

**BİR SERAMİK İŞLETMESİNDE HEDEF
PROGRAMLAMA UYGULAMA DENEMESİ**

**Gölnur KEÇEK
(Yüksek Lisans Tezi)**

Eskişehir-1998

**BİR SERAMİK İŞLETMESİNDE HEDEF PROGRAMLAMA
UYGULAMA DENEMESİ**

Gölnur KEÇEK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İşletme: Anabilim Dalı
Danışman: Yrd.Doç.Dr.Mahmut ATLAS

Eskişehir
Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
Mart 1998

ÖZ

Çok amaçlı karar verme teknikleri, gerçek yaşamda karşılaşılan çok amaçlı karar problemlerinde uygulanmaktadır.

Tek amaçlı ve çok amaçlı doğrusal karar modelleri hakkında bilgi, birinci bölümde verilmeye çalışılmıştır.

Hedef programlama olarak bilinen çok amaçlı karar modelleri; muhasebe, finansman, üretim planlama, yönetim ve pazarlama gibi alanlarda karşılaşılan çok amaçlı karar problemlerine uygulanmaktadır. Hedef programlamada karar verici, her bir amacı için ulaşmak istediği sayısal bir hedef değer belirler. Bu hedef değerlerinden istenmeyen yönde sapmalar, hedeflerin önem ve önceliklerine göre en küçüklenmeye çalışılır. Çalışmamızda, doğrusal hedef programlama modellerinin çözümü üzerinde durulmuştur. Doğrusal hedef programlama modellerinin çözüm teknikleri içerisinde özellikle Değiştirilmiş Simpleks tekniği, etkin kullanıma sahip ve daha kısa sürede çözüme ulaşmayı sağlayan bir tekniktir. Bu tekniğin işleyişi ve klasik Simpleks tekniğinden farklılıkları ikinci bölümde açıklanmaya çalışılmıştır.

Çalışmamızın son bölümünde ise; bir seramik işletmesi için doğrusal hedef programlama modeli kurularak, ikinci bölümde ayrıntılı olarak açıklanmaya çalışılan Değiştirilmiş Simpleks tekniği ile çözülmeye çalışılmıştır. Model, QS paket programı ile çözülmüş ve ürün grupları için aylık üretim miktarları belirlenmiştir. Modelde yer alan hedeflerin öncelik sırası değiştirilerek model tekrar çözülmüştür. Hedefler farklı önceliklerde sıralandığında elde edilen çözümler karşılaştırılmıştır. Doğrusal hedef programlama modelinin çözümü sonucunda elde edilen bilgiler yardımıyla, karar vericinin ileriye dönük daha sağlıklı ve tutarlı kararlar alabileceği düşüncesindeyiz.

ABSTRACT

Multiple criteria decision making techniques are used in multiple criteria decision problems which are met in real life.

The knowledge about linear programming models with one criteria and multiple criteria is given at the first section.

Multiple criteria decision models which are known as goal programming are applied to the multiple criteria decision problems which are met in accounting, finance, production planning, management and marketing. In goal programming, decision maker determines a numerical target value in order to achieve his wishes. The unwanted deviations in this target values are tried to be decreased according to their importance and priorities. In this paper, we studied about the solution of linear goal programming models, especially Modified Simplex Technique has an efficient usage and it supplies to achieve the solution at the short time. The solution process of this technique and the differences from classic Simplex technique are tried to be explained at the second section.

At the third section, the Modified Simplex Technique explained in detail at the second section by setting up the linear goal programming model for a ceramic plant. Model is solved by QS software programme and production quantities for month are determined for product groups. The model is solved again by changing the priorities of the goals in model. A comparison is done between these different priorities. We think that decision maker will give more consistent and right decisions for the future by the help of knowledges which are gained at the solution of linear goal programming model.

DEĞERLENDİRME KURULU VE ENSTİTÜ MÜDÜRLÜĞÜ ONAYI

İmza

Danışman : Yrd.Doç.Dr.Mahmut ATLAS...

Üye : Prof.Dr.Ali GÜNEŞ.....

Üye : Prof.Dr.Yaşar HOŞCAN.....

Tezin kabul edildiği tarih :4/5/1998.....

Tezin ilgili yasa ve yönetmeliklerin öngördüğü teknik ve bilimsel koşulları karşıladığı ve adayın “İşletme Anabilim Dalı” nda Yüksek Lisans (Bilim Uzmanı) Derecesi almaya hak kazandığı anlaşılmıştır.

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın hazırlanmasında büyük emeği olan ve çalışmayı titizlikle inceleyerek düzeltmeleri gerçekleştiren hocam Sayın Yrd.Doç.Dr.Mahmut ATLAS'a, değerli görüş ve katkılarıyla çalışmama destek olan hocam Sayın Yrd.Doç.Dr.Zeki ÇAKMAK'a teşekkürü borç bilirim.

Çalışmanın her aşamasında hoşgörüsü bana destek olan ve yardımlarını esirgemeyen eşim Abdülkadir KEÇEK'e, beni çalışmaya yönlendiren ve her türlü destek olan anneme ve babama, eleştirilerinden yararlandığım mesai arkadaşlarıma teşekkürlerimi belirtmek isterim.

Gülnur Keçek

ÇİZELGE VE ŞEKİLLER LİSTESİ

sayfa

Çizelge 1.1. Yöneylem Araştırması Uygulamalarının Çeşitli Sayısal Teknikleri Tanıma ve Kullanma Oranları.....	9
Çizelge 1.2. Çok Amaçlı Karar Verme Tekniklerinin Sınıflandırılması.....	15
Çizelge 1.3. Sonsuz Sayıda Seçenek İçeren Çıktıları Deterministik Olan Çok Amaçlı Karar Verme Tekniklerinin Sınıflandırılması.....	17
Çizelge 2.1. Hedeflerin Eşitlik Haline Getirilmesi ve İstenmeyen Sapma Değişkenleri.....	29
Çizelge 2.2. Hedef Kısıtlayıcı Tipleri.....	33
Çizelge 2.3. Öncelikli Doğrusal Hedef Programlama Modelinin Başlangıç Değiştirilmiş Simpleks Tablosunun Genel Gösterimi.....	47
Çizelge 2.4. Öncelikli ve Ağırlıklı Doğrusal Hedef Programlama Modelinin Başlangıç Değiştirilmiş Simpleks Tablosunun Genel Gösterimi.....	48
Çizelge 3.1. Her Bir Strokta Preslenen Parça Sayıları.....	57
Çizelge 3.2. Her Bir Ürün Grubu İçin Strok Sayıları.....	59
Çizelge 3.3. Her Bir Ürün Grubundan Fırınlara Giren Miktarlar.....	60
Çizelge 3.4. Paketleme Ünitesinde M^2 Başına Düşen Karo Sayıları ve Dakikada Gelen Karo Sayıları.....	60
Şekil 2.1. Doğrusal Hedef Programlama Modelinin Değiştirilmiş Simpleks Tekniği İle Çözümü Akış Şeması.....	51

İÇİNDEKİLER

	<u>sayfa</u>
ÖZ.....	ii
ABSTRACT.....	iii
DEĞERLENDİRME KURULU VE ENSTİTÜ ONAYI.....	iv
ÖNSÖZ.....	v
ÖZGEÇMİŞ.....	vi
ÇİZELGE VE ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

1. TEK AMAÇLI VE ÇOK AMAÇLI KARAR MODELLERİ VE ÇÖZÜM

TEKNİKLERİ.....	4
1.1. Tek Amaçlı Doğrusal Karar Modelleri.....	4
1.1.1. Tek Amaçlı Doğrusal Karar Modellerinin Tarihsel Gelişimi	5
1.1.2. Tek Amaçlı Doğrusal Karar Modellerinin Matematiksel Gösterimi.....	6
1.1.3. Tek Amaçlı Doğrusal Karar Modellerinin Kullanım Alanları.....	8
1.2. Çok Amaçlı Doğrusal Karar Modelleri.....	10
1.2.1. Çok Amaçlı Doğrusal Karar Modellerinin Kurulmasında Temel Kavramlar.....	10
1.2.2. Çok Amaçlı Doğrusal Karar Modellerinin Matematiksel Gösterimi.....	12
1.2.3. Çok Amaçlı Doğrusal Karar Modellerinin Çözüm Teknikleri.....	15

İKİNCİ BÖLÜM

2. HEDEF PROGRAMLAMA.....	24
2.1. Hedef Programlamanın Tanımı.....	24
2.2. Hedef Programlamanın Tarihsel Gelişimi.....	26
2.3. Hedef Programlama Modelinin Matematiksel Gösterimi.....	27
2.4. Doğrusal Hedef Programlama.....	30
2.5. Doğrusal Hedef Programlama Modelinin Çözümünde Değiştirilmiş Simpleks Tekniği.....	41
2.6. Hedef Programlama Modellerinin Uygulama Alanları.....	53

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. BİR SERAMİK İŞLETMESİNDE HEDEF PROGRAMLAMA VE UYGULAMA DENEMESİ.....	55
3.1. Uygulama Yapılan İşletmenin Tanımı.....	55
3.2. Üretim Akışı Hakkında Bilgi Verilmesi.....	55
3.3. Sistemin Hedeflerinin ve Önceliklerinin Belirlenmesi.....	61
3.4. Karar Modelinin Kurulması.....	61
3.5. Modelin Çözümü.....	72
3.5.1. Belirlenen Önceliklere Modelin Çözümü.....	72
3.5.2. Farklı Önceliklere Göre Modelin Çözümü.....	74
3.5.3. Çözüm Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	76
SONUÇ.....	78
KAYNAKÇA.....	80
EKLER.....	89

GİRİŞ

Karar verme, bir veya birden çok amaca ulaşabilmek için eldeki kaynak ve kısıtlayıcılara göre problemin uygun seçeneklerinden en iyisinin seçilmesidir(Esin,1988).

Doğrusal programlama problemlerinde genellikle tek bir amacın gerçekleşmesi söz konusudur. Oysa bir işletme için, birden çok amacın aynı anda gerçekleşmesi önemli olabilir. Bu durumda da, bu birden çok amaç birbiri ile çelişebilir. İşte böyle problemler için çok amaçlı karar modelleri ve çözüm teknikleri geliştirilmiştir.

Çok amaçlı karar modellerinin çözümü için ilk çalışmalar,18. yüzyılda Franklin tarafından yapılmıştır.1985 yılında Herbert A. Simon, çok amaçlı karar problemlerinde belirlenen hedeflere ulaşmaya çalışan bir teknik geliştirmişlerdir.

Hedef programlama(Goal Programming); 1961 yılında Charnes ve Cooper tarafından geliştirilmiş olup; çok amaçlı karar problemlerinin çözümünde yararlanılan tekniklerin en iyilerinden biridir(Goicoechea, vd.,1992). Hedef programlama, karar ortamından gelen ve karar vericinin belirlediği sayısal hedef değerlerden istenmeyen sapmaların en küçüklenmesi esasına dayanır. Hedef programlamada, hedefler önem ve önceliklerine göre en iyilenmeye çalışılır. İlk öncelikli hedefe tam olarak ulaşılması, diğer hedeflere olabildiğince yaklaşılması istenir. Hedeflerin doğru olarak belirlenmesi ve sıralanması, işletme için önemlidir. Bu çalışmada, doğrusal hedef programlama modeli ve onun Değiştirilmiş Simpleks tekniği(Modified Simplex Method) ile çözümü üzerinde durulmuştur.

Doğrusal hedef programlama modelleri; grafik çözüm tekniği, ardışık sayısal çözüm tekniği ve Değiştirilmiş Simpleks tekniği ile çözülebilmektedir. Grafik çözüm tekniğinde, en fazla üç karar değişkeni ile çözüm yapılabilir. Ardışık sayısal çözüm tekniği ise, uzun ve ardışık işlemlerden oluşmaktadır. Ardışık sayısal çözüm tekniğinin uygulanması zor olup; hata yapma olasılığı da yüksektir. Değiştirilmiş Simpleks tekniği, tüm bu sakıncaları ortadan kaldıran, etkin kullanıma sahip bir tekniktir. Değiştirilmiş Simpleks tekniğinde, düzenlenen her tabloda çözüm değerlerine bakılarak en iyilik sınaması yapılabilir.

Çalışmamızda, Değiştirilmiş Simpleks tekniğinin doğrusal hedef programlama modellerinin çözümünde nasıl kullanıldığı açıklanmaya çalışılacaktır. Çalışmamız, üç ana bölümden oluşmaktadır.

Tek amaçlı ve çok amaçlı doğrusal karar modellerinde yer alan temel kavramlar, karar modellerinin matematiksel gösterimleri, uygulama alanları ve çok amaçlı doğrusal karar modellerinin çözüm teknikleri çalışmamızın birinci bölümünü oluşturmaktadır.

Hedef programlama modelinin matematiksel yapısı ve tarihsel gelişimine kısaca değinilmiş; doğrusal hedef programlama modelleri ve çözüm teknikleri üzerinde durulmuştur. Bu çözüm teknikleri içerisinde özellikle Değiştirilmiş Simpleks tekniğinin işlem adımları ve klasik Simpleks tekniğinden farklılıkları belirtilmeye çalışılmıştır.

Üçüncü bölümde ise, bir seramik işletmesinde doğrusal hedef programlama uygulamasına yer verilmiştir. İşletmenin hedefleri önceliklerine göre sıralanarak doğrusal hedef programlama modeli kurulmuş ve belirlenen önceliklere göre çözülmüştür. Hedeflerin öncelik sıralarına ilişkin farklı kombinasyonlar karar vericiye seçenek olarak sunulmuş ve bu seçeneklere göre yeni çözümler elde edilmiştir. Hedefler, farklı öncelik sıraları ile en

iyilenmeye çalışılmış; karar vericiye seçenek olarak sunulan kombinasyonlardan elde edilen çözüm sonuçları karşılaştırılmıştır.

Çalışmamız, modelin farklı önceliklere göre çözümünden elde edilen bulguların özeti ve önerilerin yer aldığı sonuç bölümü ile tamamlanmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

TEK AMAÇLI VE ÇOK AMAÇLI KARAR MODELLERİ VE ÇÖZÜM TEKNİKLERİ

Tek amaçlı ve çok amaçlı karar verme, karar problemlerinde bir veya birden fazla amacın aynı anda değerlendirilmesi esasına dayanmaktadır. Bu alandaki ilk çalışmalar işletmelerde problemlerin karmaşıklaşması ile ortaya çıkmıştır. Bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerin etkisiyle, son zamanlarda konuya ilişkin çalışmaların arttığı görülmektedir(Sayın,1996).

Öncelikle, izleyen kısımda tek amaçlı ve çok amaçlı doğrusal karar modelleri hakkında bilgi verilmeye çalışılacaktır.

1.1. Tek Amaçlı Doğrusal Karar Modelleri

Günümüzde işletme, ekonomi, pazarlama, muhasebe, finansman, mühendislik gibi pek çok alanda uygulama alanı olan doğrusal programlama; belirli varsayımlar altında, değişkenlere ve kısıtlayıcılara bağlı olarak, amaç fonksiyonunu en iyilemeye çalışır(Öztürk,1994).

Doğrusal programlama modellerinin, diğer yöneylem araştırması modellerinden ayrılan özelliği, amaç fonksiyonunun ve kısıtlayıcıların doğrusal olmasıdır. Bu modellerin oldukça yaygın kullanılmasının başlıca sebepleri; doğrusal olmayan modellerle karşılaştırıldığında, teorisinin daha zengin, matematiksel olarak daha kolay anlaşılır, hesaplamalarının ise daha kolay ve kısa sürede alınabilmesidir(Taha,1972; Luenberger,1984).

1.1.1. Tek Amaçlı Doğrusal Karar Modellerinin Tarihsel Gelişimi

Wagner' e göre, doğrusal modellerin ilki 1873' de Jordan tarafından geliştirilmiş, bunu 1896' da Minkowski' nin, 1903' de Farkas' ın geliştirdiği modeller izlemiştir(Kara, 1985). Bununla birlikte doğrusal karar modelleri ve çözüm tekniklerinin, genel olarak II. Dünya Savaşı sırasında kullanılmaya başladığı kabul edilmektedir. Askeri çalışmalara ilişkin çeşitli stratejik ve taktik problemleri çözüm bulmak için, Silahlı Kuvvetlerin farklı birimlerindeki kişiler bir araya gelerek ekip çalışmasını başlatmışlardır. Doğrusal karar modellerini ilk kullanan sivil organizasyonlar, sivil amaçlı ortaklıklar oluşturmuşlar ve kendi sektörlerini kontrol altına almak amacıyla kullanmışlardır. Örneğin petrol şirketleri, büyük çaplı üretim planlamasına ilişkin doğrusal modellerin, ilk ve düzenli uygulayıcılarıdır(Ravindran, 1987).

Çeşitli alanlardaki problemlere uygulanabilen tüm analitik teknikler düşünüldüğünde, doğrusal programlamanın muhtemelen en ekonomik ve etkin teknik olduğu sonucuna varılabilir(Gupta ve Cozzolino,1988). Büyük ölçekli doğrusal programlama modellerinin çözümünde yararlanılan sayısal bilgisayarların gelişimine paralel olarak, doğrusal programlama daha kolay kullanılır hale gelmiştir. Doğrusal programlama problemlerinin çözümü için genel kabul görmüş etkin bir algoritma olan Simpleks tekniği, 1947' de Dantzig tarafından geliştirilmiştir. Söz konusu teknik ile, doğrusal programlama problemlerinin çözümü, o yıllarda uzun sürede sonuçlandırılırken, günümüzde bilgisayarların kullanımı ile kısa sürede sonuçlandırılabilir(Halaç,1991).

Karar verme problemleri oldukça eski olmasına karşın; karar verme sürecinde kullanılan sayısal tekniklerin ciddi boyutta kullanımı da, II. Dünya Savaşı yıllarına rastlamaktadır. İşletmelerin büyümesine paralel olarak işletme problemlerinin boyut ve karmaşıklığı arttığından, böyle problemlerin çözümü için sayısal tekniklerin kullanımı zorunlu hale gelmiştir. Bilgisayarların gelişmesi de bu tekniklerin kullanılmasında önemli bir rol oynamıştır(Sakarovitch, 1983).

Doğrusal programlama üzerine çok sayıda kitap ve makale yazılmıştır. En önemli ve ilk kaynaklardan biri, Stanford Üniversitesi öğretim üyesi olan George B. Dantzig' in 1963 yılında yaptığı çalışmasıdır (Aranofsky, 1978). Bu konuda ayrıntılı bilgi için bkz. Dantzig, 1963; Charnes ve Cooper, 1953.

1.1.2. Tek Amaçlı Doğrusal Karar Modellerinin Matematiksel Gösterimi

Doğrusal programlama modelinin varsayımları doğrusallık, toplanabilirlik, negatif olmama ve sınırlılıktır. Amaç fonksiyonu en büyükleme tipinde olan doğrusal karar modeli, aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\text{Max } z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

Kısıtlayıcılar

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

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

$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

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

$$x_j \geq 0 \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$$

Amaç fonksiyonu en küçükleme tipinde ise doğrusal karar modeli ;

$$\text{Min } z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

Kısıtlayıcılar

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

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

$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

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

$$x_j \geq 0 \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$$

olarak gösterilebilir.

x_j : j inci karar değişkeni olup karar verici tarafından kontrol edilebilir. Modelin parametreleri ise, karar verici tarafından kontrol edilemeyen değişkenler olup aşağıda açıklanmıştır:

c_j : Bir birim j inci karar değişkeninin amaç fonksiyonuna katkısı (gelir, maliyet, v.s.)

b_i : i inci kaynak miktarı

a_{ij} : Bir birim j inci karar değişkeni için gerekli i inci kaynak veya girdi olup; teknolojik katsayılar adıyla da anılırlar (Budnick, vd., 1977; Kara, 1991).

Doğrusal karar probleminin temel bileşenleri; karar değişkenleri, parametreler, amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcılarıdır. Kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen değişkenler arasında genel bir ayırım yapılır (Koo, 1977).

Kısıtlayıcılar, karar değişkenleriyle parametrelerin doğrusal ilişkileri olup neredeyse sabit gereksinimlerdir. Kısıtlayıcıların alt ve üst sınırları aşılamaz ve tamamen karşılanmalıdır (Zeleny, 1982).

Doğrusal karar probleminin kısıtlayıcıları; karar değişkenleri arasındaki ilişkileri, karar değişkenleri ile parametreler arasındaki ilişkileri, karar değişkenlerinin alabileceği değerleri ve insan, makine, malzeme vb. değerler içerir (Kara, 1985).

Doğrusal programlama modelinde, uygun bir amaç fonksiyonunun tanımlanması çok önemlidir. Bir organizasyonda en iyilenmesi istenen amaçlar; karı en büyükleme, maliyeti en küçükleme, faydayı en büyükleme, geri dönüşü en büyükleme, yatırımın geri dönüşünü en büyükleme, net bugünkü değeri en büyükleme, işgücü sayısını en büyükleme ya da en küçükleme, işten çıkarmaları en büyükleme, müşteri tatminini en büyükleme, faydalı ömrü en büyükleme, işletme planının gücünü (sağlamlılığını) en büyükleme vb. olabilir. Bu durumda da, herhangi bir işletmede; üretim, pazarlama, muhasebe,

depolama gibi çeşitli bölümlerin amaçları birbiri ile çatışabilir. Tek amaçlı doğrusal karar modelinde, belirlenen amacın toplam işletme amaçlarını kapsadığı düşünülmektedir (Öztürk,1994; Williams, 1985).

Karar verme sürecinde izlenecek evreler şöyle sıralanabilir ;

1. Problemin belirlenmesi
2. Karar modelinin geliştirilmesi
3. Modelin çözülmesi
4. Model ve çözümün kanıtlanması
5. Çözümün yürütülmesi

Halen yürütülmekte olan eğitim programları, bu evrelerden sadece 2. ve 3. evreleri kapsamaktadır. Fakat diğer üç evrenin de bilinmesi ve uygulanması problemin çözümünde karşılaşılabilecek tıkanmaları açabilir(Doğrusöz,1992).

Problemin modellenmesinde; problemin çok açık bir biçimde tanımlanmış olması, model kurma evresinde ekip çalışması yapılarak modelin sistemin tümünü temsil etmesinin sağlanması, modelin çözümünde bilinen teknikler uygulanamıyorsa modelin yeniden düzenlenmesi gibi hususlara dikkat edilmelidir(Tulunay, 1980).

Bir doğrusal karar modelinde, çözümün uygulanması esnasında parametre değerleri aynı kalmayabilir, yeni karar değişkenlerine ve yeni kısıtlayıcılara ihtiyaç duyulabilir. Bu durumda, modelin yapısında ve parametrelerdeki değişimlerin çözüme olan etkisi duyarlılık analizleri ile incelenebilir.

1.1.3. Tek Amaçlı Doğrusal Karar Modellerinin Kullanım Alanları

Doğrusal programlamanın , Yöneylem Araştırması teknikleri içerisinde en yaygın kullanıma sahip olan teknik olduğu kabul edilmektedir. Bunda

doğrusal programlamanın teori ve tekniğinin hızlı gelişmesinin rolü büyüktür(Yılmaz, 1995).

Endüstri, devlet ve ekonomik alanlarda çalışan kişiler üzerinde yapılan bir araştırma Shannon, Buckles ve Long tarafından yürütülmüştür. Kişilere doğrusal programlamanın yanı sıra çeşitli sayısal tekniklere aşina olup olmadıkları ve belirli uygulamalarda bu teknikleri kullanıp kullanmadıkları sorulmuştur. Çalışma sonuçları Çizelge 1.1' de gösterilmiştir(Anderson, vd., 1985).

Teknik	Bilinme sırası	Kullanım(%)
Doğrusal programlama	1	83.8
Simulasyon	2	80.3
Şebeke analizi	3	58.1
Kuyruk kuramı	4	54.7
Karar ağacı	5	54.7
Tamsayılı programlama	6	38.5
Dinamik programlama	7	32.5
Doğrusal olmayan programlama	8	30.7
Markov zinciri	9	31.6
Yerine koyma(ikame) analizi	10	38.5
Oyun kuramı	11	13.7
Hedef programlama	12	20.5

Çizelge 1.1 Yöneylem Araştırması Uygulamalarının Çeşitli Sayısal Teknikleri Tanıma ve Kullanma Oranları

Doğrusal karar modelleri; askeri, ekonomik, endüstriyel ve sosyal problemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun üç ana sebebi şöyle sıralanabilir:

i. Değişik alanlardaki problemlerin büyük bir bölümü, doğrusal programlama modelleri ile ifade edilebilir veya en azından doğrusal programlama modeline yaklaştırılabilir.

ii. Doğrusal programlama modellerinin çözümü için etkin teknikler bulunmaktadır.

iii. Doğrusal programlama modellerinde veri değışiklerinin çözüme etkisi, duyarlılık analizleri ile incelenebilir(Phillips, vd., 1987).

Doğrusal karar modelleri; üretim, stok, reklam etkinliğı, dağıtım, karışım, işgücü planlama, trafik, doğal kaynak planlama, politik kampanya stratejileri, sağlık planlama, sermaye bütçeleme ve diyet problemlerinin çözümünde de kullanılabilir(Esin, 1988;Daellenbach ve George,1978).

Ayrıca işletmelerde koşulların değışmesi ve teknolojik gelişmeler yeni hedefler ve amaçlar belirlemeyi gerektirmiştir. Çeşitli alanlardaki kararların boyutlarının genişlemesi, maliyetlerin artması ile karar değışkenlerinin en iyi değerlerinin belirlenmesinde de doğrusal karar modelleri kullanılabilir(Kara, 1985).

1.2. Çok Amaçlı Doğrusal Karar Modelleri

Çok amaçlı karar verme, birden çok ve genellikle çelişen amaçların bulunduğu durumlarda karar vermeyi içerir. Bu amaçlar birbirini tamamlayan olabileceğı gibi, çelişen amaçlar da olabilir. Yeni ürün geliştirme, fiyatlandırma kararları, araştırma projesi seçimi gibi özel girişim işlerinin yanı sıra, bir ülkenin ulusal gelişimine ilişkin politikalarının belirlenmesi gibi durumlarda da, çok amaçlı karar problemleri ile karşılaşılabilir. Menüden öğle yemeğinin seçimi, işi yapacak grubun atanması gibi rutin kararlar bile çoklu ve çelişen amaçlar içerdikleri için çok amaçlı karar vermeye örnek gösterilebilirler (Zionts,1987;Bogetoft ve Pruzan,1991).

1.2.1. Çok Amaçlı Doğrusal Karar Modellerinin Kurulmasında Temel Kavramlar

Çok amaçlı karar modellerinin kurulmasında kullanılan temel kavramlar; bileşenler, amaçlar, hedefler ve ölçütler olarak kabul edilmektedir. Keeney ve Raiffa tarafından belirtildiğı gibi, bu terimlerin evrensel tanımları

bulunmamaktadır. Pek çok yazar bu terimleri birbirinin yerine kullanırken, bazı yazarlar bu terimlerin kullanımında farklılıkları göz önüne alırlar(Hwang ve Masud, 1979).

Bileşenler, çok amaçlı karar probleminin çözümü için ortaya konulan seçenekler arasından en iyi seçeneğin seçimini sağlayan faktörler olarak tanımlanabilir.

Amaçlar, problemin bileşenleri tanımlandıktan ve ölçüldükten sonra karar vericinin hangi bileşenlerin en büyükleneceği veya hangi bileşenlerin en küçükleneceği hususundaki istekleridir. Amaçlar, bileşenler boyunca ilerleme veya tercih yönünü gösterirler(Hwang ve Yoon,1981).

