

ÜRETİM, STOK VE FİNANSAL PLANLAMA
İÇİN EŞZAMANLI BİR DOĞRUSAL
MODELLEME ÇALIŞMASI

Münevver Korkmazoğlu

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

T.C.
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ
Merkez Kütüphane

Danışman: Yrd.Doç.Dr.Nihat Yüzüğüllü

şubat-1987

Münevver Korkmazoğlu'nun YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Üretim, Stok ve Finansal Planlama İçin Eşzamanlı Bir Doğrusal Modelleme Çalışması" başlıklı bu çalışma değerlendirilerek kabul edilmiştir.

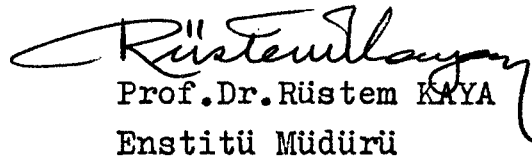
20/3/1987

Üye : Prof. Dr. Mura Senel UMMU

Üye : Doç. Dr. İmdat KAYA MİHİR

Üye : Y. Doç. Dr. Nihat YILMAZLI AYDIN

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 13.5.1987.
gün ve 147-5..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.


Prof. Dr. Rüstem KAYA
Enstitü Müdürü

Ö Z E T

Yönetmel kararalara destek vermeyi amaçlayan karar süreçlerinin önemli bir bölümü yalnızca bir altsistemin eniyilenmesine yönelik modellerden oluşur. Oysa gerçekte her altsistem, çevre sistemlerle etkileşim halindedir ve ancak bütünleşik bir yaklaşım ile gerçek anlamda bir eniyilemeden söz edilebilir.

Bu yaklaşım ışığında, üretim, stok ve finansal planlama için eşzamanlı bir model geliştirilmiştir. Model, doğrusal programlamanın uygulama olanaklarından yararlanarak, planlamanın işlevsel çizgilere ayrıştırıldığı geleneksel yaklaşımdan farklı olarak, planlamaya ilişkin bilgileri aynı karar sürecinde türetmektedir. Modelin çözüm yaklaşımları geliştirilerek, hipotetik bir örnek ile sınıanmıştır.

S U M M A R Y

The most of the decision processes that supports management decisions, involves only the models which optimizes a subsystem. In fact, every subsystem is interactive with the other systems in its environment and a real optimization is possible by a system approach.

By this approach, a simultaneous model is developed for production, inventory and financial planning. The model derivates the informations related to planning, in the same decision interval using the linear programming capabilities, differently from classical approach in which planning is decomposed along functional lines. The solution procedure of the model is developed and examined by a hypothetical example.

T E Ő E K K Ü R

Bu tezi hazırlamamda yardımlarını ve yönlendiriciliğini esirgemeyen tez danışmanım Sayın Yrd.Doç.Dr.Nihat Yüzügüllü'ye (Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü) teşekkür ederim.

Ayrıca, bilgisayar desteği vermede katkılarından dolayı Anadolu Üniversitesi Bilgi İşlem Merkezi personeline teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. EŞZAMANLI MODELLEME YAKLAŞIMI	2
2.1. Eşzamanlı Modelleme Yaklaşımının Tanıtılması	2
2.2. Eşzamanlı Modelleme Yaklaşımı İle Problemin Tanımlanması	3
2.2.1. Eşzamanlı modelleme yaklaşımının çalışmaya uyarlanması	3
2.2.2. Sistemin eniyilenmesi için seçilen altsistemler	4
2.3. Doğrusal Programlama Yaklaşımı ve Seçim Nedenleri	5
2.3.1. Üretim planlama problemlerinde doğrusal programlama yaklaşımı	6
2.3.2. Finansal planlamada doğrusal programlama yaklaşımı	7
2.3.3. Stok kontrolde doğrusal programlama yaklaşımı	7
3. EŞZAMANLI MODELİN OLUŞTURULMASI	9

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.1. Üretim Planının Oluşturulması	9
3.1.1. Genel tanımlama	9
3.1.2. Normal-fazla mesai üretim modelinin tanıtılması	10
3.2. Stok Kontrol Sisteminin Oluşturulması	12
3.2.1. Genel tanımlama	12
3.2.2. Dinamik-deterministik modelleme yaklaşımı	13
3.3. Finans Planın Oluşturulması	15
3.3.1. Genel tanımlama	15
3.3.2. Varsayımların belirlenmesi	17
3.3.3. Modelin kurulması	18
3.4. Eşzamanlı Modelin Kurulması	23
3.4.1. Modelin doğrusal programlama yaklaşımı ile düzenlenmesi	23
3.4.2. Modelin yazılması	24
4. MODEL İÇİN ÇÖZÜM ÖNERİLERİ VE MODELİN BİR ÖRNEK İLE SINANMASI	27
4.1. Çözüm Önerileri	27
4.1.1. Sayımlama yöntemi	27
4.1.2. (0-1) polinom programlama yaklaşımı	27
4.1.3. Kullanılan yöntemin seçimi	33
4.2. Modelin Bir Örnek İle Sinanması	33
4.2.1. Hipotetik örneğin tanıtılması	33
4.2.1.1. Genel tanıtım	33
4.2.1.2. Verilerin belirlenmesi	34

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.2.2. Modelin örneğe uygulanması ve sonucun değerlendirmesi	34
4.2.2.1. Örneğin sayımlama yöntemi ile çözümü	38
4.2.2.2. Sonuçların analizi	38
5. SONUÇ	40
KAYNAKLAR DİZİNİ	42

