilebilecek dallar ise sırasıyla ;

- Boyalar,
- Patlayıcı maddeler,
- Temizlik Maddeleri,
- Gübre ve tarım ilaçları,
- Ağır kimyasal ürünler; sülfürük asit,soda vb.
- İlaç hammaddeleri,
- Kozmetik rnler,
- Plastik maddeler,
- Fotoğraf malzemeleri ve elektronik kayıt bantları,
- Tekstilde kullanılan her çeşit yapay elyaf

5. Elektriksel Araç - Gereç retimi: Elektrik enerjisi ile çalışan makine ve ev eşyaları ile elektrik üretiminde kullanılan sistemlerin üretimidir. Birinci gruptaki ürünler standart olarak doğrudan tüketicinin kullanacağı Şekilde ve büyük sayılarda üretilirler. Enerji santrallerinin reteleri gibi ikinci gruba giren ürünler ise sipariş üzerine ve özel olarak imal edilirler. Her iki grupta da yüksek düzeyde teknik bilgi ve kalifiye eleman kullanma zorunluluğu vardır.

6. Tekstil rnlerinin retimi: Her türlü elyaftan, örme, dokuma, dokusuz yüzey elde metodları gibi yöntemler kullanarak yüzey elde etme Şeklidir. Naylon, orlon, kumaş, pamuk veya yn iplik, yapay iplik ve kumaş üretimleri bu gruba girer. Tekstil endüstrisi ve demir-elik endüstrisi gibi kavramlar,sıkca adını duyduğumuz kavramlardır. rn cinsine göre gruplanan üretim sistemlerinin endüstri dalı olarak kabul edileceği anlaşılır.

7. Elektronik rnler retimi: Son yıllara kadar elektriksel araç-gereç grubunun içinde yer alırken kaydedilen olağanüstü gelişmeler sonucu tek başına önemli bir endüstri gurubunu oluşturmuştur. Akıllı telefonlar, tabletler, bilgisayarlar, yazıcılar, hesap makineleri, haberleşme cihazları bu üretim dalında yer alan ürünlere örnek gösterilebilirler.

### 1.3.1.3. Üretim Miktarına Veya Akışına Göre Sınıflandırma

Üretilen ürünün miktarı ile üretim faaliyetlerinin fabrika içindeki akışı arasında yakın bir ilişki vardır. Üretilen ürün aynı kalmak koşuluyla bile bir ürünün az veya çok sayıda üretilmesini, kullanılan makinelerin tiplerini, imalat yöntemlerini, standartlarını, insan gücünden yararlanma biçimini, fabrikanın yerleşme düzenini, üretim planlama ve kontrol yöntemlerini ve diğer faktörleri etkiler. Bu sayılanlar hammaddenin ürün haline gelene kadar izlediği yolu, yani akışı da belirler. Örneğin, çeşitli markalardan otoların tamir edildiği bir atölye ile bir araba yıkama istasyonu göz önüne alınsın. Tamir atölyesinde, gelen arabaların arızaları ve tamir süreleri tamamen belirsizdir. Her işin süresi önceden bilinemez. İşlerin önceden programlanma olanağı yoktur. Kullanılan aletlerden birine aynı anda birkaç yerde birden ihtiyaç duyulabilir. Dolayısıyla işçilerin veya aletlerin boş kalma oranı yüksektir. Halbuki oto kuaföründe durum tamamen tersinedir. Her arabanın markası farklı bile olsa işlemleri aynıdır. İşlem süreleri bir ortalama değer civarında pek az oynar. İşin dağıtımında belirlilik vardır. Makine ve aletler belirli yerlerde olup kapasitelerinden yararlanma oranı çok yüksektir. Aralarındaki bu farklar nedeni ile iki iş yerinin üretim planlama ve kontrolü faaliyetleri arasında belirgin ayrıcalıklar bulunması doğaldır. Üretim miktarına veya akışına göre şu şekilde bir sınıflandırma yapılabilir:

1. Siparişe Göre Üretim : Bu üretim tipinde müşteri firmanın veya tüketici kitlenin zaman, miktar, kalite, tasarım gibi özellikleri kendi isteğine bağlı olarak belirlediği sayıca sınırlı veya birden fazla üretilen bir üretim tipidir. Miktar genellikle, bir veya birkaç denebilecek kadar az olmaktadır. Özel elektronik cihazlar, proses makineleri, özel seri otomobiller, gemi, büyük buhar kazanı, büyük takım tezgahları, prototip makineler ve benzerlerinin üretimi bu gruba girer. Sipariş üretimi, üretimin yapıldığı süre çeşidi bakımından şu tür alt gruplara ayrılır;

- Az sayıda ürünün yalnız bir defa üretilmesi
- Az sayıda ürünün talep geldikçe, belirsiz aralıklarda üretilmesi
- Az sayıda ürünün belirli aralıklarda periyodik olarak üretilmesi

Sadece bir defa üretilen ürünler için üretim tekniği, alet teçhizatı ve planlama bakımından yapılacak bir şey yoktur. Belirli veya belirsiz aralıklarda üretilen ürünler içinse metot, işlem planlaması ve kontrol faaliyetlerinin düzenlenmesi ve bunlara ilişkin bilgilerin gerektiğçe kullanılmak üzere iyi saklanması önem taşır.

Siparişe göre üretimde özel olarak tasarlanan genelde sınırlı sayıda ürünler üretildiği için makine ve insan gücü kapasitesinden yararlanma oranı düşüktür.

2. Parti Üretim: Üretilecek ürünün özel bir siparişi ya da belirli miktarlardan oluşan partiler halinde üretilmesidir. Parti ürünün üretimi gerçekleştirildikten sonra makine ve tesisler başka cins bir ürünün parti üretiminde kullanılabilir. Takım, tertibat, makine ve insan gücünün planlanmasında gösterilecek özen, parti büyüklüğüne ve üretim periyodunun sıklığına bağlıdır. Çoğu özellik açısından sipariş üretimiyle ortaklık gösterir. Örneğin, yalnız bir defalık, belirsiz ve belirli aralıklarda tekrarlanan olmak üzere üç gruba ayrılır. Parti sayısı arttıkça ve bölümlenmeler standart hale geldikçe üretim planlama ve kontrol tekniklerinin uygulanması daha verimli sonuçlar verir. Parti üretiminde esas çözümlenmesi gereken iki adet husus vardır. İlki en uygun parti büyüklüğünün saptanması, ikincisi ise minimum kapasite kaybına yol açan üretim programlarının hazırlanmasıdır. Parti üretimi endüstride en yoğun olan ve sık rastlanan bir üretim tipidir. Konfeksiyon, tekstil, gıda, otomobil, ev eşyası gibi her çeşit tüketim malı parti üretimi grubunda yer alır.

3. Sürekli Üretim: Sürekli üretimde genel olarak kişisel amaçlı makineler ve tesisler yalnız belirli bir ürünün üretimine tahsis edilmiştir. Ürünlerin talep düzeyi ve üretim miktarları çok yüksektir. Parti ve sipariş üretimlerinde, üretim hızının talepten biraz yukarıda olmasına izin verilebilir. Yani stoklama yapılabilir. Sürekli üretimde ise ancak talebin üretimi her an yakından izlemesi şartı ile faaliyetleri sürdürmek olanaklıdır. Sürekli üretimi, kütle üretimi ve akış üretimi olarak iki gruba ayırmak mümkündür. Kütle üretiminde miktar çok yüksektir ve zaman açısından çok uzun sürede imal edilir. Gerektiğinde ise yerleşimi, tertibatı veya makineyi başka bir tip ürünün üretimine geçirme olasılığı vardır. Örneğin, revolver tornalar ile belirli bir büyüklükte vida imal eden bir atölyede, kontrol mekanizmaları kesme kalemleri ile tespit tertibatlarını değiştirerek başka bir vida üretimine geçilebilir.

Akış veya proses üretiminde makine ve tesisler sadece belirli bir ürünü üretmek için tasarlanmıştır. Çimento, şeker, petrol rafinerisi, motor gibi endüstriler akış üretiminin belli başlı örnekleridir.

Sürekli üretimde üretim planlama ve kontrolü parti üretimine kıyasla daha basit ve az yoğundur. Üretime başlamadan önce geniş ve ayrıntılı planlama yapılır. Lakin üretime başladıktan sonra plan ve kontrol işlemlerinde değişiklik olamaz.



Şekil 1.4. Sürekli Üretim

4. Proje Üretimi: Belirli bir ürünün yalnız bir kez üretilmesi bakımından siparişe göre üretime benzer. Yalnız proje üretiminde akış söz konusu değildir. Bu tip üretimlerde tek ve büyük bir ürün olması koşulu söz konusudur. Üretim sisteminin varlığı talebin fiili olarak gerçekleşmesine bağlıdır. Proje üretiminde birim ürün fiyatı ise çok yüksektir. Proje tipi üretimin belli başlı özellikleri şunlardır:

- Makine ve insanların ürün çevresinde veya içinde hareket etmesi,
- Ürünün sabit konumda bulunması,
- Aynı anda pek çok faaliyetin bir arada yürütülür olması

Bir fabrikanın veya hizmet üreten bir sistemin yukarıda sıralanan üretim tiplerinden yalnızca birini benimsemesi şart değildir. Gerçekten fabrikaların birçoğunda birkaç üretim tipinin yer alması doğaldır. Fabrikanın üretim tipinin belirlenmesi isteniyorsa, toplam üretime katkısı en fazla olan sistemin seçilmesi doğru olur.

#### Kesikli ve Sürekli Üretim Tiplerinin Özellikleri

- Üretim miktarına veya akışına göre yapılan sınıflandırmada; sipariş, parti, sürekli üretim ve proje olmak üzere dört tip tanımlanmıştır.



- İlk ikisinde, tanımlamalarından da anlaşılacağı üzere, aynı ürünün belirli veya belirsiz aralıklarda üretilmesi söz konusudur.
- Bu açıdan üretim tiplerini kesikli ve sürekli olarak iki ana grupta toplamak mümkündür. İki grup arasında farklar şöyle özetlenebilir:

Üretim miktarı açısından;

- Kesikli üretimde ürün çeşidi fazla, buna karşın üretilecek miktar azdır.
- Sürekli üretimde ise ürün tek veya az çeşit fakat çıktı miktarı fazladır.

Makine ve teçhizat açısından;

- Kesikli üretimde işlemler çeşitli olduğundan çok amaçlı tezgahlar kullanılır. Bu tezgahlarda çok çeşitli işler yapılabildiğinden ve verimlilik düşüktür.
- Sürekli üretimde kullanılan özel tezgahlarda hız ve verimlilik yüksektir.

Yerleşme düzeni açısından;

- Kesikli üretimde aynı işi gören tezgahlar bir araya toplanır (işleme göre yerleştirme).
- Sürekli üretimde tezgahlar bir imalat hattı üzerinde bulunur ve farklı tezgahlar yan yana dizilmiştir (ürüne göre yerleştirme).

İş yükü dengesi açısından;

- Kesikli üretimde ürün sık sık değişir. Bu nedenle programlama yapmak zordur. İş yığılmaları, makinelerin boş kalması gibi durumlara sık sık rastlanır.
- Sürekli üretimde iş yükünde denge sağlanmıştır. Kapasiteden yararlanma oranı yüksektir. İmalatta zaman kayıpları en aza indirilmiştir.

İşçilik açısından;

- Kesikli üretimde tezgahlar hassas olduğundan kalifiye işçi gerekir.
- Sürekli üretimde ise basit işler mevcut olduğundan vasıfsız işçilerin çalışmasında sakınca yoktur.

İş hazırlama açısından;

- Kesikli üretimde iş hazırlama faaliyeti yoğundur. Her yeni iş için yeni baştan iş emirleri çıkarılır, iş yükü dağıtımı ve programlama, malzeme istekleri, iş takibi yeniden yapılır.
- Sürekli üretimde iş emri bir kez yapılır ve ayrıntılıdır. Programlamada yapılacak küçük hataların telafisi zordur. Yapılan işlemler yoğun değil fakat karmaşıktır.

Hammadde, yan ürün ve ürün stokları açısından;

- Kesikli üretimde hammadde ve yan ürün stokları fazladır çünkü talebi önceden kestirmek zordur. Buna karşın ürün stokuna hemen hemen hiç rastlanmaz.
- Sürekli üretimde belli bir talebe göre üretim yapıldığından yan ürün stoku en alt düzeydedir. Buna karşın sürekli olarak üretim yapıldığından tamamlanmış ürün stoku bulunması doğal karşılanır.

### Üretim Kararları ve Etkileyen Faktörler

Proses, bu grupta en önemli karar, üretim sisteminin tipini seçmektir. Bundan sonra makinelerin cinsi, otomasyon düzeyi, yerleştirme düzeni gibi kararlar gelir.

Kapasite, üretim sisteminin hacmi, işgücü miktarı ve çalışma düzeni (vardiya sayısı, fazla mesai) yedek kapasite bulundurma gibi kararlar bu gruba girerler.

Stoklar, stok düzeyi ile elde bulundurma ve sipariş maliyetleri arasında en uygun dengenin bulunması, güvenlik stokları, talebin zamanında karşılanması ve stok kayıt sistemlerinin etkinliği kararları bu gruptadır.

İşgücü, elde mevcut işgücünün verimli kullanılması amacına yönelik kararların en önemlileri metot geliştirme, iş basitleştirme, iş ölçümü ve teşvikli ücret yöntemleri ve eğitimidir.

Kalite, üretim yönetiminin doğrudan sorumluluğu altında bulunmamasına rağmen, muayene noktalarının tespiti ve ölçme sonuçlarının yorumlanarak düzeltici kararlar alınması imalat ve kalite kontrol ile ortak kararlar almayı gerektirir. Üretim kararlarının, üretim stratejileri ile çelişkiye düşmemesi büyük önem taşır. Aksi halde işletmenin amaçlarını gerçekleştirmesi güçleşir.

#### **1.3.1.4. Diğer Üretim Tipleri**

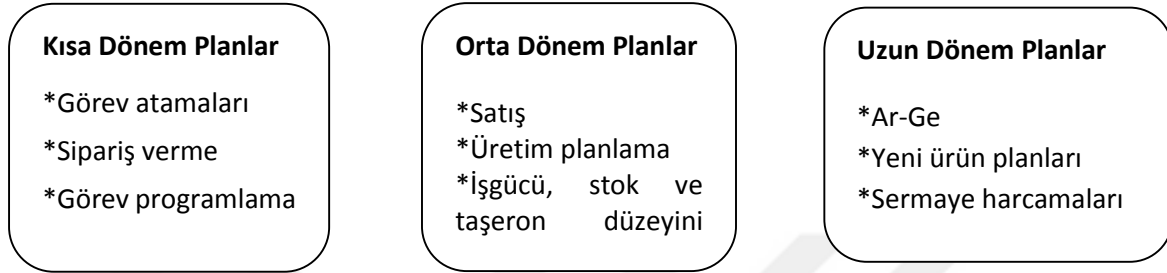
Doğrudan doğruya tüketicinin talep ve ihtiyacını karşılamaya yönelik olmayan ve tek başına düşünüldüğü zaman ekonomik açıdan bir kâr getirmeyen bazı üretim faaliyetlerini bu grup altında toplamak uygundur. Bu tür faaliyetlerin başlıcaları şu şekildedir (Kobu, 1994: 41- 44):

- Pilot üretim,
- Başlangıç devresi üretimi,
- Geçici (arazi) üretim,
- Test modelleri üretimi,
- Araştırma üretimi,
- Model ve prototip üretim,
- İhracat mamulleri üretimleridir.

#### **1.4. Üretim Planlamasının Genel Tanımı Ve Özellikleri**

Üretim yöneticileri, belirli bir ürünün gelecekte ne zaman ve ne kadar talep edileceğini belirlemek ve buradan hareketle ileride ihtiyaç duyulacak üretim faktörlerini de zaman, miktar ve nitelikler yönünden planlamak durumundadırlar. Rekabet sağlayabilmek için de pazar talebi ile uzun dönemli üretim planlaması arasında bir denge kurulmalıdır. Uzun ve orta vadeli planların yapılması işgücü atamaları, depodaki stokların aktif kullanımı ve iyi bir kapasite planlaması talepteki iniş ve çıkışları kontrol altına alarak değişkenlik katsayısını azaltır. Üretimde kullanılan hammadde veya kaynakların gelecekteki kullanımı, firmanın planlama yapan bölümünün başarısını yüksek düzeyde etkiler ve burada üretim planlama sistemi yardımcı bir araç olarak kullanılır. Herkesin bir amacı olduğu gibi işletmelerin

de amaçlarını gerçekleştirmek için birtakım planları olmak zorundadır. Bu işlem de işletme politikası-stratejisi diye tanımlanabilir. Uzun zaman dilimini kapsayan planların yanı sıra daha kısa zaman dilimini kapsayan mal ve hizmetlerin miktar ve türünü belirleyen talep öngörülerine ilişkin planlar da söz konusudur. Aşağıda Şekil 1.5'de planlama türlerinden bahsedilmektedir.



Şekil 1.5. Planlama Türleri

Kısaca üretim planlaması, belirli bir dönem boyunca üretim düzeyinin belirlenme çabasıdır. Yani üretilecek ürünlerin ne miktarda ve ne zaman üretilmesi gerektiği, üretim kapasitesinin kullanımı ve kapasite ile çıktıların dengelenmesi konularını kapsamaktadır. Üretim planlamasının amacı, üretim sürecinde yapılmakta olan faaliyetleri minimum maliyetle gerçekleştirerek ve zamanında üretim yaparak tüketici taleplerini karşılamaktır. Üretim planı, işletme planı ile uyumlu olmalı ve pazarlama ve finans planlarını etkilediğinden bölümler arasında birlik sağlayabilmelidir.

Kötü veya hatalı bir üretim planlaması fazla stoklama maliyetlerinin artmasına veya stoksuzluğa tüketici isteklerinin karşılanmamasına yol açar, verimlilik azalır. Üretim planı, imalat ve diğer alanlar arasında olduğu gibi üst yönetim ile iş birliği içerisinde. Endüstriyel bir malın üretimini yapmak için oluşturulmuş bir işletmenin en önemli bölümlerinden biri üretim bölümüdür. Özellikle son yıllarda gerçekleşen teknolojik gelişmeler, bilgisayar ve robotların kullanımı üretim yöntemlerinde ve donatım araçlarında yapılan köklü değişiklikler ve ortaya konulan yeni görüşler üretim bölümünün önemini daha da artırmış ve bütün bunlar üretim işlevlerinin yönetimi üzerinde etkilerini göstermiştir.

### 1.4.1. Üretim Planlamasının Önemi

Sanayi işletmeleri oldukça dinamik bir ortamda çalışmalarını devam ettirmektedirler. Bu nedenle ileriye dönük çalışmalarının önceden tasarlanması, seçeneklerinin bulunması, belirlenmesi ve tespiti ile beklenen sonuçların neler olabileceğinin önceden tahmin edilmesi zorunludur. Bunun için geçmişteki verilerin analizi, mevcut durumun tespiti ve geleceğe dönük projeksiyonların yapılması gerekmektedir. Üretim planlaması, işletmenin kaynakları ve bunların gelecekte istenilen nitelik ve nicelikteki ürünlerin üretimi için dağıtılması konusunda karar alma işlemidir. Alınan kararlar işletmede satın alma, pazarlama, kontrol ve finansman gibi bütün işletme fonksiyonlarıyla yakından ilgilidir. Ancak gelecek hakkında alınacak kararlar tahmin gerektirmektedir. Dolayısıyla ileride ortaya çıkabilecek olayları önceden tespit etmek zordur. Sonuca ulaşmak için çeşitli analizler yapılmakta, modeller kurulmakta ve amaca uygunluğu araştırılmaktadır. Planlarla elde edilen sonuçların amaca uygunluğu ve bunun gerçekleştirilmesi, işletme yönetiminin temel konuları arasındadır. Uygunluk hem planlarda hem de işletme faaliyetlerinde yapılacak değişikliklerle sağlanabilmektedir. Ancak tam bir uygunluğa ulaşmak her zaman kolay ve mümkün değildir.

Karar almada, tahmin metotlarından faydalanmada esas, geçmişte tespit edilen ve meydana gelen olayların belirli bir eğilim içinde bazı sapmalarla birlikte gelecekte tekrarlanacağıdır. Bu nedenle belirsizliğin alt limite çekilmesi ve hazırlanacak planların objektif metot ve kriterlere dayalı olması zorunlu olmaktadır. Geçmişteki verilerin analizi temel amaç değil geleceği görmede araç olarak kullanılması unutulmaması gereken bir noktadır. Bu nedenle gelecekte faaliyetlerin sınırları amaca uygun bir biçimde belirlenebilir.