Bileşenler ile amaçlar arasındaki ilişkide bir hiyerarşi bulunmaktadır. Bir veya daha çok bileşen, bir amaç oluşturabilir. İki veya daha fazla amaç, daha yüksek düzeyli bir amaç oluşturabilir(Keeney ve Raiffa,1976). Böyle bir hiyerarşik piramitte, alt amaçlar daha üst düzeyli amaçlar için bileşenler olarak kabul edilebilirler. En üst düzeyde, toplam fayda veya istenilirliğin en büyüklmesi gibi sadece bir ana amaç bulunmaktaysa, bunun tüm girdileri (bileşenler ve daha alt düzeyli amaçlar) bileşenler olarak düşünülebilir. Çok amaçlı karar problemleri, karar vericinin amaçları eniyileyen veya olabildiğince tatmin eden seçeneklerin belirlenmesini içerir. Gelişen bir ülke için gelişme planları yapılması problemini düşünelim. Ülkenin uygun bir plan tasarlamadaki amaçları; ulusal geliri en büyükmek, dışa bağımlılığı en küçükmek, işsizlik oranını en küçükmek vb. olabilir(Hwang ve Masud,1979). Burada karar vermeden daha çok, çok bileşenli fayda ölçümü terimi kullanılabilir. Çoğunlukla kişiler amaçların başarı düzeyini tanımlarlar. Bu düzey başvuru (referans) noktası olarak adlandırılmakta olup, söz konusu noktaya ulaşmaya çalışılır(Zeleny, 1982).

Hedefler, karar verici tarafından belirli bir zaman ve yerde, belirli bir değerin koşullarla ifade edilmesiyle istenen düzeydir. Böylece amaçlar

ulaşmak istenen yönü verirken, hedefler ulaşmak istenen düzeyi sayısal olarak verirler. Hedefler; amaçların daha da somutlaşarak belirli değerlere dönüşmüş şekilleri olarak da tanımlanabilir. Bununla birlikte, literatürde bu farklılık net değildir ve bu iki kelime birbirinin yerine kullanılabilmektedir(Hwang ve Masud, 1979; Bierman, vd.,1986).

Ölçütler; karar vericinin amaçlarını, değer yargılarını, isteklerini, sezgi ve tecrübelerini göstermek için belirlenen ve seçeneklerin değerlendirilmesinde kullanılan kıstaslardır. Tek amaçlı karar problemlerinde tek ölçüt bulunmakta iken, çok amaçlı karar problemlerinde birden fazla ölçüt bulunabilir.

Farklı ölçütlerin varlığını kabul etmek, bunları sınıflandırmak ve kullanmak gereklidir. Kişilerin ölçütleri kullandığı, kökeninin ne olduğu, aynı veya farklı şartlar altında farklı ölçütler kümesinin kullanıldığının anlaşılması da önemlidir(Hwang ve Masud,1979).

1.2.2. Çok Amaçlı Doğrusal Karar Modellerinin Matematiksel Gösterimi

Çok amaçlı karar problemlerinde karar verici; çevre ve kaynaklar gibi kısıtlayıcıların sağlanması için izlenecek yolun seçiminde, birden çok amaca ulaşmak ister. Genel olarak çok amaçlı doğrusal karar modelinin matematiksel ifadesi aşağıdaki gibidir;

$$Max [f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)]$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(x) \leq 0 \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$x \geq 0$$

x : n boyutlu karar değişkenleri vektörü

p : kısıtlayıcı sayısı

$f_i(x)$: i inci amaç $i = 1, 2, \dots, m$

$g_k(x)$: k ıncı kısıtlayıcıdır.

Bu problem, literatürde vektör maksimizasyonu problemi olarak bilinir.

Uygun çözüm kümesi; çok amaçlı karar probleminde kısıtlayıcıları sağlayan çözüm seçeneklerinin oluşturduğu kümedir. Uygun çözüm kümesi X ile gösterilir:

$$X = \{x | g_k(x) \leq 0, k = 1, 2, \dots, p\}$$

Çok amaçlı karar problemlerinin çözümünde “optimum çözüm”, “ideal çözüm”, “baskın çözüm” durumlarıyla sıkça karşılaşılmaktadır.

Optimum çözüm, $x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ çözümü için yalnız ve yalnız x^* ’ın uygun çözüm kümesinde bulunması ve amaç fonksiyonlarında yerine konulduğunda uygun çözüm kümesi içindeki tüm diğer çözümlerden daha büyük değerler vermesi şartını sağlıyorsa x^* optimum çözümdür. Optimum çözüm, matematiksel olarak;

i) $x^* \in X$

ii) $f_i(x^*) \geq f_i(x) \quad i = 1, \dots, m \quad \text{ve} \quad x \in X, \forall x$

şeklinde gösterilir (Evren ve Ülengin, 1992).

Amaç fonksiyonlarının ideal çözümleri; amaç fonksiyonlarını ayrı ayrı en büyükleyen ve uygun çözüm kümesinin içinde olan çözümlerdir. **İdeal çözüm** ise, amaç fonksiyonlarının ideal çözümlerinin birlikte oluşturdukları ve uygun çözüm kümesi dışında kalan çözümdür.

Baskın çözüm; matematiksel olarak;

i) $x \in X, f_i(x) \geq f_i(x^*), i = 1, \dots, I$

ii) $f_j(x) > f_j(x^*)$ en az bir j için

şartlarını sağlayan $x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ çözüme baskın çözüm (nondominated solution) denir. Çok amaçlı karar problemlerinde, baskın çözüm ile sık sık karşılaşılmaktadır. Bu nedenle, karar verici, belirli ölçüleri göz önünde bulundurarak en tatmin edici çözümü seçmeye çalışır ve bu çözüm

“tercih edilen çözüm” veya “en iyi çözüm” veya “en iyi uzlaşık çözüm” olarak anılırlar. “En iyi uzlaşık çözüm” terimi, bunlardan en sık kullanılanı olup daha anlamlıdır(Evren ve Ülengin,1992;Vincke,1992).

Çok amaçlı doğrusal karar probleminin çözümü için alışlagelmiş iki yaklaşım bulunmaktadır. Bu yaklaşımlardan birincisinde; çoklu amaçlardan birinin en iyilenmesi sağlanırken, diğer tüm amaçlar, kısıtlayıcılar kümesine dahil edilirler. Kısıtlayıcılar kümesine dahil edilen amaçların, en azından daha önceden belirlenen düzeylere kadar tatmin edilmesi sağlanır(Hwang ve Masud,1979). Birinci yaklaşıma göre, çok amaçlı doğrusal karar probleminin matematiksel ifadesi aşağıdaki gibidir;

$$Max \ f_i(x)$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(x) \leq 0 \quad k = 1,2,\dots,p$$

$$f_i(x) \geq b_i \quad i = 1,2,\dots,m$$

b_i : i amacı için önceden açıklanmış olan kabul edilebilir düzeydir.

İkinci yaklaşım, amaç fonksiyonlarının uygun ağırlıklarla çarpılıp birbirleriyle toplanmasıyla elde edilen ana amaç fonksiyonunu en iyilemektir. Amaç fonksiyonlarına, karar verici tarafından önem derecelerine göre ağırlıklar verilmektedir. İkinci yaklaşımda dikkat edilmesi gereken husus, doğru ağırlığa (w_i) karar vermektir, w_i ' ler, belirli bir amacın düzeyine diğer tüm amaçların düzeyleri kadar duyarlıdır(Hwang ve Masud,1979). İkinci yaklaşıma göre, çok amaçlı doğrusal karar problemi aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$Max \sum_{i=1}^m w_i f_i(x)$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(x) \leq 0, \quad k = 1,2,\dots,p$$

$$\sum_{i=1}^m w_i = 1$$

1.2.3. Çok Amaçlı Doğrusal Karar Modelinin Çözüm Teknikleri

Çözüm tekniklerinde ilk sınıflandırma, uygun seçenekler kümesi X üzerindeki varsayımlara göre yapılır. Buna göre çözüm teknikleri; X kümesinin sonlu sayıda seçeneklerden oluştuğunun varsayıldığı teknikler ve sonsuz sayıda seçeneklerden oluştuğunun varsayıldığı teknikler olarak iki gruba ayrılırlar. Daha sonra bu teknikler, kendi aralarında deterministik ve probabilistik olarak sınıflandırılırlar. Çizelge 1.2' de bu sınıflandırma verilmektedir(Evren ve Ülengin,1992).

KISITLAYICILAR ÇÖZÜM ÇIKTILARI	Kapalı Kısıtlayıcılar	Açık Kısıtlayıcılar
	Sonlu Sayıda Seçenek	Sonsuz Sayıda Seçenek
DETERMİNİSTİK	Zionts-Wallenius Tekniği	Çok ölçütlü matematik
	ELECTRE Tekniği	programlama teknikleri;
	Sirinivasan ve	.Karar vericiden bilgi
	Shocker Tekniği	istemeyenler
PROBABİLİSTİK	Değer Fonksiyonu	.Karar vericiden ön bilgi
	belirleme teknikleri	isteyenler
		.Karar vericiden etkileşimli
		olarak bilgi isteyenler
		.Karar vericiden karar
		sürecinden sonra bilgi
		isteyenler
		Stokastik matematik
		programlama teknikleri

Çizelge 1.2. Çok Amaçlı Karar Verme Tekniklerinin Sınıflandırılması

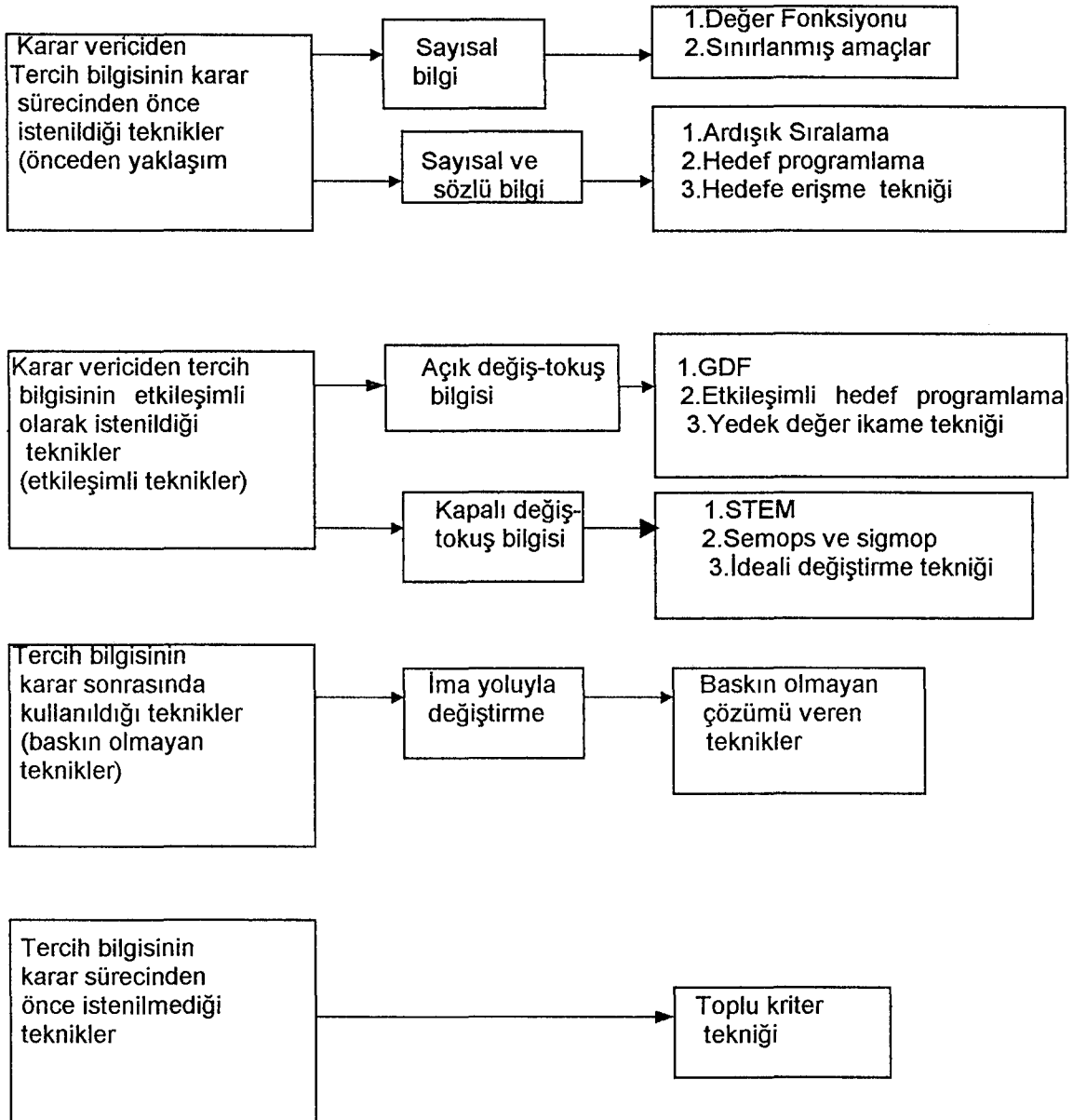
Çizelge 1.2' de görüldüğü gibi sonsuz sayıda seçenek içeren ve çözüm çıktıları deterministik olan çok amaçlı karar doğrusal karar modellerinin çözüm teknikleri;

- i. Karar vericiden tercihlerine ilişkin bilginin istenilmediği teknikler
- ii. Karar vericiden tercihlere ilişkin bilginin etkileşimli olarak istenildiği teknikler
- iii. Karar vericiden tercihlere ilişkin bilginin karar sürecinden sonra istenildiği teknikler
- iv. Karar vericiden tercihlere ilişkin bilginin karar sürecinden önce istenildiği teknikler

olarak sınıflandırılabilir. Bu tekniklerin her biri için, özel çözüm teknikleri vardır. Çizelge 1.3' de bu sınıflandırma verilmiştir. Burada iv ile gösterilen tercih bilgisinin karar sürecinden önce istenildiği çözüm teknikler üzerinde durulacaktır. Çünkü uygulamada tercih edilen ve diğerlerine göre daha etkin olan teknik budur. Diğer teknikler de problemin özel yapısına göre etkinlik gösterebilmektedir.

Karar vericiden tercihlere ilişkin bilginin karar sürecinden önce istenildiği teknikler; amaçlara ilişkin tercihlerin karar verici tarafından başlangıçta analizciye verildiği tekniklerdir. Bu teknikler, sayısal bilgi gerektiren teknikler ile sayısal ve sözlü bilgi gerektiren teknikler olmak üzere iki grupta incelenebilir.

Bunlardan sayısal bilgi gerektiren teknikler, değer fonksiyonu tekniği ve sınırlı amaçlar tekniği olmak üzere iki grupta incelenebilir.



Çizelge 1.3. Sonsuz Sayıda Seçenek İçeren, Çıktıları Deterministik Olan Çok Amaçlı Karar Verme Tekniklerinin Sınıflandırılması

Değer fonksiyonu tekniği;

Değer fonksiyonu tekniğinde vektör maksimizasyon problemi aşağıdaki şekle dönüştürülür.

$$\text{Max } U(f_1, f_2, \dots, f_m) = U(f)$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(x) \leq 0, \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$x \geq 0$$

Burada $U(f)$ çoklu amaçların değer fonksiyonudur. Bu gruptaki teknikler vektör maksimizasyonu probleminin çözümü için $U(f)$ ' nin bilinmesini gerektirir. Bu fonksiyon karar vericiden edinilen bilgilerle belirlenebilmektedir(Hwang ve Masud,1979;Costa,1990).

Değer fonksiyonu tekniklerinin uygulamada sıkça kullanıldığı söylenemez. Çünkü $U(f)$ ' nin belirlenmesi oldukça zordur ve varsayımlar genellikle kısıtlayıcı olmaktadır(Sayın, 1996).

Değer fonksiyonu tekniklerinin en önemli avantajı; $U(f)$ doğru olarak belirlenip kullanıldığında, karar vericiye en tatmin edici çözümü sağlayabilmesidir. Çözüm, baskın çözümler kümesinin oluşturduğu eğri ile karar vericinin tercih fonksiyonu eğrisinin birbirine teğet olduğu noktadır. Böylece çözüm karar verici için en yüksek değere sahip, aynı zamanda baskın olacaktır. Tekniğin en önemli dezavantajı, karar vericinin amaçları arasındaki ilişkiyi ifade etmede güçlük çekmesidir.

Değer fonksiyonları, pek çok şekillerde olabilir. Bunlardan en çok kullanılanı, karar vericinin değer fonksiyonunun amaçlara bağlı olarak ayrılabilirliğini ve bunların toplanabilirliğini varsayar. Ayrışabilir değer

fonksiyonu tekniği olarak bilinen bu teknik, iki varsayımı kabul etmektedir(Evren ve Ülengin,1992;Goicoechea,vd,1992):

i) Eğer $f^1 = (f_1^1, f_2^1, \dots, f_m^1)$ ve $f^2 = (f_1^2, f_2^2, \dots, f_m^2)$ iki vektör ise ve $U(f^1) > U(f^2)$ ise f^1 vektörü f^2 ' ye tercih edilir. Bu iki gösterimi kullanmanın yararı oldukça basit olmasıdır. Çünkü (U_i) ' lerin ayrı ayrı belirlenmesi $U(f)$ ' nin belirlenmesinden daha kolaydır.

ii) $i = 1, 2, \dots, m$ olmak üzere her bir f_i için değer fonksiyonları U_i ise

$$U(f) = U_1(f_1) + U_2(f_2) + \dots + U_m(f_m)$$

ile gösterilebilir.

Ayrışabilir değer fonksiyonu tekniği için vektör maksimizasyonu problemi

$$\text{Max} U = \sum_{i=1}^m U_i(f_i)$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(x) \leq 0, \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$x \geq 0$$

şeklinde yazılabilir. Karar verici, her bir amacın önemini belirten w_i ağırlıklarını belirleyebilir. Bu durumda model aşağıdaki şekle dönüştürülür.

$$\text{Max} U = \sum_{i=1}^m w_i f_i(x)$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(x) \leq 0, \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$x \geq 0$$

Karar vericiden w_i değerlerinin alınması da kolaydır. Bu tekniğin dezavantajlarından biri, değer fonksiyonunun gerçekten ayrıştırılabilir ve toplumsal olarak birleştirilir olduğu durumların oldukça az olmasıdır. İkincisi ise, w_i ' lerin $f_i(x)$ ' lerin ulaşabildiği düzeylere ve aynı zamanda $f_i(x)$ ' lerin

diğer amaç fonksiyonlarının izafi başarı düzeylerine bağlı olmasıdır(Szidoravszky, vd., 1986).

Sınırlandırılmış amaçlar tekniği;

Bu teknikte, karar vericiden her bir amaç fonksiyonu için en düşük kabul edilebilir düzeyler olan L_j (alt sınır) değerlerini belirlemesi istenir. Bu durumda vektör maksimizasyonu problemi aşağıdaki şekle dönüşür.

$$Max \ f_r(x)$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(x) \leq 0, \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$f_j(x) \geq L_j, \quad j = 1, 2, \dots, t; \quad j \neq r$$

Bunun yanı sıra, eğer karar verici her bir amaç fonksiyonu için en yüksek kabul edilebilir düzeyler olan H_j (üst sınır) değerlerini de belirlerse, problem aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$Max \ f_r(x)$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(x) \leq 0, \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$f_j(x) \geq L_j, \quad j = 1, 2, \dots, t; \quad j \neq r$$

$$f_j(x) \leq H_j, \quad j = 1, 2, \dots, t; \quad j \neq r$$

Bu tekniklerin en önemli dezavantajı, problemin çözümü ve olası çözüm hakkında yeterli bilgi sahibi olmayan karar vericiden alt ve üst sınır değerlerinin elde edilmesinin zor olmasıdır. Ayrıca sınır değerlerin kullanılmasıyla ulaşılan sonuçlar karar vericiyi tatmin etmeyebilir. Amaçlar arasından $f_r(x)$ 'in seçiminde de bazı zorluklarla karşılaşılabilir. Bu zorlukların giderilebilmesi için, bu teknikler diğer çözüm teknikleriyle birlikte kullanılırlar(Hwang ve Masud,1979).

Sayısal ve sözlü bilgi gerektiren tekniklerde ise, karar vericiden amaçların relatif önemleri ve önem derecelerine göre sıralanmaları istenir. Bu gruptaki teknikleri, ardışık sıralama tekniği, hedefe erişim tekniği ve bir sonraki bölümde verilecek olan hedef programlama tekniği olmak üzere üç grupta incelenebilir(Evren ve Ülengin,1992).

Ardışık Sıralama Tekniği;

Bu teknikte, öncelikle ilk amaç fonksiyonun karar verici için en önemli olduğu varsayılır ve amaç fonksiyonları, önceliklerine göre $f_1, f_2, \dots, f_I$ olarak sıralanır. En önemli olduğu varsayılan amaç fonksiyonunu en büyükleen çözüm bulunur.

$$Maxf_1(x)$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(x) \leq 0, \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$x \geq 0$$

Bu problemin optimal çözümü f_1^* ise ikinci adım olarak aşağıdaki problem çözülür.

$$Maxf_2(x)$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(x) \leq 0, \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$f_1(x) = f_1^*$$

Bu problemin optimal çözümü f_2^* ise üçüncü adım olarak aşağıdaki problem çözülür.

$$Maxf_3(x)$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(x) \leq 0, \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$f_2(x) = f_2^*$$

Benzer şekilde diğer problemler çözülürse i inci adımda çözülecek problem;

$$\text{Max} f_i(x)$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(x) \leq 0, \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$f_l(x) = f_k^*, \quad l = 1, 2, \dots, i-1$$

Sadece bir tek çözümün elde edildiği i . inci problemde, problemin tamamının çözüldüğü kabul edilir ve bu çözüm tüm problemin “Tercih edilen çözümü” olur. Ardışık sıralama tekniği, aynı zamanda ‘lexicographic tekniği’ adıyla da anılmaktadır.

Tekniğin dezavantajı, i inci amaç fonksiyonundan sonra gelen daha az önemli amaç fonksiyonlarının ihmal edilmesidir ki, bunu ortadan kaldırmak için, problemin kısıtlayıcılarındaki optimal değerleri ($k = 1, 2, \dots, p$) düzeltilebilir (Sidorovzsky, vd., 1986).

Amaçlara verilen önemin, çözüme etkisini azaltmak için bir algoritma daha geliştirilmiştir. Buna göre, öncelikle birinci amaç fonksiyonunu en büyüklenir. Birinci amaç fonksiyonu optimum değerinin belirli bir yüzdesi aralığında tutularak, ikinci amaç fonksiyonunu en büyüklenir. Daha sonra birinci ve ikinci amaç fonksiyonu kendi optimum değerlerinin belirli yüzde aralıklarında tutularak, üçüncü amaç fonksiyonunu en büyüklenir. Benzer şekilde devam edilir ve tek çözüme ulaşıncaya durulur. Buna göre i İnci adımda aşağıdaki problem çözülür (Evren ve Ülengin, 1992).

$$\text{Max} f_i(x)$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(x) \leq 0, \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$f_l(x) = f_l^* - S_l, \quad l = 1, 2, \dots, i-1$$

$S_l = l$ 'inci amaç fonksiyonu için karar vericinin belirlediği tolerans

Hedefe erişim tekniği;

Gembicki tarafından geliştirilen bir tekniktir. Bu teknikte, karar vericinin bir b hedef vektörü ve istenilen hedeflerin altında ve üstünde olmasına bağlı olarak w ağırlık vektörü belirlemesi gereklidir. Problemin matematiksel formülasyonu;

$$\text{Min } z$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(x) \leq 0, \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$f_i(x) - w_i z \geq b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$w \geq 0$$

z işaret olarak sınırlandırılmamış skalar bir değişkendir.

$$\sum_{i=1}^k |w_i| = 1 \text{ olur.}$$

İstenilen hedeflerin altına erişme durumunda, daha küçük ağırlıklı katsayılar daha önemli amaçlara verilir. İstenilen hedeflerin üstüne ulaşma durumunda ise, daha küçük ağırlıklı katsayılar daha az önemli amaçlara verilir.

Tercih edilen vektör olan $b + wz$ nin yönü; hedef vektörü b 'ye ve ağırlık vektörü w 'ya bağlıdır. $b + wz$ vektörü s 'nin üst sınırını keserse z 'nin min değeri oluşur. ($\text{Max} f(x)$ için)

Bu tekniğin dezavantajı, tercih edilen çözümün, karar verici tarafından belirlenen hedef vektörüne ve ağırlık vektörüne duyarlı olmasıdır. Belirlenen hedef değerlerinin altında veya üzerinde sonuçlar elde edilmesi durumunda bu teknikte uygun ağırlık katsayısı w_i 'yi belirlemede zorluklar olabilir.

Hedefe erişim tekniği, ikinci bölümde ayrıntılı olarak açıklanacak olan hedef programlama tekniğinin bir varyasyonudur. Bununla birlikte, hedef programlama tekniği, hedeflere daha kısa sürede ve olabildiğince ulaşmayı sağlayan, etkin kullanıma sahip bir tekniktir(Hwang ve Masud,1979).

İKİNCİ BÖLÜM

HEDEF PROGRAMLAMA

Hedef programlama, çoklu karar verme problemlerinin çözümünde kullanılan tekniklerden biri olup, bir veya birden çok hedef içeren karar problemlerini içerir. Hedef programlama, özellikle birden çok hedefe aynı anda ulaşmak istenildiğinde ve bu hedefler birbiriyle çeliştiğinde faydalı olan bir çözüm tekniğidir(Hughes ve Grawiog,1973).

Karar verici, ilk olarak ulaşmak istediği hedefleri ve öncelikli tercihleri ortaya koyar. Çok amaçlı karar verme tekniklerinin çoğunda uygulanan tek amaca dönüştürme, hedef programlama için de geçerlidir(Aladağ,1987).

Hedef oluşturma, bir sanattır. Çok fazla sayıdaki hedef grubuna ulaşırken sıkıntı çekildiği, ve sonuç elde edilemediği görülmektedir. Hedef sayısı çok az olduğunda ise, ulaşılan sonuçlar tatmin edici olmamaktadır. Bu nedenle hedefler ne gereğinden fazla, ne de az olmalıdır(Zeleny,1982).

2.1. Hedef Programlamanın Tanımı

Hedef programlama modeli içinde, hedeflerden bazılarını diğer hedefler atılarak ulaşılabilir. Bazı durumlarda, tüm hedeflerin en iyilenmesi mümkün olmayabilir. Hedeflere tatmin edici düzeyde ulaşmaya çalışılır. Bu durum, hedefler arasında ağırlık sisteminin kurulmasını gerektirir. Önce yüksek ağırlıklı hedefler sağlanmaya çalışılır. Düşük ağırlıklı hedefler, yüksek ağırlıklı hedefler sağlandıktan sonra göz önüne alınır. Bu ağırlıklar derece veya önem gösteren sıradadır(Lee, vd., 1989).

Hedef programlama modelinde, karar verici, erişmek istediği her bir amaç için sayısal bir hedef değer belirler. Hedef programlama modelinin çözümü sonunda elde edilen değerlerin bu hedef değerlerinden sapmalarını en küçükleyen çözüm 'tercih edilen çözüm' olarak adlandırılır(Charnes ve Cooper,1977).