EKLER

1. En iyi Sayımlama Sonucu
2. Borç Kaynağı Arttırma Sonucunda 12. Alternatif

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Bilanço elemanları	16
4.1. Mümkün sonuçlara göre hammadde satınalma kararları	35
4.2. Satış kestirimleri	36
4.3. Kapanış bilançosu	36
4.4. Parametrelere atanan değerler	37
4.5. Sayımlama sonuçları	38
4.6. En iyi üretim planı	39

SİMGELER DİZİNİ

SimgelerAçıklama

a_t	t devresinin normal mesai üretim kapasitesi
a'_t	t devresinin fazla mesai kapasitesi
AP_t	t devresinde döner borçlar
AR_t	t devresinde alacaklar
AT_t	t devresinde vergi ödemeleri
C_{tj}	t ve j devreleri arasındaki talebi karşılayacak şekilde sipariş vermenin maliyeti
c_t	Normal mesai üretimi değişken maliyeti
c'_t	Fazla mesai üretimi değişken maliyeti
CA_t	Kasanın t devresi sonunda alacağı değer
CF_t	t devresinde net nakit akışı
d_t	t devresinde talep edilen hammadde miktarı
f_t	t ve n devreleri arasındaki enküçük maliyet
h_t	Bir birim ürünü devre süresince elde bulundurma gideri
IN_t	t devresi sonunda stok düzeyi
k	Hammadde sipariş verme gideri
LO_t	t devresinde uzun vadeli borçlar
o	Birim ürün için fazla mesai işçilik ödeme
OH_t	t devresi genel imalat ve idari giderler
$O\dot{I}_t$	t devresi normal mesai işçilik ödemeleri
OP_t	t devresinde fazla mesai üretim miktarı
R_t	Hammadde stoğu
r_t	Bir birim hammaddeyi devre süresince elde bulundurma gideri
RE_t	t devresinin kârı

SİMGELER DİZİNİ (devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
RP_t	t devresinde normal mesai üretim miktarı
S_t	t devresi için öngörülen talep
SE_t	Sermaye ve dağıtılmamış kârlar
x_{tj}	t devresinde, j devresi hammadde gereksinimleri dahil olacak şekilde hammadde satınalma kararı
z_t	t devresinde verilecek sipariş miktarı
t	Dönem indeksi ($t=1, \dots, n$)

1. GİRİŞ

Gerçek yaşamda karşılaşılan karar problemleri çoğu kez ayrıntılı çözümlenmelere olanak vermeyecek kadar boyutludur. Bu nedenle karar problemlerini çözmeye yönelik modeller birçok durumda incelenen gerçek problemin küçük bir kesimini tanımlar.

Nitekim günümüzde örgütlerin etkinliklerinin planlanması süreci birkaç düzeyde yürütülmektedir. Özellikle üretim yapan firmaların yıllık planlaması, örgütsel birimlerin önerdiği alt planlardan geliştirilir. Örgütü bu tür çizgilere ayırştırmak, bölümler arasında uygun iletişim kanalları kurulmasını ve alt planların oluşturulması sırasında ardışık bilgi değişimini gerektirir. Örgütün birimleri arasındaki ardışık bilgi değişimi, yapılan planların birkaç kez gözden geçirilerek düzenlenip çözümlenmesini gerektirebilir.

Bilimsel çalışmalarda sistem yaklaşımı kavramının ortaya atılması, sözü edilen geleneksel yaklaşıma alternatif planlama yöntemleri araştırmalarını başlatmıştır. Alternatif yöntemler örgütlerin kaynaklarının, farklı işlevsel birimlerin etkinliklerini bütünleştirerek etkin kullanımını sağlamaya yöneliktir.

Bu perspektif ışığında yapılan çalışma, geleneksel yöntemlere alternatif olarak birkaç altsistemi eşzamanlı olarak eniyileyen bir yöntem geliştirmeyi amaçlamaktadır. Sistem yaklaşımı, üretim planlama, stok ve finans altsistemlerine getirilmiştir.

Belirlenen amaç doğrultusunda çalışma üç ana bölümden oluşmuştur. Birinci bölümde eşzamanlı modelleme yaklaşımı tanıtılarak, modele alınacak altsistemler ve modelleme yaklaşımı açıklanmıştır.

2. EŞZAMANLI MODELLEME YAKLAŞIMI

2.1 Eşzamanlı Modelleme Yaklaşımının Tanıtılması

Endüstriyel problemleri çözmeye kullanılan yaygın yaklaşım, problemleri birbirinden ayrık olarak tanımlayarak çözüm arama yönündedir. Bu yaklaşımla oluşturulan modeller, kendi alanlarında verecekleri kararlarda, diğer alanların çıktılarını parametre olarak benimsemek durumundadırlar.

Ancak örgütsel kararların amacı organizasyonların amaçlarına bir bütün olarak destek vermek olduğuna göre, farklı karar alanlarında etkileşimin sağlanması gerekir. Eşzamanlı modelleme yaklaşımı, bu etkileşimi sağlamaya yönelik olarak geliştirilmiştir (Damon and Schramm, 1972).

Gerçekte sistemler herbiri birer karar alanı olan birçok alt sisteme ayrıştırılabilirler ve karar verme sürecinde tüm alt sistemlerin aralarındaki işlevsel bağlar belirlenerek kararların verilmesi gerekir.

Bu perspektifle bakıldığında, geliştirilen eşzamanlı modellerde sistemlerin tüm bileşenlerinin sistemle ilişkili olarak tanımlanması gerekir. Böylece farklı karar alanları arasında etkileşim tam olarak sağlanacaktır.