Teknolojinin hızlı gelişmesi ve değişmesi, üretim faaliyetlerinin karmaşıklığı ve koordinasyon zorluğu, üretim faktörlerinin ekonomik olarak kullanılma zorunluluğu ve gerekliliği, işletmelerin birbirinden tam bağımsız olarak faaliyet göstermeleri vb. nedenlerle üretim planlaması her işletme için hayati önem taşımaktadır. Üretim planlaması, üretim sistemlerinin gelişmesine ve değişmesine paralel olarak daha çok önem kazanmaya başlamıştır. Modern bir işletmede, üretim planlamasının ön plana çıkmasını sağlayan faktörler şu şekilde sıralanabilir:

- İşletmedeki faaliyetlerle ilgili koordinasyon zorluğu,
- İşletmeler arasındaki ilişkilerin gelişmesi ve rekabet durumu,
- Üretim sisteminin yoğunluğu ve karışıklığı,
- Tüketici zevk ve tercihlerinin sürekli değişmesi,
- Teknoloji vb. sebeplerle hizmet, kalite ve fiyat rekabetinin artması ve zorlanması,
- İşletmenin ekonomik üretim düzeyinde faaliyette bulunmasını sağlamak amacıyla, malzeme, hammadde, makine saati ve işgücü kayıplarının minimum düzeye indirilmesinin sağlanması.

Üretim planlamasıyla işletmenin mevcut kaynakları en etkili şekilde kullanarak ve üretim kayıpları minimum düzeye indirilerek istenilen kalite düzeyinde üretim yapılabilir. Bu sebeple çok sayıda standart olarak üretilen ürünlerin üretim planlamasının yapılması ön planda tutulmaktadır. Üretim planlamasıyla, üretim ve stok seviyelerinin tespiti, minimum maliyetle üretim işlemlerinin sıralanması ve sistemin kurulması, hammaddelerin zamanında ve istenilen miktarda temini, yeni makine, tezgâh ve ekipmanların alınması ve ek kapasitelerin tespiti gibi problemler çözülmeye çalışılmaktadır.

Sanayi işletmelerinin istenilen kapasite düzeylerinde ve verimli bir şekilde çalışabilmeleri için finansman kaynağına ihtiyaç bulunmaktadır. İşletmelerde yeni finansman kaynaklarının en sağlam ve rasyonel olanı, üretim faaliyetleri sonucunda elde edilen kârlar olmaktadır. İşletmenin kârlarını artırabilmeleri mevcut ve yeni ürünlerin üretimlerinin planlanması ve yeni mamullerin geliştirilmesi ile mümkün olmaktadır.

#### **1.4.2. Üretim Planlamasının Amacı**

Üretim planlaması işletmeler açısından çok önemlidir. Üstünde iyi çalışılmış bir üretim planlaması sayesinde işletme, düşük üretim maliyetiyle en iyi stok yatırımı ve dengeli bir üretime sahip olabilir. Üretim faktörlerini maksimum kılarak işletme kârında olumlu değişiklikler elde edebilir. Bu sayede işletmenin rekabet gücünün artması ve sağlanmasıyla yeni ürünlerin pazarlanması da kolaylaşır. Üretim planlamasında iki önemli nokta ön plana çıkmaktadır. Bunlar; talep tahmini ile

planlamadır. Hem talep tahmini hem de planlama uzun, orta ve kısa dönemli olabilmektedir. Üretim planlamasının amaçları aşağıdaki gibi açıklanabilir:

- Son on yılda şirketler, mal ve hizmetlerini daha ucuz üretmek ve müşterilerine daha etkin şekilde gönderilmesini sağlayacak yeteneklerini geliştirmede milyon dolarlar harcamaktadırlar. İş süreç değişimi, teknolojiyi güçlendirme yatırımları, kurum kaynak planlaması, otomasyon faaliyetleri bunlara birer örnektir.
- Her şirketin amacının kârlı büyüme olduğu halde çoğu şirketlerin bu amacını gerçekleştirmediği görülmektedir. Bir kere kârlı büyümenin yararları tartışılmaz, fakat iş dünyasında çoğu şirketler sahip oldukları süreçleri, çalışanlarını ve teknolojilerini bir düzene koyamadıklarından bu kârlı büyümeyi gerçekleştiremezler. Sonuç olarak da bu tür şirketler pazar payını kaybederek piyasadan silinmektedirler.
- Şirketler, kârlı büyümesini devam ettirebilmek için yaratıcılığa odaklanmalı ve müşterileri ile karşılıklı değerlerini paylaşmalıdır. Bunun için de çalışma konumuz olan üretim planlaması ve hedef programlamanın önemi yadsınamaz.
- Üretimi planlamanın amacı, gerek duyulan (tahminlerle saptanmış) mal ve hizmetlerin üretiminde kullanılacak tüm kaynakların istenen yer ve zamanda, miktarda bulundurulmasını garanti etmek ve daha da önemlisi kaynak israfını en aza indirmektir.

Genel olarak üretim planlamanın amacı, şirketlerin hedefleri çerçevesinde, optimum kâr sağlayacak şekilde işletmenin içine ve dışına olan malzeme akışını planlamak ve kontrol etmek şeklinde tanımlanabilir. Bu nedenle üretim planlama ve kontrol, müşteri talebini, finansman durumunu, üretim kapasitesini, insan gücünü vb. sürekli olarak tartan, kontrol altında tutan bir mekanizma kurmalıdır. Planlama, sistemli bir şekilde bugünden alınan kararlarla geleceğe varma çabasıdır. Sürekli değişim içinde bulunan günümüz koşullarında kuruluşlar nerede olduklarını, nereye ve nasıl varmak istediklerini saptayıp, geleceği belirlemek zorundadırlar. Yani planlama ile işletmeler, gelecek konusunda bilinmeyenleri yok ederek veya en aza indirerek, faaliyetlerini daha doğru biçimde yönetirler. Planlama sürecinde tüm çalışanlar, plan hazırlanması ve yürütülmesine katkıda bulunur. Böylece bireysel

çalışmalarını plan perspektifi içinde değerlendirerek kuruluş amaçları ile özdeşleştirirler. Plan çalışmalarının bu niteliği çeşitli düzeyde yürütülen çalışmalar arasında eşgüdüm sağladığı gibi yarattığı belli bir bilinç ve heyecan ortamıyla da bireyleri yönetime katarak, kuruluşa büyük bir güç kazandırır.

Planlama, firma hedef ve stratejilerinin makro düzeydeki plan, hedef ve stratejiler ile paralellik kazanmasını ve ulusal ekonomi hedeflerine ulaşma çabalarına firmanın olumlu katkıda bulunmasını sağlar. Diğer taraftan geleceğin belirlenmesi sonucu gerek devletle ve gerekse diğer işletmelerle olan ilişkilerin önceden bilinmesine ve gerekli eylemler için en uygun zamanın seçimine olanak tanır. Planlama, kuruluşa sistemli düşünme ve karar alma alışkanlığını getirir. Problemlerin pek çoğunun kökünde sistemsiz bir yönetim anlayışı yatmaktadır. Planlama, bu problemlerin ortaya çıkmasını önleyecek temel tedbirdir. Üretim planlama ve kontrolün hedefleri üretimde en yüksek verimliliği sağlamaktır. En yüksek verimlilik ise istenilen miktarda ürünü, istenilen zamanda ve kalitede, en iyi, en ucuz yöntemlerle üretmekle sağlanır.

#### **1.4.3. Üretim Planının Hazırlanışı**

Üst düzey yöneticiler, hazırlanan alternatif üretim planları arasından işletme için en uygununu seçmektedirler. Alternatif planları alt kademe yöneticileri hazırlamaktadır. Ancak planların hazırlanmasında üretim yöneticisinin başkanlığında işletme bilgisine sahip, konu ile ilgili temel fonksiyonlardan sorumlu yöneticilerden kurulacak bir kademe görev almasında yarar vardır. Üretim planlarının hazırlanması için gerekli bilgiler arasında en önemlisi talep tahminleridir. Bunun nedenleri; talebin kontrol edilemeyen bir faktör olması ve tüketici isteklerinin karşılanmasında oynadığı roldür. Bir üretim planlamasında uyulması gereken ilkeler şunlardır:

- Uygun planlama periyodunun belirlenmesi,
- Uygun mamul gruplarının hazırlanması,
- Kısıtlayıcı faktörlerin bilinçli olarak hesaba katılmasıdır.



Bu kriterlere göre hazırlanan bir üretim planı, belirli zaman dilimlerindeki üretim miktarını, tüm işletmeyi kapsayan iş yükü dağıtım düzeyini belirleyen bir araç olmaktadır. Üretim planları bir yandan çalışanlara o gün ne yapacağını bildiren iş emirlerinin içeriğini bildirirken, diğer yandan her düzeydeki yöneticiye yol gösteren etkili bir kontrol aracı niteliğini taşımaktadır. Sürekli üretim yapan, ürün çeşidi fazlalığı ve talep dalgalanmaları nedeni ile stok bulundurma zorunluluğunda olan bir imalat işletmesinde üretim planlarının hazırlanması için yapılacak işler şöyle sıralanabilir:

- Üretim planının kapsayacağı zaman aralığı belirlenir. İşletmeler birer aylık dönemler halinde üretim planı yaparak bir yıllık üretim planı hazırlarlar. Bir yıllık planlar üçer aylık dönemler halinde aylara ve haftalara göre program biçiminde hazırlanır.
- Ekonomik stok düzeyleri belirlenir. Ekonomik stok düzeyi talep tahminleri ve işletmenin stok politikalarına göre hesaplanır.
- Talep tahminleri oluşturulur. İşletmenin piyasadaki müşteri talebini tespit etmek amacıyla bir yıllık dönem için talep tahmini yapılarak, aylara ve haftalara dağıtımı yapılır.
- Üretim planı dönemi başındaki ve sonundaki stok miktarları arasındaki fark hesaplanır. Planlama dönemi başındaki stok miktarı ve emniyet stokları ile dönem sonunda depolarda bulunacak stok miktarı hesaplanır.
- Planlama dönemi başındaki ve sonundaki stok miktarı arasındaki fark hesaplanır.
- Planlama dönemi içinde üretilmesi gerekli miktar bulunur.
- Üretilmesi gerekli miktar planlama dönemlerine paylaştırılır.
- Üretim planlamasında, uygulamada genellikle haftalık planlama yapılarak aylık ve üçer aylık dönemlerde üretilmesi gereken miktar hesaplanabilir. Yukarıdaki işlemlere göre yapılan üretim planları, üretimin belirli bir zaman aralıklarına göre yapılmasını sağlayıp iş yükünü dengeleyecektir. Üretim planları işletmelerin her kademesinde bulunan personel tarafından kullanılan önemli bir denetim ve kontrol aracıdır.

#### 1.4.4. Üretim Planının Uygulanması

İmalat işletmelerinde üretim planlaması genel olarak bir yıl esas alınarak aylık dönemler halinde hazırlanır. Üretim planlaması ile ilgili en önemli problem ise hazırlanan planların ne kadar sürede yenilenmesi gerektiğidir. Üretim planları işletmeler için tek çare veya değiştirilmez değillerdir. Gerekli olan hallerde bu planlarda değişiklik yapılabilir. Ancak bu değişiklikler geliş güzel yapılmamalıdır. Hazırlanan üretim planları üzerinde geliş güzel değişiklikler yapmak işletmeye yarar yerine zarar getirir.

Üretim planlarında aynı işlemi gören benzer ürünler belli gruplar altında birleştirilmelidir. Üretim planlarının etkin bir şekilde uygulanmasının sağlanması için tüm alt şubeler için ayrı bir plan hazırlanmasında fayda vardır. Üretim planlarında bir kıyaslama yapılabilmesinin sağlanması amacıyla planlarda ortak miktar ölçüleri kullanılmalıdır. Ortak ölçü birimlerinin kullanılması amaçlardan sapmaların miktarının hesaplanmasını kolaylaştırır. Yönetici kademesinde çalışan personelin sağlıklı ve doğru kararlar almasına yardımcı olur. Sayılan bu kriterlere dikkat edilerek hazırlanacak olan üretim planlarının uygulanması işletmelerin etkin bir üretim sistemine sahip olmasını sağlayacaktır.



## 2. BÖLÜM

### DOĞRUSAL PROGRAMLAMA, HEDEF PROGRAMLAMA, ULAŞTIRMA MODELİ TANIM VE YÖNTEMLERİ

#### 2.1. Doğrusal Programlamanın Tanımı Ve Tarihi Gelişimi

Doğrusal programlamanın temel konusu, sınırlı kaynakların yarışan faaliyetler arasında en iyi (optimal) biçimde dağıtımının sağlanması problemi ile ilgilidir. Bu bağlamda, doğrusal programlama optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılan matematiksel bir çözüm olmaktadır. Genel olarak ise sınırlayıcı koşullar adı verilen doğrusal denklemler veya eşitsizlikler grubu ile birlikte amaç denklemi adı verilen değişkenlerin doğrusal bir fonksiyonunu optimize (maksimize veya minimize) etmektir.

II. dünya savaşının ikinci yarısından sonra askeri olmayan alanlarda yönetim bilimi uygulamalarının kullanımının artmasıyla bazı gelişmeler yaşandı. Karar vermede sayısal yaklaşımlar üzerindeki araştırmalar ile birçok metodolojinin gelişmesine sebep olundu. Bunlardan en önemlisi belki de 1947'de doğrusal programlama problemlerinin çözümlenmesi için Dantzig'in ortaya koyduğu Simpleks Yöntemidir. Bunu birçok gelişme takip etti ve yöneylem araştırması üzerine ilk kitap 1957'de Churchman, Ackoff ve Arnoff tarafından yayınlandı.

1947 ve 1949 yılları arasındaki kısa zamanda doğrusal programlamanın temellerinin büyük bir kısmı ortaya konuldu. 1947'nin başlarında Koopmans klasik ekonomik teorilerin analizinde doğrusal programlamanın mükemmel bir yapı sağladığını gösterdi. Elbette doğrusal programlama bir anda ortaya çıkmadı. 1947'den önceki yıllarda matematikçiler doğrusal programlamada matematik teorisinin özü olan doğrusal eşitsizlik sistemleri konusunda çalıştılar. Bu tür sistemlerin araştırılması 1826'da Fourier' in çalışmalarına dayanır. Bundan sonra çok az sayıda matematikçi bununla ilgili konularda çalıştı. Özellikle W. Karush' un 1930'daki master tezinde sonlu boyutlar için eşitsizlik sınırları bulunan fonksiyonlarda optimallik şartları konusunda çalıştı. Ayrıca çeşitli özel durumlar için doğrusal programlamanın temel Dualite Teoremi değişik araştırmacılar tarafından

ispat edildi. Bunun yanı sıra 1939'un hemen başında Kantorovich üretim planlama için doğrusal programlama modellerinin pratik uygulamalarının önemini ortaya koydu. Bunların çözümü için de basit bir algoritma önerdi. Ne yazık ki Kantorovich'in çalışmaları Rusya'da ihmal edildi. Ancak Dantzig ve arkadaşlarının doğrusal programlamayı iyi bir şekilde ortaya koymasından sonra Kantorovich'in çalışmaları fark edildi.

Doğrusal programlama 1950'lerden 1960'lara kadar gelişmeye devam etti. Teorileri genişletildi ve kayda değer başarılı uygulamalar yapıldı. 1975'de Kantorovich ve Koopmans kaynakların optimal olarak dağıtım teorisine olan katkılarından dolayı İsveç Kraliyet Bilim Akademisi tarafından Nobel iktisadi idari bilimler ödülünü almalarıyla konu kamuoyunun ilgisini de çekmeye başladı.

1979'da doğrusal programlamada diğer bir önemli gelişme de kamuoyunun dikkatini çekti; L. G. Khachian; N. Z. Shor, D. B. Yudin ve A. S. Nemirovski tarafından bulunan simpleks metodundan çok farklı olan "elipsoid metodu" denilen metodun teorik olarak simpleks metodu yerine kullanılabileceğini ispatlamıştır.

Optimum sonuca ulaşmak için milyonlarca defa iterasyon gerektirebilen Simpleks metodundan farklı olarak elipsoid metodunda polinom zaman sınırında doğrusal programlama problemi ile optimum sonuç bulunur. Bütün dünyadaki gazeteler yeni algoritmanın sanki çok karmaşık ve çok büyük kaynak dağıtım problemlerini zamansız çözebilecekmiş gibi raporlar yayınladılar. Maalesef elipsoid metodun teorik üstünlüğü pratik uygulamalarda hayata geçirilememiştir.

1984 yılında önemli bir gelişme de N. Karmarkar tarafından geliştirilen doğrusal programlama için İç Nokta Algoritmaları olmuştur. Yeni algoritma teorik olarak Simpleks metodu yerine kullanılmakla kalmamış aynı zamanda çok büyük ölçekli uygulamalı problemleri çözmede büyük bir performans göstermiştir. Karmarkar'ın algoritması da Simpleks metodundan çok farklıdır. Bu metotta muhtemel bir alanın içinden optimum sonuca ulaşılır. Bu iç nokta yaklaşımı son yıllardaki araştırmaların odak noktası olmuştur. Çok farklı teorik gelişmeler ve gerçek uygulamalar rapor edilmiştir. Bu konuda pek çok gelişmeler de beklenmektedir.

### 2.1.1. Doğrusal Programlama Yönteminin Kullanıldığı Yerler

Doğrusal programlama, birçok mümkün çözümler arasından en uygun olanını seçmede kullanılan bir grup matematik teknik olarak tanımlanır. Uygulamada karşılaşılan problemlerin birçoğu bu tip olduğundan doğrusal programlama, işletmelerde değişik alanlara başarıyla uygulanmıştır. Buna ilave olarak ekonomi tarım ve mühendislik gibi değişik bilimlerde yapılmış çok sayıda uygulama çalışmaları vardır. Başlıca uygulama alanları ise sırasıyla ulaştırma veya dağıtım modelleri, beslenme problemleri, üretim planlaması, yatırımın planlanması, görev dağıtımının planlanması, kuruluş yeri seçimi, oyun problemleridir. Bilgisayarların modellerin çözümünde kullanılması uygulama çalışmalarını hızlandırmıştır. Bu yüzden doğrusal programlama hem planlama hem de günlük programlama konularında başarıyla kullanılmıştır ve gelecekteki uygulama alanlarının daha da genişleyeceğine hiç kuşku yoktur. Geçen birkaç yılda bu uygulamalar hızla geliştirilmiş ve sayıları artmıştır. Doğrusal programlama uygulamasında önem endüstri uygulamalarına geçmiştir. Çünkü doğrusal programlama işletmelerde yöneticilere değişik biçimlerde yararlı ve yardımcı olmaktadır. Birincisi işletmedeki üretim ve işlemler hakkında önceden bilgi vermektedir. İkincisi, endüstriyel sistemlerin yapısını matematik olarak araştırmaya, modeller kurmaya zorlamaktadır. Üçüncüsü de işletmede verimliliğin artması için yöneticiler elinde önemli bir araç olmaktadır. Doğrusal programlama tekniğiyle endüstride karşılaşılan birçok problem kolaylıkla çözülebilmektedir. Ancak dikkat edilmesi gereken nokta, bu problemlerin matematiksel ifadesinde, doğrusal programlamanın gerçek sorunu tam olarak yansıtmayabileceğidir. Çoğu kez modeller bazı varsayımlar altında yapılan bir yaklaşımdır. Bununla birlikte modeller işletme ve yönetim için oldukça yararlı sonuçlar vermektedir. Aslında mühendislik gibi uygulamalı bilimlerde de gerçek sorunu kesin bir şekilde ifade eden modeller oldukça azdır. Önemli olan modelin tutarlı bilgiler elde etmeye yeterli doğrulukta olmasıdır. Doğrusal programlama modellerinin uygulamaları göstermiştir ki temelde birkaç ana model vardır. Diğer uygulamalar bu ana modellerin bileşenleri ya da değişik konulardaki uygulamalarıdır.

### 2.1.2. Doğrusal Programlamanın Varsayımları

Gerçek hayatta karşılaşılan çoğu karar problemi için, en azından uygun kabullerle, doğrusal karar modeli geliştirmek mümkündür. Bir problem için karar modeli geliştirmek ve kurmak gerçek sistemi matematiksel olarak ifade etmek demektir. Bu işlem yapılırken bilgi kaybı kaçınılmazdır. Önemli olan en az bilgi kaybı ile dönüşümü gerçekleştirebilmektir. Bu nedenle modelden tutarlı sonuçlar elde edilebilmesi için aşağıdaki varsayımlar kabul edilmelidir.

**a. Doğrusallık (Oranlilik) Varsayımı:** Bu varsayım modelin amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcı fonksiyonları ile ilgilidir.

Şöyle ki, her bir faaliyetin amaç fonksiyonunun değerine (z) katkısı,  $h_j$  faaliyetinin düzeyiyle orantılıdır. Örneğin bir gömlek üretiminin maliyeti 12 TL ise 100 gömlek üretiminin maliyeti (12 x 100 = 1200) 1200 TL'dir. Bir anlamda işletmenin girdileri ile çıktıları arasında doğrusal bir ilişkinin olduğunu gösterir. Üretim düzeyi artarken aynı oranda üretim girdileri de artar.

Gerçek hayatta, üretimdeki ekonomi ölçeği, bir birim üretimin marjinal maliyetinin birim ürün sayısı artarken azaldığını anlatır. Bir bakıma azalan marjinal getiri yasası işlediğinde ise, ürün miktarı artarken bu ürünün kâr fonksiyonunun eğimi azalmayı sürdürerek o ürünün amaç fonksiyonuna katkısını azaltacaktır. Bu durum gerçekleştiğinde, üretim maliyeti veya kâr fonksiyonu üretilen birim sayısının doğrusal olmayan fonksiyonudur. Dolayısı ile doğrusallık varsayımı bozulur. Karar değişkenlerinin amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcıları, doğrusal fonksiyon olmadığında, problem doğrusal olmayan programlama problemi özelliğini taşır ve problem doğrusal programlama ile çözülemez.