Doğrusal programlama modeli için geçerli olan varsayımlar, hedef programlama modeli için de geçerlidir. Aralarındaki fark,amaç fonksiyonlarının şekli yönündendir. Hedef programlamada, doğrusal programlamadaki gibi amaç fonksiyonunun en büyükleme ve en küçükleme çabaları yoktur. Hedef programlamada, ulaşılmak istenen hedefler ile gerçekleşen sonuçlar arasındaki sapmalar en küçüklene çalışılır. Böylece hedef programlama, çoklu ve çelişen hedefleri en iyilemeye çalışan matematiksel bir tekniktir(Bal,1986).

Çözüm sonucunda hedef değerlerinden sapmalar, pozitif ya da negatif yönde olabilir. Doğrusal programlamanın Simpleks tekniğinde bu sapmalar 'aylak değişkenler' olarak adlandırılır(Render ve Stair,1991).

Sapmaların en küçüklene mesinden sonra, (farklı ölçü birimleriyle de ifade edilmiş olabilen) hedefler ele alınır. Çoklu hedefler, derecelendirme veya önceliklendirme ile sıralanabilir. Hedef programlama modelinin çözümünde, öncelikle en üst öncelikteki hedefe yaklaşılmaya çalışılır, daha sonra sırasıyla daha alt öncelikteki hedefler göz önüne alınır. Fakat daha alt öncelikli hedefe ulaşmak amacıyla, ulaşılmış olan üst öncelikli hedeften asla vazgeçilmez (Davis,vd.,1986; Taylor,1990).

Hedef programlama modelinin en önemli avantajının, çoklu hedefleri birlikte ele alabilmesi olduğu kabul edilmektedir. Çoklu hedeflerin bulunduğu durumlarda, doğrusal programlama çözüm teknikleri yetersiz kalmaktadır. Aynı öncelik düzeyleri haricinde, standart bir ölçü birimine gerek duyulmaması da diğer bir avantaj olarak sayılabilir(Hughes ve Grawiog,1973;Ignizio,1976).

Hedef programlamanın diğerk bir avantajı,karar verme sürecinde yöneticinin hedeflerinin ve amaçlarının tümünü göz önüne alarak karar vermesini sağlaması, daha gerçekçi sonuçlar elde edilmesine yardımcı olmasıdır(Lyu,vd.,1995).

Hedef programlamanın dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlardan birincisi; karar vericilerin bilgisi olmadığı durumlarda da hedefleri sıralamak zorunda kalmaları ve öncelik düzeylerinin karar vericilere göre değişmesidir. Başarıya ulaşmada, karar vericilerin tarafsızlığı çok önemlidir(Atmaca,1992).

İkinci dezavantajı ise, aynı öncelik düzeyindeki, farklı birimlerle ölçülmüş olan hedeflerin aynı birime dönüştürülmesinde sorunların ortaya çıkmasıdır.

Bazı durumlarda, karar verici, yüksek öncelikli bir hedeften çok az sapmaya izin vererek, düşük öncelikli bir hedefe daha fazla yaklaşmak isteyebilir. Hedef programlamanın üçüncü dezavantajı, böyle bir değiş tokuşa izin vermemesidir (Günyaşar,1987).

2.2. Hedef Programlamanın Tarihsel Gelişimi

Doğrusal Programlama modellerinin yetersiz kaldığı birtakım problemlerin çözümü için Charnes ve Cooper, doğrusal programlamanın değiştirilmiş bir versiyonunu kullanmışlar ve bu yaklaşıma 'kısıtlandırılmış regresyon' adını vermişlerdir. 1961'de Charnes ve Cooper kısıtlandırılmış regresyon yaklaşımının daha genel bir versiyonunu geliştirmişlerdir. Charnes ve Cooper, hedef programlama olarak bilinen bu yaklaşıma ilişkin çalışmalarını 'Yönetim Modelleri ve Doğrusal Programlamanın Uygulamaları' adlı bir kitapta yayınlamışlardır. Bu kitap; doğrusal hedef programlamayı, çözülemeyen doğrusal programlama problemleri ile uğraşan bir yaklaşım olarak tanımlamış olup; model formülasyonunda hedeflerin esnek olmasına izin vermiştir (Schniederjans,1984).

Doğrusal hedef programlama modellerinin çözümü için, Charnes ve Cooper 1961'de bir algoritma geliştirmişlerdir. 1960'lı yılların sonuna kadar böyle algoritmaları yürütecek bir yazılım bulunmamaktaydı. Doğrusal ve doğrusal olmayan hedef programlama modellerinin çözümü için ilk bilgisayar yazılımı, 1962 yılında Ignizio tarafından, Saturn/Apollo aya çıkma programı için geliştirilmiştir (Ignizio, 1985).

Günümüzde doğrusal hedef programlamanın yanı sıra, doğrusal olmayan, tamsayılı hedef programlamaya ilişkin pek çok problem çözülebilmektedir.

2.3 Hedef Programlama Modelinin Matematiksel Gösterimi

Hedef programlama modeli, matematiksel olarak aşağıdaki gibi gösterilebilir;

$$\text{Min } z = \left[\sum_{i=1}^m (d_i^+ + d_i^-) \right]^{1/a} \quad a = 1$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(x) \leq 0, \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$f_i(x) + d_i^- - d_i^+ = b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$d_i^- \cdot d_i^+ = 0, \quad \forall_i$$

$$d_i^-, d_i^+ \geq 0, \quad \forall_i$$

x : n boyutlu karar değişkenleri vektörü

$g_k(x)$: k inci sistem kısıtlayıcısı

$f_i(x)$: i inci hedef kısıtlayıcısı

d_i^- : i inci hedeften negatif yönde sapma değişkeni

d_i^+ : i inci hedeften pozitif yönde sapma değişkeni

b_i : i inci hedef için ulaşılmak istenen değerdir.

Burada (a) nın değeri karar vericinin değer fonksiyonu olan $U(x)$ 'e bağlıdır.

Hedef programlama modelinde bulunan kısıtlayıcılar; sistem kısıtlayıcıları (mutlak kısıtlayıcılar) ve hedef kısıtlayıcıları(esnek kısıtlayıcılar) olarak ikiye ayrılabilir. Sistem kısıtlayıcıları, hedefle direkt ilgisi olmayan çevresel kısıtlayıcılar olarak göz önüne alınır. Hedef kısıtlayıcıları ise, çoklu hedefler için ulaşılmak istenen sayısal değerler belirlenerek bu hedeflerin modele kısıtlayıcılar olarak eklenmesiyle ortaya çıkmıştır(Davis, vd., 1986).

Karar verici, hedef programlama modelinde, amaçlar için belirlediği hedef değerlerin yanı sıra, hedeflerin önem derecelerine göre sıralanmasına ilişkin sözlü bilgiyi de verebilir. Bu durumda hedef programlama modeli, aşağıdaki gibi gösterilebilir;

$$\text{Min} [P_1 h_1(d^-, d^+), P_2 h_2(d^-, d^+), \dots, P_l h_l(d^-, d^+)]$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(x) \leq 0, \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$f_i(x) + d_i^- - d_i^+ = b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$d_i^- \cdot d_i^+ = 0, \quad \forall_i$$

$$d_i^-, d_i^+ \geq 0, \quad \forall_i$$

$h_l(d^-, d^+)$: l inci öncelikli hedeften sapmayı gösteren başarıma fonksiyonu

P_l : Karar verici tarafından belirlenen hedeflerin gölge öncelik faktörleri olup; $l = 1, 2, \dots, L$ dir.

Yukarıdaki şekilde verilen hedef programlama modelinin çözümü için, ardışık sıralama tekniğine benzer bir mantık izlenir. Çözümde önce $h_1(d^-, d^+)$ en küçüklenir. En küçük değer $h_1 = h^*$ olsun. Daha sonra $h_2(d^-, d^+)$ en küçüklenir. Çözüm sürecinde, daha az önemli başarıma fonksiyonunun tatmin edilmesi için daha önemli başarıma fonksiyonunun ulaştığı değere zarar

verilmemelidir. Bu yüzden, h_1 , h_1^* dan büyük olamaz. Bu çözüm sürecine $h_1(d^-, d^+)$ en küçükleninceye kadar devam edilir. Hedef programlama ile ardışık sıralama tekniği arasındaki fark, hedef programlamada karar verici tarafından amaçlar için hedef değerler belirlenmesi ve en küçüklenecek başarıma fonksiyonlarının karar vericinin belirlediği sırada olmalarıdır(Evren ve Ülengin, 1992).

Yukarıdaki matematiksel ifadelerden de anlaşıldığı gibi, herhangi bir çözümde sapma değişkenlerinden (d_i^-, d_i^+) birisi pozitif değer alırsa, diğer sapma değişkeni sıfır olur. Bir hedef için, aynı zamanda pozitif ve negatif sapmanın birlikte gerçekleşmesinin mümkün değildir. Eğer bir hedefe tamamen ulaşılmışsa, sapma değişkenlerinin ikisi de sıfır olur. Hedefe ulaşılmamışsa (doğrusal programlamada uygun çözümün olmaması gibi), hedef programlama, hedefe mümkün olduğunca yaklaştırmaya çalışır(Budnick, vd., 1977; Hughes ve Grawiog, 1973).

Hedeflerin eşitlik haline getirilmesi ve istenmeyen sapma değişkenleri, Çizelge 2.1'de gösterilmektedir(Ignizio, 1976).

Orjinal Hedefin Şekli	Eşitlik Hali	İstenmeyen(en küçüklenecek) Sapma Değişkeni
$f_i(x) \leq b_i$	$f_i(x) + d_i^- - d_i^+ = b_i$	d_i^+
$f_i(x) \geq b_i$	$f_i(x) + d_i^- - d_i^+ = b_i$	d_i^-
$f_i(x) = b_i$	$f_i(x) + d_i^- - d_i^+ = b_i$	$d_i^- + d_i^+$

Çizelge 2.1. Hedeflerin Eşitlik Haline Getirilmesi ve İstenmeyen Sapma Değişkenleri

Hedef programlama modelinde, amaç fonksiyonunun formülasyonu için amaçların aşağıdaki gibi listelenmesi önerilmektedir:

1. Karar vericinin istekleri
2. Sınırlandırılmış kaynaklar
3. Karar değişkenlerini seçiminde yer alan sınırlamalar

İlk gruptaki amaçlar sırasıyla; karın en büyüklenmesi, maliyetlerin en küçüklenmesi, fazla mesainin en azlanması, personel kullanımının en büyüklenmesi, makinelerin kullanım dışı kalma zamanının en küçüklenmesi, riskin en azlanması, sürecin belirli kontrol limitleri arasında kalma olasılığının en büyüklenmesi, işgücü değişim oranlarının en küçüklenmesi, vb. olarak belirlenebilir.

İkinci gruptaki amaçlar, kaynak kısıtlayıcılarının ihlal edilemediği veya en az ihlal edildiği amaçları içermelidir. Bunlar; sınırlı işgücü, sınırlı hammadde, sınırlı bütçe, sınırlı zaman, vb. olabilir.

Üçüncü gruptaki amaçlarda; hukuksal,yasal birtakım sınırlamalar tatmin edilmeye çalışılır. Değişken veya değişkenlerin pozitif olması gerekliliği, değişken veya değişkenlerin belirli bir minimum değere eşit veya daha büyük olması gerekliliği bu grupta sayılabilir. Amaç fonksiyonu formülasyonunda daha sonraki adımda amaçların toplam sayısı en azlanmaya çalışılır. Bir amacın başarısı tatmin edici olabilir, veya bir diğerinin başarısından daha baskın olabilir. Karın en büyüklenmesi ve maliyetin en küçüklenmesi amaçları yerine karın en büyüklenmesi amacı alınabilir. Bunun yanı sıra amaç sayısını azaltmak için ikinci derecede veya az önemli olduğu düşünülen amaçlar göz ardı edilebilir. Daha sonra geri kalan amaçlar için matematiksel formülasyon yazılır (Ignizio,1976).

2.4. Doğrusal Hedef Programlama

Hedef programlama modelleri; doğrusal olabileceği gibi tamsayılı, doğrusal olmayan ve stokastik yapıda da olabilmektedir(Bal,1986). Burada bunlardan doğrusal hedef programlama modeli üzerinde durulmuştur. Doğrusal

hedef programlama modeli, diğer hedef programlama modelleri için bir alt yapı oluşturmaktadır ve çok karmaşık problemlerin analizinde bile kullanılabilmektedir. Tamsayılı hedef programlama modeli ise, doğrusal olması ve bazı uygulamalarda tamsayı olma şartına rastlanması sebepleriyle incelenmiştir.

Çok amaçlı karar verme problemi, matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\text{Max } [f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)]$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(x) \leq 0 \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$x \geq 0$$

x : n boyutlu karar değişkenleri vektörü

$f_i(x)$: i inci amaç ($i = 1, 2, \dots, m$)

$g_k(x)$: k inci kısıtlayıcıdır.

Yukarıda verilen m tane amaç fonksiyonu ve p tane kısıtlayıcıdan oluşan çok amaçlı karar verme problemi, tek amaç fonksiyonlu, $(p + m = r)$ tane hedef denklemlili bir doğrusal hedef programlama modeli haline dönüştürülebilir. Buna göre doğrusal hedef programlama modeli; matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

$$\text{Min } z = [h_1(d^-, d^+), h_2(d^-, d^+), \dots, h_L(d^-, d^+)]$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(x) + d_k^- - d_k^+ = b_k, \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$f_i(x) + d_{k+i}^- - d_{k+i}^+ = b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$d_t^-, d_t^+ = 0, \forall t$$

$$d_t^-, d_t^+ \geq 0, \forall t$$

x : n boyutlu karar değişkenleri vektörü

$g_k(x)$: Karar ortamının belirlediği k inci kısıtlayıcı

$f_i(x)$: Karar vericinin belirlediği i inci hedef kısıtlayıcısı

d_t^- : t inci hedeften negatif yönde sapma değişkeni , $t = 1, 2, \dots, r$ dir.

d_t^+ : t inci hedeften pozitif yönde sapma değişkeni

b_k : Karar ortamının belirlediği hedef değerleri (k ıncı sistem kısıtlayıcısının sağ taraf değeri)

b_i : Karar vericinin belirlediği hedef değerleridir. (i inci hedef için ulaşılmak istenen değer)

$h_l(d^-, d^+)$: l inci başarıma fonksiyonu olup b_k ve b_i hedef değerlerinden sapmaları ifade etmektedir. ($l = 1, 2, \dots, L$)

Yukarıdaki ifadelerde görüldüğü gibi, çok amaçlı doğrusal karar modelinin orjinal amaç fonksiyonları, doğrusal hedef programlama modelinde, hedef kısıtlayıcıları olarak alınmaktadır. Doğrusal hedef programlama modelinin çözümü sonunda, başarıma fonksiyonlarının oluşturduğu amaç fonksiyonunu (z) en küçükleyen karar değişkenleri vektörü olan $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ bulunacaktır (Evren ve Ülengin, 1979).

Doğrusal hedef programlama modeli ve genel hedef programlama modeli arasındaki fark, kısıtlayıcılar olarak verilen eşitlik içindeki amaçların düzenlenmesindedir (Ignizio, 1976).

Doğrusal hedef programlamanın uygulanabilmesi için belirli varsayımların kabul edilmesi gereklidir. Bu varsayımlar aşağıda belirtilmiştir:

a) Toplanabilirlik ve doğrusallık varsayımı: Tüm karar değişkenlerinin toplam katkısının, her birinin sağladığı katkılar toplamına eşit olduğu varsayılır. Hedef kısıtlayıcısının sol taraf değeri sağ tarafa eşit olmalıdır. Bu sınırlama aynı zamanda amaç fonksiyonuna da uygulanır.

b) Bölünebilirlik varsayımı: Doğrusal hedef programlama modelinin çözüm değerleri (x_j , d_t^- ve d_t^+) tamsayı değerler alabilecekleri gibi, rasyonel (kesirli) değerler de alabilirler. Bununla birlikte, tamsayılı hedef programlama

modellerinde tamsayı çözümler kabul edildiği için tamsayılı hedef programlama modellerinde bu varsayım geçerli değildir.

c) Sınırlılık varsayımı: x_j , d_i^- ve d_i^+ değerlerinin sınırlı olduğu varsayılır. Sınırlandırılmamış karar değişkeni değerleri, kaynaklar veya sapma değişkenleri belirlenemez.

d) Belirlilik varsayımı: Doğrusal hedef programlama model parametrelerinin belirli olduğu varsayılmıştır (Schniederjans, 1984).

Doğrusal hedef programlama modelinde bulunan hedef kısıtlayıcılarının altı farklı tipte olabileceği belirtilmektedir. Bu hedef kısıtlayıcıları ve amaç fonksiyonundaki sapmalar Çizelge 2.2' de gösterilmektedir (Schniederjans, 1984).

Hedef Eşitlik	Kısıtlayıcısı	Amaç fonksiyonundaki sapma değişkeni	Olası sapma	Kısıtlandırılmamış sapma	Sağ taraf değerinin istenen kullanımı
(1)	$g_i(x) + d_i^- = b_i$	d_i^-	Negatif	Hiçbiri	b_i 'ye eşit
(2)	$g_i(x) - d_i^+ = b_i$	d_i^+	Pozitif	Hiçbiri	b_i 'ye eşit
(3)	$g_i(x) + d_i^- - d_i^+ = b_i$	d_i^-	Negatif ve Pozitif	Pozitif	b_i veya daha fazla
(4)	$g_i(x) + d_i^- - d_i^+ = b_i$	d_i^+	Negatif ve Pozitif	Negatif	b_i veya daha az
(5)	$g_i(x) + d_i^- - d_i^+ = b_i$	d_i^- ve d_i^+	Negatif ve Pozitif	Hiçbiri	b_i 'ye eşit
(6)	$g_i(x) - d_i^+ = b_i$	d_i^+ (yapay)	Hiçbiri	Hiçbiri	tam b_i 'ye eşit

Çizelge 2.2. Hedef Kısıtlayıcı Tipleri

Çizelge 2.2 'deki 1. eşitlik $(g_t(x) + d_t^- = b_t)$ en büyükleme tipi doğrusal programlama problemindeki $\leq$ eşitsizliği ile verilen kısıtlayıcının amacına benzemektedir. 2. eşitlik $(g_t(x) - d_t^+ = b_t)$ en küçükleme tipi doğrusal programlama problemindeki $\geq$ eşitsizliği ile verilen kısıtlayıcıya yine amaç olarak benzemektedir. 3., 4., 5. eşitlikler $(g_t(x) + d_t^- - d_t^+ = b_t)$ iki yönde sapmaya izin vermektedir, bununla birlikte 5. eşitlik istenen sağ taraf kaynak kullanımının b_t 'ye eşit olmasını sağlamaya çalışmaktadır. 5. Eşitlik, doğrusal programlama problemindeki $=$ kısıtlayıcısına benzer, bununla birlikte, çözümde pozitif ve negatif sapma olabilir. Eğer doğrusal hedef programlama modelinde kesin bir eşitlik kısıtlayıcısı gerekli ise, doğrusal eşitlik kısıtlayıcısında (6. eşitlik olarak verilen $(g_t(x) - d_t^+ = b_t)$ gibi) yapay bir d_t^+ değişkeni yer alır. 3. ve 4. eşitlikler belirlenen sağ taraf sabitlerinden pozitif veya negatif sapmaya izin verebilir. 3. ve 4. eşitlikler, doğrusal programlama kısıtlayıcıları ile karşılaştırılmaz.

Herhangi bir doğrusal hedef programlama problemi, bu altı tip doğrusal hedef programlama kısıtlayıcısı ile modellenenabilir (Schniederjans, 1984).

Doğrusal hedef programlama modellerini, amaç fonksiyonlarının yapısına göre üç sınıfta toplamak mümkündür:

- i. Eşit öncelikli doğrusal hedef programlama modelleri
- ii. Öncelikli doğrusal hedef programlama modelleri
- iii. Öncelikli ve ağırlıklı doğrusal hedef programlama modelleri

i. Eşit öncelikli doğrusal hedef programlama modelleri, diğer modellerle kıyaslanırsa en az pratik olanıdır. Eşit öncelikli doğrusal hedef programlama modeli; matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

$$\text{Min } z = [h_1(d^-, d^+), h_2(d^-, d^+), \dots, h_L(d^-, d^+)]$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(x) + d_k^- - d_k^+ = b_k, \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$f_i(x) + d_{k+i}^- - d_{k+i}^+ = b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$d_t^- \cdot d_t^+ = 0, \forall t$$

$$d_t^-, d_t^+ \geq 0, \forall t$$

x : n boyutlu karar değişkenleri vektörü

$g_k(x)$: Karar ortamının belirlediği k inci kısıtlayıcı

$f_i(x)$: Karar vericinin belirlediği i inci hedef kısıtlayıcısı

d_t^- : t inci hedeften negatif yönde sapma değişkeni, $t = 1, 2, \dots, r$ dir.

d_t^+ : t inci hedeften pozitif yönde sapma değişkeni

b_k : Karar ortamının belirlediği hedef değerleri (k inci sistem kısıtlayıcısının sağ taraf değeri)

b_i : Karar vericinin belirlediği hedef değerleridir. (i inci hedef için ulaşılmak istenen değer)

$h_l(d^-, d^+)$: l inci başarıma fonksiyonu olup b_k ve b_i hedef değerlerinden sapmaları ifade etmektedir. ($l = 1, 2, \dots, L$)

Eşit öncelikli modelden elde edilen sonuçlar dikkatli incelenmelidir (Davis, vd., 1986; Schniederjans, 1984).

ii. Öncelikli doğrusal hedef programlama modellerinde, hedefler önceliklerine göre sıralanmış olarak verilir. Öncelikli doğrusal hedef programlama modelleri, matematiksel olarak aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$\text{Min } z = [P_1 h_1(d^-, d^+), P_2 h_2(d^-, d^+), \dots, P_L h_L(d^-, d^+)]$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(x) + d_k^- - d_k^+ = b_k, \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$f_i(x) + d_{k+i}^- - d_{k+i}^+ = b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$d_t^-, d_t^+ = 0, \forall t$$

$$d_t^-, d_t^+ \geq 0, \forall t$$

$P_l : l$ inci öncelikli hedef , $l = 1, 2, \dots, L$

Hedefler arasındaki ilişki; $P_1 \gg P_2 \gg \dots \gg P_{L-1} \gg P_L$ olup burada $\gg$ diğerinden çok daha önemli olmayı ifade etmektedir. Önceliklerin sıralanmasında kesinlik göze çarpmaktadır. Bu yüzden P_1 hedefi P_2 hedefinden çok daha önemlidir, öyle ki P_2 hedefi P_1 'in ulaşabildiği mümkün olan en büyük dereceye ulaşmaya asla kalkışmaz ve P_2 hedefi P_3 hedefinden çok daha önemlidir, öyle ki P_3 hedefi P_2 'nin ulaşabildiği mümkün olan en büyük dereceye ulaşmaya asla kalkışmaz ve diğer hedefler için de benzer durum söz konusudur (Markland ve Sweigart, 1987; Hughes ve Grawiog, 1973).

Öncelikli çok hedefli modellerinin formülasyonunda; hedeflerin öncelikleri, sapma değişkenlerine yüklenerek amaç fonksiyonuna katılır. Bu modellerde hedeflerden istenmeyen sapmaların, hedeflerin önceliklerine göre en küçüklenmiş olması gerekir. Sonuç olarak, en yüksek öncelikli hedeften olan sapma mümkün olduğu kadar tümüyle en küçüklenmiş olmalıdır. Sonra bu hedef için buna ek olarak bir düzelme mümkün olmazsa, daha sonraki en yüksek öncelikli hedeften sapma en küçüklenir ve bu şekilde devam edilir (Markland ve Sweigart, 1987).

iii. Öncelikli ve ağırlıklı doğrusal hedef programlama modelleri, gerçek yaşamda en çok karşılaşılan modellerdir. Eşit öncelikli hedeflerden birinin diğerinden daha önemli olması istenildiğinde, hedeflerin öncelik

sıralamasına ek olarak karar verici tarafından belirlenen ağırlıklar(w_i) kullanılır(Davis, vd., 1986; Schniederjans, 1984).

$$\text{Min } z = [w_1 P_1 h_1(d^-, d^+), w_2 P_2 h_2(d^-, d^+), \dots, w_L P_L h_L(d^-, d^+)]$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(x) + d_k^- - d_k^+ = b_k, \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$f_i(x) + d_{k+i}^- - d_{k+i}^+ = b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$d_t^-, d_t^+ = 0, \forall t$$

$$d_t^-, d_t^+ \geq 0, \forall t$$

Yukarıda açıklanan hedef programlama modellerinde ortak olan özellikler ise, aşağıdaki gibi sıralanabilir:

i. Amaç fonksiyonu, önceliklendirilmiş olan sapma değişkenlerinin en küçüklenmesini ister. Sapma değişkenleri, hedefin karar verici tarafından belirlenen değerden her birim sapması için göreceli cezasını yansıtırlar. Sapma değişkenleri, amaç fonksiyonundaki önceliklerine göre en küçüklenmeye çalışılır.

ii. Modelin her bir hedefi için ulaşılmak istenen değerler, o hedefe ilişkin kısıtlayıcıda verilir.

iii. Her hedef kısıtlayıcısı, sapma değişkenleri içerir ve o sapma değişkenleri, o hedeften negatif ve pozitif yönde uzaklaşmayı gösterir.

iv. Modelin karar değişkenleri x_j ve sapma değişkenleri d_t^+ ile d_t^- sıfıra eşit veya sıfırdan büyük olur(Markland ve Sweigart, 1987).

Tamsayıli hedef programlama modellerinde, karar değişkenlerinin tümünün ya da bir kısmının tamsayı olması istenir. Burada, modelin kurulması ve optimal çözüme ne zaman ulaşılacağına bilinmesi oldukça önemlidir. Çözümdeki karar değişkenlerinin değerlerinin en yakın tamsayıya yuvarlanması uygun olmayan veya optimal olmayan sonuçlara yol açabilir(Lee, vd., 1989).

Tamsayılı hedef programlama teknikleri; tümüyle tamsayılı, karma tamsayılı ve 0-1 tamsayılı problemler için verilebilir. Bu teknikler, kesme düzlem, dal ve sınır ve tamsayılama yaklaşımlarına dayanır.

i. Tümüyle tamsayılı hedef programlama problemlerinde; doğrusal programlamada Gomory'nin kesme düzlem tekniği olarak bilinen yaklaşım uyarlanabilir. Tekniğin adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Adım 1. Değiştirilmiş Simpleks algoritması ile problem çözülür.

Adım 2. Eğer temelde bulunan tüm temel değişkenler tamsayı değerler almışsa optimal çözüme ulaşılmıştır. Bir veya daha fazla temel değişken kesirli değer almışsa üçüncü adıma geçilir.

Adım 3. Bir kesme düzlem oluşturulur ve hedef programlamanın dual veya primal Simpleks tekniği kullanılarak yeni bir optimal çözüm bulunur ve ikinci adıma geçilir.