Oysa tüm alt sistemler arasındaki ilişkiler belirlenmek istendiğinde, bunların tümünü birlikte modellemek ve bu modellerin çözüm yöntemlerini geliştirmek güç olabilir. Bu nedenle bu bileşenlerin tümünü tanımlamak yerine sistemin belirli bileşenlerini derlemek ve bunlar arasında önemli görülen ilişkileri kurmak, sistemi eniyilemeye dahi, eniyilemeye oldukça yakın sonuçlar vereceği

için tercih edilebilir (Cook and Russel, 1981).

Sonuç olarak eşzamanlı modelleme yaklaşımı birbirlerinin çıktılarını kullanarak eniyileyen geleneksel yöntemlere alternatif olarak, eniyilemeyi aynı karar sürecinde yaparak planlama bilgilerini türeten bir yaklaşım olarak tanımlanabilir.

2.2 Eşzamanlı Modelleme Yaklaşımı İle Problemin Tanımlanması

2.2.1. Eşzamanlı modelleme yaklaşımının çalışmaya uyarlanması

Kurulacak eşzamanlı modelin matematiksel olarak ifade edilebilecek ve çözüm yöntemi geliştirilebilecek bir model olabilmesi için belirli sayıda altsistemi içermesi gerektiği önceki bölümde belirtilmişti. Modele alınacak bu altsistemler, sistemin önemli bir bölümünü temsil edebilecek özellikte olan önemli birimler olmalıdır.

Bu çalışmada, bir üretim sisteminin eşzamanlı modelleme yaklaşımı ile eniyilenebilirliği araştırılacaktır. Bu nedenle öncelikle üretim sistemlerinde önemli görülen altsistemler belirlenecektir.

Bir üretim sisteminin önemli altsistemleri sistem özelinde değişebilir ise de, bazı temel altsistemler tüm üretim sistemlerinin ortak özellikleridir. Yanısıra, sisteme özgü önemi olan altsistemler de modelde tanımlanmalıdır.

Örnek olarak, eşzamanlı modelleme yaklaşımı ile üretim sistemi eniyilemeye yönelik olarak, üretim, pazarlama ve finans altsistemlerini içeren doğrusal olmayan bir model kurularak, hipotetik verilerle model sınanmış-

tır (Damon and Schramm, 1972). Benzer bir modelleme çalışması üretim, işgücü ve çalışma sermayesi planlaması için kurulan doğrusal model, yine hipotetik verilerle sınanmıştır (Bakee and Damon, 1977).

2.2.2. Sistemin eniyilenmesi için seçilen altsistemler

Üretim sistemlerinin en önemli çıktısı olarak ürünün üretim sürecinin planlanması, örgütlerin önemli kararlarından. Bu özelliği nedeniyle üretim planlama kararları diğer birimlerin çok önemli bir bölümünü etkiler. Böylece üretim planlama altsistemi gerek örgüt içindeki önemli yeri, gerekse diğer altsistemlerle sıkı ilişkisi nedeniyle modele alınacak ilk altsistem olarak belirlenir.

Üretim sistemlerinde tedarik, üretim, dağıtım ve tüketim zincirinde birbirini izleyen kademelerin uyum halinde çalışması sistemin başarısını olumlu yönde etkiler. Bu kademelerin uyum içinde çalışabilmesi için sunum ve istemin farklılık göstermesi gerekir. Oysa uygulamada bunun gerçekleşmesi çok güçtür. Bu nedenle üretim sistemleri genellikle stoklu çalışmak durumundadır. Bu genel bakışa bağlı olarak kuruluşlar, pazardan yararlanma, talebin karşılanması, üretimi düzenleme, parti üretimi gibi nedenler gereği ellerinde stok bulundururlar (Love, 1979). Ancak stokların yatırım gerektirmesi, kontrolünün dikkatli yapılmasına gerektirmektedir. Bu durum stok kontrolün, özellikle stok maliyetleri diğer maliyetler içinde önemli yer tutan kuruluşlar için önemli bir altsistem olarak gündeme gelmesine neden olur.

Stok sisteminin üretim planlarından doğrudan etkilenmesi, iki altsistemin etkileşiminin yoğun olduğunu gösterir. Ürün talebinin bağımsız olduğu sistemlerde,

Üretim sürecine bağlı olarak hammadde talebi de oluşur. Yukarıda sayılan nedenlerden dolayı uygulamada hammadde alımlarının partiler halinde yapılması, ürün stoğunun yanısıra hammadde stoğu için de stok politikaları geliştirilmesini gerektirir.

Üretim ve stok sistemleri, diğer tüm altsistemler gibi finans altsistemi ile sıkı ilişki içindedir (Mehta, 1974). Çünkü bu sistemler varlıkları nedeniyle örgütlere ek maliyet getirirler ve finans sistemi bu maliyetleri bünyesinde bulundurmak durumundadır.

Bu üç altsistem çalışmada, örgüt yapısında önemli yer tutmaları ve aralarındaki sıkı ilişki nedeniyle temel alınmıştır. Böylece çok sayıda altsistemi modelleme güçlüğünden kaçınılarak, matematiksel olarak ifade edilebilen ve geçerli çözüm yöntemleri olan bir model araştırmasına gidilmiştir.