**b. Toplanabilirlik Varsayımı:** Doğrusal programlamada her fonksiyon (amaç fonksiyonu veya kısıtlayıcının sol tarafındaki fonksiyon) ilişkin olduğu faaliyetlerin bireysel katkılarının toplamıdır.

Bu varsayım, kısıtlayıcının sol tarafındaki fonksiyon için ele alınırsa, değişik üretim faaliyetlerine kaynak olan üretim girdilerinin toplamının, her bir işlem için ayrı

ayrı kullanılan girdilerin toplamına eşit olduğunu gösterir. Örneğin, bir ürünün üretimi için üç saate, diğer ürünün üretimi için beş saate gereksinim var ise bu iki ürünü birden üretmek için sekiz saat gereklidir.

**c. Bölünebilirlik Varsayımı:** Modelin karar değişkenleri  $h_j$ 'ler, her türlü reel değerleri alabiliyorsa, bölünebilirlik varsayımı sağlanıyor demektir. Böylece, karar değişkenleri, bazı faaliyetlerin düzeyini gösterdiğinden, faaliyetlerin kesirli düzeylerde çalışabileceği varsayılır. Bazen girdi ve çıktıların bölünmezlik sorunu nedeniyle, karar değişkenlerinin tamamının veya bazılarının tam sayı olması gerekebilir. Böyle durumlarda, tam sayılı programlama söz konusu olur.

**d. Belirlilik (Kesinlik) Varsayımı:** Kesinlik varsayımı, doğrusal programlama modelindeki her bir parametrenin [amaç fonksiyonu katsayıları ( $d_j$ ), sağ taraf kısıtlayıcı değeri ( $b_j$ ) ve teknolojik katsayıların ( $a_{ij}$ )] kesin olarak bilindiğidir. Yani, onların bilinen bir sabit olacağı varsayılır ki, bu da modelin deterministik model olduğunu belirtir.

Bu varsayım gerçek iş hayatında tam olarak nadiren karşılanır. Çünkü doğrusal programlama modelleri, faaliyetlerin gelecekteki durumunu belirlemek için kurulur. Gelecekteki koşulların tahminine dayanarak kullanılan parametre değerlerinde bazı belirsizliklerin olması kaçınılmazdır.

### 2.1.3. Doğrusal Programlama Modelinin Matematiksel Yapısı

Doğrusal programlama model çözümünün ilk ve en zor aşaması, ele alınan problemin bir doğrusal programlama problemi haline getirilmesi veya daha kısa bir deyişle, doğrusal programlama probleminin formüle edilmesidir.

Gerçek dünya ile karar problemleri aynı özellikte olduklarına göre, yani her karar probleminin kendisine özgü bazı özellikleri ve incelikleri bulunduğuna göre, karşılaşılan herhangi bir karar problemini bir doğrusal programlama problemi haline getirmeyi sağlayan hazır kurallar yoktur. Bu nedenle, doğrusal programlama problemi kurma konusunda karşılaşılan zorlukları aşmak deneyime bağlıdır.



Model kurma konusunda, hazır kurallar yoktur ancak, ele alınan karar problemi ne olursa olsun, dikkat edilmesi gereken birtakım genel ilkeler bulunmaktadır.

Doğrusal programlamada, amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcı fonksiyonların matematiksel anlatımı aşağıdaki işlemlerin yapılması ile başlar.

### **a) Problemin Tanıtılması**

Elde edilen veriler ile zaman, hammadde ve maliyet gibi faktörler tanıtılır. İzlenecek üretim teknikleri ve bu tekniklerin her birinin uygulanmasıyla üretilebilecek ürünlerin birim maliyetleri veya bir biriminin satışından sağlanacak kâr hesaplanır. Ayrıca üretilecek ürünlerin talep miktarları da belirlenir.

### **b) Modelin Değişkenlerinin Belirlenmesi**

İşletme problemlerinde genellikle, üretim hacmi, makinelerin çalışma süreleri, üretimde kullanılan hammadde miktarları ve üretim için yapılan masraflar değişken olarak alınır.

Modele girecek olan değişkenler  $h_1, h_2, \dots, h_n$  ile değişkenler arasındaki ilişkileri kuran parametreler ise  $a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1j}, \dots, a_{mn}$  biçiminde gösterilir. Verilen sabit değerler (hammadde miktarları veya makine kapasiteleri vb. gibi)  $b_1, b_2, \dots, b_m$  ile ifade edilir.

İlişkilerde kullanılan  $h_1, h_2, \dots, h_n$  değişkenleri sadece pozitif veya sıfır değerini alabilirler. Değişkenler arasındaki ilişkiler genelde eşitlik veya eşitsizlikler sistemi halinde gösterilir. Değişkenler arasında kurulan diğer bir doğrusal denklem de amaç fonksiyonudur. Modelin bütün değişkenleri bu fonksiyonda yer alır.

#### **2.1.3.1. Amaç Fonksiyonu**

Bir karar problemine çözüm getirebilmek için, her şeyden önce, ulaşmak istenilen amaç açık ve seçik olarak ortaya konulmalıdır. Her doğrusal programlama probleminde bir tane amaç fonksiyonu vardır. Bir doğrusal programlama

probleminde bir amaç fonksiyonunun bulunmasına dayanarak sadece bir amaçla yetinildiği, diğer amaçların ihmal edildiği şeklinde bir sonuca varmak yanıltıcı olur. Doğrusal programlama probleminde, amaç fonksiyonu ile temsil edilenin yanında diğer amaçlara da birer sınır olarak yer vermek mümkündür. Genel olarak amaç fonksiyonu Cij kar ya da maliyet katsayısı olmak üzere şu şekilde gösterilebilir:

$$Z_{\max/\min} = C_1h_1 + C_2h_2 + \dots + C_jh_j + \dots + C_nh_n$$

### 2.1.3.2. Kısıtlayıcı Fonksiyonlar

Ekonomide üretim kaynakları veya üretim faktörleri sınırlıdır. Bir işletmenin elindeki makine kapasitesi, teknolojisi, işgücü, enerji, sermaye, hammadde, yarı mamul madde, malzeme gibi üretim faktörleri ile ürünlerine olan talep de sınırlıdır. Dolayısı ile karar değişkenlerinin miktarı da sınırlı olacaktır. Önemli olan bu kısıtlayıcılar altında amaç fonksiyonunu veya işletme başarımını en olanaklı kılan düzeyde ürünleri üretmektir. İşletmelerin faaliyetlere dağıtabileceği kaynak miktarı  $b_i$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) ve ürünlerin seçenekli üretim yollarını (teknolojik yapısı) veya teknoloji katsayılarını da ( $a_{ij}$ ) sembolü ile gösterildiğinde kısıtlayıcı fonksiyonlar aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$a_{11}h_1 + a_{12}h_2 + \dots + a_{1j}h_j + \dots + a_{1n}h_n \leq, \geq, = b_1$$

...

$$a_{i1}h_1 + a_{i2}h_2 + \dots + a_{ij}h_j + \dots + a_{in}h_n \leq, \geq, = b_i$$

.....

$$a_{m1}h_1 + a_{m2}h_2 + \dots + a_{mj}h_j + \dots + a_{mn}h_n \leq, \geq, = b_m$$

Kısıtlayıcılardaki karar değişkenlerinin katsayıları, farklı ürünlerin üretiminde kullanılan teknolojiyi yansıttığı için teknolojik katsayılar adı verilir.

Kısıtlayıcının sağ tarafındaki  $b_i$  parametresi elverişli kaynak miktarını gösterir. Fakat bu kaynak miktarları kısıtlayıcı fonksiyonuna göre her zaman sınırlı olmaz. Bazen karar değişkenlerinin istediğinden fazla veya tam eşitlikte olması da mantıklı olan durumdur.

### 2.1.3.3. Pozitif Kısıtlayıcılar

Doğrusal programlama probleminin modelini tamamlamak için her bir karar değişkeninin sadece pozitif yani negatif olmayan veya karar değişkenlerin hem pozitif ve hem de negatif değerli olabileceği varsayılmalıdır. Bu durum  $h_j \geq 0$  olarak gösterilir.

## 2.2. Hedef Programlamaya Giriş

Doğrusal programlama, değişkenlere ve kısıtlayıcılara bağlı kalarak amaç fonksiyonunu maksimum ya da minimum kılmaya çalışır (Öztürk, 1994: 17). Diğer bir ifadeyle doğrusal programlama modeli tek bir amaç fonksiyonunu optimize edebilir. Ancak çoğu durumda karar vericiler birkaç farklı ve genellikle birbiriyle çelişen hedefe aynı anda ulaşmayı isteyebilirler (Baray ve Esnaf, 2000: 343). Örneğin bir firma satışlarını maksimize etmek isterken aynı zamanda maliyetlerini de minimize etmek isteyebilir. Bu durumda firmanın iki farklı hedefi vardır. Üstelik bu iki hedef birbiriyle çelişmektedir, çünkü birinci hedef gereği satışlarını/üretimini artırmak isteyen firma, bu davranışıyla ikinci hedefe aykırı olacak biçimde maliyetlerin artmasına neden olabilir.

Tek bir hedefe ulaşmaya odaklanan doğrusal programlama modeli böyle karmaşık bir durumda yetersiz kalır (Swanson, 1987: 209). Doğrusal programlama amaç fonksiyonunun tek boyutlu yapısının yarattığı bu sorun nedeniyle, modelde yer alması istenen çeşitli hedeflerin, kısıtların, tek bir kritere indirgenmesine çalışılmıştır. Uygulamada karar vericiler birden fazla hedeflerinin olması durumunda bu hedefleri bir öncelik sırasına koymak ve kimi zaman daha az önemli olan hedefleri modellerden dışlamak zorunda kalmışlardır.

Bu zorluklar karşısında yönelem araştırmalarında farklı bir yöntem geliştirilmiştir. Farklı hedeflerin ve kısıtların tek modelde aynı anda incelenmesini ve hedeflerin eşanlı olarak gerçekleştirilmesini sağlayan bu yöntem hedef programlama yöntemidir. Aslında hedef programlama yöntemi, doğrusal programlama yönteminin geliştirilmiş bir şeklidir denilebilir. Bu yöntemde, ulaşılmaması istenen tüm hedefler, önemlerine göre bir sıralamaya tabi tutulduktan sonra aynı

model içerisinde değerlendirilebilmektedirler. Çok kriterli bir doğrusal programlama probleminin çözümünde hedef programlama tekniğinin tercih edilme nedenleri şu şekilde sıralanabilir (Ignizio, 1982: 374):

- i. Hedef programlama modelinin gelişim süreci yalın ve açıktır.
- ii. Bir hedef programlama modelinin, küçük değişikliklerle, alternatif yaklaşımları (bulanık programlama, etkin çözüm yöntemi, ağırlıklandırılmış hedefler, ...vb.) içermesi sağlanabilir.
- iii. Çözüm yöntemi oldukça basittir ve aslında iki aşamalı simpleks yönteminin uygulanmasından ibarettir.
- iv. Hedef programlama modeli ve değişik türleri (tam sayılı hedef programlama, doğrusal olmayan hedef programlama, ...vb.) 1950'li yıllardan bu yana geniş uygulama alanı bulmuş, yaygın olarak kullanılmıştır.
- v. Model ve varsayımları gerçek hayattaki olaylarla çelişen soyut varsayımlar değildir.

### 2.2.1. Hedef Programlamanın Tanımı ve Tarihi Gelişimi

Hedef programlama, çok amaçlı karar verme problemlerini çözmek için karar vericilere doyurucu bir çözüm kümesini bulmayı sağlayan önemli bir tekniktir. Karar vericiler için bu tekniğin en önemli özelliği her bir nitelendirmeye doyurucu bir hedef değerinin atanabilmesidir. Ayrıca, Hedef Programlama pek çok gerçek iş dünyasındaki problemlerin çözümünde kullanılan önemli bir tekniktir. Çünkü bilindiği üzere Doğrusal Programlama sadece bir tek doğrusal amaç fonksiyonunu bazı doğrusal kısıtlayıcılar altında optimize edilmesini sağlar. Ayrıca doğrusal programlama tek amaç fonksiyonu yerine çok amaçlı ve katı kısıtlamalar yerine esnek kısıtlamalar altında problemleri çözmedeki yetersizliğidir. Doğrusal programlamanın bu yetersizliğini ortadan kaldırmak amacıyla 1950'lerin başında ilk önce Charnes ve Cooper tarafından Hedef Programlama ortaya çıkarılmıştır.

Hedef Programlamayı çeşitli şekillerde tanımlayabiliriz. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

- Hedef Programlama, çok alt hedefi bulunan çok hedefli problemler gibi çok alt hedefli tek bir hedefi amaçlayan karar problemlerin çözümünde

kullanılan doğrusal programlamanın özel bir genişletilmiş halidir. Bir anlamda doğrusal programlamanın amaç fonksiyonu tek boyutlu (karı maksimum kılma veya maliyeti minimum kılma) iken Hedef Programlama ise çok boyut içinde çoklu hedeflere erişmede kullanılabilen bir tekniktir. Buradan anlaşılan Hedef Programlamanın amaç fonksiyonun boyutsal bir kısıtlaması yoktur.

- Hedef Programlama, çok kriterli karar problemlerin çözümü için uygulanan bir tekniktir
- Hedef Programlama, verilen kısıtlayıcılar altında amaç kriterini doğrudan maksimum veya minimum kılmaktan ziyade hedeflerin kendi içindeki sapmaları minimum kılmaya odaklanan bir tekniktir
- Hedef Programlama hedefler ve onların istenilen düzeyler arasındaki sapmaları minimum kılan bir tekniktir.

Hedef Programlamanın gelişiminde daha sonraları Lee, Ignizio, Tamiz ve Romero ve diğer bilim adamlarının önemli katkıları olduğu görülmüştür. 1952 yılında Charnes ve Cooper görünürde doğrusal programlamayla ilgisi olmayan, yönetimin amaçları ile çatışan bir problemle karşılaşmışlardır. Bu problemi çözmek için Charnes ve Cooper doğrusal programlamanın bir değişik versiyonu olan ve "sınırlandırılmış regresyon" olarak adlandırdıkları bir yaklaşım ortaya koymuşlardır. Daha sonra Charnes ve Cooper 1961'de yazdıkları yayında çok amaçlı doğrusal modelleri de içeren sınırlandırılmış regresyonun daha geniş bir versiyonunu tanıtmışlardır. Bu yaklaşım Hedef Programlama olarak adlandırılmış ve günümüz çalışmalarında da çok sık kullanılan bir teknik haline gelmiştir.

Charnes ve Cooper 1961'deki bu yayınlarında üç yaklaşım ileri sürmüşlerdir. Bu yaklaşımların her biri amaçların "kabul edilebilir düzeylerinin" belirlenmesi yardımıyla hedeflere dönüştürülmesine dayanmaktadır. Örneğin "karı maksimize etme" amacı " X birim ya da daha fazla kar " hedefine dönüştürülmektedir.

Bu modelin çözümü ya hedefin üzerinde veya altında ya da tam olarak hedefe ulaşacak şekilde ortaya çıkmaktadır. Burada X hedefinin altındaki bir kar miktarı hedeften istenmeyen bir sapmayı gösterecektir. Sonuç olarak Charnes ve Cooper istenmeyen sapmaların minimizasyonuna odaklanması gerektiğini ileri

sürmüşlerdir. İstenmeyen sapmalar kavramı March ve Simenn'in önerdiği "doyurma" kavramıyla benzer anlamdadır. Bu kavramı kullanarak Charnes ve Cooper Hedef Programlamanın aşağıdaki üç biçimini belirlemişlerdir.

1. Archimedian Hedef Programlama: Burada bütün istenmeyen hedeften sapmalar toplamı minimize etmeye çalışılır.

2. Chebyshev Hedef Programlama: Burada amaç, en kötü ya da bir başka deyişle maksimum sapmayı minimize etmektir.

3. Non -Archimedian Hedef Programlama: Burada önem sırasına göre sıralanmış vektörlerin minimumu aranır.

Hedef Programlama kavramının ve onun değişik formlarının tarifine ek olarak Charnes ve Cooper yine 1960'lardaki yayınlarında çözüm için algoritmalar da sunmuşlardır. Bununla birlikte bu algoritmaların uygulanmasına yönelik gerçek bir yazılım 1960'ların sonuna dek geliştirilememiştir. Hedef Programlama için yazılan ilk bilgisayar kodu 1962 yılında Ignizio'nun anten sistemlerinin tasarımı için oluşturulan doğrusal olmayan Hedef Programlama'nın çözümü için geliştirdiği bilgisayar kodudur.

Ignizio doğrusal olmayan Hedef Programlama için oluşturduğu algoritma ve yazılımın başarılı olması sonucu hedef programlama konusunda büyük ilgi toplamıştır. Sonuç olarak Ignizio 1967 de nispeten geniş ölçekli bir Doğrusal Hedef Programlama modeliyle karşılaştığında Paul Huss'un önerisiyle doğrusal hedef programlamayla ilgili bilgisayar kodu yazmıştır. Huss, bir Doğrusal Hedef Programlama modelinin ardışık doğrusal programlama modelleri şeklinde çözülmesini önermiştir. Bu öneri temelinde Ignizio 1967 yazında bu yazılımı geliştirmiştir. Daha sonra 1968 yılında Veikko Jaaskelainen doğrusal hedef programlamayla ilgili bir yazılım geliştirmiştir, Ignizio'nun ardışık hedef programlama yaklaşımının aksine Jaaskelainen, Charnes ve Cooper'ın önerdiği algoritmayı kullanmıştır. Bu algoritmayı uygulamak için 1968 yılında Frazer'in çıkardığı yayındaki gibi küçük bir Doğrusal Programlama kodunu geliştirmiştir. Bu basit kod 30 – 50 arasındaki değişkenin ve bir o kadar kısıtlayıcının olduğu problemleri

çözebilme kapasitesine sahipti. Bununla birlikte Jaaskelainen'in niyeti daha çok bu kodu Doğrusal Hedef Programlama'nın değişik alanlardaki uygulamalarında, kendi araştırmalarının bir parçası olarak küçük problemlere uygulamaktı. Bu kodun en önemli özelliklerinden biri de bugünkü Doğrusal Hedef Programlama yazılımlarında en çok bilinen ve kullanılan kod olmasıdır.

1960'ların sonunda 1970'lerin başında Ignizio tamsayı ve doğrusal olmayan hedef programlama modellerini de içeren algoritmalar ve yazılımlar geliştirmeye devam etmiştir. Öte yandan Ignizio'nun bu konuda en büyük katkısı doğrusal hedef programlamada dualite kavramıdır. 1970'lerin başında Doğrusal Hedef Programlama modelinin dualiyle ilgili çalışmalar, doğrusal hedef programlama modellerinde duyarlılık analizi ve bununla ilgili algoritmaların yazılımlarının geliştirilmesine yol açmıştır. Bu tarihlerden sonra da pek çok akademisyen ve uygulamacı Hedef Programlama ile ilgilenmiş, çok amaçlı karar problemlerinin çözümünde Hedef Programlama modellerini kullanmış ve oluşturdukları modelleri çözebilmek için değişik yazılımlar geliştirmişlerdir. Özellikle bilgisayar programlama alanındaki hızlı gelişmeler kullanımı kolay yazılımların gelişmesini sağlamıştır. Bu tür yazılımlar, çok sayıda değişken ve sınırlayıcı içeren modellerin çözümünü olanaklı hale getirdiği için, hedef programlama modellerinin karar verme sürecinde en etkili araçlardan biri olmasını sağlamıştır.

Hedef Programlama, matematiksel programlama modeli türlerine göre Doğrusal Programlama, Tam Sayılı Programlama, Doğrusal Olmayan Programlama gibi çeşitli türlere göre sınıflandırılabilirdiği gibi hedeflerdeki önceliklere göre de sınıflandırılabilir. Ayrıca, 1980'lerin başında bulanık kümeler, Hedef Programlama modelinde kesin parametreler hakkında belirsiz bilgileri göstermek için kullanılmış ve karar vericinin tercih yapısına bağlı olarak doyum derecesini göstermek için çeşitli Bulanık Hedef Programlama modelleri literatürde yayınlanmıştır. Düşüncemiz, Hedef Programlamanın teori ve uygulamasındaki ilerlemelerin kararlı bir şekilde süreceği yönündedir.

## 2.2.2. Hedef Programlamanın Varsayımları ve Bileşenleri

Hedef programlamanın önemini kavrayabilmek için öncelikle varsayımlarının ve terimlerinin bilinmesi gerekir. Doğrusal programlamanın; doğrusallık, toplanabilirlik, bölünebilirlik, belirlilik varsayımlarına, hedeflere ilişkin önceliklerin karar vericiler tarafından belirlenmesi varsayımı da eklenebilir. Ayrıca programda yer alan tüm değişkenlerin pozitif olması koşulunun da aranması gerekir (Kobu, 2008: 584–586; Koç, 2001: 12; Öztürk, 2009:276; Schniederjans, 1995: 3).