Gomory kesme düzlemini oluşturmak için, ilk olarak optimal çözümü içeren Simpleks tablosunda en büyük kesirli değer içeren satır vektörü seçilir. Temel değişken vektörü x_i ile gösterilirse ve temel dışı değişkenler x_j ile gösterilirse;

$$b_i^* = x_i - \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \quad (i = 1, m)$$

a_{ij}^* = son Simpleks tablosunda i inci satır ve j inci sütun katsayıları

b_i^* = son Simpleks tablosunda x_i 'nin sağ taraf sabitleri

b_i^* 'nin pozitif kesirli kısmı $f(b_i^*)$ ile gösterilirse ve a_{ij}^* 'nin pozitif kesirli kısmı $f(a_{ij}^*)$ ile gösterilirse kesme düzlem;

$$\sum_{j=1}^n f(a_{ij}^*) x_j \geq f(b_i^*) \quad (i = 1, m)$$

ile gösterilir. Sapma değişkenleri de katılarak, kesme düzlem eşitliği aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$\sum_{j=1}^n f(a_{ij}^*)x_j + d_i^- - d_i^+ = f(b_i^*) \quad (i = 1, m)$$

ii. **Karma tamsayılı hedef programlama probleminde;** temel değişkenlerin bazıları tamsayıdır. Bu problem karma tamsayılı programlama için düzenlenen Gomory'nin kesme düzlem yaklaşımı ile analiz edilebilir. Bununla birlikte bu tür problemler için dal ve sınır tekniğinin kesme düzlem tekniğinden daha etkili olduğu kabul edilmektedir(Lee ve Morris,1977).

Dal ve sınır tekniğinin adımları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Schniederjans,1984).

Adım 1.Bilinen hedef programlama çözüm teknikleri ile model çözülür. Eğer çözüm sonuçları tamsayı olma şartını sağlamışsa durulur. Değilse ikinci adıma geçilir.

Adım 2. Tamsayı olmayan karar değişkenleri arasından, kesirli kısmı en büyük olan seçilir. İlgili karar değişkenine bağlı olarak iki hedef kısıtlayıcısı geliştirilir. Bu kısıtlayıcılar aşağıdaki gibi formüllendirilebilir;

(1) $x_j + d_i^- =$ en yakın küçük tamsayı değere yuvarlanan karar değişkeni değeridir.

(2) $x_j + d_i^+ =$ en yakın büyük tamsayı değere yuvarlanan karar değişkeni değeridir.

Adım 3. Orijinal doğrusal hedef programlama modeline (1) eşitliğindeki gibi yeni hedef kısıtlayıcısı eklenir. Amaç fonksiyonunda p_0 'a d_i^- değişkeni yerleştirilir ve bu ikinci yeni problem çözülür.

Adım 4. Orijinal doğrusal hedef programlama modeline (2) eşitliğindeki gibi yeni hedef kısıtlayıcısı eklenir. Amaç fonksiyonunda p_0 'a d_i^+ değişkeni yerleştirilir ve bu problem çözülür.

Adım 5. Üçüncü ve dördüncü adımlarında oluşturulan problemlerin her ikisinin çözümleri yorumlanmalıdır:

i) Eğer sonuçların her ikisi de tamsayı ise hedefe en yakın uzlaşmayı sonuç seçilir. Orijinal problem için optimal tamsayı çözüme ulaşılmıştır, durulur.

ii) Eğer dallardan birinin çözüm değeri tamsayı, diğerinin çözüm değeri tamsayı değilse ve tamsayı olmayan çözüm daha az tatmin edici ise optimal tamsayı çözüme ulaşılmıştır, durulur.

iii) Dallardan birinin çözüm değeri tamsayı, diğerininki tamsayı değilse ve tamsayı olmayan çözüm daha tatmin edici ise, adım f' ye devam edilir.

iv) Dallardan hiçbirinin çözümü tamsayı değilse, adım f' ye devam edilir.

v) Eğer herhangi bir daldaki problem uygun olmayan çözüm oluştursa o dal bir sondur ve ondan sonra gelen problemler formüllendirilemez.

f) Tamsayı olmayan her bir dalın çözümü için tamsayı olan diğer bir karar değişkeni kullanılarak b,c,d ve e adımları tekrarlanır.

g) Karar değişkenleri için gerekli olan tamsayı değerler elde edilinceye kadar adım f tekrar edilir. Eğer çoklu tamsayı çözüm varsa, hedefe en çok yaklaşan çözüm optimal çözüm olarak alınır.

iii. 0-1 tamsayılı hedef programlama modelinde, optimal çözümde, karar değişkenlerinin tümünün, ya da bir kısmının sıfır ya da bir değeri alması gereklidir. Bu durumda, tamsayılama ve dal ve sınır tekniği gibi 0-1 tamsayılı hedef programlama modelinin çözüm yaklaşımlarından biri kullanılmalıdır. Dal ve sınır tekniği, oldukça uzun hesaplama süresi gerektirmektedir. Problemin modellenmesine daha çok özen gösterilerek hesaplama güçlükleri azaltılabilir. 0-1 tamsayılı hedef programlama probleminin çözüm adımları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Adım 1. Problemin modeli kurulur.

Adım 2. Karar değişkenlerine sıfır veya bir değeri verilebilmesi için ek hedef kısıtlayıcıları geliştirilir.

Adım 3. Üçüncü adımda oluşturulan ve ek hedef kısıtlayıcıları içeren problem çözülür. Eğer çözüm 0-1 tamsayılı hedef programlama çözüm

gereksinimlerini tatmin ediyorsa optimal çözüme ulaşılmıştır, durulur. Aksi takdirde dördüncü adıma geçilir.

Adım 4. Karar değişkenlerinin sıfır veya bir değerleri alabilmesi için problem dallandırılır.

2.5. Doğrusal Hedef Programlama Modelinin Çözümünde Değiştirilmiş Simpleks Tekniği

Doğrusal hedef programlama modelinin çözümünde; grafik çözüm tekniği, ardışık sayısal yaklaşım çözüm tekniği ve değiştirilmiş Simpleks tekniği (Modified Simplex Method) kullanılmaktadır. Grafik çözüm tekniği, en fazla üç karar değişkeni içeren modellerde kullanılabilir. Bu tekniklerin etkinlikleri, problemin yapısına göre değişebilmekle birlikte, değiştirilmiş Simpleks tekniği daha etkin bir kullanıma sahiptir. Burada, değiştirilmiş Simpleks tekniği daha ayrıntılı olmak üzere, diğer teknikler de açıklanmaya çalışılacaktır.

Grafik çözüm tekniği, doğrusal programlama problemlerinin çözümünde kullanılan grafik yaklaşıma oldukça benzer bir tekniktir. Doğrusal hedef modelini grafik çözüm tekniği ile çözmek için aşağıdaki adımlar izlenir (Ignizio, 1976).

Adım 1. Tüm kısıtlayıcıların grafikleri sapmalar düşünmeden çizilir. Daha sonra her bir kısıtlayıcı doğrusunun her iki yanına çizilen oklarla hedeften alt ve üst sapmalar gösterilir.

Adım 2. Hedeflerin öncelik sırasına göre en iyilenmesi istenmektedir. Bu yüzden ilk olarak en yüksek öncelikli hedef en iyilenmektedir. Bu hedefte belirtilen istenmeyen sapma değişkenleri en küçüklenir, mümkünse sıfır yapılır. Grafikte bu hedefi en iyileyen olurlu çözüm bölgesi taranır.

Adım 3. En yüksek öncelikli hedefin uygun çözüm bölgesine zarar vermeksizin ikinci öncelikli hedeften istenmeyen sapmalar en küçüklenir.

Adım 4. Önceliklerine göre sıralanmış olan tüm hedefler için üçüncü adım yinelenir.

Adım 5. Tüm hedeflerden istenmeyen sapmalar mümkün olabildiğince en küçüklenmişse, optimal çözüme ulaşılmış olur.

Ardışık sayısal çözüm tekniği,

Doğrusal hedef programlama modeli aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\text{Min}Z = [P_1h_1(d^-,d^+), P_2h_2(d^-,d^+), \dots, P_Lh_L(d^-,d^+)]$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(x) + d_k^- - d_k^+ = b_k, \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$f_i(x) + d_{k+i}^- - d_{k+i}^+ = b_i, \quad i = 1, 2, \dots, p$$

$$d_t^-, d_t^+ = 0, \forall t$$

$$d_t^-, d_t^+ \geq 0, \forall t$$

Ardışık sayısal çözüm tekniğinde doğrusal hedef programlama problemi, alt problemlere ayrılır. İlk olarak en yüksek öncelikli başarıma fonksiyonu olan $h_1(d^-, d^+)$ en küçüklenir. Daha sonra $h_2(d^-, d^+)$ en küçüklenir ve sırasıyla diğer başarıma fonksiyonları da en küçüklenir. Son olarak $h_l(d^-, d^+)$ nın en küçüklenmesiyle; ardışık sayısal çözümleme tekniğinde, önem sırasına göre l tane alt problem halinde çözülür. Birinci alt problem aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\text{Min}h_1(d^-, d^+)$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(x) + d_k^- - d_k^+ = b_k, \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$d^-, d^+ \geq 0$$

Bu problemde karar ortamından gelen k tane hedef denklemi ele alınır. Bu hedef denklemlerini sağlayan $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ çözümü, birinci derecede önemli başarıma fonksiyonu olan $h_1(d^-, d^+)$ 'nın en küçüklenmesini sağlar(Evren ve Ülengin, 1992).

Birinci alt problemin optimal çözümü, $h_1^* = h_1(d^-, d^+)$ olarak gösterilir.

Burada $h_1^* \neq 0$ ise, hedef programlama modelinin çözümü yoktur. Bu

problemdeki kısıtlayıcıların tatmin edilmesi zorunlu olduğu için genellikle $h_1^* = 0$ olur ve ikinci alt problemlere geçilir. İkinci alt problem şöyledir:

$$\text{Min} h_2(d^-, d^+)$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(x) + d_k^- - d_k^+ = b_k, \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$f_1(x) + d_{p+1}^- - d_{p+1}^+ = C_1$$

$$h_1(d^-, d^+) \leq h_1^*$$

$$d^-, d^+ \geq 0$$

Üçüncü alt problem ise aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\text{Min} h_3(d^-, d^+)$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(x) + d_k^- - d_k^+ = b_k, \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$h_1(d^-, d^+) \leq h_1^*$$

$$f_1(x) + d_{p+1}^- - d_{p+1}^+ = C_1$$

$$h_2(d^-, d^+) \leq h_2^*$$

$$f_2(x) + d_{p+2}^- - d_{p+2}^+ = C_2$$

$$d^-, d^+ \geq 0$$

İkinci alt problemin çözümü h_2^* , üçüncü alt problemin çözümü ise h_3^* 'dir. Buna göre $1 \leq j \leq l$ olmak üzere j 'inci alt problem aşağıdaki gibidir.

$$\text{Min} h_j(d^-, d^+)$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(x) + d_k^- - d_k^+ = b_k, \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$h_{i+1}(d^-, d^+) \leq h_{i+1}^*, \quad i = 1, 2, \dots, j-1$$

$$f_i(x) + d_{p+i}^- - d_{p+i}^+ = C_i, \quad i = 1, 2, \dots, j-1$$

$$d^-, d^+ \geq 0$$

Değiştirilmiş Simpleks Tekniği

Doğrusal hedef programlama problemlerinin çözümünde; Simpleks tekniğinde bazı değişiklikler yapılarak oluşturulan “Değiştirilmiş Simpleks Tekniği” kullanılmaktadır. Bu çözüm tekniği Ignizio tarafından oluşturulmuştur. Çok sayıda karar değişkeni ve kısıtlayıcı içeren doğrusal hedef programlama problemleri grafik çözüm tekniği ile çözülemez. Böyle problemlerin ardışık sayısal çözüm tekniği ile çözümü oldukça uzun zaman gerektirir ve pek çok alt problemle karşılaşıldığından hata yapma olasılığı yüksektir. Bu durumda “Değiştirilmiş Simpleks Tekniği” ne dayanarak geliştirilen bilgisayar paket programları kullanılmaktadır. Değiştirilmiş Simpleks tekniğinde, doğrusal programlamada kullanılan Simpleks tekniğine benzer şekilde bir dizi çözüm tablosu oluşturulmaktadır(Schneiderjans,1984).

Doğrusal programlama modellerinin çözümünde kullanılan Simpleks tekniği, modelin bir başlangıç temel uygun çözümünden başlayarak, ardışık işlemlerle en iyi çözüme ulaşılmasını sağlayan bir yaklaşımdır (Haeussler ve Paul,1990). Doğrusal programlama modeli;

$$\text{Max } z = f(x)$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(x) \leq b_k$$

$$x \geq 0$$

olarak gösterilebilir. Burada,

$f(x)$:amaç fonksiyonunu en büyükleyen değer

$g_k(x)$: k ıncı kısıtlayıcı, $k = 1,2,\dots,p$

b_k : k ıncı kaynak miktarıdır.

Değiştirilmiş Simpleks tekniği, doğrusal hedef programlama modellerinin çözümünde etkin olarak uygulanan bir tekniktir. Değiştirilmiş Simpleks tekniğinin adımları, aşağıdaki gibi sıralanabilir(Ignizio,1976;Dunn ve Ramsing,1981):

Adım 1. Başlangıç Değiştirilmiş Simpleks tablosunun düzenlenmesi: Doğrusal hedef programlama modelinde yer alan her öncelik düzeyi için ayrı bir $z_j - c_j$ satırı bulunmasına dikkat edilerek başlangıç Değiştirilmiş Simpleks tablosu oluşturulur. İndeks matrisi olarak bilinen $z_j - c_j$ matrisinde; öncelikler $(P_1, P_2, \dots, P_{L-1}, P_L)$ sıralanır. Önce birinci öncelikli hedefe ulaşmak istenildiği için başlangıç Simpleks tablosunda, yalnız P_1 için indeks satırı ($z_j - c_j$ satırı) yazılır ve $l = 1$ 'e eşitlenir. Burada l, P_l öncelik düzeyindeki dizileri temsil eder. Başlangıç Değiştirilmiş Simpleks tablosunda, negatif yönde sapma değişkenleri temelde bulunurlar.

Eşit öncelikli doğrusal hedef programlama modeli; matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

$$\text{Min } z = [h_1(d^-, d^+), h_2(d^-, d^+), \dots, h_L(d^-, d^+)]$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(x) + d_k^- - d_k^+ = b_k, \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$f_i(x) + d_{k+i}^- - d_{k+i}^+ = b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$d_t^-, d_t^+ = 0, \forall t$$

$$d_t^-, d_t^+ \geq 0, \forall t$$

x : n boyutlu karar değişkenleri vektörü

$g_k(x)$: k inci sistem kısıtlayıcısı

$f_i(x)$: j inci hedef kısıtlayıcısı

d_t^- : t inci hedef değerinden negatif yönde sapma değişkeni, ($t = 1, 2, \dots, r$ olup $r = p + m$ olarak alınmıştır)

d_t^+ : t inci hedef değerinden pozitif yönde sapma değişkeni

b_k : Karar ortamının belirlediği hedef değerleri (k inci sistem kısıtlayıcısının sağ taraf değeri)

b_i :Karar vericinin belirlediği hedef değerleridir.(t inci hedef için ulaşılmak istenen değer)

$h_i(d^-, d^+)$: i inci başarıma fonksiyonu olup b_k ve b_i hedef değerlerinden sapmaları ifade etmektedir.

Eşit öncelikli hedef programlama modelinde Simpleks tablosu, tek amaçlı doğrusal karar modelinin Simpleks tablosuna benzer.

Öncelikli doğrusal hedef programlama modelinde, hedeflere öncelik sıralarına göre ulaşılmaya çalışılır ve model aşağıdaki gibi gösterilir:

$$\text{Min } z = [P_1 h_1(d^-, d^+), P_2 h_2(d^-, d^+), \dots, P_L h_L(d^-, d^+)]$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(x) + d_k^- - d_k^+ = b_k, \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$f_i(x) + d_{k+i}^- - d_{k+i}^+ = b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$d_t^-, d_t^+ = 0, \forall t$$

$$d_t^-, d_t^+ \geq 0, \forall t$$

Çizelge 2.3' de öncelikli doğrusal hedef programlama modellerinin Değiştirilmiş Simpleks tekniği ile çözümü için başlangıç tablo verilmiştir. Her bir öncelik düzeyi için ayrı birer satırın bulunduğu tablonun üst bölümünde ($P_1, P_2, \dots, P_L$ satırları ile gösterilir) istenmeyen sapmalara 1 değeri yazılırken diğerleri için bu satıra bir değer yazılmaz.

	P_L P_1			
$P_L \dots P_1$	V	$x_1 \dots x_j$	$d_1^+ \dots d_r^+$	b
	d_1^- d_r^-	$e_{1,1} \dots e_{1,j}$ $e_{r,1} \dots e_{r,j}$	$e_{1,j+1} \dots e_{1,j+r}$ $e_{r,j+1} \dots e_{r,j+r}$	b_1 b_r
İNDEKS MATRİSİ	P_1 P_L	$l_{1,1} \dots l_{1,j}$ $l_{L,1} \dots l_{L,j}$	$l_{1,j+1} \dots l_{1,j+r}$ $l_{L,j+1} \dots l_{L,j+r}$	a_1 a_L

Çizelge 2.3. Öncelikli Doğrusal Hedef Programlama Modelinin Başlangıç Değiştirilmiş Simpleks Tablosunun Genel Gösterimi

Öncelikli ve ağırlıklı hedef programlama modelinin, amaç fonksiyonunda ise; P_i önceliklerine ek olarak karar verici tarafından belirlenen ağırlık değerleri yer alır. Bu modellerin matematiksel gösterimi aşağıdaki gibi verilir:

$$\text{Min } z = [w_1 P_1 h_1(d^-, d^+), w_2 P_2 h_2(d^-, d^+), \dots, w_L P_L h_L(d^-, d^+)]$$

Kısıtlayıcılar

$$g_k(x) + d_k^- - d_k^+ = b_k, \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$f_i(x) + d_{k+i}^- - d_{k+i}^+ = b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$d_i^- \cdot d_i^+ = 0, \forall i$$

$$d_i^-, d_i^+ \geq 0, \forall i$$

Çizelge 2.4'de öncelikli ve ağırlıklı doğrusal hedef programlama modellerinin Değiştirilmiş Simpleks tekniği ile çözümü için başlangıç tablo verilmiştir.

	P_L	$W_{L,1} \dots W_{L,J}$	$W_{L,J+1} \dots W_{L,J+r}$	
	P_1	$W_{1,1} \dots W_{1,J}$	$W_{1,J+1} \dots W_{1,J+r}$	
$P_L \dots P_1$	V	$x_1 \dots x_J$	$d_1^+ \dots d_r^+$	b
$u_{1,L} \dots u_{1,1}$	d_1^-	$e_{1,1} \dots e_{1,j}$	$e_{1,j+1} \dots e_{1,j+r}$	b_1
$u_{r,L} \dots u_{r,1}$	d_r^-	$e_{r,1} \dots e_{r,j}$	$e_{r,j+1} \dots e_{r,j+r}$	b_r
İNDEKS MATRİSİ	P_1	$l_{1,1} \dots l_{1,j}$	$l_{1,j+1} \dots l_{1,j+r}$	a_1
	P_L	$l_{L,1} \dots l_{L,j}$	$l_{L,j+1} \dots l_{L,j+r}$	a_L

Çizelge 2.4. Öncelikli Ve Ağırlıklı Doğrusal Hedef Programlama Modelinin Başlangıç Değiştirilmiş Simpleks Tablosunun Genel Gösterimi

Başlangıç Değiştirilmiş Simpleks tablosunda;

P_l : l inci öncelik düzeyi, $l = 1, 2, \dots, L$

b_t : t inci hedef için ulaşılmak istenen düzey(sağ taraf değeri), $t = 1, 2, \dots, r$

$e_{t,s}$: s inci temel dışı değişkenin t inci satırdaki değeri

$w_{l,s}$: l inci öncelik düzeyinde, s inci temel dışı değişkene karar verici tarafından atanan sayısal ağırlık

$u_{t,l}$: l inci öncelik düzeyinde, t inci temel değişkene karar verici tarafından atanan sayısal ağırlık

$I_{l,s}$: l inci öncelik düzeyinde s inci temel dışı değişkenin indeks numarası

t' : anahtar satır

s' : anahtar sütun

a_l : l inci öncelik için başarıma düzeyi, $\bar{a} = \{a_1, a_2, \dots, a_L\}$ dir.

Adım 2. Temele girecek değişkenin belirlenmesi: P_l öncelik düzeyindeki $z_j - c_j$ satırının sağ taraf değerine bakılır. Eğer bu değer sıfır ise, P_l öncelikli

hedefe ulaşılmıştır, altıncı adıma gidilir. Eğer sıfır değilse, l inci indeks satırının indeks numaraları $I_{l,s}$ nin pozitif değerleri kontrol edilir. $I_{l,s}$ nin pozitif değer aldığı sütunların bir üstteki öncelik düzeyinde pozitif $I_{l,s}$ değerlerinin en büyüğünün bulunduğu sütun, anahtar sütun olarak seçilir. Anahtar sütun s' olur ve s' sütunundaki temel dışı değişken temele girer. Eğer böyle bir $I_{l,s}$ değeri bulunamadıysa, beşinci adıma gidilir.

Adım 3. Temelden çıkacak değişkenin belirlenmesi: $(b_t / e_{t,s'})$ oranları hesaplanır. Bu oranlar içerisinde en küçük negatif olmayan orana sahip olan değişken temelden çıkar. Temelden çıkacak değişkenin bulunduğu satır, t' olarak alınır.

Adım 4. Yeni tablo oluşturulması: Bunun için aşağıdaki adımlar izlenir;

i. Anahtar satırın(t' nün) yeni değerleri $(e_{t',s'})$ olarak ifade edilen pivot eleman hariç) önceki tabloda bulunan t satırındaki değerlerin $e_{t',s'}$ ne bölünmesiyle elde edilir.

ii. Anahtar sütunun(s') yeni değerleri $(e_{t',s'})$ hariç) önceki tabloda bulunan s' sütununun $(e_{t',s'})$ tarafından bölünmesiyle elde edilir. Anahtar sütun veya anahtar satırda bulunmayan diğer teknolojik katsayılar ise, aşağıdaki formüller ile hesaplanır:

$$\hat{e}_{t,s} = e_{t,s} - \frac{(e_{t',s})e_{t,s'}}{e_{t',s'}}$$

$$\hat{b}_t = b_t - \frac{(b_{t'})e_{t,s'}}{e_{t',s'}}$$

Yeni $I_{l,s}$ ve α_l değerleri ise, aşağıdaki formüller ile hesaplandıktan sonra ikinci adıma gidilir.

$$I_{l,s} = \sum_{t=1}^r (e_{t,s} \cdot u_{t,l}) - w_{l,s}$$

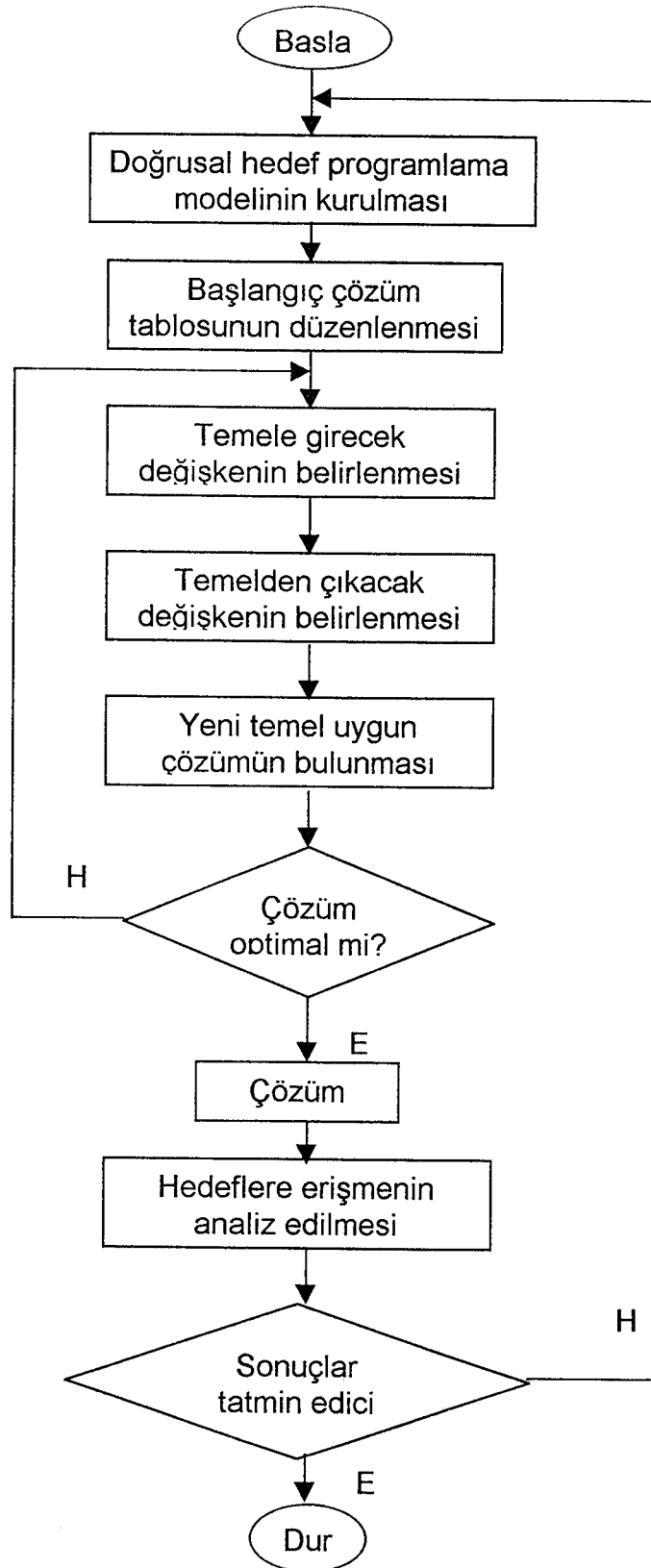
$$a_l = \sum_{i=1}^r (b_i \cdot u_{i,l})$$

Adım 5. İkinci öncelik düzeyinin değerlendirilmesi: $l = l + 1$ yapılır. Eğer l , önceliklerin toplam sayısı olan L ' yi aşmamışsa, ikinci adıma gidilir.

Adım 6. En iyiliğin sınanması: Eğer $\forall a_l = 0$ ise hedeflere ulaşılmıştır, durulur. Herhangi bir satırdaki $a_l > 0$ ise, ilgili satırdaki $I_{l,s}$ değerleri kontrol edilir. Pozitif $I_{l,s}$ değerlerinin bulunduğu sütunlarda bir üst öncelik düzeyi için negatif $I_{l,s}$ değerleri varsa, incelenen hedeflere ulaşılmıştır, bir sonraki hedef için benzer işlemler yapılır ve yedinci adıma gidilir. Eğer pozitif $I_{l,s}$ değerlerinin bulunduğu sütunlarda, bir üst öncelik için yine pozitif $I_{l,s}$ değerleri varsa, incelenen hedefe ulaşılamamıştır, ikinci adıma gidilir.

Adım 7. Hedeflere erişmenin analiz edilmesi: Karar verici, altıncı adımda çelişen hedeflerini değerlendirme fırsatı bulmaktadır. Eğer elde edilen sonuçlar tatmin edici değilse; karar verici, hedeflerin öncelik sıralarını değiştirmek isteyebilir. Bu durumda doğrusal hedef programlama modeli, hedeflerin yeni önceliklerine göre değiştirilerek birinci adıma gidilir.

Doğrusal hedef programlama modelinin çözümünde etkin kullanıma sahip olan Değiştirilmiş Simpleks Tekniğinin akış şeması Şekil 2.1'de verilmiştir(Lee, vd., 1990).