2.3 Doğrusal Programlama Yaklaşımı ve Seçim Nedenleri

Doğrusal programlama yaklaşımı, gerek modelleme kolaylığı, gerekse çözüm yönteminin bilgisayar desteğiyile kullanışlı nedeniyle kullanımı çok uygun bir yaklaşımdır. Duyarlılık zmlmelerine olanak vermesi yöntemin bir diğer üstünlüğüdür. Yöneylem araştırması yöntemlerinin kullanımına ilişkin yapılan bir araştırmada, doğrusal programlamanın, regresyon analizlerinden, sonra ençok başvurulan yöntem olduğunun setanması, yöntemin kullanışlılığını örneklemektedir (Ledbetter and Cox, 1977).

Yapılan çalışmada ele alınacak altsistemlerin doğrusal programlama yaklaşımı ile modellenebilirliği irdelenerek, eşzamanlı modelin yapısı oluşturulmuştur.

2.3.1. Üretim planlama problemlerinde doğrusal programlama yaklaşımı

Dervitsiotis'e (1981) göre, orta vadeli üretim planlarının oluşturulmasında izlenen yöntem başlıca dört aşamadan oluşur:

- 1- Orta vadeli talebin kestirimi,
- 2- Kapasite kullanımının düzenlenmesi,
- 3- Uygun seçeneklerin belirlenmesi,
- 4- Eniyi üretim stratejisinin saptanması.

İşgücünün değişken olmadığı sistemlerde orta vadeli talep belirlendikten sonra, talebi üretim devrelerine dağıtan strateji seçilerek üretim planları oluşturulur.

Üretim planlarının yapılmasında uygulanan yöntemler doğrusal maliyetli, doğrusal olmayan maliyetli ve her tür maliyete uyarlanabilen yordamsal yöntemlerdir.

Bazı üretim sistemlerinde, üretim maliyetleri arasındaki ilişkiler doğrusal olarak tanımlanamayabilir. Bu durumda doğrusal olmayan ya da yordamsal yöntemler kullanılabilir. Yordamsal yöntemler, eniyi çözümü garanti etmezler. Doğrusal olmayan yöntemler eniyi çözümü garanti etmelerine karşın, modelin kurulması ve çözümün elde edilmesi güçtür.

Buna karşın doğrusal programlama yaklaşımı, bilgisayar desteğine yatkınlığı, eniyi çözümü vermesi, maliyet, kapasite ve talepteki değişimler için duyarlılık çözümlemesine olanak vermesi gibi üstünlüklere sahiptir (Dervitsiotis, 1981).

Doğrusal programlamanın bu özellikleri, üretim problemlerinde geniş uygulama alanı bulmasına neden olmuş, çalışmada bu nedenle tercih edilmiştir.

2.3.2. Finansal planlamada doğrusal programlama yaklaşımı

Karar süreçlerinde matematiksel modelleme anlayışının giderek benimsenmesi, finansal planlamada da matematiksel modellerin yaygın olarak kullanımını başlatmıştır. Doğrusal programlama yöntemi, bu modeller içinde önemli yer tutmaktadır.

Hadley (1971), doğrusal programlamanın, ekonomik problemlere diğer yöntemlere oranla daha pratik bir yaklaşım getirdiğini savunmaktadır. Doğrusal programlama, örgütlerde birden fazla ürünün üretim tesisini ortaklaşa kullandığı durumlarda etkin olarak kullanılabilir. Kaynaklara ilişkin sınırlamaların düzenlenmesinde ve miktar kısıtlarının oluşturulmasında sağladığı kolaylık, yöntemin bir diğer avantajıdır.

Finansal planlama modellerinin önemli bir bölümünün doğrusal olması, savı destekleyici niteliktedir. Kısa dönem finans kararlarının eniyilenmesine yönelik olarak yapılan bir araştırmada, doğrusal programlama yaklaşımını kullanılmıştır (Robichek, et al., 1965). Benzer şekilde bütçeleme ve finansal planlama için, bir doğrusal programlama modeli geliştirilmiştir (Ijiri, et al., 1963). Mehta'da (1974), kasa yönetimi ve çalışma sermayesini bütünleştirmede doğrusal programlama yaklaşımını önermiştir.

2.3.3. Stok kontrolde doğrusal programlama yaklaşımı

Eşzamanlı modelin etkin olarak çalıştırılabilmesi için tüm altsistemlerin aynı yaklaşımla modellenmesi gerekmektedir. Finans ve üretim planlamada doğrusal programlama yaklaşımının seçimi, stok sisteminde de aynı yaklaşımın uygulanabilirliği sorusunu gündeme getirmiştir.

Stok modelleri, enküçük maliyet veya enbüyük kâr ile talebi sağlamaya yönelik olarak neyin, ne kadar sipariş verileceği kararını verirken birçok yöntemlerden yararlanır. Kullanılan matematiksel yöntemler, bazı parametrelerin belirsizliğinin fazla olduğu durumlarda benzetim, diğer durumlarda ise analitik yöntemlerdir. Bu yöntemlerden eşzamanlı modele uyum sağlaması olası olanlar araştırılarak modelin kurulmasına çalışılmıştır.

3. EŞZAMANLI MODELİN OLUŞTURULMASI

Bu bölümün kapsamı içinde öncelikle eşzamanlı modele temel oluşturan üretim planı, stok kontrol sistemi ve finans planları ayrı olarak tanıtılacaktır. Daha sonra eşzamanlı model, doğrusal programlama yaklaşımı ile düzenlenerek modelin yazımına geçilecektir.

3.1 Üretim Planının Oluşturulması

3.1.1. Genel tanımlama

Tek ürün üreten ve ürününe olan talep mevsimsel dalgalanma gösteren bir firmanın satış tahminleri sağlıklı olarak yapıldığında, planlama dönemi içinde toplam değişken maliyetleri en küçükleyecek üretim seçeneğinin belirlenmesi mümkündür.