### 1. Doğrusallık Varsayımı:

Amaç ve kısıt fonksiyonlarında karar değişkenleri, katsayıları itibariyle doğrusal olmalıdır. Bu varsayım girdiler ile çıktılar arasında doğrusal bir ilişkinin bulunduğunu gösterir. Ürünün üretimi için gerekli hammadde ve çeşitli girdiler artarken üretimin de artması gerekir. Eğer fonksiyonlarda doğrusal olmayan değişken varsa problemlerin çözümü için doğrusal olmayan hedef programlama yöntemi kullanılmalıdır.

### 2. Toplanabilirlik Varsayımı:

Hedef kısıtlarındaki eşitliklerin solundaki ve sağındaki değerler toplanabilir olmalı ve birbirine eşit olmalıdır. Yani kısıtlarda yer alan kısıtlı kaynakların kullanımı (sol taraf değerleri) ile sunumu (sağ taraf değerleri) birbirine eşit olmalıdır. Başka bir anlatımla girdilerin toplamı, her bir işlem için ayrı ayrı kullanılan girdilerin toplamına eşit olmalıdır. Örneğin bir iş iki saatte diğer iş ise dört saatte yapılıyorsa, iki işin birlikte yapılması için altı saate ihtiyaç vardır.

### 3. Sınırlılık Varsayımı:

Amaç, sınırlı kaynakların optimal dağılımını sağlamaktır. Problemin çözümünde kullanılacak olan kaynaklar sonludur. Bu nedenle probleme giren kaynaklar kısıtlanır.



#### 4. Negatif Olmama Varsayımı:

Hedef programlama yöntemi, ancak modelde kullanılan değişkenler pozitif değerler aldığı zaman kullanılabilir. Modeldeki tüm değişkenler yani karar ve sapma değişkenlerinin değerleri sıfır veya sıfırdan büyük olmalıdır. Hedef programlama modelinde yer alan bir değişken negatif değer alırsa bu değişkeni ancak negatif olmayan iki değişkenin farkı olarak yazılır. Çözümde bu farkın oluşturduğu yeni değişken kullanılır. Çözüm sonucunda bulunan değer yerine konularak değişkenin orijinal değeri bulunur.

#### 5. Bölünebilirlik Varsayımı:

Modelin çözülmesi sonucu karar değişkenleri ve sapmalar, kesirli değerler olabilir. Ancak bu varsayım, bölünemeyecek nitelikte olan karar değişkenlerinin (örneğin buzdolabı üretimi, işçi sayısı, ...vb.) modelde yer alması durumunda sorun yaratmaz çünkü bu tür durumlarda kullanılmak üzere geliştirilen tamsayılı hedef programlama yöntemi, karar değişkenlerinin tamsayılı değerler almasını sağlar.

#### 6. Hedeflere Öncelik Verilmesi Varsayımı:

Karar verici her bir hedef için veya hedef grupları için öncelik veya ağırlıklar belirleyebilir. Karar vericinin isteğine kalmış olan bu ağırlık veya öncelikler modelin amaç fonksiyonunda yer alır. İlk amaç  $P_1$  ile gösterilir. Daha sonraki amaçlar da sırasıyla  $P_2, P_3, \dots, P_k$  öncelikleri ile tanımlanır.

Bir hedef programlama modelinde karar ve sapma değişkenleri sistem kısıtlayıcıları ve amaç fonksiyonu bulunur.

**Amaç Fonksiyonu:** Karar verici tarafından belirlenen amaç fonksiyonu  $Z_j(x)$  terimi ile gösterilir. Ayrıca Hedef Programlama geliştirilen amaç fonksiyonun yapısına bağlı olarak sınıflandırılır.

**İstenilen Düzey Değeri:** Karar veren kişinin ortaya koyduğu hedefin sayısal değeri olup genellikle  $b_j$  veya  $g_i$  ile gösterilir.

**Sapma Değişkenleri:** Bu değişkenler hedeflerin altında ya da üstünde kalan miktarı gösteren değişkenlerdir. Yani çözümde bulunan değerle hedef düzeyi arasındaki farktır. Sapma değişkenleri hedef programlamada genellikle  $d_i^-$  ve  $d_i^+$  simgesiyle gösterilir. Sapma değişkenleri, negatif değerler alamazlar ve bir hedefin hem üstünde ve hem altında bir anda olunamayacağından, bunlardan birinin değeri de daima sıfır olur. Bu değişkenler doğrusal programlamadaki aylak değişkenler gibi düşünülebilir. Sapma değişkenleri bir programlama modelinin başarısını ya da başarısızlığını gösterir. Sapma değişkenleri hedef kısıtlayıcılarına bağlı olarak istenen ve istenmeyen sapma değişkenleri şeklinde ayrılır (Ignizio, 1985: 24).

**Sağ Taraf Sabitleri:** Kaynak değerlerini ifade eden değerler olup çoğu kez  $b_i$  simgesi ile gösterilir.

Çizelge 2.1. Sapma Değişkenlerinin Sınıflandırılması

Hedef Kısıt	İstenen Sapma	İstenmeyen Sapma
$\leq$	$d_i^-$	$d_i^+$
$\geq$	$d_i^+$	$d_i^-$
$=$	-	$d_i^+ + d_i^-$

**Sistem kısıtlayıcıları (Teknolojik, yapısal) ve Hedef kısıtlayıcıları:** Probleme ilişkin geliştirilen ve programlamada kesinlikle hiçbir sapmaya izin verilmeyen tam olarak sağlanması gereken kısıtlayıcılarıdır. Sistem kısıtları bu son derece karmaşık özellikleriyle hedef kısıtlarından ayrılmaktadırlar. Çünkü karar vericinin istediği veya gerekli gördüğü hedefleri ifade eden hedef kısıtları son derece esnek yapıdadırlar. Hedef programlamada amaç fonksiyonunun optimal değeri, sistem ve hedef kısıtlayıcılarının belirlediği çözüm alanı içinde aranır. Ayrıca, amaç fonksiyonundaki istenen erişim değerleri karar verici tarafından belirlenmelidir (Öztürk, 2009: 277).

**Karar Değişkenleri:** Modelde karar verici tarafından değeri belirlenmek istenen bilinmeyenlere karar değişkeni adı verilir. Karar değişkenleri  $h_j$  'ler ile ifade edilmiştir (Kocadağlı, 2005: 4). Genellikle üretim planlanmasında üretilecek ürün miktarı, işgücü planlanmasında hangi işe hangi işçinin, ne miktarda atanacağı ve

üretimde kullanılacak girdi miktarları karar değişkenleri için birer örnek olarak gösterilebilir.

### 2.2.3. Hedef Programlama Modelinin Kurulması

Modelin kurulabilmesi için sırayla amaç fonksiyonu, hedef kısıtları ve pozitif kısıtlama olarak üç faktör önceden belirlenmelidir. Çalışma kapsamında ise amaç fonksiyonu ve kısıtların tamamının doğrusal olduğu durumlar için kullanılan Doğrusal Hedef Programlama modeli kullanılacaktır. Modelin doğru olarak kurulması, açık ve net bir ifadeye sahip olması, problemin çözümünü kolaylaştıran önemli bir etkidir. Doğrusal hedef programlama kurulurken birkaç yapılması gereken işlem mevcuttur. İşlemler aşağıda belirtilmiştir;

- **Hedef kısıtlarının belirlenmesi:** Karar vericiyi tatmin edecek hedef kısıtlarının belirlenmesi önemlidir. Hedef kısıtları için öncelikle sağ taraf sabitleri tanımlanır. Daha sonra kısıtlardaki uygun teknolojik katsayılar ve karar değişkenleri ve sapma değişkenleri kısıtlara ilave edilir. Hedef kısıtları için üç durum söz konusudur.

$$f_i(x) \geq b_i \quad (2.1)$$

$$f_i(x) \leq b_i \quad (2.2)$$

$$f_i(x) = b_i \quad (2.3)$$

$b_i$  değerini aşma miktarını gösteren  $d_i^+$  ve  $b_i$  değerinin altında olma durumunu gösteren  $d_i^-$  sapma değişkenlerini ifade eder.

Burada, (2.1) bağıntısı için  $f_i(x) \geq b_i$  olduğunda istenen durum  $d_i^+ \geq 0$  olmasıdır.  $d_i^-$  değişkeninin olabildiğince sifıra yakın olması gerekir;  $d_i^+$  kısıtlanmayan sapmadır. Mümkün sapma  $d_i^+$  ve  $d_i^-$ 'dir. Sağ taraf için istenen durum  $b_i$  ve daha büyük iken istenmeyen sapma değişkeni  $d_i^-$ 'dir. Amaç fonksiyonunda yer alması ve minimize edilmesi gereken sapma değişkeni de  $d_i^-$ 'dir.

(2.2) için  $f_i(x) \leq b_i$  olduğunda istenen durum  $d_i^- \geq 0$  olmasıdır. Kısıtlanmayan sapma  $d_i^-$  değişkeninin mümkün olduğunca sifıra yakın olması arzulanır. Mümkün

sapma  $d_i^-$  ve  $d_i^+$  iken sağ taraf sabitinin istenen durumu  $b_i$  ve daha azdır. Amaç fonksiyonunda yer alması gereken ve minimize edilmesi gereken sapma değişkeni  $d_i^+$  dir.

(2.3) için  $f_i(x) = b_i$  olduğunda ise istenen durum  $d_i^+$  ve  $d_i^-$  'nin sıfıra eşit olması olup kaynakların tamamının kullanıldığı durumda söz konusudur. Hiçbir sapma değişkeni kısıtlanmamış olup sağ taraf sabitinin  $b_i$  'ye eşit olması istenen durumdur. Amaç fonksiyonunda yer alması gereken ve minimize edilmesi gereken değişkenler  $d_i^-$  ve  $d_i^+$  'dir.

- **Hedeflerin önem derecesine göre sıralanması (öncelikli tanımlama):** Hedefler arasında bir öncelik veya önem sırasının olup olmama durumuna göre kullanılıp kullanılmayacağı kararı karar vericiye aittir.
- **Ağırlıkların tanımlanması:** Modelde hedeflerin önceliklerin belirlenmesine bağlı olarak ağırlıklar tanımlanır. Tamamen subjektif özelliğe sahip olup karar vericinin isteğine göre tanımlanır.
- **Amaç fonksiyonunun belirlenmesi:** Karar vericinin istekleri, kaynakları ve kontrol değişkenleri için oluşturulan kısıtlama koşulları göz önüne alınarak oluşturulur. Modelde hedef kısıtları dikkate alınarak amaç fonksiyonunda gerekli sapma değişkenleri belirlenir ve hedef kısıtlarının öncelik sıralamasına bağlı olarak sapma değişkenleri minimize edilmeye çalışılır. Amaç fonksiyonları karar vericiye göre beş farklı şekilde ifade edilir (Öztürk 2007). Bu durumlar aşağıda belirtilmiştir;

Amaç fonksiyonu,

Tek hedefli bir doğrusal hedef programlama modelinde;

$$\text{Min}Z = d_i^+(p_i) \text{ ya da } \text{Min}Z = d_i^-(n_i) \quad (2.4)$$

Öncelikli Çok Hedefli Programlama modelinde;

$$\text{Min}Z = \sum_{i=1}^m p_k(d_i^+ + d_i^-) \quad p_1 \gg p_2 \gg \dots \gg p_k \quad (2.5)$$

şeklinde olup, karar vericinin kendi tercihine göre m adet hedef,  $p_k$  öncelik sırasına göre işleme girer.  $p_1$  hedefi gerçekleştirilmeden  $p_2$  hedefinin gerçekleştirilmesi mümkün değildir.

Ağırlıklı çok hedefli programlama modelinde;

$$\text{Min}Z = \sum_{i=1}^m w_{ik} p_k (d_i^+ + d_i^-) \quad (2.6)$$

şeklinde olup, amaç fonksiyonundaki sapma değişkenlerine ağırlık verilen bu yaklaşım, eşit öncelikli çok hedefli problemlerin sapma değişkenlerinin ölçü birimleri farklı olduğunda kullanılır. Burada  $w_k$ , i. hedeften oluşan sapmaya ilişkin ağırlığı göstermektedir.

Ağırlıklı – öncelikli çok hedefli programlama modelinde;

$$\text{Min}Z = \sum_{i=1}^m w_k p_k (d_i^+ + d_i^-) \quad (2.7)$$

şeklinde olup. Birden fazla hedefin aynı öncelik düzeyine sahip olduğu durumlarda sapma değişkenlerini ağırlıklandırma ile farklılaştırarak bir amaç fonksiyonu oluşturulmaya çalışılmaktadır (Öztürk 2004).

- **Pozitif Kısıtlama:** Problemin çözümünde yer alması gereken bu kısıtlama, modeldeki tüm karar ve sapma değişkenlerinin pozitif değer almasını ifade eder. Bu doğrultuda hedef programlama modelinin matematiksel yapısı aşağıdaki gibidir;

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Min}Z = \sum_k \sum_i p_k (w_{ik}^+ d_i^+ + w_{ik}^- d_i^-) \quad (2.8)$$

Hedef Kısıtları:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} h_j + d_i^- - d_i^+ = b_i \quad (2.9)$$

Yapısal Kısıt:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} h_j (\leq, =, \geq) = b_i \quad (2.10)$$

Negatif Olmama:  $h_j, d_i^-, d_i^+ \geq 0$  ( $d_i^-$ ), ( $d_i^+$ ) = 0

Burada;

$P_k$ : k'ninci hedefin önceliği,

$w_{ik}^+, w_{ik}^-$ :  $p_k$  önceliğe sahip i'ninci hedef ait sapma değişkenlerinin ağırlığı,

$d_i^-, d_i^+$ : i'ninci hedefe ait negatif ve pozitif sapma değişkenleri,

$a_{ij}$ : i'ninci kısıtta  $h_j$  değişkeni ile ilgili teknoloji katsayısını,

$b_i$ : i'ninci kısıtın sağ taraf sabitini gösterir.

#### 2.2.4. Hedef Programlama Modeli Oluşturulmasında Temel Adımlar

Bir karar modelinin oluşturulmasında gerekli olan kavramlar amaç fonksiyonu, karar değişkenleri, teknoloji katsayıları, sağ taraf değerleridir. Bir doğrusal hedef programlama modelinin formüle edilmesi için önerilen işlemler aşağıdaki gibidir (Schniederjans, 1995: 31-32).

**Karar değişkenlerinin belirlenmesi:** Modelde karar verici tarafından değeri belirlenmek istenen bilinmeyenlere karar değişkeni adı verilir. Karar değişkenleri  $h_j$  'le ifade edilmiştir. Karar değişkenleri ne kadar belirgin olursa modelin seyir şekli ve kurulumu da o kadar kolay olur.

**Katsayılar ve teknoloji matrisinin belirlenmesi:** Örneğin bir otomotiv üretim problemi için üretilen ürünlerde kullanılan birim girdi miktarları belirlenerek teknoloji matrisi oluşturulur. Sonra da bu verilerden yararlanarak teknolojik ve sistem kısıtlayıcıları oluşturulur.

**Amaç fonksiyonunun oluşturulması:** Amaç fonksiyonunu belirlerken sırasıyla karar vericinin istekleri, sınırlı kaynaklar ve karar değişkenlerinin üzerine konulmuş bir kısıtlama gibi kavramlara önem verilir. Amaç, karar vericinin arzu ettiği genel ifadenin yansımasıdır (Ignazio 1976). Herhangi bir amaç için belirlenen hedef değerinin tutturulabilmesi, o hedef için belirlenen n ve p istenmeyen sapma değişkenlerinin değerlerinin sıfır olmasına bağlı ise, bu bir mutlak amaçtır. Karar vericinin bu tür amaçları olduğunda, ki bu çok sık rastlanan bir durumdur, öncelikle bunların karşılanmasına çalışır. Bunun için bu tür hedefler, en yüksek dereceden önem düzeyini gösteren  $P_1$  ile ağırlıklandırılmalıdır. Mutlak amaçların  $P_1$  ile ağırlıklandırılması, bu amaçların daha düşük önem düzeyindeki amaçlardan daha önce karşılanmasını sağlar. Genel olarak formül notasyonları aşağıdaki gibidir:

$$\text{Min}Z = \sum_{i=1}^m d_i^- + d_i^+ \quad (2.11)$$

$$\text{Min}Z = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^m p_k (d_i^- + d_i^+) \quad (2.12)$$

$$\text{Min}Z = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^m p_k (w_{ik}^- * d_i^- + w_{ik}^+ * d_i^+) \quad (2.13)$$

Daha önce belirttiğimiz gibi formüllerde yer alan  $P_k$ , hedefin öncelik faktörünü,  $d_i^-$  ve  $d_i^+$  her bir hedefin sapma değişkenlerini göstermektedir.  $w_{ik}^-$   $w_{ik}^+$  ise negatif ve pozitif sapma değişkenlerine atanan pozitif sayısal ağırlıklardır. Bunların dışında sadece pozitif  $d_i^-$  ve  $d_i^+$  terimlerine sahip amaç fonksiyonları ile de karşılaşılabilir. Bu şekildeki amaç fonksiyonlarına sahip modellerin çözümleri için özel metotlar

geliştirilmiştir. Ancak literatürde en çok karşılaşılan amaç fonksiyonu türleri yukarıda gösterilen türlerdir.

**Hedef kısıtlayıcılarının oluşturulması:** Temel hedef, amaçların her birisi için spesifik sayısal bir hedef belirlemek, her bir amaç için amaç fonksiyonunu formüle etmek ve sonra ilişkin oldukları hedeflerden bu amaç fonksiyonların ağırlıklı toplam sapmalarını minimum kılan çözümü araştırmaktır. Olanaklı üç tür hedef vardır. Bunlar;

**1) Hedefin üzerindeki ve altındaki kısımların eşit önceliğinin olması durumu:** Bu durumda hedefle ilgili sınırlamalar hem negatif hem de pozitif sapma değişkenlerini içerir. Hedefin amaç fonksiyonu kısmı da  $P_k (d_i^- + d_i^+)$  şeklinde formüle edilir. Bu durumda çözüm süreci her iki sapma değişkenini de aynı öncelik düzeyinde minimize etmeye çalışır.

**2) Hedefin üzerindeki ya da hedefin altındaki kısmın minimizasyonu durumu:** Bu durumda ilgili kısıtlayıcı hem  $d_i^-$  hem de  $d_i^+$  sapma değişkenini içerir. Ancak amaç fonksiyonunda bunlardan sadece biri yer alır. Örneğin yönetim hedeften minimum düzeyde pozitif sapmayı kabul edebilirse, negatif sapmayla ilgilenmemektedir. Bu durumda hedef kısıtlayıcısı hem  $d_i^-$  hem de  $d_i^+$  terimini içermesine rağmen amaç fonksiyonuna sadece  $P_k d_i^-$  girecektir.

**3) Hedefin aşılmasına ya da hedefe ulaşılmasına tolerans gösterilmesi durumu:** Eğer yönetim hedef için daha önceden belirlenmiş düzeyi aşmak istemiyorsa  $d_i^+$  değişkeni, ilgili hedef kısıtlayıcısından çıkarılabilir. Bu durumda amaç fonksiyonunda  $P_k d_i^-$  terimi bulunmaktadır. Yani hedefin üstüne çıkılması kabul edilememektedir. Öte yandan yönetim hedef için daha önceden belirlenmiş düzeyin altında kalmak istemiyorsa  $d_i^-$  değişkeni ilgili kısıtlayıcıdan çıkarılabilir. Bu durumda da  $P_k d_i^+$  terimi amaç denkleminde yer almaktadır ve hedefin altında kalınması kabul edilememektedir.

**Önceliklerin belirlenmesi:** Burada istenilen hedefler önem önceliklerine göre sıralanır. Genel anlamda bu önemler karar vericiler tarafından belirlenir.



**Ağırlıkların belirlenmesi:** Bazı hedef programlama problemlerinde aynı hedefe ilişkin iki veya daha fazla sapma değişkeni, aynı öncelik düzeyinde amaç fonksiyonunda yer alabilir. Böyle bir durumda, sapma değişkenlerinin önceliği aynı ( $p_i$ ) ise, bu sapma değişkenlerinde ağırlıklar kullanılarak hangi sapmanın daha önemli olduğu belirlenir.

**Negatif olmama koşullarının eklenmesi:** Klasik olarak modele eklenmesi gereken ve değişkenlerin negatif olamayacağını gösteren negatif olmama koşulu söz konusudur.

### 2.2.5. Hedef Programlama Çözüm Yöntemleri

İki değişkenli hedef programlama problemlerin çözümünde grafik yöntemi kullanılabilir. Fakat günümüzde, işletmelerde karşılaşılan çok yönlü problemlere grafik yöntemi cevap verememektedir. Hedef programlama probleminin çözümünde kullanılan hesaplama yöntemleri doğrusal programlamanın simpleks yöntemine dayanmaktadır. Özel hedef programlama problemlerinin hesaplama yöntemini seçmek, dikkate alınan hedef programlamanın yapısına bağlıdır. Ağırlıklandırılmış öncelikli hedef programlaması modelleri de değiştirilmiş simpleks yöntemi ile çözülmektedir. Ağırlıklandırılmış öncelikli hedef programlamasında, öncelik sıralaması öncelikleri belirlemektedir ve aynı öncelik düzeyindeki amaçlarda sapma değişkenleri ağırlıklandırılmaktadır.