Şekil 2.1. Doğrusal Hedef Programlama Modelinin Değiştirilmiş Simpleks Tekniği ile Çözümü Akış Şeması

Değiştirilmiş Simpleks tekniğinin bilinen Simpleks tekniğinden farklılıkları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

i. Hedef programlamada tek bir en büyükleme veya en küçükleme amacı yoktur. Burada amaç fonksiyonu, istenmeyen sapma değişkenlerine, öncelik faktörleri(P_i) ve ağırlıklar atanarak ifade edilir. Değiştirilmiş Simpleks tablosunda öncelik faktörleri ve ağırlıklar, Simpleks tablosundaki c_j lerin yerini alırlar.

ii. Değiştirilmiş Simpleks tablosunda ($z_j - c_j$) Simpleks tablosundaki gibi tek bir satırla ifade edilemez. Burada gölge öncelik faktörleri sayısı L , karar değişkenleri ve sapma değişkenlerinin toplam sayısı $j+r$ olmak üzere $[Lx(j+r)]$ boyutlu bir $z_j - c_j$ matrisi (İndeks matrisi) elde edilir (Lee, vd., 1989).

iii. Gölge öncelik faktörleri arasında $P_1 >>> P_2 >>> \dots >>> P_{L-1} >>> P_L$ ilişkisi vardır. P_1 her zaman P_2 'den daha önemlidir. Buna bağlı olarak anahtar sütunun seçiminde, sırasıyla gölge öncelik faktörleri göz önüne alınmalıdır. Bununla birlikte, P_2 önceliğinde bulunan hedefe ulaşılırken P_1 önceliğinde bulunan hedeften vazgeçilmez (Ignizio, 1976).

Gölge öncelik faktörleri en düşükten en yükseğe doğru tablonun altına sıralanmıştır. İlk olarak P_1 önceliğinde en büyük pozitif $z_j - c_j$ değerini içeren sütun, anahtar sütun olarak seçilir. Eğer bu öncelikte en büyük pozitif $z_j - c_j$ değeri iki sütunda birbirine eşitse, P_2 önceliğine bakılır. Bu öncelikteki en büyük pozitif değer bulundğı sütun anahtar sütun olarak seçilir. Eğer eşitlik bozulmazsa rasgele bir sütun seçilir.

iv. Temelden çıkacak değişkeni belirlemede, Simpleks tekniğinde yapılan işlemler aynen uygulanır. b_i değerleri anahtar sütundaki katsayılarla

bölünerek bu oranların pozitif değerli en küçüğünün bulunduğu satır anahtar satır olarak seçilir. Oranlar arasında eşitlik varsa, daha yüksek öncelik faktörlü değişkenin bulunduğu satır seçilir. Bu sayede yüksek öncelikli hedeflere daha önce ulaşılabilir. Yeni çözüm değerlerinin bulunuşu Simpleks tekniği ile aynıdır.

v. Hedef programlama problemi, bir en küçükleme problemi olarak alınabilir. Bu yüzden z_j değerleri optimuma yaklaştıkça düşmelidir. Her adımda z_j 'nin P_1 düzeyinde azalıp azalmadığı kontrol edilir. P_1 düzeyindeki z_j değeri sıfır olduktan sonra sırasıyla P_2 düzeyindeki ve diğer z_j 'ler sıfıra eşitlenmeye çalışılır. Eğer tüm z_j değerleri sıfır ise, çözüm optimaldir. Pozitif z_j değerleri varsa ilgili öncelik düzeyindeki indeks satırı($z_j - c_j$ değerleri) kontrol edilir. Eğer ilgilenilen indeks satırında pozitif $z_j - c_j$ değerleri varsa, aynı sütunda daha yüksek öncelik düzeylerinde $z_j - c_j$ değerlerinin negatif olup olmadığına bakılır. İlgili satırda pozitif $z_j - c_j$ değerlerine karşılık, daha yüksek öncelik düzeyinde negatif $z_j - c_j$ değerleri varsa, en tatmin edici çözüm elde edilmiştir. Aksi takdirde, temele girecek değişken belirlenerek önceki adımlar yinelenir(Levin,vd.,1982; Evren ve Ülengin,1992).

2.6. Hedef Programlama Modellerinin Uygulama Alanları

Hedef programlama, işletmelerde karşılaşılan karar verme problemlerinde etkin olarak kullanılır. Ayrıca devlet birimlerinde ve kar amacı olmayan enstitülerde de kullanılmaktadır. Bazı uygulama örnekleri aşağıdaki gibi sıralanabilir(Lee,vd.,1989; Kuruüzüm,1987):

Akademik planlama, hesap analizi, yayıncılık, kan bankası lojistik destek, devlet bütçesi, bilgisayarla kaynak belirleme, karar destek sistemi planlama, ekonomik politika analizi, eğitim sistemi planlama, enerji kaynakları planlaması, çevre koruma, finansal analiz, portföy seçimi, koruyucu sağlık

hizmetleri planlama, stok yönetimi, işgücü planlama, alışveriş lojistiği, askeri stratejiler, organizasyon analizi, personel yönetimi, şehircilik analizi, üretim planlama, proje yönetimi, kalite kontrol, araştırma geliştirme, nakliye lojistiği, şehir planlama, su kaynağı planlama, hemşire çizelgeleme, pazarlama, muhasebe, orman idaresi, çevre koruma, tesis alanı kullanımı, vb.

Bütçe ile ilgili kamusal kurumlar bir yandan bütçe açıkları ile, diğer bir yandan da bütçe artışları ile ilgilenirler. Bütçe aşımı durumunda yöneticinin işten atılması durumuyla karşılaşılabilir. Bütçenin altında bir ulaşım durumunda ise, yönetici gelecek yılın bütçesinde bir düşüşe neden olabilir. Bunun gibi finansal problemlerde hedef programlama modelleri etkin olarak kullanılabilir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BİR SERAMİK İŞLETMESİNDE HEDEF PROGRAMLAMA VE UYGULAMA DENEMESİ

3.1.Uygulama Yapılan İşletmenin Tanıtımı

İkinci bölümde ayrıntılı açıklanmış olan hedef programlama modelinin çözümünde Değiştirilmiş Simpleks tekniği, Kütahya Porselen A.Ş.'de uygulanmaya çalışılmıştır. Kütahya Porselen A.Ş., üç fabrikadan oluşmaktadır. Bu fabrikalar arasından Duvar Seramiği fabrikası uygulama yeri olarak seçilmiştir.

Duvar Seramiği fabrikası, aylık ortalama 375000 m² karo üretmektedir ve bu karolar yurt içi ve yurt dışına dağıtılmaktadır. Karolar 15x20, 20x25 ve 25x33 boyutlarındadır.

3.2. Üretim Akışı Hakkında Bilgi Verilmesi

Duvar Seramiği fabrikasında üretim; hammadde, sır hazırlama, pres, sırlama, fırın ve paketleme ünitelerinde gerçekleştirilen işlemlerden oluşmaktadır.

Hammadde olarak %56 sert hammaddeler (mermer, dolomit, feldispat, silis) ve %44 yumuşak hammaddeler (kil grubu) kullanılmaktadır.

Girdi kontrolü yapılan hammaddeler dış beşiker aracılığıyla bakslara doldurulur. Laboratuar şefliği tarafından kabul gören hammaddeler stoklanır. Bakslara gelen hammaddeler, iç beşiker aracılığıyla mevcut sekiz siloya yükleme yapılır. Silolardaki hammaddelerin nemi laboratuar elemanları

tarafından kontrol edilir. Bu nemlere göre reçete hazırlanıp P.D.M. 'e kaydedilir. Değirmen besleme, silo altındaki otomatik tartar terazili bant ile helezon üstündeki huniden, helezon taşıyıcısına aktarılır. Değirmenden çıkan masse laboratuvar elemanları tarafından kontrol edilir.

SIR HAZIRLAMA

Hammadde, firit ve kimyasal boyalar verilen sır reçetesine göre değirmene yüklenir. Değirmenler 200 kg 'lık, 700 kg 'lık ve 2 tonluk olmak üzere üç çeşittir. Hammaddeler ve kimyasallar; kuvars, CC 31 kaolen, yıkanmış uşak kaolen, CMC yapıştırıcı, akışkanlığı kolaylaştırmak için TPF, zirkon 5,frit BM 11, CM 14, kil KM 3 'dır.

Sır 30 dyn ' lik, 60 dyn ' lik elekten ve magnetik tutucudan geçirilir, sır tanklarına yüklenir, sırlama hatlarına verilir. Sır boşaltılırken yine 30 dyn' lik elekten geçer.

FRİT HAZIRLAMA

Frit hazırlama ünitesi iki kısımdan oluşmaktadır. Bunlar:

- 1) Besleme ünitesi
- 2)Fırın ünitesidir.

Besleme ünitesinde 10 hammadde silosu bulunmaktadır. Gelen hammadde ve kimyasallar vinç ile bunkere atılıp kompresör helezon sistemi ile hammadde silolarına besleme yapılır. Üretilen fritin reçetesinde göre 2 ton' luk karışım mikserde otomatik olarak hazırlanır ve frit fırını silosuna besleme yapılır.

PRES ÜNİTESİ

Pres ünitesi üç gruptan oluşur:

- 1) Yükleme ünitesi
- 2) Presleme ünitesi
- 3) Kurutma ünitesi

Silolar dörderli olarak simetrik dizilmiştir. Masse silolarından madde pres silolarına gelir. Her saat laboratuarda nam kontrol edilir. Pres basıncı neme göre ayarlanır. Pres hidrolik yağla çalışır. Yağı soğutan soğutma ünitesi var. Yağ sıcaklığı 55 dereceyi geçerse presler otomatik olarak durur, PLC panolarında alarm verir. Karolar preslerde basıldıktan sonra ters çevrilir. Yüzeyler zımparalanır, çapaklar alınır.

Presler bir dakikada 22 kez basmaktadır. Her bir stokta preslenen parça sayıları aşağıdaki Çizelge 3.1. de verilmiştir:

Pres	15x20	20x25	25x33
1	8	6	4
2	8	6	4
3	8	6	4
4	8	6	4
5	8	6	4
6	8	6	4

Çizelge 3.1. Her Bir Strokta Preslenen Parça Sayıları

Pres ünitesinde, üretim kaybı (zayiat) %3.5 dir. Preslerdeki zayıtın nedenleri laboratuvar denemeleri, masse denemeleri, ham boyut ölçümleri, bisküvi boyut ölçümleri, kalınlık ölçümleri, eva giriş çıkış zayıtı, ilk basım zayıtı, ille basım zayıtı, uygun olmayan ürün zayıtı vb. olarak sıralanabilir.

SIRLAMA ÜNİTESİ

Sırlama ünitesinde karoya parlaklık ve güzel görünüm vermek için karonun üzerine engop ve sır atılır, çeşitli desenler verilir. EVA' dan yaklaşık %0.5 nem ile çıkan karolar bantlarla sırlama ünitesine gelirler. Karolar çapakları çapak alıcıda temizlendikten sonra distanzatörden geçerler.

Distanzatörün görevi, gelen karolar üzerindeki mesafeyi ayarlayarak karoların düzgün ve belirli aralıklarla gitmesini sağlamaktır.

Karolar daha sonra fırça aparatından geçerler. Böylece karoların üzerindeki yabancı maddeler temizlenmiş olur. Karolar çeviricide çevrilir. Toz emme fana gelen karoların üzerine hava püskürtülerek tozları atılır. Sıcaklık kontrolü yapıldıktan sonra karolar engop kabinine gelirler. Karolara master olarak atılan engop, massenin renginin kapanmasını, sırrın rengini daha iyi almasını sağlar. Engop kabininde iki disk bulunmaktadır. Karoların yüzeylerinin iyi kapanması için engopun yarısı birinci disk ile diğer yarısı ikinci disk ile atılır. Disklerden atılan engopun fazlası, engop aralarında bulunan eleklerle atılarak engop arabasına geri dönüşü sağlanır.

Engop kabininin üst kısmındaki toz emme boruları aplikasyon esnasında oluşan buharın karoların üzerinde damlalar halinde damlamasını engeller. Engoplanan karolar sır kampanasına gelirler. Sır hazırlama ünitesinden sır arabaları ile gelen sır fayans üzerine atılır. Serigrafi makinesinde karo üzerine desen baskısı yapılır.

Elek baskı ile desenlenen karolar eğer ikinci bir elek baskıdan geçirilecekse fikstatif kabinine gelirler. Burada üzerine fiksitatif atılır. Daha sonra karolar bantlar vasıtasıyla BT arabalarına gönderilirler. BT arabaları yaklaşık 100 m² karo almaktadır. Karoların ebatlarına göre bu rakam (7 hızlı bant) değişmektedir. Pres strokları, sırlama hatlarının üretim miktarlarına göre ayarlanır. Bu değerler Çizelge 3.2' de verilmiştir.

Sırlama ünitesinde günde iki vardiya çalışılmaktadır. Model değişiklikleri, sır değişimleri, elek değişimleri, nem oranındaki değişimler duruşlara sebep olmaktadır. Üretim kaybı %2.70 dir.

SIRLAMA HATLARI

		1	2	3	4	5	6	7	8
15x20	Baskısız	10	10	14	14	10	10	14	14
	1. Baskı	10	10	11	11	10	10		11
	2. Baskı	10	10				10		
20x25	Baskısız	10	10	17	17	10	10	17	17
	1. Baskı	10	10	13	13	10	10		13
	2. Baskı	10	10				10		
25x33	Baskısız	10	10	17	17	10	10	17	17
	1. Baskı	10	10	14	14	10	10		14
	2. Baskı	10	10				10		

Çizelge 3.2. Her Bir Ürün Grubu İçin Strok Sayıları

FIRINLAR

Sırlama ünitesinden sonra stok hattına giden karolar boşaltma BT'si ile fırınlara giderler. Üçüncü ve dördüncü fırınlar tek bir fırın gibi düşünülmüş ve 3. fırın olarak hesaplamalara katılmıştır. Çünkü bu fırınların kapasiteleri eşit olup fırınlara giren ürün grupları da aynıdır. 1 no' lu ve 2 no' lu fırınlarda 20x25'lik karolar, 3 no' lu fırında ise; 15x20'lik ve 25x33'lük karolar bulunmaktadır.

Tüm fırınların eni 2.20 metre olup 1.8 metrelik kısmı kullanılmaktadır. Her birinin boyu 195.5 metredir. Fırınların kapasitesi 170 m²'dir.

Fırınlarda her saat ebat ölçülür. Ebatlarda bir anormallik olursa ısı düşürülür, pres ve sırlama ünitelerine bildirilerek ebatlar düzeltilir. Yüzeylerde meydana gelen kenar, köşe kırıklarının nereden kaynaklandığı bulunarak çözüm yoluna gidilir.

20x25 karolar 45 dakikada, 25x33 ve 15x20 karolar ise 55 dakikada fırından çıkar. Fırınlara 24 saat çalışmaktadır. Ancak bant değişimi sebebiyle günde 40 dakika boş kalmaktadır. Çizelge 3.3' te bir sıra için fırına giren ürün sayıları verilmiştir.

FIRINLAR

	1	2	3
15X20	12	12	12
20X25	9	9	9
25X33	7	7	7

Çizelge 3.3. Her Bir Ürün Grubundan Fırınlara Giren Miktarlar

PAKETLEME

Fırınlardan çıkan karolar BT arabalarına yerleştirilerek programlanan hatta gitmektedir. Bantlar vasıtasıyla gelen karoların kalite ayırımı yapılır. Karonun yüzeyindeki kusurlara göre 1. Sınıf, 2. Sınıf, 3. Sınıf, defo ve ıskarta olarak ayırım yapılır. Karonun dış yüzeyi gözle kontrol edildikten sonra deformasyon, eğilme, burkulma durumları transducer makinesi ile ölçülür. Paketleme m² başına düşen karo sayıları ve hatlardan gelen karo sayıları Çizelge 3.4. de verilmiştir. Paketleme ünitesi günde 2 vardiya çalışmaktadır. Bu üniteye duruşlar %15 oranında olmaktadır, üretim kaybı ise %2.6 dır.

	M ² başına düşen karo sayısı	Dakikadaki karo sayısı
15X20	33	135
20X25	20	110
25X33	12	90

Çizelge 3.4. Paketleme Ünitesinde m² Başına Düşen Karo Sayıları Ve Dakikada Gelen Karo Sayısı

3.3. Sistemin Hedeflerinin Ve Önceliklerinin Belirlenmesi

Karar verici konumunda bulunan işverenle ve sistemde yer alan ünitelerin yöneticileri ile yapılan görüşmeler sonucunda, sistemin hedefleri belirlenmiştir. Bu kişiler belirlenen kısıtlayıcılar altında, belirlenen hedeflere tam olarak ulaşılmasının mümkün olamayacağını kabul etmektedirler. Ancak, karar vericiler hedeflere en yakın erişmenin sağlanmasını istemektedirler. Bu yüzden buradaki çok amaçlı karar verme probleminin çözümünde hedef programlama tekniği kullanılacaktır. Sistemin hedefleri, önceliklerine göre aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- 1) Aylık toplam satış gelirinin 5 Trilyon TL nin üzerinde tutulması
- 2) Her bir ürün grubu için aylık talep değerlerini karşılanması
- 3) Üretilen karoların defolu olanlarının toplamının (m^2 cinsinden) belirlenen ortalama defolu üretim değerini aşmaması
- 4) Aylık yurt içi ve yurt dışına toplam olarak en az 600000 m^2 ürün sevk edilmesi .
- 5) Ürünlerin her bir pres için kullanım sürelerinin, preslerin aylık elverişli süresini aşmaması
- 6) Ürünlerin her bir sırlama hattı için kullanım sürelerinin, sırlama hatlarının aylık elverişli süresini aşmaması
- 7) Ürünlerin fırın ve paketleme hatları için kullanım sürelerinin, belirlenen elverişli süreleri aşmaması
- 8) Her ürün grubu için belirli miktarların üzerinde üretim yapılması

3.4. Karar Modelinin Kurulması

Model kurulmadan önce varsayımlarda bulunulmuştur:

- 1) Hammaddenin temini konusunda herhangi bir problemin bulunmadığı varsayılmıştır.
- 2) Paketleme hatları arasında bir farklılık bulunmadığı varsayılmıştır.

3) Aylık çalışma zamanı 30 gün olarak varsayılmıştır.

4) Malzemelerin taşınması ile ilgili herhangi bir kısıtlayıcı bulunmamaktadır.

Karar Modelinin Formülasyonu:

Karar modelinin kurulması için önce amaç, karar değişkenleri ve kısıtlayıcılar belirlenir.

Amaç: Önceliklerine göre sıralanan hedeflere en iyi erişimin sağlanması ve hedeflerden sapmaları en küçükleyecek üretim miktarlarının bulunması.

Karar Değişkenleri:

Fabrikada üretilen karolar, öncelikle boyutlarına göre gruplandırıldıktan sonra satış fiyatları ve üretim süreçlerine göre tekrar gruplandırılmıştır. Buna göre, 15x20 boyutlu karolar iki gruba, 20x25 boyutlu karolar beş gruba, 25x33 boyutlu karolar dört gruba ayrılmıştır.

Karar değişkenleri olarak; gruplandırılan karoların m² üretim miktarları alınmıştır.

x_{ijk} : 15x20 lik i. gruptaki karolardan j. preste k. fırında üretilcek miktar

i : 1,2

j : 1,2,3,4,5,6

k : 1,2,3

y_{ijk} : 20x25 lik i. gruptaki karolardan j. preste k. fırında üretilcek miktar

i : 1,2,3,4,5

j : 1,2,3,4,5,6

k : 1,2,3

z_{ijk} : 25x33 lük gruptaki karolardan j. preste k. fırında üretilcek miktar

i : 1,2,3,4

j : 1,2,3,4,5,6

k : 1,2,3

Karar verici tarafından belirlenen hedeflerin matematiksel kısıtlayıcılar olarak gösterimi aşağıda verilmiştir:

1. Karoların aylık satış geliri en az 5.000.000.000.000.000 olmalıdır. Ürün gruplarına ilişkin satış fiyatları EK 1' de verilmiştir.

$$\begin{aligned}
 &624400(x_{113}+x_{123}+x_{133}+x_{143}+x_{153}+x_{163})+658200(x_{213}+x_{223}+x_{233}+x_{243}+x_{253}+x_{263}) \\
 &+590800(y_{111}+y_{121}+y_{131}+y_{141}+y_{151}+y_{161}+y_{112}+y_{122}+y_{132}+y_{142}+y_{152}+y_{162}) \\
 &+696200(y_{211}+y_{221}+y_{231}+y_{241}+y_{251}+y_{261}+y_{212}+y_{222}+y_{232}+y_{242}+y_{252}+y_{262})+713000(y_{311}+y_{321} \\
 &+y_{331}+y_{341}+y_{351}+y_{361}+y_{312}+y_{322}+y_{332}+y_{342}+y_{352}+y_{362})+773800(y_{411}+y_{421}+y_{431}+y_{441}+y_{451} \\
 &+y_{461}+y_{412}+y_{422}+y_{432}+y_{442}+y_{452}+y_{462})+789400(y_{511}+y_{521}+y_{531}+y_{541}+y_{551}+y_{561}+y_{512}+y_{522}+y_{532}+y_{542}+y_{552}+y_{562}) \\
 &+622400(z_{113}+z_{123}+z_{133}+z_{143}+z_{153}+z_{163})+977400(z_{213}+z_{223}+z_{233}+z_{243}+z_{253}+z_{263})+966600(z_{313}+z_{323}+z_{333}+z_{343}+z_{353}+z_{363}) \\
 &+1106200(z_{413}+z_{423}+z_{433}+z_{443}+z_{453}+z_{463}) \geq 5.000.000.000.000.000
 \end{aligned}$$

2. Her boyuttaki karolardan aylık üretim miktarları, karolara ait aylık talebe eşit veya büyük olmalıdır.

$$x_{113}+x_{123}+x_{133}+x_{143}+x_{153}+x_{163}+x_{213}+x_{223}+x_{233}+x_{243}+x_{253}+x_{263} \geq 40000$$

$$\begin{aligned}
 &y_{111}+y_{121}+y_{131}+y_{141}+y_{151}+y_{161}+y_{112}+y_{122}+y_{132}+y_{142}+y_{152}+y_{162}+y_{211}+y_{221}+y_{231}+y_{241} \\
 &+y_{251}+y_{261}+y_{212}+y_{222}+y_{232}+y_{242}+y_{252}+y_{262}+y_{311}+y_{321}+y_{331}+y_{341}+y_{351}+y_{361}+y_{312}+y_{322}+y_{332}+y_{342}+y_{352}+y_{362} \\
 &+y_{411}+y_{421}+y_{431}+y_{441}+y_{451}+y_{461}+y_{412}+y_{422}+y_{432}+y_{442}+y_{452}+y_{462}+y_{511}+y_{521}+y_{531}+y_{541}+y_{551}+y_{561}+y_{512}+y_{522}+y_{532}+y_{542}+y_{552}+y_{562} \geq 210.000
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &z_{113}+z_{123}+z_{133}+z_{143}+z_{153}+z_{163}+z_{213}+z_{223}+z_{233}+z_{243}+z_{253}+z_{263}+z_{313}+z_{323}+z_{333}+z_{343}+z_{353}+z_{363} \\
 &+z_{413}+z_{423}+z_{433}+z_{443}+z_{453}+z_{463} \geq 125.000
 \end{aligned}$$

3. Bir aylık dönemde üretilen karolar içerisinde defolu olanların toplamı, aylık toplam defolu karo sayısını aşamaz.

$$\begin{aligned}
 &0.025(x_{113}+x_{123}+x_{133}+x_{143}+x_{153}+x_{163}+x_{213}+x_{223}+x_{233}+x_{243}+x_{253}+x_{263})+0.03(y_{111}+y_{121} \\
 &+y_{131}+y_{141}+y_{151}+y_{161}+y_{112}+y_{122}+y_{132}+y_{142}+y_{152}+y_{162}+y_{211}+y_{221}+y_{231}+y_{241}+y_{251}+y_{261}+y_{212}+y_{222}+y_{232}+y_{242}+y_{252}+y_{262} \\
 &+y_{311}+y_{321}+y_{331}+y_{341}+y_{351}+y_{361}+y_{312}+y_{322}+y_{332}+y_{342}+y_{352}+y_{362}+y_{411}+y_{421}+y_{431} \\
 &+y_{441}+y_{451}+y_{461}+y_{412}+y_{422}+y_{432}+y_{442}+y_{452}+y_{462}+y_{511}+y_{521}+y_{531}+y_{541}+y_{551}+y_{561}+y_{512}+y_{522}+y_{532}+y_{542}+y_{552}+y_{562})+0.01(z_{113}+z_{123}+z_{133}+z_{143}+z_{153}+z_{163}+z_{213}+z_{223}+z_{233}+z_{243}+z_{253}+z_{263}+z_{313}+z_{323}+z_{333}+z_{343}+z_{353}+z_{363}+z_{413}+z_{423}+z_{433}+z_{443}+z_{453}+z_{463}) \leq 21.600
 \end{aligned}$$

4. Bir aylık dönemde sevk edilen karo sayısı, en az 600.000 m² olmalıdır.

$$0.098(x_{113}+x_{123}+x_{133}+x_{143}+x_{153}+x_{163}+x_{213}+x_{223}+x_{233}+x_{243}+x_{253}+x_{263})+0.073(y_{111}+y_{121}+y_{131}+y_{141}+y_{151}+y_{161}+y_{122}+y_{132}+y_{142}+y_{152}+y_{162}+y_{211}+y_{221}+y_{231}+y_{241}+y_{261}+y_{212}+y_{222}+y_{232}+y_{242}+y_{262}+y_{311}+y_{321}+y_{331}+y_{341}+y_{361}+y_{312}+y_{322}+y_{332}+y_{342}+y_{362}+y_{411}+y_{421}+y_{431}+y_{441}+y_{461}+y_{412}+y_{422}+y_{432}+y_{442}+y_{462}+y_{511}+y_{541}+y_{512}+y_{542})+0.083(z_{113}+z_{123}+z_{133}+z_{143}+z_{153}+z_{163}+z_{213}+z_{223}+z_{233}+z_{243}+z_{313}+z_{343}+z_{353}+z_{413}+z_{443}) \geq 600.000$$

5. Karoların aylık olarak her bir preste kalma süresi, preslerin aylık elverişli süresini aşamaz. Pres ünitesine ilişkin hesaplamalar EK 2' de verilmiştir.

$$0.2052x_{113}+0.2052x_{213}+0.1641y_{111}+0.1641y_{211}+0.1641y_{311}+0.1641y_{411}+0.1641y_{511}+0.1641y_{112}+0.1641y_{212}+0.1641y_{312}+0.1641y_{412}+0.1641y_{512}+0.1492z_{113}+0.1492z_{213}+0.1492z_{313}+0.1492z_{413} \leq 32500$$

$$0.2052x_{123}+0.2052x_{223}+0.1641y_{121}+0.1641y_{122}+0.1641y_{221}+0.1641y_{222}+0.1641y_{321}+0.1641y_{322}+0.1641y_{421}+0.1641y_{422}+0.1492z_{123}+0.1492z_{223} \leq 25470$$

$$0.2052x_{133}+0.2052x_{233}+0.1641y_{131}+0.1641y_{132}+0.1641y_{231}+0.1641y_{232}+0.1641y_{331}+0.1641y_{332}+0.1641y_{431}+0.1641y_{432}+0.1492z_{133}+0.1492z_{233} \leq 25470$$

$$0.2052x_{143}+0.2052x_{243}+0.1641y_{141}+0.1641y_{142}+0.1641y_{241}+0.1641y_{242}+0.1641y_{341}+0.1641y_{342}+0.1641y_{441}+0.1641y_{442}+0.1641y_{541}+0.1641y_{542}+0.1492z_{143}+0.1492z_{243}+0.1492z_{343}+0.1492z_{443} \leq 25470$$

$$0.2052x_{153}+0.2052x_{253}+0.1641y_{151}+0.1641y_{152}+0.1492z_{153}+0.1492z_{253}+0.1492z_{353} \leq 25470$$

$$0.2052x_{163}+0.2052x_{263}+0.1641y_{161}+0.1641y_{162}+0.1641y_{261}+0.1641y_{262}+0.1641y_{361}+0.1641y_{362}+0.1641y_{461}+0.1641y_{462}+0.1492z_{263} \leq 32500$$