Uygulamada talebi karşılayacak farklı seçenekler türetilir. Ancak talebin yoğun olduğu devrelerde bu talebin karşılanması için fazla mesai yapılmasının veya az olduğu devrelerde stoğa gidilmesinin zorunluğu, seçenekler arasında en az maliyet getirenin seçimini gerektirir (Gass, 1975).

Üretim planının tanımladığı değişkenlerin ilgili maliyetlerinin doğrusal fonksiyonlar olarak tanımlanabildiği durumlarda problem, doğrusal programlama modeli olarak formüle edilebilir (Johnson and Montgomery, 1974). Yoksatmaya izin vermeyen ve yalnızca ürün stok maliyetlerini içeren bu modelleme yaklaşımına "normal-fazla mesai üretim modeli" adı verilebilir (Hadley, 1971).

Modelin çıktıları, finansal yönetime normal mesai

ve fazla mesai ödemeleri, malzeme alımları, stok bulundurma giderleri gibi, çalışma sermayesi gereksinimlerini belirlemeye yönelik bilgileri türetir (Baker and Damon, 1977). Eşzamanlı modelleme yaklaşımı gereği finansal yönetimle etkileşimli olarak çalışacak olan "normal-fazla mesai" modeli izleyen bölümde tanıtılmıştır.

3.1.2. Normal-fazla mesai üretim modelinin tanıtılması

N devreli bir planlama döneminde gerektikçe ürün stoğu yapılabileceği gibi, fazla mesai ile üretim kapasitesini arttırmak da mümkündür. Bu iki seçeneğin de firmaya ek maliyet getireceği açıktır. Ancak, talebin mevsimsel dalgalanma göstermesi nedeniyle firma zaman zaman bu seçenekleri zorlamak durumunda kalacaktır. Örneğin talebin yoğun olduğu devrelerde fazla mesai gerekebileceği gibi, talebin görece düşük olduğu dönemlerde üretim normal mesaide yapılabilir ve talep artana dek ürün elde bulundurulur.

Burada problem, elde bulundurma maliyeti ile fazla mesai giderlerini dengeleyecek şekilde eğişken maliyetleri enküçükleyen üretim çizelgesini geliştirmektir.

Problemi matematiksel olarak ifade etmeden önce, her devrede üretilen ürünün o devrenin talebini karşılamak üzere kullanılabilmesi ve yoksatmaya izin verilmeyeceği varsayımları yapılmalıdır. Buna göre model, şu şekilde oluşturulur:

t : Dönem indeksi ($t = 1, \dots, n$)

Karar değişkenleri :

RP_t : t devresinde normal mesai üretim miktarı

OP_t : t devresinde fazla mesai üretim miktarı

IN_t : t devresi sonunda stok düzeyi

Modelin parametreleri:

S_t : t devresi için öngörülen talep

a_t : t devresi normal mesai üretim kapasitesi

a'_t : t devresinin fazla mesai kapasitesi

c_t : Normal mesai üretimi değişken maliyeti

c'_t : Fazla mesai üretimi değişken maliyeti

h_t : Devre süresince elde bulundurma gideri,

Model:

$$IN_t = IN_{t-1} + RP_t + OP_t - S_t \quad t = 1, \dots, N$$

$$RP_t \leq a_t \quad t = 1, \dots, N$$

$$OP_t \leq a'_t \quad t = 1, \dots, N$$

$$RP_t, OP_t, IN_t \geq 0$$

kısıtları altında;

$$EnkZ = \sum_{t=1}^N (c_t RP_t + c'_t OP_t + h_t IN_t)$$

Türetilen model, mevcut doğrusal programlama yöntemlerinden yararlanılarak çözülebilir. Çözümün elde edilebilmesi için (IN_0) başlangıç koşulunun verilmesi gerekir. Sağlanan çözüm talep gereksinimlerini karşılayan, aynı zamanda üretim kısıtlarını sağlayan eniyi normal mesai üretimi (RP_t) ve fazla mesai üretimi (OP_t) değerlerini verir.

Eniyi üretim çizelgesinin yapısı, fazla mesai ve normal mesai üretim maliyetleri arasındaki değer farkı ($c'-c$) ile, bir birim için oluşan elde bulundurma gideri (h)'a bağlıdır. (h), ($c'-c$) farkından küçük olduğunda, talebin normal mesai üretim kapasitesinden az olduğu devrelerde üretimi normal mesaide yapmak, tersi durumda stok oluşturarak fazla mesai çalışmasını enaz düzeyde tutmak mümkündür. Öte yandan (h) değeri ($c'-c$) farkından büyük ise, talebin kaynaktan fazla olduğu çevrelerde fazla mesai yapmak yerinde olacaktır.

Tanıtilan yöntem bu özellikleri ile normal mesai üretimi, fazla mesai üretimi ve elde bulundurma ile, üretim maliyetlerinin tümünü eniyileyecek bileşimi verir.

3.2 Stok Kontrol Sisteminin Oluşturulması

3.2.1. Genel tanımlama

Üretim süreci sabit kalırken ürün talebinin mevsimsel dalgalanma göstermesi, hammadde talebinin de mevsimsel dalgalanmadan etkilenebileceği sonucunu doğurur. Üretim planlarının belirlenmesinde olduğu gibi, talebin mevsimsel dalgalanma gösterdiği stok sistemleri için de etkin çözüm yöntemleri geliştirilmiştir.