Hedef programlama problemlerinin çözümü için birçok bilgisayar paket programı da mevcuttur.

### 2.2.6. Hedef Programlamanın Başlıca Uygulama Alanları

Çok amaçlı karar verme yöntemleri içinde uygulama alanı en geniş olan yöntemdir. Birçok alanda ortaya çıkan problemlerin çözümü için vazgeçilmez tekniklerden birisidir. Ignizio (1976)'a göre bu alanları şu şekilde sıralamak mümkündür.

- Reklam programlarının planlanması,

- İşgücü planlaması,
- Üretim planlaması,
- Akademik planlama,
- Finansal analiz,
- Elektronik politika analizleri,
- Ulaştırma ve lojistik,
- Pazarlama stratejilerinin planlanması,
- Çevrenin korunması,
- Sağlık hizmetlerinin planlanması,
- Kuruluş yeri seçimi (Tütek ve Gümüšođlu, 2008: 284).
- Kaynak planlanması,
- Para çantası seçimi,
- Öğrenci başarısının kestirimi,

### **2.3. Ulaştırma Modelinin Tanımı ve Tarihçesi**

Doğrusal programlamanın özel bir durumu olan ulaştırma modeli, organizasyonların faaliyetleri sonucunda meydana getirdikleri ürünlerin dağıtım konusunda sık sık başvurmuş oldukları bir tekniktir.

Planlamanın çok önemli bir işlev yerine getirdiği modern toplumda, insanların ve eşyaların gereken hareketliliğinin sağlanması bakımından ulaştırma çok önemli bir role sahiptir.

Günümüzde gerek kültürel gerekse sivil alanda birçok karmaşık problemlerle karşılaşmakta ve bu problemler için çözüm yolları araştırılmaktadır. Bu problemlerin hemen hepsinde amaç optimum bir üretim ve dağıtım yapılması yoluyla en etkin sonuca ulaşmak ve bireylerin talebini en az maliyetle, en etkin şekilde karşılayabilmektir. Ulaştırma problemleri her ne kadar ilk örneklerini II. Dünya Savaşı sırasında askeri problemlerin çözülmesi ve ihtiyaçların en etkin biçimde karşılanması konusunda vermiş olsa da daha sonraları iş ve endüstri dünyasında birçok uygulama alanı bulmuştur.

Ulaştırma problemi, yönelem araştırmasında iyi bilinen bir optimizasyon problemidir (Yang ve Liu, 2007: 879 ).

Ulaştırma problemi, üretim yeri ve dağıtım depoları veya bölgesel dağıtım depoları ve bölgesel pazarlar arasındaki dağıtım güzergahının belirlenmesi ile ilgilidir. Diğer taraftan dağıtım problemi, işçilerin görev dağılımı, satış personellerinin bölgelerinin dağıtım ve emir verenlerle bağlantılarının sağlanması veya fabrikadaki görevlerin işçilere dağıtım konularını içerir. Bazı amaçların optimize edileceği dağıtım ve ulaştırma metotlarının uygulanması ile toplam ulaştırma maliyetlerinin minimizasyonu ve maksimum fayda ya da toplam harcanan zamanının minimizasyonu mümkündür (Kirkpatrick ve Levin, 1978:350 ).

Hedeflerde bu mallara olan belli bir gereksinime sahibizdir. Bir ulaştırma modelinin amacı, toplam ulaştırma maliyetini minimize edecek kaynaklardan hedeflere dağıtım planını bulmaktır (Render ve Stair, 1992:209).

Ulaştırma problemi genellikle çok sayıda arz merkezinden çok sayıda talep merkezine malların dağıtım planlamasının yapılması gerekliliğinden kaynaklanır. Daima bütün arz merkezlerinde sınırlı mal miktarı söz konusudur ve bütün hedeflerde bu mallara olan belirlenmiş sınırlı bir talep vardır. Çeşitli dağıtım rotaları ve bu rotalar için farklı maliyetler ile amaç bütün üretim merkezlerinden bütün tüketim merkezlerine ne kadar birim mal taşınması gerektiğini belirlemek ki böylece bütün hedeflerdeki talepler karşılansın ve toplam ulaştırma maliyetleri minimum olsun (Anderson ve diğerleri, 1986: 424). Model aynı zamanda, dağıtım yollarının seçimini içermeyen fakat benzer matematik yapıya sahip diğer problemlerin çözümünde de kullanılır (Taha, 2000: 163).

1947 yılında Koopmans ekonomideki problemlerin çözümü için doğrusal programlamanın kullanılıp araştırılması için öncülük etmeye başlamıştır. Koopmans 'Ulaştırma Sisteminin Optimum Kullanımı' adlı tarihi çalışmasında savaş zamanındaki anılarından bahsetti. Çalışması F.L. Hitchcock'tan daha önce yapıldığı için, klasik ulaştırma modeli sık sık "Hitchcock – Koopmans Ulaştırma Problemi" olarak tarif edilir (Dantzig, 1963: 300).

Çalışmalarla ulaştırma modeli hızlı bir gelişim göstermiş olsa da modelin asıl gelişimi 1949 yılından sonra olmuştur. Bu tarihte G.B. Dantzig 1947’de geliştirdiği ve doğrusal programlamanın en önemli çözüm tekniği haline gelen simpleks metodunu ulaştırma modeline uyguladı. Böylelikle ulaştırma modeli ile doğrusal programlama arasındaki bağ kurulmuş oldu.

1953 yılında A. Charnes ve W.W. Cooper “Kuzeybatı Köşe Yöntemi ve Atlama Taşı Metodu”nu geliştirmişlerdir. 1954 yılında A. Henderson ve R. Schlaifer yönetime bazı düzeltmeler getirmiş ve 1955 yılında R.O. Ferguson tarafından “Basitleştirilmiş Dağıtım Yöntemi MODİ” geliştirilmiştir. Aynı yıl, W.R. Vogel tarafından “Vogel Yaklaşım Yöntemi- VAM” geliştirilmiş ve 1963 yılında G.B. Dantzig, modelin dejenerasyon durumları ve dejenerasyon durumunun ortadan kaldırılmasına ilişkin çözümleri ortaya koymuştur (Render ve Stair, 1992: 212). Son olarak Russell tarafından RAM Yöntemi geliştirilmiştir.

Dağıtım problemleriyle ilgili olarak; Chen ve Wang (1997), Balakrishan, Natarajan ve Pangburn (2000), Ergülen (2005), Ulucan Ve Tarım (1997) taşımada maliyet minimizasyonu çalışmaları yapmıştır. Kalender (2003), AGV’s tasarım problemi için bütünleşik model çalışmalarında karışık tamsayı programlama uygulamasını yapmışlardır. Ayrıca Tunçbilek (2003), verimli taşımacılık yolu demir yolu çalışmasını yapmıştır (Ergülen vd., 2005: 164). Ergülen, Kazan ve Kaplan (2005), taşıma maliyetlerinin minimizasyonu için firma maliyetlerini optimize etmişlerdir. Farklı olarak dağıtım problemleri Özel (2000) tarafından matris denklemlerinin iki indisli düzlemsel dağıtım problemine uygulaması olarak ele alınmış, problemin matris denklemleri cinsinden formülasyonu yapılmıştır. Şafak (2000), m çıkış ve n varışlı bir dağıtım probleminin optimallik koşullarını Lagrange fonksiyonu ve Hessian matrisinin özelliklerini kullanarak incelemiştir (Ergülen, 2003: 208).

### **2.3.1. Ulaştırma Modelinde Kabul Edilen Varsayımlar**

Ulaştırma modeli aynı zamanda doğrusal programlama modeli olması sebebiyle doğrusal programlama modelinin benimsediği kuralları uygulamak zorundadır.

**Doğrusallık varsayımı:** Ulaştırma modeli, nakliye masrafının nakledilen birim sayısı ile doğru orantılı olduğunu varsayar. Doğrusal programlamada faaliyet unsurları ile sistemin çıktıları arasındaki ilişkiler doğrusaldır, başka bir ifade ile eğer çıktı miktarı iki misline çıkarılmak istenirse faaliyet unsurlarının miktarını da iki misline çıkarmak gerekmektedir.

**Negatif olmama varsayımı:** Doğrusal programlama modelinin çözümünde yer alan değişkenlerin eksi değer almasının uygulama da bir anlamı olmadığından, gerçek, gevşek ve suni değişkenlerin negatif değer almama şartı konur.

**Toplanabilirlik varsayımı:** Bir sistemin toplam çıktısı, teker teker faaliyetlerin çıktılarına eşitse sistemin toplanabilirlik özelliğinin olduğu kabul edilir.

**Amaç fonksiyonunun doğrusal olduğu varsayımı:** Ulaştırma modeli, ulaştırma maliyetlerinin minimizasyonunda kullanılan matematiksel bir tekniktir (Ertuğrul ve Aytaç, 2006:1).

Projelenecek bir doğrusal programlamayı uygulayabilmek için her şeyden önce ulaşılmak istenen amacın, maliyetlerin minimize ya da karın maksimize edilmesi gibi ifade edilmesi gerekir. Ayrıca amaç fonksiyonundaki  $X_i$ 'ler birinci dereceden olmalı ve katsayıları  $C_i$ 'lerde birer sabit olarak yazılabilmektedir. Bu takdirde,

$Z_{\max/\min} = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$  şeklinde amaç fonksiyonu olarak yazılabilecektir.

### 2.3.2. Ulaştırma Modelinin Matematiksel Olarak Gösterilmesi

Ulaştırma modelinde "m" sayıda üretim ve "n" sayıda da tüketim merkezi olduğu, üretim merkezlerinden tüketim merkezlerine aynı malın ulaştırılmak istendiği varsayılır. i.nci üretim merkezinin ( $i=1,2,3,\dots, n$ )  $X_i$  ünite mal ürettiğini ve j.nci tüketim merkezinin ( $j=1,2,3,\dots, n$ )  $y_j$  ünite mal talep ettiği kabul edilir. Ayrıca i.nci üretim merkezinden j.nci tüketim merkezine kadar ulaştırılmasındaki maliyetinin ( $C_{ij}$ ) ve gönderilen mal miktarıyla orantılı olduğu, başka bir deyimle ünite başına sabit kaldığı varsayılır. Bu durumda ulaştırma problemi, her üretim merkezinden tüketim merkezine, her depoya ne kadar

mal gönderildiğinde ( $a_{ij}$ ) toplam ulaştırma giderlerinin minimum olacağı sorusuna cevap araştırmaktadır.

M adet üretim merkezinden i.nci olanındaki üretim miktarına  $x_i$ , n adet tüketim merkezinden j.nci olanındaki talep miktarına  $y_j$  diyelim. İ.nci üretim merkezinden, j.nci tüketim merkezine taşınacak miktar  $a_{ij}$  olsun. Bu miktarın bir biriminin i ve j merkezleri arasındaki taşıma giderini de  $c_{ij}$  ile gösterelim.

Çizelge 2.2. Üretim ve Tüketim Miktarları Gösterimi

Üretim Merkezleri Üretim Miktarı	Tüketim Merkezleri Tüketim Miktarı	Değişken Tanımlamaları
$k_1$	$y_1$	$a_{ij}$ = Taşınacak Miktar
$k_2$	$y_2$	$c_{ij}$ = Bir Birimin Taşıma Maliyeti
$k_3$	$y_3$	
.	.	
.	.	
$k_i$	$y_i$	
.	.	
.	.	
$k_m$	$y_m$	

Üretim merkezlerindeki toplam üretim miktarı, tüketim merkezlerindeki toplam talep miktarına eşit olduğunu varsayalım.

$$\sum_{i=1}^m k_i = \sum_{j=1}^n y_j \quad (2.14)$$

Bu varsayımlara bağlı olarak ulaştırma modelinin sınırlayıcı şartları şöyle tanımlanabilir.

$$1) \sum a_{ij} = k_i, \quad k_i \geq 0 \quad i = 1,2,3, \dots, m \quad (2.15)$$

$$2) \sum a_{ij} = y_j, \quad y_j \geq 0 \quad j = 1,2,3, \dots, m \quad (2.16)$$

$$3) a_{ij} \geq 0, \quad i=1,2,3,\dots, m \quad (2.17)$$

$$J=1,2, 3,\dots, n$$

Birinci kısıtlama, bütün tüketim merkezlerine belli bir üretim merkezinden dağıtılacak toplam miktarın o merkezdeki toplam üretime eşit olması gerektiğini tanımlamaktadır.

İkinci kısıtlama, belli bir tüketim merkezine bütün üretim merkezlerinden dağıtılacak toplam miktarın, o tüketim merkezindeki toplam talebe eşit olması gerektiğini tanımlamaktadır.

Üçüncü kısıtlama ise, herhangi bir üretim merkezinden tüketim merkezlerine toplam taşıma giderlerini minimum yapacak mal dağıtımını bulmaktır. Buna göre minimize edilecek fonksiyon şu şekilde olur.

$$MinZ = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (2.18)$$

Buraya kadarki açıklamalar ve notasyonlar bir araya getirilirse, ulaştırma modelinin genel formüle edilmiş şekli şu şekilde olmaktadır.

**Amaç Fonksiyonu:**

$$Z_{min} = C_{11}X_{11} + C_{12}X_{12} + \dots + C_{1n}X_{1n} + C_{21}X_{21} + C_{22}X_{22} + \dots + C_{2n}X_{2n} + \dots + C_{m1}X_{m1} + C_{m2}X_{m2} + \dots + C_{mn}X_{mn}$$

**Kısıtlayıcılar:**

**Arz koşulları içinde;**

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} + \dots + X_{1n} = a_1$$

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} + \dots + X_{2n} = a_2$$

$$X_{m1} + X_{m2} + X_{m3} + \dots + X_{mn} = a_m$$

**ve talep koşulları içinde ;**

$$X_{11} + X_{21} + X_{31} + \dots + X_{m1} = b_1$$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} + \dots + X_{m2} = b_2$$

$$X_{1n} + X_{2n} + X_{3n} + \dots + X_{mn} = b_m$$

$$a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_m = b_1 + b_2 + b_3 + \dots + b_n$$

$$x_{11} \geq 0, x_{12} \geq 0, \dots, x_{mn} \geq 0$$

veya kısaltılmış notasyon yardımı ile

$$\text{Min}Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (2.19)$$

$$\text{Min}Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (2.20)$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, a_i > 0, i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (2.21)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, b_j > 0, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.22)$$

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j \quad (2.23)$$

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

$$j=1, 2, 3, \dots, n$$

olarak gösterilebilir. Doğrusal programlama problemi şeklinde formüle edilmiş ulaştırma modeli, her arz merkezinden her tüketim merkezine gönderilmesi gereken



optimum miktarı ve bağılı olarak minimum toplam gideri bulmaya yaramaktadır. Bu modeli optimum çözüme ulaştıracak  $x_{ij}$  değerlerinin belirlenmesi bir ulaştırma matriksi düzenlenerek yapılır. Ulaştırma matriksi, aslında eldeki problemle ilgili verilerin, yukarıda verilen genel formülasyona uygun olarak bir matriks şeklinde düzenlenmesinden ibarettir.

	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	<b>Arz</b>
U <sub>1</sub>	$X_{11}$ C <sub>11</sub>	$X_{12}$ C <sub>12</sub>	$X_{13}$ C <sub>13</sub>	$X_{14}$ C <sub>14</sub>	$X_{15}$ C <sub>15</sub>	<b>a<sub>1</sub></b>
U <sub>2</sub>	$X_{21}$ C <sub>21</sub>	$X_{22}$ C <sub>22</sub>	$X_{23}$ C <sub>23</sub>	$X_{24}$ C <sub>24</sub>	$X_{25}$ C <sub>25</sub>	<b>a<sub>2</sub></b>
U <sub>3</sub>	$X_{31}$ C <sub>31</sub>	$X_{32}$ C <sub>32</sub>	$X_{33}$ C <sub>33</sub>	$X_{34}$ C <sub>34</sub>	$X_{35}$ C <sub>35</sub>	<b>a<sub>3</sub></b>
U <sub>4</sub>	$X_{41}$ C <sub>41</sub>	$X_{42}$ C <sub>42</sub>	$X_{43}$ C <sub>43</sub>	$X_{44}$ C <sub>44</sub>	$X_{45}$ C <sub>45</sub>	<b>a<sub>4</sub></b>
<b>Toplam Talep</b>	<b>b<sub>1</sub></b>	<b>b<sub>2</sub></b>	<b>b<sub>3</sub></b>	<b>b<sub>4</sub></b>	<b>b<sub>5</sub></b>	

Şekil 2.1. Ulaştırma Tablosu

### 2.3.3. Ulaştırma Modelinde Başlangıç Çözüm Teknikleri

Başlangıç çözümünde doğrusal programlama kullanılabilmesine rağmen, bu problemlere özgü daha etkili algoritmalar geliştirilmiştir. Simpleks algoritmasında olduğu gibi bu çözüm teknikleri de başlangıç temel çözümün bulunması ve optimal bir sonuca ulaşıncaya kadar başlangıç çözümün bulunması ve optimal bir sonuca ulaşıncaya kadar başlangıç çözümün adım adım geliştirilmesini içerir. Simpleks metottan farklı olarak, ulaştırma metotları hesaplamalarda büyük kolaylık sağlamaktadır (Render ve Stair, 1978:209). Kullanılan yöntemler sırasıyla şöyledir;

1. Kuzeybatı köşe yöntemi
2. En az maliyetli hücrelere dağıtım yöntemi
3. En düşük maliyetli gözeler yöntemi
4. Vogel'in yaklaşım yöntemi (VAM)
5. Russel'in yaklaşım yöntemi (RAM)

### 2.3.3.1. Kuzeybatı Köşe Yöntemi (Northwest Corner Rule)

İlk olarak George B. Dantzig tarafından ortaya atılan yöntem, 1953 yılında W. W. Cooper ve A. Charnes tarafından geliştirilmiştir. Sonrasında A. Henderson ve R. Schlaifer tarafından yöneme getirilen bazı değişiklikler ile bugünkü halini almıştır. Yöntem, çözüm işlemine başlangıç tablosunun kuzey batı köşesinden başlanarak gerekli miktarların dağıtılmaya başlanması nedeniyle bu ismi almıştır.

Ele alacağımız yöntemlerin en basiti olan bu yöntemde, ulaştırma tablosunun sol üst hücreden ( $x_{11}$ ) başlanarak birinci fabrikada (üretim yeri) elverişli mallar olabildiği kadar dağıtılır. Yani  $x_{11}$  gözesine yapılacak dağıtım miktarı sıra şartı  $a_1$  ve sütun şartı  $b_1$  den hangisi küçükse, o miktar yapılır. Eğer  $b_1 < a_1$  ise birinci sunum merkezinin tüm malları birinci istem merkezine dağıtılır. Doyurulmayan istem miktarı ise ikinci sunum miktarından karşılanarak  $x_{21}$  olarak dağıtım yapılır. Böylece her defasında bir sağ taraftaki gözeye veya bir aşağıdaki gözeye geçilerek her sıra (sunum) ve sütun (istem) şartını sağlayarak tüm dağıtımlar yapılır (Öztürk, 2004: 343).

Yöntemin uygulanması şu şekildedir:

1. Problem bir ulaştırma tablosunda gösterilir.
2. Başlangıç çözümü için kuzeybatı (sol üst) köşeden başlanılarak dağıtım yapılır.
3. Dağıtım yapılmamış gözeler için gösterge sayıları hesaplanır.
4. Seçilen göze için;
  - a. Hesaplanan sunum miktarı, talep miktarını aşmakta ise talep miktarının tamamı bu hücreye atanır. Yapılan ikinci dağıtım planında doyurulmuş olan sütun çıkarılır ve işleme dahil edilmez. Dağıtım için bu hücrenin sağ yanındaki  $X_{12}$  hücresi seçilerek çözüme devam edilir.

b. Hesaplanan istem miktarının sunum miktarından büyük olması durumunda ise sunum miktarı olduğu gibi  $X_{11}$  hücresine atanır. Doyurulmuş olan satır ikinci dağıtım planında çıkarılır ve işleme katılmaz. Dağıtım için bir alt satırın sol üst köşesinden ( $X_{21}$ ) hücresi seçilerek işleme devam edilir.

5. Problemdeki bütün sunum ve talep miktarları tamamen doyuruluncaya kadar bu işlemler sürdürülür.

### **2.3.3.2. En Az Maliyetli Hücrelere Dağıtım Yöntemi**

Küçük boyutlu ulaştırma problemleri için hız avantajına sahip olan bu yöntemin uygulanmasında üç farklı yaklaşım söz konusu olur (Serper ve Gürsakar, 1982:85-89).

a. Sıra yaklaşımı: Başlangıç tablosunun birinci sırasındaki en küçük birim maliyetli hücreden başlanarak tahsisler yapılır. Bu işlemler ilk sıranın gerekleri karşılanıncaya kadar devam eder. İlk sıranın gerekleri karşılandığında aynı işlemler ikinci sıra için yapılır. Son sıranın gerekleri karşılanıncaya kadar işlemlere devam edilir.

b. Sütun yaklaşımı: Başlangıç tablosunun birinci sütunundaki en küçük maliyetli hücreye tahsis yapmakla işlemlere başlanır. İlk sütunun gerekleri karşılanıncaya kadar devam eden bu işlemler, devamında ikinci sütunun gerekleri karşılanmak üzere tekrarlanır. Son sütunun gerekleri karşılandığında işlemler son bulur.

c. Genel yaklaşım: Bu yaklaşımda sıra veya sütun farkı gözetilmeksizin başlangıç tablosunun bütün birim maliyetleri arasından en küçüğüne sahip hücreden başlanarak tahsisler yapılır. Bu tahsislerin yapımında sıra ve sütun kısıtlayıcılarına uyulacağı açıktır.