6. Karoların aylık olarak her bir sırlama hattında kalma süresi, sırlama hatlarının aylık elverişli süresini aşamaz. Sırlama ünitesine ilişkin hesaplamalar EK 3' de verilmiştir.

$$0.4480x_{113}+0.4480x_{213}+0.3586y_{111}+0.3586y_{112}+0.3586y_{211}+0.3586y_{212} \\ +0.3586y_{311}+0.3586y_{312}+0.3586y_{411}+0.3586y_{412}+0.3586y_{511}+0.3586y_{512} \\ +0.3259z_{113}+0.3259z_{213}+0.3259z_{313}+0.3259z_{413} \leq 20250$$

$$0.3201x_{123}+0.4073x_{223}+0.2109y_{121}+0.2109y_{122}+0.2759y_{221}+0.2759y_{222} \\ +0.2759y_{321}+0.2759y_{322}+0.2759y_{421}+0.2759y_{422}+0.2328z_{123}+0.2328z_{223} \\ \leq 20250$$

$$0.3201x_{133}+0.4073x_{233}+0.2109y_{131}+0.2109y_{132}+0.2758y_{231}+0.2758y_{232} \\ +0.2758y_{331}+0.2758y_{332}+0.2758y_{431}+0.2758y_{432}+0.2328z_{133}+0.2328z_{233} \\ \leq 20250$$

$$0.4480x_{143}+0.4480x_{243}+0.3586y_{141}+0.3586y_{142}+0.3586y_{241}+0.3586y_{242} \\ +0.3586y_{341}+0.3586y_{342}+0.3586y_{441}+0.3586y_{442}+0.3259z_{143} \leq 20250$$

$$0.4480x_{143}+0.4480x_{243}+0.3586y_{141}+0.3586y_{142}+0.3586y_{241}+0.3586y_{242} \\ +0.3586y_{341}+0.3586y_{342}+0.3586y_{441}+0.3586y_{442}+0.3586y_{541}+0.3586y_{542} \\ +0.3259z_{143}+0.3259z_{243}+0.3259z_{343}+0.3259z_{443} \leq 36450$$

$$0.4480x_{153}+0.2109y_{151}+0.2109y_{152}+0.1917z_{153} \leq 20250$$

$$0.4480x_{163}+0.4073x_{263}+0.2109y_{161}+0.2109y_{162}+0.2758y_{261}+0.2758y_{262} \\ +0.2758y_{361}+0.2758y_{362}+0.2758y_{461}+0.2758y_{462}+0.1917z_{263} \leq 20250$$

7. Karoların aylık olarak her bir fırında kalma süresi, fırınların aylık elverişli süresini aşamaz. Fırın ünitesine ilişkin hesaplamalar EK 4' de verilmiştir.

$$\begin{aligned}
&0.2268y_{111}+0.2268y_{121}+0.2268y_{131}+0.2268y_{141}+0.2268y_{151}+0.2268y_{161} \\
&+0.2268y_{211}+0.2268y_{221}+0.2268y_{231}+0.2268y_{241}+0.2268y_{261}+0.2268y_{311} \\
&+0.2268y_{321}+0.2268y_{331}+0.2268y_{341}+0.2268y_{361}+0.2268y_{411}+0.2268y_{421} \\
&+0.2268y_{431}+0.2268y_{441}+0.2268y_{461}+0.2268y_{511}+0.2268y_{541} \leq 40020
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&0.2268y_{112}+0.2268y_{122}+0.2268y_{132}+0.2268y_{142}+0.2268y_{152}+0.2268y_{162} \\
&+0.2268y_{212}+0.2268y_{222}+0.2268y_{232}+0.2268y_{242}+0.2268y_{262}+0.2268y_{312} \\
&+0.2268y_{322}+0.2268y_{332}+0.2268y_{342}+0.2268y_{362}+0.2268y_{412}+0.2268y_{422} \\
&+0.2268y_{432}+0.2268y_{442}+0.2268y_{462}+0.2268y_{512}+0.2268y_{542} \leq 40560
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&0.3464x_{113}+0.3464x_{123}+0.3464x_{133}+0.3464x_{143}+0.3464x_{153}+0.3464x_{163} \\
&+0.3464x_{213}+0.3464x_{223}+0.3464x_{233}+0.3464x_{243}+0.3464x_{253}+0.3464x_{263} \\
&+0.3576z_{113}+0.3576z_{123}+0.3576z_{133}+0.3576z_{143}+0.3576z_{153}+0.3576z_{213} \\
&+0.3576z_{223}+0.3576z_{233}+0.3576z_{243}+0.3576z_{263}+0.3576z_{313}+0.3576z_{343} \\
&+0.3576z_{353}+0.3576z_{413}+0.3576z_{443} \leq 66000
\end{aligned}$$

8. Karoların aylık olarak her bir paketleme hatlarında kalma süresi, paketleme hatlarının aylık elverişli süresini aşamaz. Paketleme ünitesine ilişkin hesaplamalar EK 5' de verilmiştir.

$$\begin{aligned}
&0.2466x_{113}+0.2466x_{123}+0.2466x_{133}+0.2466x_{143}+0.2466x_{153}+0.2466x_{163} \\
&+0.2466x_{213}+0.2466x_{223}+0.2466x_{233}+0.2466x_{243}+0.2466x_{253}+0.2466x_{263} \\
&+0.1818y_{111}+0.1818y_{121}+0.1818y_{131}+0.1818y_{141}+0.1818y_{151}+0.1818y_{161} \\
&+0.1818y_{112}+0.1818y_{122}+0.1818y_{132}+0.1818y_{142}+0.1818y_{152}+0.1818y_{162} \\
&+0.1818y_{211}+0.1818y_{221}+0.1818y_{231}+0.1818y_{241}+0.1818y_{261}+0.1818y_{212} \\
&+0.1818y_{222}+0.1818y_{232}+0.1818y_{242}+0.1818y_{262}+0.1818y_{311}+0.1818y_{321} \\
&+0.1818y_{331}+0.1818y_{341}+0.1818y_{361}+0.1818y_{312}+0.1818y_{322}+0.1818y_{332} \\
&+0.1818y_{342}+0.1818y_{362}+0.1818y_{411}+0.1818y_{421}+0.1818y_{431}+0.1818y_{441} \\
&+0.1818y_{461}+0.1818y_{412}+0.1818y_{422}+0.1818y_{432}+0.1818y_{442}+0.1818y_{462} \\
&+0.1818y_{511}+0.1818y_{541}+0.1818y_{512}+0.1818y_{542}+0.1344z_{113}+0.1344z_{123} \\
&+0.1344z_{133}+0.1344z_{143}+0.1344z_{153}+0.1344z_{213}+0.1344z_{223}+0.1344z_{233} \\
&+0.1344z_{243}+0.1344z_{263}+0.1344z_{313}+0.1344z_{343}+0.1344z_{353}+0.1344z_{413} \\
&+0.1344z_{443} \leq 137700
\end{aligned}$$

9. 15x20 boyutlu karoların her bir tipinden aylık en az 10.000 m² üretilmelidir. 20x25 boyutlu karoların; birinci tipinden aylık en az 30000 m², ikinci ve dördüncü tipinden en az 25000 m², üçüncü tipinden en az 20000 m², beşinci tipinden ise en az 15000 m² üretilmelidir. 25x33 boyutlu karoların, birinci tipinden aylık en az 18000 m², ikinci tipinden en az 35000 m², üçüncü tipinden en az 20000 m², dördüncü tipinden ise 10000 m² üretilmelidir.

$$X_{113}+X_{123}+X_{133}+X_{143}+X_{153}+X_{163} \geq 10000$$

$$X_{213}+X_{223}+X_{233}+X_{243}+X_{253}+X_{263} \geq 10000$$

$$Y_{111}+Y_{121}+Y_{131}+Y_{141}+Y_{151}+Y_{161}+Y_{112}+Y_{122}+Y_{132}+Y_{142}+Y_{152}+Y_{162} \geq 30000$$

$$Y_{211}+Y_{221}+Y_{231}+Y_{241} +Y_{261}+Y_{212}+Y_{222}+Y_{232}+Y_{242} +Y_{262} \geq 25000$$

$$Y_{311}+Y_{321}+Y_{331}+Y_{341} +Y_{361}+Y_{312}+Y_{322}+Y_{332}+Y_{342} +Y_{362} \geq 20000$$

$$Y_{411}+Y_{421}+Y_{431}+Y_{441} +Y_{461}+Y_{412}+Y_{422}+Y_{432}+Y_{442} +Y_{462} \geq 25000$$

$$Y_{511}+Y_{541} +Y_{512}+Y_{542} \geq 15000$$

$$Z_{113}+Z_{123} +Z_{133}+Z_{143}+Z_{153}+Z_{163} \geq 18000$$

$$Z_{213}+Z_{223} +Z_{233}+Z_{243}+Z_{263} \geq 35000$$

$$Z_{313}+Z_{343}+Z_{353} \geq 20000$$

$$Z_{413}+Z_{443} \geq 10000$$

$$x_{ijk}, y_{ijk}, z_{ijk} \geq 0$$

Belirlenen kısıtlayıcılar dahilinde doğrusal hedef programlama modelinin açık yazılımı aşağıdaki gibidir:

$$\text{Min } z = d_1^-$$

$$\text{Min } z = d_2^- + d_3^- + d_4^-$$

$$\text{Min } z = d_5^+$$

$$\text{Min } z = d_6^-$$

$$\text{Min } Z = d_7^+ + d_8^+ + d_9^+ + d_{10}^+ + d_{11}^+ + d_{12}^+$$

$$\text{Min } z = d_{13}^+ + d_{14}^+ + d_{15}^+ + d_{16}^+ + d_{17}^+ + d_{18}^+ + d_{19}^+$$

$$\text{Min } z = d_{20}^+ + d_{21}^+ + d_{22}^+ + d_{23}^+$$

$$\text{Min } z = d_{24}^- + d_{25}^- + d_{26}^- + d_{27}^- + d_{28}^- + d_{29}^- + d_{30}^- + d_{31}^- + d_{32}^- + d_{33}^- + d_{34}^-$$

Kısıtlayıcılar

$$\begin{aligned} &624400(x_{113}+x_{123}+x_{133}+x_{143}+x_{153}+x_{163})+658200(x_{213}+x_{223}+x_{233}+x_{243}+x_{253}+x_{263}) \\ &+590800(y_{111}+y_{121}+y_{131}+y_{141}+y_{151}+y_{161}+y_{112}+y_{122}+y_{132}+y_{142}+y_{152}+y_{162}) \\ &+696200(y_{211}+y_{221}+y_{231}+y_{241}+y_{261}+y_{212}+y_{222}+y_{232}+y_{242}+y_{262})+713000(y_{311}+y_{321} \\ &+y_{311}+y_{341}+y_{361}+y_{312}+y_{322}+y_{332}+y_{342}+y_{362})+773800(y_{411}+y_{421}+y_{431}+y_{441}+y_{461} \\ &+y_{412}+y_{422}+y_{432}+y_{442}+y_{462})+789400(y_{511}+y_{541}+y_{512}+y_{542})+622400(z_{113}+z_{123}+ \\ &z_{133}+z_{143}+z_{153}+z_{163})+977400(z_{213}+z_{223}+z_{233}+z_{243}+z_{263})+966600(z_{313}+z_{343}+ \\ &z_{353})+1106200(z_{413}+z_{443}) + d_1^- - d_1^+ = 5.000.000.000.000.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &x_{113}+x_{123}+x_{133}+x_{143}+x_{153}+x_{163}+x_{213}+x_{223}+x_{233}+x_{243}+x_{253}+x_{263}+ d_2^- - d_2^+ = 40000 \\ &y_{111}+y_{121}+y_{131}+y_{141}+y_{151}+y_{161}+y_{122}+y_{132}+y_{142}+y_{152}+y_{162}+y_{211}+y_{221}+y_{231}+y_{241} \\ &+y_{261}+y_{212}+y_{222}+y_{232}+y_{242}+y_{262}+y_{311}+y_{321}+y_{331}+y_{341}+y_{361}+y_{312}+y_{322}+y_{332}+y_{342}+y_{362} \\ &+y_{411}+y_{421}+y_{431}+y_{441}+y_{461}+y_{412}+y_{422}+y_{432}+y_{442}+y_{462}+y_{511}+y_{541}+y_{512}+y_{542}+ d_3^- - d_3^+ \\ &= 210.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &z_{113}+z_{123}+z_{133}+z_{143}+z_{153}+z_{163}+z_{213}+z_{223}+z_{233}+z_{243}+z_{263}+z_{313}+z_{343}+z_{353}+z_{413} \\ &+z_{443}+ d_4^- - d_4^+ = 125.000 \end{aligned}$$

$$0.025(x_{113}+x_{123}+x_{133}+x_{143}+x_{153}+x_{163}+x_{213}+x_{223}+x_{233}+x_{243}+x_{253}+x_{263})+0.03(y_{111}+y_{121}+y_{131}+y_{141}+y_{151}+y_{161}+y_{122}+y_{132}+y_{142}+y_{152}+y_{162}+y_{211}+y_{221}+y_{231}+y_{241}+y_{261}+y_{212}+y_{222}+y_{232}+y_{242}+y_{262}+y_{311}+y_{321}+y_{331}+y_{341}+y_{361}+y_{312}+y_{322}+y_{332}+y_{342}+y_{362}+y_{411}+y_{421}+y_{431}+y_{441}+y_{461}+y_{412}+y_{422}+y_{432}+y_{442}+y_{462}+y_{511}+y_{541}+y_{512}+y_{542})+0.01(z_{113}+z_{123}+z_{133}+z_{143}+z_{153}+z_{163}+z_{213}+z_{223}+z_{233}+z_{243}+z_{313}+z_{343}+z_{353}+z_{413}+z_{443})+d_5^--d_5^+=21.600$$

$$0.098(x_{113}+x_{123}+x_{133}+x_{143}+x_{153}+x_{163}+x_{213}+x_{223}+x_{233}+x_{243}+x_{253}+x_{263})+0.073(y_{111}+y_{121}+y_{131}+y_{141}+y_{151}+y_{161}+y_{122}+y_{132}+y_{142}+y_{152}+y_{162}+y_{211}+y_{221}+y_{231}+y_{241}+y_{261}+y_{212}+y_{222}+y_{232}+y_{242}+y_{262}+y_{311}+y_{321}+y_{331}+y_{341}+y_{361}+y_{312}+y_{322}+y_{332}+y_{342}+y_{362}+y_{411}+y_{421}+y_{431}+y_{441}+y_{461}+y_{412}+y_{422}+y_{432}+y_{442}+y_{462}+y_{511}+y_{541}+y_{512}+y_{542})+0.083(z_{113}+z_{123}+z_{133}+z_{143}+z_{153}+z_{163}+z_{213}+z_{223}+z_{233}+z_{243}+z_{313}+z_{343}+z_{353}+z_{413}+z_{443})+d_6^--d_6^+=600.000$$

$$0.2052x_{113}+0.2052x_{213}+0.1641y_{111}+0.1641y_{211}+0.1641y_{311}+0.1641y_{411}+0.1641y_{511}+0.1641y_{112}+0.1641y_{212}+0.1641y_{312}+0.1641y_{412}+0.1641y_{512}+0.1492z_{113}+0.1492z_{213}+0.1492z_{313}+0.1492z_{413}+d_7^--d_7^+=32500$$

$$0.2052x_{123}+0.2052x_{223}+0.1641y_{121}+0.1641y_{122}+0.1641y_{221}+0.1641y_{222}+0.1641y_{321}+0.1641y_{322}+0.1641y_{421}+0.1641y_{422}+0.1492z_{123}+0.1492z_{223}+d_8^--d_8^+=25470$$

$$0.2052x_{133}+0.2052x_{233}+0.1641y_{131}+0.1641y_{132}+0.1641y_{231}+0.1641y_{232}+0.1641y_{331}+0.1641y_{332}+0.1641y_{431}+0.1641y_{432}+0.1492z_{133}+0.1492z_{233}+d_9^--d_9^+=25470$$

$$0.2052x_{143}+0.2052x_{243}+0.1641y_{141}+0.1641y_{142}+0.1641y_{241}+0.1641y_{242}+0.1641y_{341}+0.1641y_{342}+0.1641y_{441}+0.1641y_{442}+0.1641y_{541}+0.1641y_{542}+0.1492z_{143}+0.1492z_{243}+0.1492z_{343}+0.1492z_{443}+d_{10}^--d_{10}^+=25470$$

$$0.2052x_{153}+0.2052x_{253}+0.1641y_{151}+0.1641y_{152}+0.1492z_{153}+0.1492z_{253}+0.1492z_{353}+d_{11}^--d_{11}^+=25470$$

$$0.2052x_{163}+0.2052x_{263}+0.1641y_{161}+0.1641y_{162}+0.1641y_{261}+0.1641y_{262} \\ +0.1641y_{361}+0.1641y_{362}+0.1641y_{461}+0.1641y_{462}+0.1492z_{263} +d_{12}^{-}-d_{12}^{+} \\ =32500$$

$$0.4480x_{113}+0.4480x_{213}+0.3586y_{111}+0.3586y_{112}+0.3586y_{211}+0.3586y_{212} \\ +0.3586y_{311}+0.3586y_{312}+0.3586y_{411}+0.3586y_{412}+0.3586y_{511}+0.3586y_{512} \\ +0.3259z_{113}+0.3259z_{213}+0.3259z_{313}+0.3259z_{413} + d_{13}^{-}-d_{13}^{+} =20250$$

$$0.3201x_{123}+0.4073x_{223}+0.2109y_{121}+0.2109y_{122}+0.2759y_{221}+0.2759y_{222} \\ +0.2759y_{321}+0.2759y_{322}+0.2759y_{421}+0.2759y_{422} +0.2328z_{123}+0.2328z_{223} \\ +d_{14}^{-}-d_{14}^{+} = 20250$$

$$0.3201x_{133}+0.4073x_{233}+0.2109y_{131}+0.2109y_{132}+0.2758y_{231}+0.2758y_{232} \\ +0.2758y_{331}+0.2758y_{332}+0.2758y_{431}+0.2758y_{432}+0.2328z_{133}+0.2328z_{233} \\ + d_{15}^{-}-d_{15}^{+} =20250$$

$$0.4480x_{143}+0.4480x_{243}+0.3586y_{141}+0.3586y_{142}+0.3586y_{241}+0.3586y_{242} \\ +0.3586y_{341}+0.3586y_{342}+0.3586y_{441}+0.3586y_{442}+0.3259z_{143}+ d_{16}^{-}-d_{16}^{+} \\ =20250$$

$$0.4480x_{143}+0.4480x_{243}+0.3586y_{141}+0.3586y_{142}+0.3586y_{241}+0.3586y_{242} \\ +0.3586y_{341}+0.3586y_{342}+0.3586y_{441}+0.3586y_{442}+0.3586y_{541}+0.3586y_{542} \\ +0.3259z_{143}+0.3259z_{243}+0.3259z_{343}+0.3259z_{443} + d_{17}^{-}-d_{17}^{+} =36450$$

$$0.4480x_{153}+0.2109y_{151}+0.2109y_{152}+0.1917z_{153} +d_{18}^{-}-d_{18}^{+} = 20250$$

$$0.4480x_{163}+0.4073x_{263}+0.2109y_{161}+0.2109y_{162}+0.2758y_{261}+0.2758y_{262} \\ +0.2758y_{361}+0.2758y_{362}+0.2758y_{461}+0.2758y_{462}+0.1917z_{263}+d_{19}^{-}-d_{19}^{+} \\ = 20250$$

$$\begin{aligned}
&0.2268y_{111}+0.2268y_{121}+0.2268y_{131}+0.2268y_{141}+0.2268y_{151}+0.2268y_{161} \\
&+0.2268y_{211}+0.2268y_{221}+0.2268y_{231}+0.2268y_{241}+0.2268y_{261}+0.2268y_{311} \\
&+0.2268y_{321}+0.2268y_{331}+0.2268y_{341}+0.2268y_{361}+0.2268y_{411}+0.2268y_{421} \\
&+0.2268y_{431}+0.2268y_{441}+0.2268y_{461}+0.2268y_{511}+0.2268y_{541}+d_{20}^{-}-d_{20}^{+}=40020
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&0.2268y_{112}+0.2268y_{122}+0.2268y_{132}+0.2268y_{142}+0.2268y_{152}+0.2268y_{162} \\
&+0.2268y_{212}+0.2268y_{222}+0.2268y_{232}+0.2268y_{242}+0.2268y_{262}+0.2268y_{312} \\
&+0.2268y_{322}+0.2268y_{332}+0.2268y_{342}+0.2268y_{362}+0.2268y_{412}+0.2268y_{422} \\
&+0.2268y_{432}+0.2268y_{442}+0.2268y_{462}+0.2268y_{512}+0.2268y_{542}+d_{21}^{-}-d_{21}^{+}=40560
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&0.3464x_{113}+0.3464x_{123}+0.3464x_{133}+0.3464x_{143}+0.3464x_{153}+0.3464x_{163} \\
&+0.3464x_{213}+0.3464x_{223}+0.3464x_{233}+0.3464x_{243}+0.3464x_{253}+0.3464x_{263} \\
&+0.3576z_{113}+0.3576z_{123}+0.3576z_{133}+0.3576z_{143}+0.3576z_{153}+0.3576z_{213} \\
&+0.3576z_{223}+0.3576z_{233}+0.3576z_{243}+0.3576z_{263}+0.3576z_{313}+0.3576z_{343} \\
&+0.3576z_{353}+0.3576z_{413}+0.3576z_{443}+d_{22}^{-}-d_{22}^{+}=66000
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&0.2466x_{113}+0.2466x_{123}+0.2466x_{133}+0.2466x_{143}+0.2466x_{153}+0.2466x_{163} \\
&+0.2466x_{213}+0.2466x_{223}+0.2466x_{233}+0.2466x_{243}+0.2466x_{253}+0.2466x_{263} \\
&+0.1818y_{111}+0.1818y_{121}+0.1818y_{131}+0.1818y_{141}+0.1818y_{151}+0.1818y_{161} \\
&+0.1818y_{112}+0.1818y_{122}+0.1818y_{132}+0.1818y_{142}+0.1818y_{152}+0.1818y_{162} \\
&+0.1818y_{211}+0.1818y_{221}+0.1818y_{231}+0.1818y_{241}+0.1818y_{261}+0.1818y_{212} \\
&+0.1818y_{222}+0.1818y_{232}+0.1818y_{242}+0.1818y_{262}+0.1818y_{311}+0.1818y_{321} \\
&+0.1818y_{331}+0.1818y_{341}+0.1818y_{361}+0.1818y_{312}+0.1818y_{322}+0.1818y_{332} \\
&+0.1818y_{342}+0.1818y_{362}+0.1818y_{411}+0.1818y_{421}+0.1818y_{431}+0.1818y_{441} \\
&+0.1818y_{461}+0.1818y_{412}+0.1818y_{422}+0.1818y_{432}+0.1818y_{442}+0.1818y_{462} \\
&+0.1818y_{511}+0.1818y_{541}+0.1818y_{512}+0.1818y_{542}+0.1344z_{113}+0.1344z_{123} \\
&+0.1344z_{133}+0.1344z_{143}+0.1344z_{153}+0.1344z_{213}+0.1344z_{223}+0.1344z_{233} \\
&+0.1344z_{243}+0.1344z_{263}+0.1344z_{313}+0.1344z_{343}+0.1344z_{353}+0.1344z_{413} \\
&+0.1344z_{443}+d_{23}^{-}-d_{23}^{+}=137700
\end{aligned}$$

$$X_{113}+X_{123}+X_{133}+X_{143}+X_{153}+X_{163}+ d_{24}^{-}-d_{24}^{+}=10000$$

$$X_{213}+X_{223}+X_{233}+X_{243}+X_{253}+X_{263}+ d_{25}^{-}-d_{25}^{+}= 10000$$

$$Y_{111}+Y_{121}+Y_{131}+Y_{141}+Y_{151}+Y_{161}+Y_{112}+Y_{122}+Y_{132}+Y_{142}+Y_{152}+Y_{162} \\ + d_{26}^{-}-d_{26}^{+}=30000$$

$$Y_{211}+Y_{221}+Y_{231}+Y_{241} +Y_{261}+Y_{212}+Y_{222}+Y_{232}+Y_{242} +Y_{262} + d_{27}^{-}-d_{27}^{+}= 25000$$

$$Y_{311}+Y_{321}+Y_{331}+Y_{341} +Y_{361}+Y_{312}+Y_{322}+Y_{332}+Y_{342} +Y_{362} + d_{28}^{-}-d_{28}^{+}= 20000$$

$$Y_{411}+Y_{421}+Y_{431}+Y_{441} +Y_{461}+Y_{412}+Y_{422}+Y_{432}+Y_{442} +Y_{462} + d_{29}^{-}-d_{29}^{+}= 25000$$

$$Y_{511}+Y_{541} +Y_{512}+Y_{542}+ d_{30}^{-}-d_{30}^{+}=15000$$

$$Z_{113}+Z_{123} +Z_{133}+Z_{143}+Z_{153}+Z_{163}+ d_{31}^{-}-d_{31}^{+}=18000$$

$$Z_{213}+Z_{223} +Z_{233}+Z_{243}+Z_{263}+ d_{32}^{-}-d_{32}^{+}=35000$$

$$Z_{313}+Z_{343}+Z_{353}+ d_{33}^{-}-d_{33}^{+}=20000$$

$$Z_{413}+Z_{443}+ d_{34}^{-}-d_{34}^{+}=10000$$

$$x_{ijk}, y_{ijk}, z_{ijk} \geq 0$$

$$d_t^{-}, d_t^{+} = 0, \forall t$$

$$d_t^{-}, d_t^{+} \geq 0, \forall t$$

3.5. Modelin Çözümü

Modelin çözümü için QS paket programından yararlanılmıştır. Bu paket program, karar değişkeni ve kısıtlayıcı sayısının çok olduğu doğrusal hedef programlama problemlerinin değiştirilmiş Simpleks tekniği ile çözümünü sağlamaktadır. Model, belirlenen önceliklere göre çözülmüş, daha sonra öncelik sıraları değiştirilerek hedeflere ulaşılmaya çalışılmıştır.