Stok kontrol sistemlerinde başlıca iki tür gözden geçirme yöntemi vardır. Bunlar sürekli kontrol ve periyodik kontrol yöntemleridir. Stok kontrol sistemlerinde diğer bir ayırım ise talebin belirli veya olasılıklı oluşudur. Geleceğe ilişkin olayların belirliliğinin kuşku götürür olması, belirlilik altındaki modellerin gerçeği yansıtmayacağı sorusunu gündeme getirebilir. Ancak karar vericiye anlamlı bir destek vermeyi amaçlayan modellerin pratik olarak kullanılabilecek kadar basit

olması gerektiği gerçeği gözardı edilmemelidir.

Talebin mevsimsel dalgalanma gösterdiği stok sistemlerinde sipariş verme giderinin modele katılması veya gözardı edilmesine bağlı olarak model, içbükey veya dışbükey maliyetli olarak tanımlanır. Bu modellerin kullanımı ile maliyetler ayırık olarak tanımlanır ve bu durum bir devredeki maliyetlerin, diğer devreleri etkilemeyeceği varsayımını gerektirir. Bu varsayım ile, belirlenecek olan sipariş çizelgesinin maliyetlerini enküçükmeye yakın sonuç alınacağı umulur (Love, 1979).

Sipariş verme giderinin model kapsamına alındığı modellerde dinamik - deterministik modelleme yaklaşımı yaygın olarak kullanılmaktadır. Yaklaşım izleyen bölümde tanıtılacaktır.

3.2.2. Dinamik - deterministik modelleme yaklaşımı

Talebin mevsimsel dalgalanma gösterdiği deterministik stok modellerinde, yoksatmanın olmadığı özel durumlarda, Wagner-Whitin (W-W) algoritması, önemli ölçüde kolaylık sağlamaktadır (Love, 1979). (W-W) algoritması da, prensip olarak dinamik programlama yöntemi ile çalışmaktadır.

Finans alt sistemi ile ilişkisi nedeniyle stok sistemi için (W-W) algoritması aynen kullanılmamaktadır. (W-W) algoritması devreler arasında fiyat farkının olmadığı durumlarda, sonucu değiştirmedeği ve işlem yükünü azalttığı için satınalma maliyetlerini dikkate almaz. Oysa satınalma maliyeti finans altsistemi için çok önemli bir girdidir. Bu nedenle seçilen yöntem, dinamik-deterministik modelin yoksatma maliyetlerini içermeyen şeklidir.

Başlangıç ve dönem sonu stoğu basitleştirme amacıyla sıfır varsayılmıştır. Tedarik süresi modelin genel yapısını etkilemediği için gözardı edilmiştir.

Modelin Parametreleri:

d_t : t devresindeki talep edilen miktar

k : Sipariş verme gideri

r_t : t devresinde elde bulundurma gideri

Modelin Karar Değişkeni:

z_t : t devresinde verilecek sipariş miktarı

olarak tanımlandığında; t devresinde t ve j devreleri arasındaki talebi karşılayacak şekilde sipariş vermenin, bu devrelerdeki toplam maliyeti olan (C_{tj}) şu şekilde hesaplanır:

$$C_t = \begin{cases} 0 & z_t = 0 \\ k+p_t+z_t & z_t > 0 \end{cases}$$

iken;

$$C_{tj} = C_t \sum_{k=t}^j d_k + \sum_{k=t}^j h_k \left(\sum_{m=k+1}^j d_m \right), \quad 1 \leq t \leq j \leq n$$

Burada n dönem sonunu belirler.

$f(t)$, t ve n devreleri arasındaki enküçük maliyet olsun. $f(t)$, aşağıdaki formülün ardışık olarak uygulanması ile bulunur.

$$f_t = \min_{t \leq j \leq n} (c_{tj} + f_j), \quad t = 1, \dots, n$$

Formülün uygulanmasında izlenen algoritma iki adımdan oluşur (Love, 1979).

- (1) $1 \leq t \leq j \leq n$ için bütün C_{tj} değerleri hesaplanır.
- (2) $f_n = 0$ ile başlayarak f_{n-1} , f_{n-2} , ..., f_0 değerleri ardışık olarak hesaplanır.

3.3 Finans Planının Oluşturulması

3.3.1. Genel tanımlama

Finansal yönetimin en önemli işlevi planlamadır. Finans yöneticileri planlama çalışmalarında firmanın uzun ve orta vadeli gereksinimlerini tahmin etmeye çalışırlar. Uzun vadeli gereksinimlerin saptanmasında kullanılan başlıca iki yöntem, proforma bilanço ve proforma fon akış tablosunun hazırlanmasıdır. Söz konusu yöntemler aynı amaca ulaşmak için yararlanılabilecek iki yaklaşım olmakla birlikte, firmalar genellikle bu iki tekniği birbirlerinin tamamlayıcısı ve destekleyicisi olarak kullanmaktadırlar (Akgüç, 1982).

Proforma bilanço ve proforma fon akış tablosu, firmanın uzun vadeli finansman gereksinimlerinin saptanması açısından elverişli araçlar olmalarına karşın, kapsadıkları dönem içerisindeki nakit akışlarını göstermezler. Bu nedenle, orta vadeli finansman planlarında nakit akışı belirlenmeye çalışılır. Nakit akışı ile firmanın yalnız dönem sonundaki toplam finansman gereksinimi değil, aynı zamanda finansman gereksiniminin zaman içindeki dağılımı da belirlenir. Böylece firmanın her devredeki nakit gereksinimlerini ve bu gereksinimi karşılayacak fonların gerektiğinde elde olup olmayacağını belirlemek

mümkün olacaktır (Akgüç, 1982).