### **2.3.3.3. En Küçük Sıra veya Sütun Kullanımı Yöntemi**

En küçük sıra yönteminin uygulamasında, ulaştırma tablosunun birinci sırası ile başlanır ve bu sıradaki en küçük maliyetli gözeye en büyük ayırım yapılır. Birinci

sıra şartı koyulduktan sonra bir sonraki en küçük göze kalan miktarlar dağıtılır. Bu işlem bütün satırlar doyuruluncaya kadar bir alt satıra geçilerek devam edilir. En düşük maliyetli sütun yönteminde ise çözüme ulaştırma tablosunun birinci sütunu ile başlanır ve sütundaki en küçük maliyetli göze seçilir. Birinci sıra şartı doyurulmadığı takdirde bir sonraki en küçük göze dağıtım yapılarak çözüme devam edilir. Böylelikle her seferinde bir diğer sütuna geçilerek bütün satır ve sütunların doyuma ulaşımına kadar ardışık işlemler devam eder. Şunu hemen belirtelim ki, minimum maliyetli sıra ve sütun metotlarıyla elde edilen başlangıç çözümleri aynı taşıma maliyetini vermeyebilir (Uman, 1974: 36).

#### **2.3.3.4. Vogel'in Yaklaşım Yöntemi (VAM)**

1958 yılında William R. Vogel tarafından ileri sürülen yöntem, adının baş harflerinin birleştirilmesinden dolayı VAM yöntemi olarak bilinir. Yöntemin adımları şu şekilde belirlenebilir (Timor, 2001: 128);

1. Her bir satır ve her bir sütundaki en düşük iki maliyet seçilerek farkı alınır. Bu değer ceza (fırsat) maliyeti olarak isimlendirilir ve en iyi rotanın izlenmesi nedeniyle katlanılacak maliyeti ifade etmektedir.

2. En yüksek ceza (fırsat) maliyetine sahip satır ya da sütun belirlenir.

3. En yüksek ceza (fırsat) maliyetine sahip satır ya da sütundaki en düşük maliyetli hücreye, arz ve talep miktarları dikkate alınarak, mümkün olabilecek en yüksek miktarda yükleme yapılır.

4. Arzı kullanılan satır veya talebi karşılanan sütun tablodan elenir.

5.İlgili satır veya sütunun elendiği yeni matrise indirgenmiş matris denmektedir. İndirgenmiş matriste maliyet farkları yeniden hesaplanır.

6. İkinci adıma dönülerek, elenmemiş tek satır ya da tek sütun kalıncaya kadar işlemler tekrarlanır ve başlangıç temel uygun çözüm böylece elde edilir.

VAM yöntemi anlatılan başlangıç çözüm yöntemleri içinde optimum çözüme en yakın sonucu veren metottur. Böylece optimum sonucun elde edilmesinde önemli ölçüde zaman tasarrufu sağlamaktadır. Problemin boyutu artıkça bu tasarruf daha da önemli boyutlarda olmaktadır.

### **2.3.3.5. Russell'in Yaklaşım Yöntemi (RAM)**

Adını Russel's Approximation Method kelimelerinin ilk harflerinden almıştır. VAM yöntemi gibi en iyi veya en iyiye yakın çözümü verir. Çözüme ulaşmak için izlenecek yol sırasıyla şöyledir (Doğan,1995:94):

1. Problem başlangıç tablosunda gösterilir. Sonra her satır veya sütundaki en yüksek maliyet katsayıları seçilerek tabloda satır ve sütun maksimumları olarak gösterilir.

2. Yeni maliyet katsayıları için boş bir tablo hazırlanarak her hücrenin ilk tablodaki birim taşıma maliyeti ilgili satır ve sütun maksimumlarının toplamından çıkarılarak yeni birim taşıma maliyetleri olarak tabloya yerleştirilir. Yeni oluşturulan tablodaki en yüksek birim taşıma maliyetine sahip hücreye dağıtım yapılır.

3. İhtiyacı karşılanmış olan satır ve sütunlar tablodan çıkartılır ve yeni tablo hazırlanır. Düzenlenen tablolarda satır ve sütun sayısı bire ininceye kadar işlemlere devam edilir.

### 3. BÖLÜM

#### HEDEF PROGRAMLAMA İLE TAŞIMA PROBLEMLERİNE ÇÖZÜM: TÜRKİYE ÇİMENTO FABRİKALARI ÖRNEĞİ

Bu çalışmada ulaştırma modeli ile hedef programlamanın birlikte kullanımına ilişkin olarak bir uygulama yapılmıştır.

##### 3.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Bu çalışmada ulaştırma modeli ve hedef programlama modellerinin bir arada nasıl kullanılabileceği amaçlanmıştır. Bu amaç için ilk aşamada ülkemizde çimento sektöründe faaliyet gösteren fabrikalardan talep noktalarına dağıtım temel problem olarak ele alınmıştır. Çalışmada arz ve talep noktaları coğrafi bölgeler olarak tespit edilmiştir. Coğrafi bölgeler için kurulan ulaştırma modelinden yararlanılarak optimum dağıtım elde edilmiştir. İkinci aşamada ise birinci aşamadaki sonuçlara dayalı olarak toplam maliyeti minimize etmek ve arz merkezlerinden talep merkezlerine gönderilecek toplam mal miktarının da toplam talep ya da arz miktarlarına eşit olması biçiminde iki hedef belirlenerek bu hedeflerin gerçekleşip gerçekleşmeyecekleri hedef programlama kapsamında değerlendirilmiştir.

##### 3.2. Çimento Sektörünün Genel Tanıtımı

Çimento, doğal kalker taşları ve kil karışımının yüksek sıcaklıkta ısıtıldıktan sonra öğütülmesi ile elde edilen hidrolik bir bağlayıcı malzeme olarak tanımlanmaktadır. Hidrolik bağlayıcı maddeler, su ile reaksiyonu sonucu sert bir kütle oluşturduktan sonra su içerisinde dağılmayan, sertliğini ve mukavemetini muhafaza eden veya artıran bağlayıcı maddelerdir. Çimento belirli standartlara dayanılarak üretilmektedir. Avrupa ülkelerinin çoğunluğu için geçerli olan çimento standartlarının hazırlanmasına 1973 yılında Avrupa Standardizasyon Komitesi'nin teknik komitesi T.C. 51 ile başlanmıştır. Çeşitli Avrupa ülkelerinde çok sayıda çimento türünün yerel standartlara uygun olarak kullanılmakta olduğunu dikkate alan komitenin genel çimentolar için hazırladığı EN 197-1 standardı Türkiye

tarafından da kabul edilmiş ve “CEM Çimentosu” olarak adlandırılmıştır. Buna göre; CEM çimentosu, hidrolik sertleşmesi öncelikle kalsiyum silikatların hidratasyonu sonucu meydana gelen ve içindeki reaktif CaO ve reaktif SiO<sub>2</sub> toplamının kütlece en az %50 olması gereken çimentodur. Bileşimi portland çimentosu klinkeri, kalsiyum sülfat ve çeşitli mineral katkılarıdır. Standarda göre CEM Çimentoları, 27 alt çeşidi kapsayan 5 ana tiptir:

CEM I: Bu grupta klinkerin en fazla %0-5 arası mineral katkı (kalsiyum sülfat ve minör bileşen) ile öğütülmesi sonucunda Portland Çimentosu elde edilir.

CEM II: Bu grupta mineral katkı miktarı %6-35 arasındadır. Katkı türüne bağlı olarak bu gruptaki çimentolar Portland Cürüflu, Portland Puzolanlı gibi isimler de almaktadır.

CEM III: Bu grupta Yüksek Fırın Cürüflu Çimentolar bulunur. Katkı miktarı %36-95 arasındadır.

CEM IV: Bu grupta Puzolanik Çimentolar yer alır. Bunlarda cüruf veya kalker katkı maddesi olarak kullanılmaz. Katkı madde oranı puzolan ve uçucu kül katkıları ile birlikte %11-55 arasında değişmektedir.

CEM V: Bu grupta Kompoze Çimentolar bulunur. Bunlara hem cüruf (%18-50) ve hem de puzolan ve uçucu kül (%18- 50) miktarı belirlenen sınırlar içerisinde değiştirilerek birlikte katılır, miktarları klinker oranı %20- 64 arasında kalacak şekilde ayarlanır.

Bunların haricinde gerek klinker üretimi sırasında gerekse sonradan ilave edilen mineral katkıları sayesinde özel kullanım amaçlı olarak üretilmiş TS EN 197-1 standardının kapsadığı 5 çeşit çimento daha bulunmaktadır.

**Sülfatlara Dayanıklı Çimentolar:** Trakalsiyum alüminat miktarı sınırlanmış (max %5) olarak üretilen klinkerin kalsiyum sülfat ile birlikte öğütülmesi ile elde edilir.

**Beyaz Portland Çimentosu:** Özel nitelikli kil ile kireçtaşının birlikte pişirilmesiyle elde edilen beyaza yakın klinkerin bir miktar kalsiyum sülfat ile birlikte öğütülmesiyle elde edilir.

**Harç Çimentosu:** İlave bileşene ihtiyaç duyulmadan sadece kum ve su karıştırılarak duvar, sıva ve kaplama işlerinde kullanıma uygun harç yapımını sağlar.

**Yüksek Fırın Cürufu Katkılı, Düşük Erken Dayanımlı Çimentolar:** Sınırlandırılmış hidrasyon ısısına sahip, yüksek fırın cürufu katkı ve erken dayanımı düşük olan çimentodur.

**Çok Düşük Hidrasyon Isılı Özel Çimentolar:** Su ile karıştırıldığında hidrasyon reaksiyonları ve prosesler nedeniyle priz alan ve sertleşen bir hamur oluşturan, sertleşme sonrası suyun altında bile dayanımı ve kararlılığını koruyan ve geliştiren, genel çimentoların hidrasyon reaksiyonlarına sahip bir çimentodur.

Çimento yukarıda sayılan farklı üretim bileşenleri haricinde, satış yöntemi göz önünde bulundurularak da iki ana gruba ayrılmaktadır. Bunlar torbalı ve dökme çimento türleridir;

**Torbalı Çimento:** Çimento, üç katlı özel kraft kâğıttan torbalara konur. Bu torbalar ülkemizde ve diğer pek çok ülkede 50 kg'dır. Ancak bazı ülkelerde 25 kg'lık torba kullanıldığı bilinmektedir.

**Dökme Çimento:** Çimento doğrudan özel tankerlere (silobas) yüklenecek hazır beton tesislerindeki veya inşaat mahallindeki beton santrallerine sevk edilir. Çimento üretiminde hammadde, yardımcı maddeler, enerji ve yakıt önemli maliyet bileşenleridir. Özellikle enerji ve yakıt maliyeti toplam maliyet içerisinde en büyük kalemleri oluşturmaktadır. Üretimden sonra ihracatta da önemli bir yere sahip olan diğer bir maliyet kalemi ulaştırmaz.

Türk çimento sektörü, 1911 yılında 20.000 ton/yıl kapasiteli bir fırınla Darıca'da üretime başlamıştır. Daha sonra bu fabrika 1923 yılında tevsi edilerek kapasitesi 40.000 ton/yıla yükseltilmiştir. 1950'li yıllara kadar Ankara, Zeytinburnu (İstanbul), Kartal (İstanbul) ve Sivas'ta 4 yeni fabrika kurulmuş ve toplam kapasite



370.000 ton/yıla ulaşmıştır. 1950'den sonra Türkiye Çimento Sanayisi T.A.Ş.'nin (ÇİSAN) kurulmasıyla üretim artışı sağlanmasına rağmen 1970'lere dek talebin yeterli derecede karşılanamaması nedeniyle çimento ithalatı devam etmiştir.

Sektör, Türkiye'de yıldan yıla artan ihracat hacmi ile GSMH'de önemli bir yer sahibi olmanın yanında, sağladığı yüksek istihdam düzeyiyle de ekonomik yapı içindeki önemini korumaktadır. Makroekonomik dalgalanmaların ve istikrarsızlıkların ilk etkisini gösterdiği sektörlerden biri olan çimento sektörü, yaşanan ekonomik krizlerden olumsuz yönde etkilenmekte olup, inşaat sektörünün ana girdilerinden birini sağlaması sebebiyle, bu sektördeki dalgalanmalardan doğrudan etkilenmektedir.

Günümüzde sektör, hammadde konusunda tamamen kendi kaynaklarını kullanmakta olup, üretimiyle ülke ihtiyacını karşılayabilmektedir. İthalattaki payı az olan çimento sektörü, ihracattaki payını her geçen gün arttırmakta ve dünyanın 90 ülkesine satış yapmaktadır. İhracatın büyük bölümü Irak, Rusya ve Libya'ya yapılmaktadır. Mevcut durumda, yurtiçi talebi karşılamakta sıkıntı çekmeyen, bunun yanı sıra ihracatını yaklaşık yüzde 150 oranlarında artıran sektör dünyanın en büyük çimento ihracatçısı konumuna gelmiştir.

Dünya pazarına bakıldığında, 2013 yılında çimento üretimi 4 milyar tona ulaşmıştır.

2017 yılı verilerine göre Türk çimento sektörünün üretim miktarı 80,5 milyon ton, tüketim miktarı ise 72,2 ton seviyesinde gerçekleşmiştir. Türk çimento sektörünün 2017 yılı ihracatı 530 milyon ABD Doları; ithalatı ise 17,6 milyon ABD Doları olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 3.1. Türk Çimento Sektörü Üretim ve Tüketim Miktarları

Yıllar	Üretim (Milyon Ton)	Tüketim (Milyon Ton)
1980	12,98	12,08
1990	24,42	22,65
2000	35,95	31,51
2001	29,96	25,08
2002	32,76	26,81
2003	35,10	28,11
2004	38,80	30,67
2005	42,79	35,08
2006	47,40	41,61
2007	49,26	42,46
2008	51,43	40,57
2009	58,00	39,96
2010	62,70	62,53
2011	63,40	62,90
2012	60,30	62,30
2013	70,40	70,10
2014	69,7	61,8
2015	71,2	63,4
2016	75,4	66,8
2017	80,5	72,2

Çalışma iki aşamadan oluşmuştur. İlk aşamada maliyet optimizasyonu için model ulaştırma modeli ile çözülmüştür. İkinci aşamada ise belirlenen hedefler için uzlaşık çözümler araştırılmıştır.

### 3.3. Çalışmanın Birinci Aşaması İçin Ulaştırma Modelinin Kurulması

Çalışmanın ilk aşaması için problemin sayısal verilerle değerlendirilebilmesi adına model kurulması ve taşıma yöntemiyle çözülmesi gerekmektedir.

#### 3.3.1. Ulaştırma Modelinin Kurulması İçin Gerekli Verilerin Elde Edilmesi

Çalışmanın ilk aşaması için problemin sayısal verilerle değerlendirilebilmesi adına model kurulması ve taşıma yöntemiyle çözülmesi gerekmektedir. Çalışmanın ilk aşamasında çimento sektörü Türkiye yedi ayrı coğrafi bölgede ele alındığından her bir bölge için çimento talep ve arz miktarlarının bulunması gerekmektedir. Bunun için Çizelge 3.1’de verilen bilgiler kullanılmıştır. Çizelgedeki veriler 2016 Türkiye Çimento Müstahsiller Birliğinin 2016 yılı bölgesel verileri olup üretim değerleri arz, toplam satış değerleri ise talep miktarları olarak kabul edilmiştir. Çalışmanın bu birinci aşamasında toplam çimento üretim ya da arz miktarları ile bölgelerin çimento talep miktarları veri iken, toplam taşıma maliyetinin minimize edilmesi problemi ele alınmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında toplam taşıma maliyetinin minimizasyonu yanında fabrikaların üretimi ile ilgili olarak nominal kapasitenin minimizasyonu ikinci bir amaç ya da hedef olarak ele alınmış ve problem hedef programlama modeli şeklinde çözülmüştür.

Çizelge 3.2. Bölgelere Göre Çimento Üretim ve Tüketim Miktarları

<b>BÖLGELER</b>	<b>ARZ</b>	<b>TALEP</b>
Marmara	19177817	19235341
Ege	6078776	5841270
Akdeniz	18159749	17425642
Karadeniz	9051464	8967669
İç Anadolu	12123726	12096096
Doğu Anadolu	5564619	5444873
Güneydoğu Anadolu	5247174	5254835
<b>TOPLAM</b>	<b>75403325</b>	<b>74265726</b>

Kaynak: Türkiye Çimento Müstahsiller Birliği, 2016

### 3.3.2. İşletmenin Dağıtım Problemi İçin Kurulan Ulaştırma Modelinin Çözülmesi

Ulaştırma modelinin çözümü geleneksel ulaştırma modeli çözüm yöntemleriyle yapılabileceği gibi doğrusal model yardımıyla da yapılabilir. Birinci bölümde de bahsedildiği üzere tipik bir ulaştırma modelinin doğrusal programlama gösterimi aşağıdaki gibidir.

Toplam taşıma maliyetinin minimizasyonu amacıyla ele alınan ulaştırma problemine ilişkin gösterim (amaç fonksiyonu ve kısıtlar olmak üzere) aşağıda verildiği gibidir:

Amaç Fonksiyonu:

$$Z_{min} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \quad (2.24)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = a_i \quad (2.25)$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = b_j \quad (2.26)$$

$$X_{ij} \geq 0$$

Modeldeki değişkenlerin anlamları şu şekildedir:

$Z_{min}$  : Toplam ulaştırma maliyetini minimum kılan amaç fonksiyonu,

m: Üretim merkezi sayısı,

n: Tüketim merkezi sayısı,

$a_i$ : i. üretim merkezinin üretim kapasitesi,

$b_j$ : j. tüketim merkezinin talebi,

$C_{ij}$ : i. üretim merkezinden j. tüketim merkezine gönderilen malın birim ulaştırma maliyeti,

$X_{ij}$ : i. üretim merkezinden j. tüketim merkezine gönderilecek malın birim sayısı.

Genel bir ulaştırma modelinin değişkenleri bakımından bu çalışmaya özgü olarak  $C_{ij}$ 'nin,  $X_{ij}$  için km cinsinden taşıma maliyetini, diğer bir ifade ile bölgeler arası mesafeleri gösterdiğini belirtmek gerekir. Bu mesafeler Çizelge 3.3.'te çözüm sonuçları ise Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Bölgeler Arası Mesafeler (Km)

	Ankara	İstanbul	İzmir	Antalya	Şanlıurfa	Van	Samsun
Ankara	0	449,9	585,3	483,5	842,5	1218,8	410,6
İstanbul	449,9	0	471,8	715	1289,9	1610,2	736,9
İzmir	585,3	471,8	0	455,2	1253,6	1776,3	1000,3
Antalya	483,5	715	455,2	0	966,2	1488,9	889,6
Şanlıurfa	842,5	1289,9	1253,6	966,2	0	543,3	839,5
Van	1218,8	1610,2	1776,3	1488,9	543,3	0	1010,8
Samsun	410,6	736,9	1000,3	889,6	839,5	1010,8	0

Ulaştırma modeli oluşturulurken her bir bölgenin coğrafi olarak bir şehri merkez olarak tespit edilmiştir. Marmara Bölgesi İstanbul, Ege Bölgesi İzmir, Akdeniz Bölgesi Antalya, İç Anadolu Bölgesi Ankara, Karadeniz Bölgesi Samsun, Doğu Anadolu Bölgesi Van ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi Şanlıurfa şehirleri ile temsil edilmiştir. Böylece her bölge için uzaklıklar bu merkez iller baz alınarak km cinsinde ölçülmüştür.

Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3 için belirlenen değerler yardımıyla Çizelge 3.4'deki gibi bir ulaştırma tablosunu oluşturmak mümkündür.