3.5.1. Belirlenen Önceliklere Göre Modelin Çözümü

Doğrusal hedef programlama modelinin QS ile çözümünde, önceliklerine göre hedeflere ulaşılmaya çalışılır. Hedeflere ulaşmada, bir üst öncelikli

hedefin en iyiliği bozulmaması istenmektedir. Modelin başlangıçta belirlenen önceliklere göre çözümü sonunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

$$\begin{aligned}
 x_{113} &= 10000 (X_1 \text{ ürününden 1. Preste ve 3. Fırında üretilecek miktar}) \\
 x_{253} &= 35851.68 (X_2 \text{ ürününden 5. Preste ve 3. Fırında üretilecek miktar}) \\
 y_{151} &= 3930.11 (Y_1 \text{ ürününden 5. Preste ve 1. Fırında üretilecek miktar}) \\
 y_{151} &= 26069.89 (Y_1 \text{ ürününden 5. Preste ve 1. Fırında üretilecek miktar}) \\
 y_{222} &= 25000 (Y_2 \text{ ürününden 2. Preste ve 2. Fırında üretilecek miktar}) \\
 y_{311} &= 42783.51 (Y_3 \text{ ürününden 1. Preste ve 1. Fırında üretilecek miktar}) \\
 y_{342} &= 56469.61 (Y_3 \text{ ürününden 4. Preste ve 2. Fırında üretilecek miktar}) \\
 y_{421} &= 48369.16 (Y_4 \text{ ürününden 2. Preste ve 1. Fırında üretilecek miktar}) \\
 y_{461} &= 49095.36 (Y_4 \text{ ürününden 6. Preste ve 1. Fırında üretilecek miktar}) \\
 y_{432} &= 71296.48 (Y_4 \text{ ürününden 3. Preste ve 2. Fırında üretilecek miktar}) \\
 y_{541} &= 32249.91 (Y_5 \text{ ürününden 4. Preste ve 1. Fırında üretilecek miktar}) \\
 z_{133} &= 2519.03 (Z_1 \text{ ürününden 3. Preste ve 3. Fırında üretilecek miktar}) \\
 z_{153} &= 72629.11 (Z_1 \text{ ürününden 5. Preste ve 3. Fırında üretilecek miktar}) \\
 z_{163} &= 80327.76 (Z_1 \text{ ürününden 6. Preste ve 3. Fırında üretilecek miktar}) \\
 z_{263} &= 35000 (Z_2 \text{ ürününden 6. Preste ve 3. Fırında üretilecek miktar}) \\
 z_{343} &= 4222.72 (Z_3 \text{ ürününden 4. Preste ve 3. Fırında üretilecek miktar}) \\
 z_{353} &= 15777.28 (Z_3 \text{ ürününden 5. Preste ve 3. Fırında üretilecek miktar}) \\
 z_{443} &= 10000 (Z_4 \text{ ürününden 4. Preste ve 3. Fırında üretilecek miktar})
 \end{aligned}$$

Doğrusal hedef programlama modelinin belirlenen önceliklere göre çözümü sonucunda, hedeflerin tümüne ulaşılmıştır. Çözüm sonuçları EK 6' da verilmiştir. Buna göre 15x20'lik karoların aylık üretim miktarları; X_1 ürün grubundan aylık 10000 m² ve X_2 ürün grubundan 35851.68 m² olmak üzere toplam 45851.68 m² olarak bulunmuştur. 20x25'lik karoların aylık üretim miktarları ise; Y_1 ürün grubundan aylık 30010 m², Y_2 ürün grubundan 25000 m², Y_3 ürün grubundan 99253.12 m², Y_4 ürün grubundan 168761 m² ve Y_5 ürün grubundan 32249.91 m² olmak üzere toplam 355274.03 m² dir. 25x33'lük karoların aylık üretim miktarları ise; Z_1 ürün grubundan aylık 155475.9 m², Z_2

ürün grubundan 35000 m², Z₃ ürün grubundan 20000 m² ve Z₄ ürün grubundan 10000 m² olup toplam 220475.9 m² dir.

3.5.2. Farklı Önceliklere Göre Modelin Çözümü

Karar vericilere hedeflere ilişkin farklı öncelik sıraları seçenek olarak sunulmuştur. Bu seçeneklerden birincisi, hedeflerin öncelik sırası (2-1-3-4-5-6-7-8) olarak değiştirildiğinde, yine hedeflerin tümüne ulaşılmıştır. Bu öncelik sırasına göre çözüm sonucunda elde edilen değerler EK 7'de verilmiştir.

$x_{153}=37303.69$ (X₁ ürününden 5. Preste ve 3. Fırında üretilecek miktar)

$x_{253}=10000$ (X₂ ürününden 5. Preste ve 3. Fırında üretilecek miktar)

$y_{151}=16775.47$ (Y₁ ürününden 5. Preste ve 1. Fırında üretilecek miktar)

$y_{142}=13224.53$ (Y₁ ürününden 4. Preste ve 2. Fırında üretilecek miktar)

$y_{222}=73396.16$ (Y₂ ürününden 2. Preste ve 2. Fırında üretilecek miktar)

$y_{242}=31578.85$ (Y₂ ürününden 4. Preste ve 2. Fırında üretilecek miktar)

$y_{311}=89133.65$ (Y₃ ürününden 1. Preste ve 1. Fırında üretilecek miktar)

$y_{461}=70545.92$ (Y₄ ürününden 6. Preste ve 1. Fırında üretilecek miktar)

$y_{542}=60627.45$ (Y₅ ürününden 4. Preste ve 2. Fırında üretilecek miktar)

$z_{163}=80328.43$ (Z₁ ürününden 6. Preste ve 3. Fırında üretilecek miktar)

$z_{213}=18034.18$ (Z₂ ürününden 1. Preste ve 3. Fırında üretilecek miktar)

$z_{243}=12826.88$ (Z₂ ürününden 4. Preste ve 3. Fırında üretilecek miktar)

$z_{263}=4138.94$ (Z₂ ürününden 6. Preste ve 3. Fırında üretilecek miktar)

$z_{313}=20000$ (Z₃ ürününden 1. Preste ve 3. Fırında üretilecek miktar)

$z_{443}=10000$ (Z₄ ürününden 4. Preste ve 3. Fırında üretilecek miktar)

Öncelik sırası (2-1-3-4-5-6-7-8) olarak değiştirilerek çözüldüğünde elde edilen sonuçlara göre; 15x20'lik karoların aylık üretim miktarları; X₁ ürün grubundan aylık 37303 m² ve X₂ ürün grubundan 10000 m² olmak üzere toplam 47303 m² olarak bulunmuştur. 20x25'lik karoların aylık üretim miktarları ise; Y₁ ürün grubundan aylık 30000 m², Y₂ ürün grubundan 104975 m², Y₃ ürün grubundan 89133.65 m², Y₄ ürün grubundan 70545.92 m² ve Y₅ ürün grubundan

60627.45 m² olmak üzere toplam 355282.02 m² dir. 25x33'lük karoların aylık üretim miktarları ise; Z₁ ürün grubundan aylık 80328.43 m², Z₂ ürün grubundan 35000 m², Z₃ ürün grubundan 20000 m² ve Z₄ ürün grubundan 10000 m² olup toplam 145328.43 m² dir.

Hedeflerin öncelik sırası (3-1-2-4-5-6-7-8) olarak alınarak model çözüldüğünde de, (1-2-3-4-5-6-7-8-9) öncelik sırasına göre elde edilen sonuçların aynısı ile karşılaşılmıştır ve tüm hedeflere ulaşılmıştır. Öncelik sırası (4-3-2-1-5-6-7-8) olarak alındığında ise, çözüm sonuçları, (1-2-3-4-5-6-7-8-9) öncelik sırasıyla elde edilen sonuçlar ile aynıdır.

Modelde yer alan hedeflerin öncelik sırası (5-7-8-6-4-3-1-2) olduğunda ise, aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

$$\begin{aligned}
 x_{253} &= 10000 (\text{X}_1 \text{ ürününden 1. Preste ve 3. Fırında üretilecek miktar}) \\
 x_{253} &= 35851.6 (\text{X}_2 \text{ ürününden 5. Preste ve 3. Fırında üretilecek miktar}) \\
 y_{151} &= 3931 (\text{Y}_1 \text{ ürününden 5. Preste ve 1. Fırında üretilecek miktar}) \\
 y_{152} &= 26069.8 (\text{Y}_1 \text{ ürününden 5. Preste ve 2. Fırında üretilecek miktar}) \\
 y_{222} &= 25000 (\text{Y}_2 \text{ ürününden 2. Preste ve 2. Fırında üretilecek miktar}) \\
 y_{311} &= 42783.5 (\text{Y}_3 \text{ ürününden 1. Preste ve 1. Fırında üretilecek miktar}) \\
 y_{342} &= 56469.6 (\text{Y}_3 \text{ ürününden 4. Preste ve 2. Fırında üretilecek miktar}) \\
 y_{421} &= 48396.1 (\text{Y}_4 \text{ ürününden 2. Preste ve 1. Fırında üretilecek miktar}) \\
 y_{461} &= 49095.3 (\text{Y}_4 \text{ ürününden 6. Preste ve 1. Fırında üretilecek miktar}) \\
 y_{541} &= 32249.9 (\text{Y}_5 \text{ ürününden 4. Preste ve 1. Fırında üretilecek miktar}) \\
 z_{133} &= 2519.1 (\text{Z}_1 \text{ ürününden 3. Preste ve 3. Fırında üretilecek miktar}) \\
 z_{153} &= 72629 (\text{Z}_1 \text{ ürününden 5. Preste ve 3. Fırında üretilecek miktar}) \\
 z_{163} &= 80327 (\text{Z}_1 \text{ ürününden 6. Preste ve 3. Fırında üretilecek miktar}) \\
 z_{263} &= 35000 (\text{Z}_2 \text{ ürününden 6. Preste ve 3. Fırında üretilecek miktar}) \\
 z_{343} &= 4222.8 (\text{Z}_3 \text{ ürününden 4. Preste ve 3. Fırında üretilecek miktar}) \\
 z_{353} &= 15777.2 (\text{Z}_3 \text{ ürününden 5. Preste ve 3. Fırında üretilecek miktar}) \\
 z_{443} &= 10000 (\text{Z}_4 \text{ ürününden 4. Preste ve 3. Fırında üretilecek miktar})
 \end{aligned}$$

Öncelik sırası (5-7-8-6-4-3-1-2) olarak değiştirilerek çözüldüğünde elde edilen sonuçlara göre; 15x20'lik karoların aylık üretim miktarları; X_1 ürün grubundan aylık 10000 m² ve X_2 ürün grubundan 35851.6 m² olmak üzere toplam 45851.6 m² olarak bulunmuştur. 20x25'lik karoların aylık üretim miktarları ise; Y_1 ürün grubundan aylık 30000 m², Y_2 ürün grubundan 25000 m², Y_3 ürün grubundan 99253.1 m², Y_4 ürün grubundan 97491.4 m² ve Y_5 ürün grubundan 32249.9 m² olmak üzere toplam 283994.4 m² dir. 25x33'lük karoların aylık üretim miktarları ise; Z_1 ürün grubundan aylık 155475.1 m², Z_2 ürün grubundan 35000 m², Z_3 ürün grubundan 20000 m² ve Z_4 ürün grubundan 10000 m² olup toplam 220475.1 m² dir.

Hedeflerin öncelik sırası (6-5-7-8-1-2-3-4) şeklinde değiştirilerek (7-5-8-6-4-3-1-2) şeklinde değiştirilerek, daha sonra (8-7-6-5-4-1-2-3) şeklinde değiştirilerek model çözülmüştür. Bu öncelik sıralarına göre alınan çözüm değerleri, yukarıdaki (5-7-8-6-4-3-1-2) sıralaması ile elde edilen değerler ile aynı olup EK 8' de verilmiştir.

3.5.3. Çözüm Sonuçlarının Karşılaştırılması

Model, farklı öncelik sıralarındaki hedefler için çözülmüştür. Çözüm sonuçları incelendiğinde tüm hedeflere ulaşıldığı görülmüştür.

İşletme, verilen farklı öncelik sırasındaki hedeflere göre üretimini sürdürebilir. Burada önemli olan husus, işletmenin hedeflerini belirleyerek doğru bir şekilde sıralamasıdır. İşletmede farklı bölümlerdeki yöneticilerle yapılan görüşmelerden ve kaynaklardan alınan bilgiler doğrultusunda doğrusal hedef programlama modeli kurulmuştur. Doğrusal hedef programlama modeli, çoklu ve çelişen hedeflere, öncelik sırasına göre ulaşmaya çalışır. Farklı önceliklerde sıralanmış hedeflere ulaşmaya çalışılmıştır.

Sonuç olarak, işletmelerde karşılaşılan çoklu hedeflere diğer tekniklere göre daha kısa sürede ulaşmayı sağlayan, etkin kullanıma sahip bir teknik olduğu görülmüştür.

SONUÇ

Kütahya Porselen AŞ' nin Duvar seramiği fabrikasında işveren ve yöneticilerden alınan bilgiler ışığında, öncelikli hedefler ve kısıtlayıcılar belirlenerek bir doğrusal hedef programlama modeli kurulmuştur. Modelin QS paket programı ile çözümü sonucunda, karar verici tarafından belirlenen hedeflerin tümüne ulaşıldığı görülmüştür. Hedeflerin öncelik sıralarına ilişkin farklı kombinasyonlar, karar vericiye seçenek olarak sunulmuştur ve bu seçeneklere göre yeni çözüm değerleri elde edilmiştir. Karar verici, işletmenin gereksinimlerine bağlı olarak bu seçenekler arasından seçim yapabileceği gibi, farklı seçenekler de geliştirebilir.

Çalışmamızın işletmeye sağladığı yararlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Karar verici, belirlediği çoklu hedefleri birlikte ele alabilecektir. İşletmelerde karşılaşılan problemler genellikle çoklu hedefler içerir. Doğrusal hedef programlama modeli ve onun etkin bir çözüm tekniği olan Değiştirilmiş Simpleks tekniği, çoklu hedeflerin tatmin edilmesini sağlar. Bilgisayar yazılım ve donanımında hızlı teknolojik gelişmelerle bu modellerin çözümü hızlı ve etkin olarak gerçekleştirilmektedir.

Karar verici, çözüm sonuçlarına bağlı olarak her bir preste, sırlama hattında ve fırında aylık üretilmesi gereken karo miktarlarını görebilecektir. Aylık taleplerin, sevk oranlarının değişmesi durumunda modelde değişiklikler yapılarak model yeniden çözülebilir.

Modelin karar verici tarafından belirlenen önceliklere göre çözümünden elde edilen sonuçlara göre; 15X20 lik karoların birinci ve beşinci preslerde,

20X25 lik karoların tüm preslerde, 25X33 lük karoların ise; üçüncü, dördüncü, beşinci ve altıncı preslerde üretilmesi gerekmektedir.

Bunların yanı sıra, işletmenin hedeflerinde ileriye dönük değişiklikler veya eklemeler olabilir. Bu durumda da, değişiklikler modele eklenerek yeni çözümler elde edilebilir. Modelden sağlıklı sonuçlar elde edilebilmesi için önemli bir husus, işletmenin hedeflerinin doğru bir şekilde belirlenerek sıralanmasıdır.

Sonuç olarak, doğrusal hedef programlama modellerinin çözümünde etkin kullanıma sahip bir teknik olan Değiştirilmiş Simpleks tekniği ele alınmış ve bir seramik işletmesinde uygulanmaya çalışılmıştır. Karar verici, ileriye dönük kararlarında çoklu hedeflerine ulaşmak için bu model ve çözüm tekniğinden yararlanabilecektir.

KAYNAKÇA

- ARANOFISKY Julius S.,
DUTTON John M.,
TAYYABKHAN Michael T
: **Managerial Planning with Linear Programming: In Process Industry Operations**, John Wiley&Sons, Inc., USA, 1978, s.15-17.
- ALADAĞ Zerrin
: "Hedef Programlarda Karar verici Hedeflerine Boyut İndirgeme Yönteminin Uygulanması", **XI. Ulusal Yöneylem Araştırması Kongresi Bildiri Kitabı**, İstanbul, 1987, s.V-62.
- ANDERSON David R.,
SWEENEY Dennis J.,
WILLIAMS Thomas A.
: **An Introduction to Management Science: Quantitative Approaches to Decision Making**, West Publishing Company, USA, 1991, s.12-660.
- ATMACA Ediz
: "Esnek Üretim Sistemi Çevresinde Üretim Planlamasında Amaç Programlaması Yaklaşımı." Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Anadolu Üniversitesi FBE, 1992, s.30-31.
- BAL H.
: "Çoklu Amaçların Çözömlenmesinde Amaç Programlaması Yaklaşımı İle Genleştirilmiş Ters Yaklaşımı ve Yem Sanayinde Bir

Uygulama.” Yayınlanmamış Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi, 1986, s.3-50.

BIERMAN Harold Jr.,
BONINI Charles P.,
HAUSMAN Warren H.

:Quantitative Analysis for Business Decisions, Richard D. Irwin, Inc., 1986, s.4-13.

BOGETOFT Peter,
PRUZAN Peter

:Planning with Multiple Criteria-Investigation, Communication, Choice, Elsevier Science Publishing Company, Inc., New York, 1991, s.5-45.

BUDNICK Frank S.,
MONEJA Richard,
VOLLMANN Thomas E.

:Principles of Operations Research for Management, Richard D. Irwin Inc., USA, 1977, s.351-365.

CHARNES A.,
COOPER W. W.,

:Management Models and Industrial Applications of Linear Programming, Vol.1, John Wiley&Sons,Inc., USA, 1961, s.200-298.

:‘Goal Programming and Multiple Objective Optimizations’, European Journal of Operational Research ,Vol.1,No.1,1977, s.347-362.

COSTA Carlos A Bana

:Readings In Multiple Criteria Decision Aid, Springer Verlag, Berlin, 1990, s.277-350.

- DAELLENBACH Hans G. : **Introduction to Operations Research**
 GEORGE John A. **Techniques**, Allyn and Bacon, Inc., USA,
 1978, s.3-4.
- DANTZIG G. B : **Linear Programming and Extensions**,
 Princeton University Press, New
 Jersey, 1963, s.4-75.
- DAVIS K. Roscoe,, : **Management Science An Introduction**,
 McKEOWN Patrick G., Kent Publishing Company, A Division of
 RAKES Terry R. Wadsworth, Inc., Boston, 1986, s.361-385.
- DOĞRUSÖZ Halim : "Yöneylem Araştırmasında Yeni Bir Yön
 (Paradigma) Önerisi ve Uygulama Girişimleri'
Yöneylem Araştırması ve Endüstri
Mühendisliği Bildiriler 90, ODTÜ, Ankara,
 1990, s.12-14.
- DUNN Robert A., : **Management Science: A Practical**
 RAMSING Kenneth D. **Approach to Decision Making**, Macmillan
 Publishing Company, Inc., USA, 1981, s.65-
 182.
- ESİN Alptekin : **Yöneylem Araştırmasında Kullanılan**
Karar Yöntemleri, Gazi Üniversitesi, Ankara,
 1988, s.12-13.
- EVREN Ramazan : **Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme**, İTÜ
 ÜLENGİN Füsun Yayınları, Sayı:1490, İstanbul, 1992, s.1-85.

- GOICOECHEA A.,
DUCKSTEIN L.,
ZIONTS S. :**Multiple Criteria Decision Making, Proceedings of The Ninth International Confernce: Business, Industry and Government**, Springer-Verlag, New York, inc., 1992, s.174-181.
- GUPTA Shiv K.,
COZZOLINO John M. :**Fundamentals of Operations Research For Management an Introduction to quantitative methods**, Holden Day, Inc., California, 1988, s.95.
- GÜNYAŞAR Varol :**"Çok Amaçlı Pogramlama Yaklaşımları: Bir Değerlendirme", XI. Ulusal Yöneylem Araştırması Bildiri Kitabı**, İstanbul, 1987, s.V.84-V.90.
- HALAÇ Osman :**Kantitatif Karar Verme Teknikleri (Yöneylem Araştırması)**, Evrim Basım Yayım Dağıtım, İstanbul, 1991, s.407-408.
- HAUSSLER Ernest F.,
PAUL Richard S. :**Introductory Mathematical Analysis for Business, Economics and The Life and Social Sciences**, Prentic-Hall, Inc., USA, 1990, s.350-352.
- HUGHES Ann J.,
GRAWIOG Dennis E. :**Linear Programming An Emphasis on Decision Makig**, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1973, s.300-312.

- HWANG Ching-Lai
MdMASUD Abu Syed :**Multiple Objective Decision Making Methods and Applications**, State of The Art Survey, Springer Verlag, Berlin, 1979, s.13-68.
- HWANG Ching-Lai
YOON Kwangsun :**Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems:Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications**, Springer-Verlag, Berlin, 1981, s.2-5.
- IGNIZIO James :**Goal Programming and Extensions**, D. C. Heath and Company, Lexington, 1976, s.1-66.
- IGNIZIO James :**Introduction to Goal Programming**, Sage Publications, Inc., USA, 1985, s.1-25.
- KARA İmdat :**Yöneylem Araştırmasının Yöntembilimi**, Anadolu Üniversitesi Basımevi, Eskişehir, 1985, s.55-56.
- KARA İmdat :**Doğrusal Programlama**, Bilim Teknik Yayınevi, Eskişehir, 1991, s.3,107.
- KEENEY R. L.,
RAIFFA H. :**Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade Offs**, John Wiley&Sons, New York, 1976, s.5-56.

- KOO Delia : **Elements of Optimization with Applications in Economics and Business**, Sptinger Verlag, Inc., New York, 1977, s.64-65.
- KURUÜZÜM Orhan : "Hedef Programlama Algoritmasına Alternatif Bir Yaklaşım ve Bilgisayar Destekli Çözümlerde Esneklik Değerlendirmesi", **XI. Ulusal Yöneylem Araştırması Kongresi Bildiri Kitabı**, 1987, s.V.74-V.75.
- LEE Sang M.,
MOORE Laurence J.,
TAYLOR Bernard W. : **Management Science**, Third Edition, Allyn and Bacon, USA, 1990, s.662-690.
- LEE Sang M.,
MORRIS Richard L. : 'Integer Goal Programming Methods', **TIMS Studies in the Management Sciences 6**, North Holland Publishing Company, 1977, s.273-288.
- LEVIN Richard I.,
KIRKPATRICK Charles A.,
RUBIN David S. : **Quantitative Approaches to Management** Fifth Edition, McGraw-Hill, Kogakusha Ltd., USA, 1982, s.518-523.
- LUENBERGER David G., : **Linear and Nonlinear Programming**, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Canada, 1984, s.1-5.

- LYU J.,
GUNASEKARAN A.,
CHEN C.Y.,
KAO C. : 'A Goal Programming Model for the Coal Blending Problem', **Computers & Industrial Engineering**, Vol. 28, No. 4, Elsevier Science Ltd., Great Britain, 1995, s.861-863.
- MARKLAND R.,
SWEIGART J. : **Quantitative Methods: Applications to Managerial Decision Making**, John Wiley&Sons, Inc., USA, 1987, s.314-327.
- ÖZTÜRK Ahmet : **Yöneylem Araştırması**, Ekin Kitabevi Yayınları, Bursa, 1994, s.1-21.
- PHILLIPS Don T.,
RAVINDRAN A.,
SOLBERG James J. : **Operations Research: Principles and Practice**, John Wiley & Sons, Inc., USA, 1976, s.1-5.
- RAVINDRAN A. : **Operations Research, Principles and Practice**, Second Edition, John Wiley&Sons, New York, 1987, s.205-207.
- RENDER Barry,
STAIR Ralph M. : **Quantitative Analysis for Management**, Fourth Edition, Allyn and Bacon, USA, 1991, s.604-605.
- SAKAROVITCH Michel : **Linear Programming**, Dowden & Culver, Inc., USA, 1983, s.1-3.

- SAYIN Serpil :**Çok Ölçütlü Karar Verme: Yöntemlere Bir Bakış**, **Endüstri Mühendisliği Dergisi**, Cilt:7, Sayı:5, 1996, s.10-16.
- SCHNIEDERJANS Marc J. :**Linear Goal Programming**, Petrocelli Books, Inc., USA, 1984, s.3-107.
- SZIDAROVSKY Ferenc, GERSHON Mark E., DUCKSTEIN Lucien. :**Techniques for Multiobjective Decision Making in Systems Management**, Elsevier Science Publishers B.V., Netherlands, 1986, s.23-315.
- TAHA Hamdy :**Operations Research An Introduction**, Fifth Edition, Simon and Schuster Pte Ltd., Republic of Singapore, 1995, s.15-17.
- TAYLOR Bernard W :**Introduction to Management Science**, Third Edition, Allyn and Bacon, USA, 1990, s.303-326.
- TULUNAY Yılmaz :**Matematik Programlama ve İşletme Uygulamaları**, Sermet Matbaası, İstanbul, 1980, s.1-6.
- VINCKE Philippe, GASSNER Marjorie, ROY Bernard. :**Multicriteria Decision-Aid**, John Wiley and Sons, Ltd., Great Britain, 1992, s.27-38.
- WILLIAMS H. Paul :**Model Building in Mathematical Programming** John Wiley and Sons Ltd., Northern Ireland, 1985, s.20-27.

- YILMAZ Zekai :**Sayısal Yöntemler**, Uludağ Üniversitesi Basımevi, Bursa, 1995, s.53.
- ZELENY Milan :**Multiple Criteria Decision Making**, McGraw-Hill Book Company, New York, 1982, s.225-295.
- ZIONTS Stanley :'Multiple criteria Mathematical Programming:An Updated Overview And Several Approaches', **Multiple Criteria Decision Making and Risk Analysis Using Microcomputers**,(ed. KARPAK), Sprinder Verlag, Berlin, 1989, s.7-15.