Bilanço ve nakit akışının matematiksel olarak ifadesinde kesin bir sınıflamaya gidilememektedir. Ülkemizde işletmeler bilanço ve diğer mali tabloların düzenlenmesinde serbesttir (Çömlekçi ve Bektöre, 1980). Bu nedenle, değişik tipte bilançolar kullanılmaktadır. Ancak günümüzde bilançoda gerekli analizlerin yapılabilmesi için bilançonun, belirli bir düzen içinde düzenlenmesi zorunludur.

Finansal planlamada kullanılması önerilen bilanço, modelleme kolaylığı getirmesi nedeniyle ayrıntılı olarak tanımlanmamıştır. Özel uygulamalarda bilanço elemanlarını işletmelerin özelliklerine ve kullandığı bilanço düzenine göre farklı şekillerde düzenlemek mümkündür. Burada, yalnızca genel hatları ile bilançonun finansal planlamada kullanımı ve modellenmesi araştırılacaktır. Bilanço ayrıntılı olarak düzenlendiğinde getirilecek modelleme yaklaşımı aynı olacaktır. Önerilen bilanço sınıflandırılması Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 : Bilanço Elemanları

AKTİF	PASİF
I. DÖNER AKTİFLER	I. DÖNER BORÇLAR
Kasa	II. UZUN VADELİ BORÇLAR
Menkul Değerler	III. ÖZSERMAYE
Alacaklar	Dağıtılmamış Kârlar
Stoklar	Dönem Kârı
II. SABİT AKTİFLER	

Her firmanın tabii olduğu mevzuatın değişik olması ve firma özelinde farklı uygulamaların gerçekleşmesi, bilanço düzenlenmesinde olduğu gibi nakit akışı için de geçerli bir model geliştirilmesini mümkün kılmamaktadır. Bu nedenle örgütün yapısını belirleyici bazı varsayımların yapılması gerekmektedir.

3.3.2. Varsayımların belirlenmesi

Örgütün yapısını belirleyici varsayımlar aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

- 1- Planlama dönemi takvim yılı itibariyle eşit devrelere bölünmüştür.
- 2- Alacakların tahsili ve ödemeler izleyen ay içinde yapılacaktır.
- 3- Firmanın menkul tasarrufları yoktur ve genellikle kısa dönemli yatırım fırsatlarını gözardı etmektedir.
- 4- Üretim maliyetlerinin bileşenleri direkt hammadde, direkt işçilik ve genel imalat giderleridir.
- 5- Uzun vadeli borçların faiz ödemeleri her dönem sonunda yapılmaktadır. Dönem için faiz oranı (i)'dir.
- 6- İşçilik ücretleri planlama dönemi süresince değişmemektedir.

- 7- Alacaklar yalnız satışlardan doğmaktadır.
- 8- Borçlar yalnız hammadde alımından doğmaktadır.
- 9- Genel imalat giderleri ve genel idari giderler modeli basitleştirme amacıyla sabit varsayılmaktadır.
- 10- Firma kurumlar vergisine tabidir ve 4, 7, 10. aylarda geciktirmeden vergisini ödemektedir.
- 11- Satış idaresi ve iskonto yoktur.
- 12- Faaliyet dışı gelir ve gider yoktur.
- 13- Planlama döneminin başında ve sonunda hammadde ve ürün stoğu yoktur.

3.3.3. Modelin kurulması

Bilançoda aktif-pasif eşitliğinin gerçekleşmesi zorunluluğu, her devre için bilanço kısıtının yazılmasını gerektirmektedir (Baker and Damon, 1977). Bilanço kalemleri önceki bölümde yapılan varsayımlar ışığında tanımlandığında:

CA_t : Kasanın t devresi sonunda alacağı değer

AR_t : Alacaklar

IN_t : Ürün stoğu

R_t : Hammadde stoğu

AP_t : Döner borçlar

LO_t : Uzun vadeli borçlar

SE_t : Sermaye ve dağıtılmamış kârlar

RE_t : Dönem kârı

Hammaddenin değeri satınalma maliyeti üzerinden (p), ürünün satılan malın maliyeti üzerinden değeri (b) ile gösterildiğinde, bilançonun aktif-pasif eşitliği şu şekilde kurulur:

$$CA_t + AR_t + bIN_t + pR_t + PE_t = AP_t + LO_t + SE_t + RE_t$$

Çalışma sermayesi planlarının dayandığı ikinci temel nakit akışı olduğuna göre, kasanın değişimini etkileyen kalemler yapılan varsayımlar dikkate alınarak belirlenir.

o : Birim ürün için fazla mesai işçilik ödemesi

h : Bir birim ürünü devre süresince elde bulundurma gideri

r : Bir birim hammaddeyi devre süresince elde bulundurma gideri

olarak tanımlandığında kasayı etkileyen kalemler şu şekilde tanımlanır:

AR_t : Alacaklar

AP_t : Döner borçlar

hIN_t : Ürün stoğu elde bulundurma gideri

rN_t : Hammadde stoğu elde bulundurma gideri

oOP_t : Fazla mesai işçilik ödemeleri

iLO_t : Uzun vadeli borç faizi ödemeleri

AT_t : Vergi ödemeleri

OH_t : Genel imalat ve idari giderler

$O\dot{I}_t$: Normal mesai işçilik ödemeleri

(CF) net nakil akışı, t devresindeki nakil giriş ve çıkışlarına bağlı olarak:

$$CF_t = AR_{t-1} - AP_{t-1} - hIN_t - rR_t - oOP_t - \dot{I}LO_t - AT_t - OH_t - D\dot{I}_t \dots \dots \dots (1)$$