Çizelge 3.4. Ulaştırma Model Tablosu

	Ankara	İstanbul	İzmir	Antalya	Şanlıurfa	Van	Samsun	Üretim Miktarı
Ankara	1 X <sub>11</sub>	449,9 X <sub>12</sub>	585,3 X <sub>13</sub>	483,5 X <sub>14</sub>	842,5 X <sub>15</sub>	1.218,8 X <sub>16</sub>	410,6 X <sub>17</sub>	11.578,502
İstanbul	449,9 X <sub>21</sub>	1 X <sub>22</sub>	471,8 X <sub>23</sub>	715 X <sub>24</sub>	1.289,9 X <sub>25</sub>	1.610,2 X <sub>26</sub>	736,9 X <sub>27</sub>	17.684,464
İzmir	585,3 X <sub>31</sub>	471,8 X <sub>32</sub>	1 X <sub>33</sub>	455,2 X <sub>34</sub>	1.253,6 X <sub>35</sub>	1.776,3 X <sub>36</sub>	1.000,3 X <sub>37</sub>	5.601,954
Antalya	483,5 X <sub>41</sub>	715 X <sub>42</sub>	455,2 X <sub>43</sub>	1 X <sub>44</sub>	966,2 X <sub>45</sub>	1.488,9 X <sub>46</sub>	889,6 X <sub>47</sub>	17.062,747
Şanlıurfa	842,5 X <sub>51</sub>	1.289,9 X <sub>52</sub>	1.253,6 X <sub>53</sub>	966,2 X <sub>54</sub>	1 X <sub>55</sub>	543,3 X <sub>56</sub>	839,5 X <sub>57</sub>	4.984,458
Van	1.218,8 X <sub>61</sub>	1.610,2 X <sub>62</sub>	1.776,3 X <sub>63</sub>	1.488,9 X <sub>64</sub>	543,3 X <sub>65</sub>	1 X <sub>66</sub>	1.010,8 X <sub>67</sub>	5.121,136
Samsun	410,6 X <sub>71</sub>	736,9 X <sub>72</sub>	1.000,3 X <sub>73</sub>	889,6 X <sub>74</sub>	839,5 X <sub>75</sub>	1.010,8 X <sub>76</sub>	1 X <sub>77</sub>	8.656,590
Talep	11.563,280	17.884,827	5.411,976	16.386,698	4.989,318	5.304,595	8.623,925	

### 3.3.3. İşletmenin Dağıtım Problemi İçin Kurulan Ulaştırma Modelinin Çözülmesi

Ulaştırma modelinin çözümü geleneksel ulaştırma modeli çözüm yöntemleriyle yapılabileceği gibi doğrusal model yardımıyla da yapılabilir.

Çizelge 3.4'de verilen ulaştırma modeli tablosunun doğrusal programlama yazılımı ise aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} \text{MIN} = & 0 \cdot X_{11} + 449,9 \cdot X_{12} + 585,3 \cdot X_{13} + 483,5 \cdot X_{14} + 842,5 \cdot X_{15} + 1.218,8 \cdot X_{16} + \\ & 410,6 \cdot X_{17} + 449,9 \cdot X_{21} + 0 \cdot X_{22} + 471,8 \cdot X_{23} + 715 \cdot X_{24} + 1.289,9 \cdot X_{25} + \\ & 1.610,2 \cdot X_{26} + 736,9 \cdot X_{27} + 585,3 \cdot X_{31} + 471,8 \cdot X_{32} + 0 \cdot X_{33} + 455,2 \cdot X_{34} + \\ & 1.253,6 \cdot X_{35} + 1.776,3 \cdot X_{36} + 1.000,3 \cdot X_{37} + 483,5 \cdot X_{41} + 715 \cdot X_{42} + 455,2 \cdot X_{43} + \\ & 0 \cdot X_{44} + 966,2 \cdot X_{45} + 1.488,9 \cdot X_{46} + 889,6 \cdot X_{47} + 842,5 \cdot X_{51} + 1.289,9 \cdot X_{52} + \end{aligned}$$

$$1253.6 \cdot X_{53} + 966.2 \cdot X_{54} + 0 \cdot X_{55} + 543.3 \cdot X_{56} + 839.5 \cdot X_{57} + 1218.8 \cdot X_{61} + 1610.2 \cdot X_{62} + 1776.3 \cdot X_{63} + 1488.9 \cdot X_{64} + 543.3 \cdot X_{65} + 0 \cdot X_{66} + 1010.8 \cdot X_{67} + 410.6 \cdot X_{71} + 736.9 \cdot X_{72} + 1000.3 \cdot X_{73} + 889.6 \cdot X_{74} + 839.5 \cdot X_{75} + 1010.8 \cdot X_{76} + 0 \cdot X_{77};$$

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} \leq 19177817;$$

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{26} + X_{27} \leq 6078776;$$

$$X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} + X_{36} + X_{37} \leq 18159749;$$

$$X_{41} + X_{42} + X_{43} + X_{44} + X_{45} + X_{46} + X_{47} \leq 9051464;$$

$$X_{51} + X_{52} + X_{53} + X_{54} + X_{55} + X_{56} + X_{57} \leq 12123726;$$

$$X_{61} + X_{62} + X_{63} + X_{64} + X_{65} + X_{66} + X_{67} \leq 5564619;$$

$$X_{71} + X_{72} + X_{73} + X_{74} + X_{75} + X_{76} + X_{77} \leq 5247174;$$

$$X_{11} + X_{21} + X_{31} + X_{41} + X_{51} + X_{61} + X_{71} \geq 19235341;$$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} + X_{42} + X_{52} + X_{62} + X_{72} \geq 5841270;$$

$$X_{13} + X_{23} + X_{33} + X_{43} + X_{53} + X_{63} + X_{73} \geq 17425642;$$

$$X_{14} + X_{24} + X_{34} + X_{44} + X_{54} + X_{64} + X_{74} \geq 8967669;$$

$$X_{15} + X_{25} + X_{35} + X_{45} + X_{55} + X_{65} + X_{75} \geq 12096096;$$

$$X_{16} + X_{26} + X_{36} + X_{46} + X_{56} + X_{66} + X_{76} \geq 5444873;$$

$$X_{17} + X_{27} + X_{37} + X_{47} + X_{57} + X_{67} + X_{77} \geq 5254835;$$

Çizelge 3.5. Ulaştırma Tablosu Çözüm Sonuçları

Global optimal solution found at iteration	19
Objective value	0.3152544E+08

Variable	Value	Reduced Cost
X11	0.1917782E+08	0.000000
X12	0.000000	899.8000
X13	0.000000	035.200

X14	0.000000	933.4000
X15	0.000000	1292.400
X16	0.000000	1668.700
X17	0.000000	123.6000
X21	57524.00	0.000000
X22	6013591.	0.000000
X23	0.000000	471.8000
X24	0.000000	715.0000
X25	0.000000	1289.900
X26	0.000000	1610.200
X27	7661.000	0.000000
X31	0.000000	135.4000
X32	0.000000	471.8000
X33	0.1742564E+08	0.000000
X34	0.000000	455.2000
X35	0.000000	1253.600
X36	0.000000	1776.300
X37	0.000000	263.4000
X41	0.000000	33.60000
X42	0.000000	715.0000
X43	0.000000	455.2000
X44	8967669.	0.000000
X45	0.000000	966.2000
X46	0.000000	1488.900
X47	0.000000	152.7000
X51	0.000000	392.6000
X52	0.000000	1289.900



X53	0.000000	1253.600
X54	0.000000	966.2000
X55	0.1212373E+08	0.000000
X56	0.000000	543.3000
X57	0.000000	102.6000
X61	0.000000	768.9000
X62	0.000000	1610.200
X63	0.000000	1776.300
X64	0.000000	1488.900
X65	0.000000	543.3000
X66	5444873.	0.000000
X67	0.000000	273.9000
X71	0.000000	697.6000
X72	0.000000	1473.800
X73	0.000000	1737.200
X74	0.000000	1626.500
X75	0.000000	1576.400
X76	0.000000	1747.700
X77	5247174.	0.000000
C1	0.000000	0.000000
C2	0.000000	0.000000
C3	0.000000	0.000000
C4	0.000000	0.000000
C5	0.000000	0.000000
C6	0.000000	0.000000
C7	0.000000	0.000000
C8	0.000000	0.000000

C9	0.000000	0.000000
C10	0.000000	0.000000
C11	0.000000	0.000000
C12	0.000000	0.000000
C13	0.000000	0.000000
C14	0.000000	0.000000
Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	0.3152544E+08	-1.000000
2	0.000000	449.9000
3	0.000000	0.000000
4	734107.0	0.000000
5	83795.00	0.000000
6	0.000000	0.000000
7	119746.0	0.000000
8	0.000000	736.9000
9	0.000000	-449.9000
10	172321.0	0.000000
11	0.000000	0.000000
12	0.000000	0.000000
13	27630.00	0.000000
14	0.000000	0.000000
15	0.000000	-736.9000

Çizelge 3.5'deki çözüm sonuçlarına göre karar değişkenleri itibarı ile yapılan dağıtım  $X_{11}=0.1917782E+08$ ,  $X_{21}=57524.00$ ,  $X_{22}=6013591.$ ,  $X_{27}=7661.000$ ,  $X_{33}=0.1742564E+08$ ,  $X_{44}=8967669$ ,  $X_{55}=0.1212373E+08$ ,  $X_{66}=5444873$ ,

X77=5247174 şeklinde olup toplam 31525438.5 TL'lik ulaştırma maliyeti ile gerçekleşmiştir.

Burada maliyetler km cinsinden belirlenmiştir. Amaç her bir bölgedeki fabrikalardan her bir bölgeye çimento ürününü taşıma maliyetini km cinsinden minimize etmektir. Buna göre optimum taşıma çizelgede verildiği gibi gerçekleşmiştir. Çimento üretimi çimento tüketiminden fazla olduğundan kalan kısım ihraç edilmektedir. Amaç fonksiyonunun toplam değeri 0.3152544E+08 km olup üretim yerlerinden tüketim bölgelerine optimum taşıma maliyetini kilometre olarak ifade etmektedir.

### 3.4. Çalışmanın İkinci Aşaması İçin Ulaştırma Modelinin Kurulması

Birinci aşamada ele alınan problemde toplam taşıma maliyetini minimize şeklinde tek bir amaç söz konusudur. Daha önce de ifade edildiği gibi karar verici için tek bir amaç söz konusu olmamaktadır. Karar vericinin birden fazla amacı olabileceği gibi bu amaçlar birbirleri ile de çelişebilir.

Hedef programlama, birden çok maksimizasyon ya da minimizasyon fonksiyonunun yer aldığı çok amaçlı problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Bu tip problemlerde doğrusal programlama tek başına yetersiz kalmaktadır. Çünkü doğrusal programlama tek bir amaç fonksiyonuna yönelik işlem yapılmasına izin vermektedir.

Çok amaçlı karar verme teknikleri içinde yaygın olarak kullanılan hedef programlamada her bir amacın, göz önünde bulundurulmuş kısıtlar altında istenilen hedeflere ulaşılması istenir(Tamiz,1996:199).

Bu çalışmada ulaştırma modelinden yola çıkarak hedef programlama modeli ele alınmıştır. Çalışmada;

a) Toplam maliyeti minimize etmek,

b) Arz merkezlerinden talep merkezlerine gönderilecek toplam mal miktarının toplam talep ya da arz miktarlarına eşit olması olarak tanımlanan iki farklı hedef belirlenmiştir.

Herhangi bir hedef programlama modelinin amaç fonksiyonu belirtilen hedeflerden sapmaların mutlak değerce toplamını minimize etmeye çalışır. Çalışmadaki hedefler bakımından ulaştırma modelini dikkate alan genelleştirilmiş doğrusal hedef programlama modeli şu şekilde oluşturulabilir:

Amaç Fonksiyonu:

$$Zmin = p_1 d_1^+ + p_2 (d_2^- + d_2^+) \quad (2.27)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} + d_1^- - d_1^+ = f_1 \quad (2.28)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} + d_2^- - d_2^+ = b_2 \quad (2.29)$$

$f_1$ : Toplam ulaştırma maliyeti

$b_2$ : Arz merkezlerinden talep merkezlerine gönderilecek toplam mal miktarı( bu miktar arz kaynaklarının talep merkezlerinin toplam değerine eşit olmalıdır.)

$X_{ij}$ : i. bölgede yer alan fabrikalardan j. bölgeye ulaştırılan birim sayısı,

$d_1^-$ : Birinci hedeften negatif sapma miktarı,

$d_1^+$ : Birinci hedeften pozitif sapma miktarı,

$d_2^-$ : İkinci hedeften negatif sapma miktarı,

$d_2^+$ : İkinci hedeften pozitif sapma miktarı,

### 3.4.1. Çalışmanın İkinci Aşaması İlk Hedef İçin Model Gösterimi ve Çözümü

Yukarıdaki gösterimin çözümde kolaylık sağlaması için model çözümlerinde negatif sapma yerine "N" değişkeni pozitif sapma değişkeni yerine de "P" değişkeni kullanılmıştır. Araştırmanın ilk hedefi olan toplam ulaştırma maliyetinin minimize edilmesi hedefi için fonksiyonel ve hedef kısıtlarının model

olarak gösterimi aşağıdaki gibidir. Bu her iki amaç değerleri çalışmanın ilk aşamasından alınmaktadır.

$$\text{MIN} = P1;$$

$$\begin{aligned} &0 \cdot X_{11} + 449.9 \cdot X_{12} + 585.3 \cdot X_{13} + 483.5 \cdot X_{14} + 842.5 \cdot X_{15} + 1218.8 \cdot X_{16} + \\ &410.6 \cdot X_{17} + 449.9 \cdot X_{21} + 0 \cdot X_{22} + 471.8 \cdot X_{23} + 715 \cdot X_{24} + 1289.9 \cdot X_{25} + \\ &1610.2 \cdot X_{26} + 736.9 \cdot X_{27} + 585.3 \cdot X_{31} + 471.8 \cdot X_{32} + 0 \cdot X_{33} + 455.2 \cdot X_{34} + \\ &1253.6 \cdot X_{35} + 1776.3 \cdot X_{36} + 1000.3 \cdot X_{37} + 483.5 \cdot X_{41} + 715 \cdot X_{42} + 455.2 \cdot X_{43} + \\ &0 \cdot X_{44} + 966.2 \cdot X_{45} + 1488.9 \cdot X_{46} + 889.6 \cdot X_{47} + 842.5 \cdot X_{51} + 1289.9 \cdot X_{52} + \\ &1253.6 \cdot X_{53} + 966.2 \cdot X_{54} + 0 \cdot X_{55} + 543.3 \cdot X_{56} + 839.5 \cdot X_{57} + 1218.8 \cdot X_{61} + \\ &1610.2 \cdot X_{62} + 1776.3 \cdot X_{63} + 1488.9 \cdot X_{64} + 543.3 \cdot X_{65} + 0 \cdot X_{66} + 1010.8 \cdot X_{67} + \\ &410.6 \cdot X_{71} + 736.9 \cdot X_{72} + 1000.3 \cdot X_{73} + 889.6 \cdot X_{74} + 839.5 \cdot X_{75} + 1010.8 \cdot X_{76} + \\ &0 \cdot X_{77} + N1 - P1 = 0.3152544E+08; \end{aligned}$$

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} \leq 19177817;$$

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{26} + X_{27} \leq 6078776;$$

$$X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} + X_{36} + X_{37} \leq 18159749;$$

$$X_{41} + X_{42} + X_{43} + X_{44} + X_{45} + X_{46} + X_{47} \leq 9051464;$$

$$X_{51} + X_{52} + X_{53} + X_{54} + X_{55} + X_{56} + X_{57} \leq 12123726;$$

$$X_{61} + X_{62} + X_{63} + X_{64} + X_{65} + X_{66} + X_{67} \leq 5564619;$$

$$X_{71} + X_{72} + X_{73} + X_{74} + X_{75} + X_{76} + X_{77} \leq 5247174;$$

$$X_{11} + X_{21} + X_{31} + X_{41} + X_{51} + X_{61} + X_{71} \geq 19235341;$$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} + X_{42} + X_{52} + X_{62} + X_{72} \geq 5841270;$$

$$X_{13} + X_{23} + X_{33} + X_{43} + X_{53} + X_{63} + X_{73} \geq 17425642;$$

$$X_{14} + X_{24} + X_{34} + X_{44} + X_{54} + X_{64} + X_{74} \geq 8967669;$$

$$X_{15} + X_{25} + X_{35} + X_{45} + X_{55} + X_{65} + X_{75} \geq 12096096;$$

$$X_{16} + X_{26} + X_{36} + X_{46} + X_{56} + X_{66} + X_{76} \geq 5444873;$$

$$X_{17} + X_{27} + X_{37} + X_{47} + X_{57} + X_{67} + X_{77} \geq 5254835;$$

Bu ilk hedef için hazırlanan modelin çözüm sonuçları aşağıdaki gibidir:

Çizelge 3.6. Birinci Hedef İçin Hedef Programlama Modeli Çözüm Sonuçları

Global optimal solution found at iteration	12
Objective value	0.000000

Variable	Value	Reduced Cost
P1	0.000000	1.000000
X11	0.1917782E+08	0.000000
X12	0.000000	0.000000
X13	0.000000	0.000000
X14	0.000000	0.000000
X15	0.000000	0.000000
X16	0.000000	0.000000
X17	0.000000	0.000000
X21	57523.96	0.000000
X22	5841270.	0.000000
X23	0.000000	0.000000
X24	0.000000	0.000000
X25	0.000000	0.000000
X26	0.000000	0.000000
X27	7661.000	0.000000
X31	0.000000	0.000000
X32	0.000000	0.000000
X33	0.1742564E+08	0.000000
X34	0.000000	0.000000

X35	0.000000	0.000000
X36	0.000000	0.000000
X37	0.000000	0.000000
X41	0.4464286E-01	0.000000
X42	0.000000	0.000000
X43	0.000000	0.000000
X44	8967669.	0.000000
X45	0.000000	0.000000
X46	0.000000	0.000000
X47	0.000000	0.000000
X51	0.000000	0.000000
X52	0.000000	0.000000
X53	0.000000	0.000000
X54	0.000000	0.000000
X55	0.1209610E+08	0.000000
X56	0.000000	0.000000
X57	0.000000	0.000000
X61	0.000000	0.000000
X62	0.000000	0.000000
X63	0.000000	0.000000
X64	0.000000	0.000000
X65	0.000000	0.000000
X66	5444873.	0.000000
X67	0.000000	0.000000
X71	0.000000	0.000000

X72	0.000000	0.000000
X73	0.000000	0.000000
X74	0.000000	0.000000
X75	0.000000	0.000000
X76	0.000000	0.000000
X77	5247174.	0.000000
N1	0.000000	0.000000
C1	0.000000	0.000000
C2	0.000000	0.000000
C3	0.000000	0.000000
C4	0.000000	0.000000
C5	0.000000	0.000000
C6	0.000000	0.000000
C7	0.000000	0.000000
C8	0.000000	0.000000
C9	0.000000	0.000000
C10	0.000000	0.000000
C11	0.000000	0.000000
C12	0.000000	0.000000
C13	0.000000	0.000000
C14	0.000000	0.000000
Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	0.000000	-1.000000
2	-0.1851543E-08	0.000000



3	0.000000	0.000000
4	172321.0	0.000000
5	734107.0	0.000000
6	83794.96	0.000000
7	27630.00	0.000000
8	119746.0	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

Birinci hedef değeri 0.000 olarak elde edilmiştir. İlk hedefin çözümlenmesi sonucunda istenmeyen sapma değişkeni değeri P1 de 0.000 olarak bulunmuştur.