EKLER

15x20	1.Kalite	2.Kalite	3.Kalite	Ortalama fiyat
X₁	676200	622200	574800	624400
X₂	718200	658200	598200	658200

20X25	1.Kalite	2.Kalite	3.Kalite	Ortalama fiyat
Y₁	642000	592200	538200	590800
Y₂	754200	693600	640800	696200
Y₃	772200	710400	656400	713000
Y₄	838200	771000	712200	773800
Y₅	855000	786600	726600	789400

25x33	1.Kalite	2.Kalite	3.Kalite	Ortalama fiyat
Z₁	676200	616200	574800	622400
Z₂	1026000	943800	872400	977400
Z₃	1079400	993000	917400	996600
Z₄	1198200	1102200	1018200	1106200

ÜRÜN GRUPLARINA GÖRE SATIŞ FİYATLARI

Durma süresi :

1. ve 6 Presler için: %18.9

2., 3., 4., 5. Presler için: %3

Aylık elverişli süreler :

1. Pres : $(7.5 \cdot 3 \cdot 60 \cdot 0.81 \cdot 30) - (12 \cdot 60) = 32500$ dak/ay

2. Pres : $(7.5 \cdot 2 \cdot 60 \cdot 0.97 \cdot 30) - (12 \cdot 60) = 25470$ dak/ay

3. Pres : $(7.5 \cdot 2 \cdot 60 \cdot 0.97 \cdot 30) - (12 \cdot 60) = 25470$ dak/ay

4. Pres : $(7.5 \cdot 2 \cdot 60 \cdot 0.97 \cdot 30) - (12 \cdot 60) = 25470$ dak/ay

5. Pres : $(7.5 \cdot 2 \cdot 60 \cdot 0.97 \cdot 30) - (12 \cdot 60) = 25470$ dak ay

6. Pres : $(7.5 \cdot 3 \cdot 60 \cdot 0.81 \cdot 30) - (12 \cdot 60) = 32500$ dak/ay

Parça sayıları (Parça / Strok)

PRES	15x20	20x25	25x33
1	8	6	4
2	8	6	4
3	8	6	4
4	8	6	4
5	8	6	4
6	8	6	4

Dakikada preslenen parça (m²/dak)

PRES	15x20	20x25	25x33
1	4,8741	6,0926	6,7019
2	4,8741	6,0926	6,7019
3	4,8741	6,0926	6,7019
4	4,8741	6,0926	6,7019
5	4,8741	6,0926	6,7019
6	4,8741	6,0926	6,7019

PRES ÜNİTESİNE İLİŞKİN HESAPLAMALAR

Aylık elverişli süreler :

1. Sırlama Hattı : 20250 dak/ay
2. Sırlama Hattı : 20250 dak/ay
3. Sırlama Hattı : 20250 dak/ay
4. Sırlama Hattı : 20250 dak/ay
5. Sırlama Hattı : 20250 dak/ay
6. Sırlama Hattı : 36450 dak/ay
7. Sırlama Hattı : 20250 dak/ay
8. Sırlama Hattı : 20250 dak/ay

Dakikadaki strok sayıları :

KARO BOYUTLARI		SIRLAMA HATLARI							
		1	2	3	4	5	6	7	8
15x20	Baskısız	2.232	2.232	3.124	3.124	2.232	2.232	2.232	2.232
	1 Baskı	2.232	2.232	2.455	2.455	2.232	2.232		2.455
	2 Baskı	2.232	2.232				2.232		
20x25	Baskısız	2.789	2.789	4.742	4.742	2.789	2.789	4.742	4.742
	1 Baskı	2.789	2.789	3.626	3.626	2.789	2.789		
	2 Baskı	2.789	2.789				2.789		
25x33	Baskısız	3.068	3.068	5.216	5.216	3.068	3.068	5.216	5.216
	1 Baskı	3.068	3.068	4.296	4.296	3.068	3.068		4.296
	2 Baskı	3.068	3.068				3.068		

SIRLAMA ÜNİTESİNE İLİŞKİN HESAPLAMALAR

Aylık Elverişli Süreler :

1.Fırın : 40020 dak/ay

2.Fırın : 40560 dak/ay

3.Fırın : 66000 dak/ay

Çevrim başına fırın kapasitelerine ilişkin hesaplamalar(Aşağıdaki çizelgede 0.94312 ile çarpıldı):

15x20 karolar (yalnız 3.fırında)

Bir sıradaki karo sayısı : 12 , $94.5/0.214 = 441$ sıra

$$12 \cdot 441 \cdot 0.03 = 158.76 \text{ m}^2$$

20x25 karolar (1. ve 2. Fırında)

Bir sıradaki karo sayısı : 9 , $94.5/0.214 = 441$ sıra

$$9 \cdot 441 \cdot 0.05 = 198.45 \text{ m}^2$$

25x33 karolar (yalnız 3.fırında)

Bir sıradaki karo sayısı : 7 , $94.5/0.354 = 267$ sıra

$$7 \cdot 267 \cdot 0.0825 = 154.1925 \text{ m}^2$$

Çevrim başına fırın kapasiteleri

Karo Boyutu	1.Fırın	2.Fırın	3.Fırın
15x20			149.73
20x25	187.16	187.16	
25x33			145.42

FIRIN ÜNİTESİNE İLİŞKİN HESAPLAMALAR

Aylık elverişli süre :

Her bir paketleme hattı için : 22950 dk

6 hat için : $6 \times 22950 = 137700$ dk

Dakikada paketlenen karo sayısı

Karo boyutu	br/dk
15X20	135
20X25	110
25X33	90

m² başına düşen karo sayısı

Karo boyutu	br/m ²
15X20	33
20X25	20
25X33	12

PAKETLEME ÜNİTESİNE İLİŞKİN HESAPLAMALAR

Summarized Solution for durak					Page : 1	
r	Variable	Solution	Opportunity Cost-Obj. 1	Opportunity Cost-Obj. 2	Opportunity Cost-Obj. 3	Opportunity Cost-Obj. 4
	X1	+10000.000	0	0	0	0
	X2	0	0	0	0	0
	X3	0	0	0	0	0
	X4	0	0	0	0	0
	X5	0	0	0	0	0
	X6	0	0	0	0	0
	X7	0	0	0	0	0
	X8	0	0	0	0	0
	X9	0	0	0	0	0
	X10	0	0	0	0	0
	X11	+35851.684	0	0	0	0
	X12	0	0	0	0	0
	X13	0	0	0	0	0
	X14	0	0	0	0	0
	X15	0	0	0	0	0
	X16	0	0	0	0	0
	X17	+3930.1062	0	0	0	0

Summarized Solution for durak					Page : 2	
r	Variable	Solution	Opportunity Cost-Obj. 1	Opportunity Cost-Obj. 2	Opportunity Cost-Obj. 3	Opportunity Cost-Obj. 4
	X18	0	0	0	0	0
	X19	0	0	0	0	0
	X20	0	0	0	0	0
	X21	0	0	0	0	0
	X22	0	0	0	0	0
	X23	+26069.895	0	0	0	0
	X24	0	0	0	0	0
	X25	0	0	0	0	0
	X26	0	0	0	0	0
	X27	0	0	0	0	0
	X28	0	0	0	0	0
	X29	0	0	0	0	0
	X30	0	0	0	0	0
	X31	+25000.000	0	0	0	0
	X32	0	0	0	0	0
	X33	0	0	0	0	0
	X34	0	0	0	0	0

(1-2-3-4-5-6-7-8) ÖNCELİK SIRASINA GÖRE ÇÖZÜM DEĞERLERİ

Summarized Solution for durak						Page : 3
Number	Variable	Solution	Opportunity Cost-Obj. 1	Opportunity Cost-Obj. 2	Opportunity Cost-Obj. 3	Opportunity Cost-Obj. 4
35	X35	+42783.504	0	0	0	0
36	X36	0	0	0	0	0
37	X37	0	0	0	0	0
38	X38	0	0	0	0	0
39	X39	0	0	0	0	0
40	X40	0	0	0	0	0
41	X41	0	0	0	0	0
42	X42	0	0	0	0	0
43	X43	+56469.609	0	0	0	0
44	X44	0	0	0	0	0
45	X45	0	0	0	0	0
46	X46	+48396.156	0	0	0	0
47	X47	0	0	0	0	0
48	X48	0	0	0	0	0
49	X49	+49095.359	0	0	0	0
50	X50	0	0	0	0	0
51	X51	0	0	0	0	0

Summarized Solution for durak						Page : 4
Number	Variable	Solution	Opportunity Cost-Obj. 1	Opportunity Cost-Obj. 2	Opportunity Cost-Obj. 3	Opportunity Cost-Obj. 4
52	X52	+71296.484	0	0	0	0
53	X53	0	0	0	0	0
54	X54	0	0	0	0	0
55	X55	0	0	0	0	0
56	X56	+32249.908	0	0	0	0
57	X57	0	0	0	0	0
58	X58	0	0	0	0	0
59	X59	0	0	0	0	0
60	X60	0	0	0	0	0
61	X61	+2519.0293	0	0	0	0
62	X62	0	0	0	0	0
63	X63	+72629.109	0	0	0	0
64	X64	+803275900	0	0	0	0
65	X65	0	0	0	0	0
66	X66	0	0	0	0	0
67	X67	0	0	0	0	0
68	X68	0	0	0	0	0

Summarized Solution for durak				Page : 5		
ber	Variable	Solution	Opportunity Cost-Obj. 1	Opportunity Cost-Obj. 2	Opportunity Cost-Obj. 3	Opportunity Cost-Obj. 4
9	X69	+35000.000	0	0	0	0
0	X70	0	0	0	0	0
1	X71	+4222.7188	0	0	0	0
2	X72	+15777.281	0	0	0	0
3	X73	0	0	0	0	0
4	X74	+10000.000	0	0	0	0
5	X75	0	+1.0000000	0	0	0
6	X76	0	0	0	0	0
7	X77	0	0	0	0	0
8	X78	+5851.6841	0	0	0	0
9	X79	0	0	0	0	0
0	X80	+145291.02	0	0	0	0
1	X81	0	0	0	0	0
2	X82	+803291070	0	0	0	0
3	X83	+108054.83	0	0	0	0
4	X84	0	0	0	0	0
5	X85	0	0	0	0	0

Summarized Solution for durak				Page : 6		
ber	Variable	Solution	Opportunity Cost-Obj. 1	Opportunity Cost-Obj. 2	Opportunity Cost-Obj. 3	Opportunity Cost-Obj. 4
6	X86	+57545340	0	0	0	0
7	X87	+23427.227	0	0	0	0
8	X88	0	0	0	0	0
9	X89	+13425.690	0	0	0	0
0	X90	0	0	0	0	0
1	X91	+13394.407	0	0	0	0
2	X92	0	0	0	0	0
3	X93	+8789.0977	0	0	0	0
4	X94	0	0	0	0	0
5	X95	0	0	0	0	0
6	X96	0	0	0	0	0
7	X97	+19221.451	0	0	0	0
8	X98	0	0	0	0	0
9	X99	0	0	0	0	0
00	X100	0	0	0	0	0
01	X101	0	0	0	0	0
02	X102	0	0	0	0	0

Summarized Solution for durak

Page : 7

Number	Variable	Solution	Opportunity Cost-Obj. 1	Opportunity Cost-Obj. 2	Opportunity Cost-Obj. 3	Opportunity Cost-Obj. 4
103	X103	0	0	0	0	0
104	X104	0	0	0	0	0
105	X105	0	0	0	0	0
106	X106	0	0	0	0	0
107	X107	0	0	0	0	0
108	X108	0	0	0	0	0
109	X109	0	0	0	0	0
110	X110	0	0	0	0	0
111	X111	0	0	0	0	0
112	X112	0	0	0	0	0
113	X113	0	0	0	0	0
114	X114	0	0	0	0	0
115	X115	0	0	0	0	0
116	X116	0	0	0	0	0
117	X117	0	0	0	0	0
118	X118	0	0	0	0	0
119	X119	+42965.164	0	0	0	0

Summarized Solution for durak

Page : 8

Number	Variable	Solution	Opportunity Cost-Obj. 1	Opportunity Cost-Obj. 2	Opportunity Cost-Obj. 3	Opportunity Cost-Obj. 4
120	X120	0	0	0	0	0
121	X121	0	0	0	0	0
122	X122	0	0	0	0	0
123	X123	0	0	0	0	0
124	X124	0	0	0	0	0
125	X125	0	0	0	0	0
126	X126	0	0	0	0	0
127	X127	0	0	0	0	0
128	X128	0	0	0	0	0
129	X129	0	0	0	0	0
130	X130	0	0	0	0	0
131	X131	0	0	0	0	0
132	X132	0	0	0	0	0
133	X133	+25851.684	0	0	0	0
134	X134	0	0	0	0	0
135	X135	0	0	0	0	0
136	X136	+79253.109	0	0	0	0

Summarized Solution for feray4						Page : 1
Number	Variable	Solution	Opportunity Cost-Obj. 1	Opportunity Cost-Obj. 2	Opportunity Cost-Obj. 3	Opportunity Cost-Obj. 4
1	X1	0	0	0	0	0
2	X2	0	0	0	0	0
3	X3	0	0	0	0	0
4	X4	0	0	0	0	0
5	X5	+37303.691	0	0	0	0
6	X6	0	0	0	0	0
7	X7	0	0	0	0	0
8	X8	0	0	0	0	0
9	X9	0	0	0	0	0
10	X10	0	0	0	0	0
11	X11	+10000.000	0	0	0	0
12	X12	0	0	0	0	0
13	X13	0	0	0	0	0
14	X14	0	0	0	0	0
15	X15	0	0	0	0	0
16	X16	0	0	0	0	0
17	X17	+16775.467	0	0	0	0

Summarized Solution for feray4						Page : 2
Number	Variable	Solution	Opportunity Cost-Obj. 1	Opportunity Cost-Obj. 2	Opportunity Cost-Obj. 3	Opportunity Cost-Obj. 4
18	X18	0	0	0	0	0
19	X19	0	0	0	0	0
20	X20	0	0	0	0	0
21	X21	0	0	0	0	0
22	X22	+13224.533	0	0	0	0
23	X23	0	0	0	0	0
24	X24	0	0	0	0	0
25	X25	0	0	0	0	0
26	X26	0	0	0	0	0
27	X27	0	0	0	0	0
28	X28	0	0	0	0	0
29	X29	0	0	0	0	0
30	X30	0	0	0	0	0
31	X31	+73396.156	0	0	0	0
32	X32	0	0	0	0	0
33	X33	+31587.854	0	0	0	0
34	X34	0	0	0	0	0

(2-1-3-4-5-6-7-8) ÖNCELİK SIRASINA GÖRE ÇÖZÜM DEĞERLERİ

Summarized Solution for feray4

Page : 3

Number	Variable	Solution	Opportunity Cost-Obj. 1	Opportunity Cost-Obj. 2	Opportunity Cost-Obj. 3	Opportunity Cost-Obj. 4
35	X35	+89133.648	0	0	0	0
36	X36	0	0	0	0	0
37	X37	0	0	0	0	0
38	X38	0	0	0	0	0
39	X39	0	0	0	0	0
40	X40	0	0	0	0	0
41	X41	0	0	0	0	0
42	X42	0	0	0	0	0
43	X43	0	0	0	0	0
44	X44	0	0	0	0	0
45	X45	0	0	0	0	0
46	X46	0	0	0	0	0
47	X47	0	0	0	0	0
48	X48	0	0	0	0	0
49	X49	+70545.922	0	0	0	0
50	X50	0	0	0	0	0
51	X51	0	0	0	0	0

Summarized Solution for feray4

Page : 4

Number	Variable	Solution	Opportunity Cost-Obj. 1	Opportunity Cost-Obj. 2	Opportunity Cost-Obj. 3	Opportunity Cost-Obj. 4
52	X52	0	0	0	0	0
53	X53	0	0	0	0	0
54	X54	0	0	0	0	0
55	X55	0	0	0	0	0
56	X56	0	0	0	0	0
57	X57	0	0	0	0	0
58	X58	+60627.445	0	0	0	0
59	X59	0	0	0	0	0
60	X60	0	0	0	0	0
61	X61	0	0	0	0	0
62	X62	0	0	0	0	0
63	X63	0	0	0	0	0
64	X64	+803284290	0	0	0	0
65	X65	+18034.178	0	0	0	0
66	X66	0	0	0	0	0
67	X67	0	0	0	0	0
68	X68	+12826.880	0	0	0	0

Summarized Solution for feray4				Page : 5		
Number	Variable	Solution	Opportunity Cost-Obj. 1	Opportunity Cost-Obj. 2	Opportunity Cost-Obj. 3	Opportunity Cost-Obj. 4
69	X69	+4138.9429	0	0	0	0
70	X70	+20000.000	0	0	0	0
71	X71	0	0	0	0	0
72	X72	0	0	0	0	0
73	X73	0	0	0	0	0
74	X74	+10000.000	0	0	0	0
75	X75	0	0	0	0	0
76	X76	0	0	0	0	0
77	X77	0	+1.0000000	0	0	0
78	X78	+7303.6919	0	0	0	0
79	X79	0	+1.0000000	0	0	0
80	X80	+145291.02	0	0	0	0
81	X81	0	+1.0000000	0	0	0
82	X82	+803224260	0	0	0	0
83	X83	+108093.68	0	0	0	0
84	X84	0	0	0	0	0
85	X85	0	0	0	0	0

Summarized Solution for feray4				Page : 6		
Number	Variable	Solution	Opportunity Cost-Obj. 1	Opportunity Cost-Obj. 2	Opportunity Cost-Obj. 3	Opportunity Cost-Obj. 4
86	X86	+57540672	0	0	0	0
87	X87	+12198.469	0	0	0	0
88	X88	0	0	0	0	0
89	X89	+13425.690	0	0	0	0
90	X90	0	0	0	0	0
91	X91	+25470.000	0	0	0	0
92	X92	0	0	0	0	0
93	X93	+4761.5527	0	0	0	0
94	X94	0	0	0	0	0
95	X95	+13010.428	0	0	0	0
96	X96	0	0	0	0	0
97	X97	+20305.883	0	0	0	0
98	X98	0	0	0	0	0
99	X99	0	0	0	0	0
100	X100	0	0	0	0	0
101	X101	0	0	0	0	0
102	X102	0	0	0	0	0

Summarized Solution for feray4

Page : 7

Number	Variable	Solution	Opportunity Cost-Obj. 1	Opportunity Cost-Obj. 2	Opportunity Cost-Obj. 3	Opportunity Cost-Obj. 4
103	X103	+20250.000	0	0	0	0
104	X104	0	0	0	0	0
105	X105	0	0	0	0	0
106	X106	0	0	0	0	0
107	X107	0	0	0	0	0
108	X108	0	0	0	0	0
109	X109	0	0	0	0	0
110	X110	0	0	0	0	0
111	X111	0	0	0	0	0
112	X112	0	0	0	0	0
113	X113	0	0	0	0	0
114	X114	0	0	0	0	0
115	X115	0	0	0	0	0
116	X116	0	0	0	0	0
117	X117	0	0	0	0	0
118	X118	0	0	0	0	0
119	X119	+52707.004	0	0	0	0

Summarized Solution for feray4

Page : 8

Number	Variable	Solution	Opportunity Cost-Obj. 1	Opportunity Cost-Obj. 2	Opportunity Cost-Obj. 3	Opportunity Cost-Obj. 4
120	X120	0	0	0	0	0
121	X121	0	0	0	0	0
122	X122	0	0	0	0	0
123	X123	0	0	0	0	0
124	X124	0	0	0	0	0
125	X125	0	0	0	0	0
126	X126	0	0	0	0	0
127	X127	0	0	0	0	0
128	X128	0	0	0	0	0
129	X129	0	0	0	0	0
130	X130	0	0	0	0	0
131	X131	0	0	0	0	0
132	X132	+27303.691	0	0	0	0
133	X133	0	0	0	0	0
134	X134	0	0	0	0	0
135	X135	+79984.008	0	0	0	0
136	X136	+69133.648	0	0	0	0

Summarized Solution for feray4

Page : 9

Number	Variable	Solution	Opportunity Cost-Obj. 1	Opportunity Cost-Obj. 2	Opportunity Cost-Obj. 3	Opportunity Cost-Obj. 4
137	X137	+45545.922	0	0	0	0
138	X138	+45627.445	0	0	0	0
139	X139	+803266240	0	0	0	0
140	X140	0	0	0	0	0
141	X141	0	0	0	0	0
142	X142	0	0	0	0	0

Priority Level 1: Minimized Objective Function (Goal) = 0
 Priority Level 2: Minimized Objective Function (Goal) = 0
 Priority Level 3: Minimized Objective Function (Goal) = 0
 Priority Level 4: Minimized Objective Function (Goal) = 0
 Priority Level 5: Minimized Objective Function (Goal) = 0
 Priority Level 6: Minimized Objective Function (Goal) = 0
 Priority Level 7: Minimized Objective Function (Goal) = 0
 Priority Level 8: Minimized Objective Function (Goal) = 0

Iteration = 80 Elapsed CPU second = 12.1875

Summarized Solution for paket				Page : 1		
Number	Variable	Solution	Opportunity Cost-Obj. 1	Opportunity Cost-Obj. 2	Opportunity Cost-Obj. 3	Opportunity Cost-Obj. 4
1	X1	+10000.000	0	0	0	0
2	X2	0	0	0	0	0
3	X3	0	0	0	0	0
4	X4	0	0	0	0	0
5	X5	0	0	0	0	0
6	X6	0	0	0	0	0
7	X7	0	0	0	0	0
8	X8	0	0	0	0	0
9	X9	0	0	0	0	0
10	X10	0	0	0	0	0
11	X11	+35851.684	0	0	0	0
12	X12	0	0	0	0	0
13	X13	0	0	0	0	0
14	X14	0	0	0	0	0
15	X15	0	0	0	0	0
16	X16	0	0	0	0	0
17	X17	+3930.1062	0	0	0	0

Summarized Solution for paket				Page : 2		
Number	Variable	Solution	Opportunity Cost-Obj. 1	Opportunity Cost-Obj. 2	Opportunity Cost-Obj. 3	Opportunity Cost-Obj. 4
18	X18	0	0	0	0	0
19	X19	0	0	0	0	0
20	X20	0	0	0	0	0
21	X21	0	0	0	0	0
22	X22	0	0	0	0	0
23	X23	+26069.895	0	0	0	0
24	X24	0	0	0	0	0
25	X25	0	0	0	0	0
26	X26	0	0	0	0	0
27	X27	0	0	0	0	0
28	X28	0	0	0	0	0
29	X29	0	0	0	0	0
30	X30	0	0	0	0	0
31	X31	+25000.000	0	0	0	0
32	X32	0	0	0	0	0
33	X33	0	0	0	0	0
34	X34	0	0	0	0	0

(5-7-8-6-4-3-1-2) ÖNCELİK SIRASINA GÖRE ÇÖZÜM DEĞERLERİ

Summarized Solution for paket						Page : 3	
Number	Variable	Solution	Opportunity Cost-Obj. 1	Opportunity Cost-Obj. 2	Opportunity Cost-Obj. 3	Opportunity Cost-Obj. 4	
35	X35	+42783.504	0	0	0	0	
36	X36	0	0	0	0	0	
37	X37	0	0	0	0	0	
38	X38	0	0	0	0	0	
39	X39	0	0	0	0	0	
40	X40	0	0	0	0	0	
41	X41	0	0	0	0	0	
42	X42	0	0	0	0	0	
43	X43	+56469.609	0	0	0	0	
44	X44	0	0	0	0	0	
45	X45	0	0	0	0	0	
46	X46	+48396.156	0	0	0	0	
47	X47	0	0	0	0	0	
48	X48	0	0	0	0	0	
49	X49	+49095.359	0	0	0	0	
50	X50	0	0	0	0	0	
51	X51	0	0	0	0	0	

Summarized Solution for paket						Page : 4	
Number	Variable	Solution	Opportunity Cost-Obj. 1	Opportunity Cost-Obj. 2	Opportunity Cost-Obj. 3	Opportunity Cost-Obj. 4	
52	X52	+71296.484	0	0	0	0	
53	X53	0	0	0	0	0	
54	X54	0	0	0	0	0	
55	X55	0	0	0	0	0	
56	X56	+32249.908	0	0	0	0	
57	X57	0	0	0	0	0	
58	X58	0	0	0	0	0	
59	X59	0	0	0	0	0	
60	X60	0	0	0	0	0	
61	X61	+2519.0293	0	0	0	0	
62	X62	0	0	0	0	0	
63	X63	+72629.109	0	0	0	0	
64	X64	+803275900	0	0	0	0	
65	X65	0	0	0	0	0	
66	X66	0	0	0	0	0	
67	X67	0	0	0	0	0	
68	X68	0	0	0	0	0	

Summarized Solution for paket						Page : 5
umber	Variable	Solution	Opportunity Cost-Obj. 1	Opportunity Cost-Obj. 2	Opportunity Cost-Obj. 3	Opportunity Cost-Obj. 4
69	X69	+35000.000	0	0	0	0
70	X70	0	0	0	0	0
71	X71	+4222.7188	0	0	0	0
72	X72	+15777.281	0	0	0	0
73	X73	0	0	0	0	0
74	X74	+10000.000	0	0	0	0
75	X75	0	0	0	0	0
76	X76	0	0	0	0	0
77	X77	0	0	0	0	0
78	X78	+5851.6841	0	0	0	0
79	X79	0	0	0	0	0
80	X80	+145291.02	0	0	0	0
81	X81	0	0	0	0	0
82	X82	+803291070	0	0	0	0
83	X83	+108054.83	0	0	0	0
84	X84	0	0	0	0	0
85	X85	0	0	0	0	0

Summarized Solution for paket						Page : 6
umber	Variable	Solution	Opportunity Cost-Obj. 1	Opportunity Cost-Obj. 2	Opportunity Cost-Obj. 3	Opportunity Cost-Obj. 4
86	X86	+57545340	0	0	0	0
87	X87	+23427.227	0	0	0	0
88	X88	0	+1.0000000	0	0	0
89	X89	+13425.690	0	0	0	0
90	X90	0	+1.0000000	0	0	0
91	X91	+13394.407	0	0	0	0
92	X92	0	+1.0000000	0	0	0
93	X93	+8789.0977	0	0	0	0
94	X94	0	+1.0000000	0	0	0
95	X95	0	0	0	0	0
96	X96	0	+1.0000000	0	0	0
97	X97	+19221.451	0	0	0	0
98	X98	0	+1.0000000	0	0	0
99	X99	0	0	0	0	0
100	X100	0	0	0	0	0
101	X101	0	0	0	0	0
102	X102	0	0	0	0	0

Summarized Solution for paket						Page : 7
Number	Variable	Solution	Opportunity Cost-Obj. 1	Opportunity Cost-Obj. 2	Opportunity Cost-Obj. 3	Opportunity Cost-Obj. 4
103	X103	0	0	0	0	0
104	X104	0	0	0	0	0
105	X105	0	0	0	0	0
106	X106	0	0	0	0	0
107	X107	0	0	0	0	0
108	X108	0	0	0	0	0
109	X109	0	0	0	0	0
110	X110	0	0	0	0	0
111	X111	0	0	0	0	0
112	X112	0	0	0	0	0
113	X113	0	0	0	0	0
114	X114	0	0	0	0	0
115	X115	0	0	0	0	0
116	X116	0	0	0	0	0
117	X117	0	0	0	0	0
118	X118	0	0	0	0	0
119	X119	+42965.164	0	0	0	0

Summarized Solution for paket						Page : 8
Number	Variable	Solution	Opportunity Cost-Obj. 1	Opportunity Cost-Obj. 2	Opportunity Cost-Obj. 3	Opportunity Cost-Obj. 4
120	X120	0	0	0	0	0
121	X121	0	0	0	0	0
122	X122	0	0	0	0	0
123	X123	0	0	0	0	0
124	X124	0	0	0	0	0
125	X125	0	0	0	0	0
126	X126	0	0	0	0	0
127	X127	0	0	0	0	0
128	X128	0	0	0	0	0
129	X129	0	0	0	0	0
130	X130	0	0	0	0	0
131	X131	0	0	0	0	0
132	X132	0	0	0	0	0
133	X133	+25851.684	0	0	0	0
134	X134	0	0	0	0	0
135	X135	0	0	0	0	0
136	X136	+79253.109	0	0	0	0

Summarized Solution for paket

Page : 9

Number	Variable	Solution	Opportunity Cost-Obj. 1	Opportunity Cost-Obj. 2	Opportunity Cost-Obj. 3	Opportunity Cost-Obj. 4
137	X137	+143788.00	0	0	0	0
138	X138	+17249.908	0	0	0	0
139	X139	+803333060	0	0	0	0
140	X140	0	0	0	0	0
141	X141	0	0	0	0	0
142	X142	0	0	0	0	0

Priority Level 1: Minimized Objective Function (Goal) = 0
 Priority Level 2: Minimized Objective Function (Goal) = 0
 Priority Level 3: Minimized Objective Function (Goal) = 0
 Priority Level 4: Minimized Objective Function (Goal) = 0
 Priority Level 5: Minimized Objective Function (Goal) = 0
 Priority Level 6: Minimized Objective Function (Goal) = 0
 Priority Level 7: Minimized Objective Function (Goal) = 0
 Priority Level 8: Minimized Objective Function (Goal) = 0
 Iteration = 73 Elapsed CPU second = 17.63281