### 3.4.2. Çalışmanın İkinci Aşaması İkinci Hedef İçin Model Gösterimi ve Çözümü

İkinci hedef olan arz merkezlerinden talep merkezlerine gönderilecek toplam mal miktarının da toplam talep ya da arz miktarlarına eşit olması hedefi için model gösterimi ise aşağıdaki biçimdedir. Bu modelde ilk hedefin amaç fonksiyonu değeri olan P1 sapma değişkeninin çözümde aldığı değer de kısıt olarak modele eklenmiştir.

$$\text{MIN} = N2 - P2 ;$$

$$0 * X11 + 449.9 * X12 + 585.3 * X13 + 483.5 * X14 + 842.5 * X15 + 1218.8 * X16 + 410.6 * X17 + 449.9 * X21 + 0 * X22 + 471.8 * X23 + 715 * X24 + 1289.9 * X25 +$$

$$1610.2 \cdot X_{26} + 736.9 \cdot X_{27} + 585.3 \cdot X_{31} + 471.8 \cdot X_{32} + 0 \cdot X_{33} + 455.2 \cdot X_{34} + 1253.6 \cdot X_{35} + 1776.3 \cdot X_{36} + 1000.3 \cdot X_{37} + 483.5 \cdot X_{41} + 715 \cdot X_{42} + 455.2 \cdot X_{43} + 0 \cdot X_{44} + 966.2 \cdot X_{45} + 1488.9 \cdot X_{46} + 889.6 \cdot X_{47} + 842.5 \cdot X_{51} + 1289.9 \cdot X_{52} + 1253.6 \cdot X_{53} + 966.2 \cdot X_{54} + 0 \cdot X_{55} + 543.3 \cdot X_{56} + 839.5 \cdot X_{57} + 1218.8 \cdot X_{61} + 1610.2 \cdot X_{62} + 1776.3 \cdot X_{63} + 1488.9 \cdot X_{64} + 543.3 \cdot X_{65} + 0 \cdot X_{66} + 1010.8 \cdot X_{67} + 410.6 \cdot X_{71} + 736.9 \cdot X_{72} + 1000.3 \cdot X_{73} + 889.6 \cdot X_{74} + 839.5 \cdot X_{75} + 1010.8 \cdot X_{76} + 0 \cdot X_{77} + N1-P1 = 0.3152544E+08;$$

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} + X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{26} + X_{27} + X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} + X_{36} + X_{37} + X_{41} + X_{42} + X_{43} + X_{44} + X_{45} + X_{46} + X_{47} + X_{51} + X_{52} + X_{53} + X_{54} + X_{55} + X_{56} + X_{57} + X_{61} + X_{62} + X_{63} + X_{64} + X_{65} + X_{66} + X_{67} + X_{71} + X_{72} + X_{73} + X_{74} + X_{75} + X_{76} + X_{77} + N2-P2 = 75403325;$$

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} \leq 19177817;$$

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{26} + X_{27} \leq 6078776;$$

$$X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} + X_{36} + X_{37} \leq 18159749;$$

$$X_{41} + X_{42} + X_{43} + X_{44} + X_{45} + X_{46} + X_{47} \leq 9051464;$$

$$X_{51} + X_{52} + X_{53} + X_{54} + X_{55} + X_{56} + X_{57} \leq 12123726;$$

$$X_{61} + X_{62} + X_{63} + X_{64} + X_{65} + X_{66} + X_{67} \leq 5564619;$$

$$X_{71} + X_{72} + X_{73} + X_{74} + X_{75} + X_{76} + X_{77} \leq 5247174;$$

$$X_{11} + X_{21} + X_{31} + X_{41} + X_{51} + X_{61} + X_{71} \geq 19235341;$$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} + X_{42} + X_{52} + X_{62} + X_{72} \geq 5841270;$$

$$X_{13} + X_{23} + X_{33} + X_{43} + X_{53} + X_{63} + X_{73} \geq 17425642;$$

$$X_{14} + X_{24} + X_{34} + X_{44} + X_{54} + X_{64} + X_{74} \geq 8967669;$$

$$X_{15} + X_{25} + X_{35} + X_{45} + X_{55} + X_{65} + X_{75} \geq 12096096;$$

$$X_{16} + X_{26} + X_{36} + X_{46} + X_{56} + X_{66} + X_{76} \geq 5444873;$$

$$X_{17} + X_{27} + X_{37} + X_{47} + X_{57} + X_{67} + X_{77} \geq 5254835;$$

P1=0;

Bu ikinci hedef için hazırlanan modelin çözüm sonuçları aşağıdaki gibidir:

Çizelge 3.7. İkinci Hedef İçin Hedef Programlama Modeli Çözüm Sonuçları

Global optimal solution found at iteration:	4
Objective value:	0.000000

Variable	Value	Reduced Cost
N2	0.000000	0.000000
P2	0.000000	0.000000
X11	0.1917782E+08	0.000000
X12	0.000000	0.000000
X13	0.000000	0.000000
X14	0.000000	0.000000
X15	0.000000	0.000000
X16	0.000000	0.000000
X17	0.000000	0.000000
X21	57523.96	0.000000
X22	6013591.	0.000000
X23	0.000000	0.000000
X24	0.000000	0.000000
X25	0.000000	0.000000
X26	0.000000	0.000000
X27	7661.000	0.000000
X31	0.000000	0.000000
X32	0.000000	0.000000

X33	0.1815975E+08	0.000000
X34	0.000000	0.000000
X35	0.000000	0.000000
X36	0.000000	0.000000
X37	0.000000	0.000000
X41	0.4464286E-01	0.000000
X42	0.000000	0.000000
X43	0.000000	0.000000
X44	9051464.	0.000000
X45	0.000000	0.000000
X46	0.000000	0.000000
X47	0.000000	0.000000
X51	0.000000	0.000000
X52	0.000000	0.000000
X53	0.000000	0.000000
X54	0.000000	0.000000
X55	0.1212373E+08	0.000000
X56	0.000000	0.000000
X57	0.000000	0.000000
X61	0.000000	0.000000
X62	0.000000	0.000000
X63	0.000000	0.000000
X64	0.000000	0.000000
X65	0.000000	0.000000
X66	5564619.	0.000000

X67	0.000000	0.000000
X71	0.000000	0.000000
X72	0.000000	0.000000
X73	0.000000	0.000000
X74	0.000000	0.000000
X75	0.000000	0.000000
X76	0.000000	0.000000
X77	5247174.	0.000000
N1	0.000000	0.000000
P1	0.000000	0.000000
C1	0.000000	0.000000
C2	0.000000	0.000000
C3	0.000000	0.000000
C4	0.000000	0.000000
C5	0.000000	0.000000
C6	0.000000	0.000000
C7	0.000000	0.000000
C8	0.000000	0.000000
C9	0.000000	0.000000
C10	0.000000	0.000000
C11	0.000000	0.000000
C12	0.000000	0.000000
C13	0.000000	0.000000
C14	0.000000	0.000000
C15	0.000000	0.000000

C16	0.000000	0.000000
Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	0.000000	-1.000000
2	-0.1851543E-08	0.000000
3	0.000000	-1.000000
4	0.000000	1.000000
5	0.000000	1.000000
6	0.000000	1.000000
7	0.000000	1.000000
8	0.000000	1.000000
9	0.000000	1.000000
10	0.000000	1.000000
11	0.000000	0.000000
12	172321.0	0.000000
13	734107.0	0.000000
14	83794.96	0.000000
15	27630.00	0.000000
16	119746.0	0.000000
17	0.000000	0.000000
18	0.000000	0.000000

İkinci hedefin çözümlenmesi sonucunda istenmeyen sapma değışkeni değeri olan N2 ve P2 değışkenlerin her ikisinin de sıfır değeri aldđı dolayısıyla bu hedefin sađlandđđını söylemek mümkündür.



## SONUÇ VE ÖNERİLER

Günlük hayatta amacın basit bir biçimde maksimize ya da minimize edilmesi yerine birden fazla ve birbirleriyle çelişik amaçlarla karşılaşılması mümkündür. Bu tür problemlerin çözümü amacıyla uygulamada kullanılan yöntemlerden biri de hedef programlamadır. Çok amaçlı karar verme yöntemlerinden biri olan hedef programlama, kısıtlı optimizasyon yöntemi olan doğrusal programlamanın özel bir durumudur. Bu yöntem çok sayıda amaç ya da hedef için eşanlı bir çözüm bulmakla ilgilidir.

Bu çalışmada ulaştırma modeli temel alınarak hedef programlama kullanımı ile taşıma problemlerine alternatif bir çözüm bulma amaçlanmıştır. Çalışma iki aşamadan oluşmuştur. İlk aşamada maliyet optimizasyonu için model ulaştırma modeli ile çözülmüştür. İkinci aşamada ise belirlenen hedefler için uzlaşık çözümler araştırılmıştır. İlk aşamada Ülkemizde Çimento sektöründe faaliyet gösteren fabrikalardan talep noktalarına dağıtım temel problem olarak ele alınmıştır. Çalışmada arz ve talep noktaları coğrafi bölgeler olarak tespit edilmiştir. Coğrafi bölgeler için kurulan ulaştırma modelinden yararlanılarak optimum dağıtım elde edilmiştir. İkinci aşamada ise birinci aşamadaki sonuçlara dayalı olarak toplam maliyeti minimize etmek ve arz merkezlerinden talep merkezlerine gönderilecek toplam çimento miktarının da toplam talep ya da arz miktarlarına eşit olması biçiminde iki hedef belirlenerek bu hedeflerin gerçekleşip gerçekleşmeyecekleri hedef programlama kapsamında değerlendirilmiştir. WinQSB programı ile toplam çimento taşıma maliyeti kilometre cinsinden  $0.3152544E+08$  olarak elde edilmiştir. Belirlenen hedefler çerçevesinde çözüm değerlerinin her ikisi de "0" değerlerini almıştır. Bu sonuç hedeflerin sağlandığı anlamına gelmektedir. Diğer bir ifadeyle ulaştırma modelindeki çözüm değerlerinin optimale ulaştığı söylenebilir.

İş hayatında sadece ulaştırma modeliyle ulaşılabilecek maliyet minimizasyonu amacının dışında firmalar istikrarlı karın sağlanması, pazar payının artırılması, fiyat istikrarının sağlanması, çalışanların moralin yükseltilmesi, şirket prestijinin artırılması, müşteri memnuniyeti, ürün kalitesi gibi farklı hedefler ile de bu araştırmanın geliştirilebileceği öneri olarak söylenebilir.





## KAYNAKÇA

- Acar, N. (1985). “**Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları**” (2. Baskı), Ankara: MPM Yayınları.
- Açık, M. (2002). “**Türk Silahlı Kuvvetleri’nde Birliklerin Yeniden Yapılandırılmasında Hedef Programlama Yönteminin Uygulanması**”. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akgerman, N. (2010). “**Binek Otomobillerde CO<sub>2</sub> Emisyon Miktarının Azaltılmasına Yönelik Stratejilerin Analitik Ağ Süreci Bazlı Hedef Programlama Modeli İle Değerlendirilmesi**”. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Akıncı, E. (2008). **Bir Tersanenin Üretim Planlamasının Hazırlanması**”. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Alp, S. (2008). “Doğrusal Hedef Programlama Yönteminin Otobüsle Kent İçi Toplu Taşıma Sisteminde Kullanılması”. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1(13), 73-91.
- Alp, S. (2008). “Doğrusal Hedef Programlama Yönteminin Otobüsle Kent İçi Toplu Taşıma Sisteminde Kullanılması”. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(13), 73-91.
- Analı, İ. (1999). “**Ulaştırma Modeli ve Türk Tekstil Sektöründeki Dış Ticaret Sermaye Şirketlerinin İhracatlarının Ulaştırma Modeli Yardımıyla Optimizasyonu**”. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Aslan, D. (1981). “**Üretim Planlama ve Kontrol.**” İzmir: İstanbul Üniversitesi, Yayın No:1339.
- Avrupa Çimento Birliği (CEMBUREAU) Activity Report 2014.
- Aydıncıoğlu, A. (1973). “**Üretim Planlamasında Modern Metotlar ve Bir Örnek**”. (Basılmamış Tez. İ.T.Ü.), İstanbul
- Ayyıldız Müh. Müs. Bürosu. (1969). “**Türkiye Demir Çelik Sektörü Orta Vadeli Üretim Planlaması İle Tedbir ve Tavsiyeler**”, Cilt I. Ankara.
- Bulutay, T. (1965). “**Doğrusal Programlamaya Giriş**”. Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi.
- Büyükkeklik M. (2007). “**Üretim Planlama Problemlerinde Doğrusal Programlama Modellerinin Kullanımı: Bir Üretim İşletmesinde Uygulama**”. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Niğde.
- Cankurt, M., Konak, K. (2004). “Ziraat Fakültesi Uygulama Çiftliğinde Tarla Bitkileri Şubesi Üretim Planlaması”, *Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1(2),

- Cengiz, N. (1985). "Ulaştırma Modeli ve Bir Uygulama", 3(2).
- Chanas, S. (1983). "The Use Of Parametric Programming İn Fuzzy Linear Programming." *Fuzzy Sets and Systems*, 11, 243-251.
- Cinemre, N. (1997). "**Doğrusal Programlama.**" İstanbul: Beta Yayınları.
- Cinemre, N. (1997). "**Yöneylem Araştırması.**" İstanbul: Beta Yayınları.
- Cooray T.M.J.A. (2007). "**Operation Research, Transportation Models Department of Mathematics.**" Faculty of Engineering University of Moratuwa Sri Lanka , 19 February.
- Çakanel, N. (2008). "**Ulaştırma Modeli ile Maliyet Optimizasyonu ve Bir Uygulama.**" Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Çelikçapa Odman, F. (1999). "**Üretim Planlaması**" (1.Basım), İstanbul: Alfa Basım.
- Çelikoğlu, C.C. ve Moralı, N. (2000). "Ulaştırma Problemlerinde Duyarlılık Analizi", *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2(4), 171 -181.
- Çimentoda Standartlar ve Mineral Katkılar TÇMB/AR-GE/Y04.01 T.C. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. 2011. 2011 yılı Çimento Sektörü Raporu
- Dantzig G.B. (1963). "**Linear Programming and Exteisions.**" Princeton, N.J., Princeton University Press.
- Dean B., Yu Y. ve Schniederjans M. (1990). "A Goal Programming Approach to Production Planning for Flexible Manufacturing Systems." *Journal of Engineering and Technology Management*, 6, 207-220.
- Doğrusöz, H. (1975). "**Türkiye'de Yöneylem Araştırması.**" Yöneylem Araştırması Bildirileri, Ankara, Türkiye.
- Ekiz, C. (2008) "**Türkiye'de Tekelleşme ve Rekabet Yönetimi: Çimento Sektörü Örneği.**" Doktora Tezi, Ankara.
- Eren, T. (2000). "**Pirinçsan A.Ş' de Doğrusal Programlama Yöntemiyle Hammadde Maliyetinin Bulunması.**" Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Entitüsü, Ankara.
- Ergülen, A. (2003). "Gıda Ürünlerinin Kara Yolu ile Taşınmasında Maliyet Minimizasyonu: Bir Tamsayılı Doğrusal Programlama Uygulaması", *Uludağ Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 22(2), 203 232.
- Ergülen, A., Kazan H. ve Kaplan M. (2005). "İşletmelerde Dağıtım Sistemi Maliyetleri Minimizasyonu İçin Çözüm Modeli: Bir Firma Uygulaması". *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13, 163-172
- Ertuğrul, İ. ve Aytaç, E. (2006). "**Ulaştırma Optimizasyonunda Atlama Taşı Yönteminin Bulanık Verilerle Değerlendirilmesi**", Yöneylem Araştırması / Endüstri Mühendisliği, XXVI. Ulusal Kongresi, Kocaeli Üniversitesi, İzmit.

- Esin, A. (1981). “**Yöneylem Araştırmasında Yararlanılan Karar Yöntemleri.**” Ankara: AİTİA Yayınları.
- Freund J. ve William F. (1966). “**Modern Business Statistics, Englewood Cliffs.**” N.J.: Prentice-Gall Inc.
- Gass S.I. (1964). “**Linear Programming, Methods and Applications.**” New York: Mc Graw-Hill Book Co.
- Goodman D. (1974). “A Goal Programming Approach To Aggregate Planning Of Production And Work Force”. *Management Science*, 20(12), 1569-1575.
- Gülenç F., Karabulut B. (2005). “Doğrusal Hedef Programlama İle Bir Üretim Planlama Probleminin Çözümü”. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9 (1), 55-68.
- Gülberman. A. (1971). “**Yığın Üretimi Planlaması Programlaması ve Stok Kontrolü Metotlarının Bir Madeni Eşya Üreten Firmaya Uygulanması.**” Ankara.
- Hillier, F.S., Lieberman, G.J. (2010). “**Introduction to Operations Research.**” New York: McGraw-Hill.
- İnternet: Efe, C. (t.y.) Üretim Yönetimi. [gokcebey.beun.edu.tr/wp-content/uploads/2012/12/ÜRETİM-YÖNETİMİ1.ppt](http://gokcebey.beun.edu.tr/wp-content/uploads/2012/12/ÜRETİM-YÖNETİMİ1.ppt) adresinden erişilmiştir.
- Kara İ. (1991). “**Doğrusal Programlama.**” Eskişehir: Bilim Teknik Yayınevi.
- Kara, İ. (1979). “**Yöneylem Araştırması Yöntem Bilimi.**” Eskişehir: EİTİA Yayınları
- Keçek G. (2005). “Bir Dişli Fabrikasında Tamsayılı Hedef Programlama Uygulama Denemesi”. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13,111-129.
- Kudak, H. (2007). “**Doğrusal Programlama ve Bulanık Doğrusal Programlama Savunma Silahlarının Dağıtımında Matlab Uygulaması.**” Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Kutsal, A., Oral, G. (1998). “**Doğrusal Programlama.**” Ankara: Hacettepe Üniversitesi Yay./ A33.
- Leung, S. ve Chan, S. (2009). “A Goal Programming Model For Aggregate Production Planning With Resource Utilization Constraint”. *Computers & Industrial Engineering*, 56, 1053–1064.
- Maltepe, I. (2012). “**Doğrusal Programlama Yardımıyla Üretim Planlamasının Sanal Bir Petrol Rafineri Şirketine Uygulanması.**” Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Trabzon.
- Metin, V. (2010). “**Kimyasal Tesislerin Üretim Planlamasının Optimizasyonu.**” Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.

- Öncül, K. (1992). Doğrusal Programlama Yönteminin Bir Pamuklu Dokuma Üretimine Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi , Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Öney E. (1971). “**Doğrusal Programlama ve Türk Ekonomisine Uygulama Denemesi.**” Ankara.
- Özgülven C. (1974). “**Doğrusal Programlama ve Kars Süt Fabrikasında Uygulama.**” (Basılmamış tez, S.B.F.)
- Özgülven C. (1986). “**Doğrusal Programlama.**” Kayseri: Erciyes Üniversitesi Yayınları.
- Öztürk, A. (2011). “**Yöneylem Araştırması.**” Bursa: Ekin Yayınevi.
- Serper Ö., Doğrusal Ulaştırma Programlaması, Bursa 19
- Serper, Ö. (1974). “**Doğrusal Ulaştırma Programlaması (İdeal Çözüm ve Uygulama).**” Bursa: İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Yayınları, No: 8.
- Soylu, M.Y. (1997). “**Ulaştırma Modelleri, Kıyaslanması ve Bowman’ın Üretim Programlaması İçin Ulaştırma Problemine Bir İşletme Uygulaması.**” Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Şafak, S. (2000). “Dağıtım Probleminin Optimallik Koşullarının İncelenmesi”. *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 107 112.
- Şener, M. (1973). “**Doğrusal Programlama Metodu ile Üretim Planlaması ve Bir Tekstil İşletmesinde Uygulama.**” Eskişehir.
- T.C. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Çimento Sektör Raporu 2016/2, Sanayi Genel Müdürlüğü Sektörel Raporlar ve Analizler Serisi. 6.
- T.C. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. 2012. 2012 yılı Çimento Sektörü Raporu
- T.C. Ekonomi Bakanlığı Çimento Sektörü Raporu-Sektör Raporları (2012)
- Tabuk, M. (2006). “**Taşıma Problemlerine Çözüm Önerileri.**” Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Taha, H.A. (2011). “**Operations Research: An Introduction, Upper Saddle River.**” N.J.: Prentice Hall.
- Tanyaş, M., Baskak, M. (2003). “**Üretim Planlama ve Kontrol**” (1.basım). İstanbul: İrfan Yayıncılık.
- TÇMB Çimento ve Beton Dünyası Dergisi**, 2014 108-111-114
- Tekin M. (1996). “**Üretim Yönetimi.**” Cilt 1, 3.Baskı, Konya: Eğitim Yayınevi.
- Tekin M. (2004). “**Üretim Yönetimi.**” (Cilt 1), (5.Baskı), Konya: Eğitim Yayınevi.
- Traslar ve Traslı Çimentolar TÇMB/AR-GE/ Y99.2

Türk Yapı Sektörü Raporu

Türk Yapı Sektörü Raporu 2015, YEM, Yapı Endüstri Merkezi, www.yapi.com.tr

Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği. 2015.

Türkiye Hazır Beton Birliği Raporu, 2011-103

Uluçam, V. (2008). “**Petrol Ürünleri Sanayinde Karma Tam Sayılı Programlama Yöntemi İle Üretim Planlama Uygulaması**”. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Uludağ, N. (2010). “**Bulanık Optimizasyon ve Doğrusal Hedef Programlama Yaklaşımları ile Otobüs Hatlarının Modellenmesi**”. Pamukkale Üniversitesi, Denizli.

Yılmaz, H. (2010). “**Doğrusal Programlama Tekniği ile Üretim Planlamasının Mobilya Sektöründe Uygulanması**”. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.

**\*YANG L. ve Liu, L. (2007), “Fuzzy Fixed Charge Solid Transportation Problem and Algorithm”, Applied Soft Computing, 7, ss. 879 889.**

**Kirkpatrick, R. ve Levine, R. (1993b) “Finance, Entrepreneurship and Growth: Theory and Growth”, Journal of Monetary Economics 32, December, ss. 513-542.**

**RENDER B. ve Stair, R.M. (1992), Introduction to Managemet Science, Allyn and Bacon Inc. , Boston.**

**Timor, M. (2001). Yöneylem Araştırması ve İşletmecilik Uygulamaları. istanbul: istanbul Üni. Basımevi Müdürlüğü**

**DOĞAN, ibrahim, Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları, istanbul: Bilim Teknik Yayınevi, 1995**



## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı, Soyadı : Polat, Görkem  
 Uyuğu : T.C  
 Doğum tarihi ve yeri : 02.11.1992 - Yenimahalle  
 Medeni hali : Bekar  
 Telefon : 05076218158  
 e-mail : grkyplt21@gmail.com



### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Uygulamalı Yöneylem Araştırması	Devam Ediyor
Lisans	Ekonometri	16/06/2014
Lise	Normal	18/06/2010

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2017-2017	Maxima Paradise Resort	F&B Departmanı
2016-2016	Angora Etiket Ambalaj	Yönetici Asistanı
2015-2015	Polat İletişim	Yönetici
2008-2014	Polat Acente	Yönetici Yardımcısı

### Yabancı Dil

İngilizce

### Yayınlar

Polat, G. (2018). Süreç akışı: Hedef programlama ile taşıma problemlerine çözüm : türkiye çimento fabrikaları örneği. *Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(13), 244 – 254 (Yayımlanmamış dergi)

### Hobiler

Yüzme, elektrik ve elektronik, yazılım mimarisi, bilgisayar programlama, üretim araçları, seyahat ve gezi.





*GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR..*