şeklinde belirlenir. Yapılan varsayımlar gereği alacaklar:

$$AR_{t-1} = eS_{t-1} \dots \dots \dots (2)$$

Firmanın borçları hammadde alım politikasına bağlı olarak farklılıklar gösterecektir. (X_{tj}) firmanın t devresinde, j hammadde gereksinimlere dahil olacak şekilde hammadde satınalma kararı olarak tanımlandığında, satınalma kararında (X_{tj}) bir değerini, aksi durumda sıfır değerini alacaktır. (y) birim ürün için kullanılan hammadde miktarı iken devrenin borcu şu şekilde düzenlenir:

$$AP_{t-1} = yp \sum_{k=t-1}^N X_{t-1,k} \left(\sum_{m=t-1}^k (RP_m + OP_m) \right) \dots (3)$$

Firmanın devrelerin bir kısmında elde hammadde bulundurabileceği gözönüne alındığında, yine hammadde satınalma kararına bağlı olarak:

$$R_t = y \sum_{i=1}^t \left[\sum_{k=t+1}^N x_{ik} \left(\sum_{m=t+1}^k (RP_m + OP_m) \right) \right] \dots (4)$$

şeklinde tanımlanır.

Net nakit akışının değişiminde, sipariş verme gideri dikkate alınmamıştır. (k) hammadde sipariş verme gideri olarak tanımlandığında, satınalma politikasıyla iliş-

kili olarak (t) devresinin sipariş verme gideri:

$$k \sum_{j=t}^N x_{tj} \dots\dots\dots (5)$$

şeklinde düzenlenir.

Kasanın durumu, net nakit akışının yanısıra uzun vadeli borç miktarının değişiminden de etkilenir:

$$CA_t - CA_{t-1} = CF_t + (LO_t - LO_{t-1})$$

Bu tanımlamalara göre (1), (2), (3) ve (4) eşitlikleri son eşitliğe göre düzenlenirse;

$$CA_t - CA_{t-1} = eS_{t-1} - hIN_t - oOP_t - AT_t - OH_t - D\dot{I}_t$$

$$-yr \sum_{i=1}^t \left[\sum_{k=t+1}^N x_{ik} \left(\sum_{m=t+1}^k (RP_m + OP_m) \right) \right]$$

$$-yp \sum_{k=t-1}^N x_{t-1,k} \sum_{m=t-1}^k (RP_m + OP_m)$$

$$+ k \sum_{j=t}^N x_{tj} - (1 - i) LO_t - LO_{t-1}$$

Nakit akışı kısıtı oluşturulur.

Bilanço eşitliği ve nakit akışı kısıtları oluşturulduktan sonra, finansal yönetim açısından önem taşıyan sınırlamalar getirilecektir.

Genelde finansal yönetimin başarısı büyük ölçüde elde az para bulundurarak verimi arttırmakla ölçülür. Paranın veriminin sıfır olması ya da enflasyonist ortamlarda (-)'ye kayması, firmaları ellerinde mümkün olduğunca az para bulundurmaya itmektedir (Gönenli, 1979).

Bütün bu olumsuz özelliklerine karşın firmalar, günlük etkinliklerini sürdürebilmek, gerekli ödemeleri zamanında yapabilmek, ihtiyar veya spekülasyon gibi nedenlerle ellerinde bir miktar para bulundurmak durumundadırlar (Akgüç, 1982). Firmaların ellerinde ne kadar para bulundurmaları gerektiğini saptamaya yönelik modeller mevcuttur. Akgüç(1982), para ve menkul değerlerin yönetimini açıklarken, bu modellerden yaygın kullanılanları tanıtmıştır.

Matematiksel modeller ile, ya da sezgisel olarak saptanan en iyi para miktarına koşut olarak, elde bulundurulacak nakit miktarının alt sınırı türetilebilir. Böylece:

$$CA \geq \gamma$$

sınırlandırması yapılır.

Finansal yönetimin başarısını etkileyen bir diğer unsur da stokların yönetimidir. Firmaların finans yöneticileri, çalışma sermayesini finanse etmek için özkaynakları arttırma, kârı alıkoyma, tahvil çıkartma ya da borçlanma gibi seçenekler türetebilirler. Bir diğer yöntem ise, aktif tutarlarını sınırlandırarak çalışma sermayesi gereksinimlerini azaltmaktır (Wooler, 1977). Bu nedenle oluşturulan sınırlama:

$$IN \leq \beta$$

Son olarak yapılacak sınırlama uzun vadeli borçlara ilişkindir. Yerel piyasada firmaların alabilecekleri uzun vadeli kredi tutarının sınırlı olması nedeniyle:

$$LO_t \leq \alpha$$

eşitliği yazılmıştır.

Planlamaya ilişkin tüm kısıtlar oluşturulduktan sonra firmanın kârını enbüyükleme ölçütü, modelin amacı olarak belirlenir. Bu ölçüt, (RE_N) değerini enbüyükleme-ye eşdeğerdir (Bakes and Damon, 1977). (N) planlama döneminin sonudur.

3.4 Eşzamanlı Modelin Kurulması

3.4.1. Modelin doğrusal programlama yaklaşımı ile düzenlenmesi

Önceki bölümlerde ayrıık olarak verilen üretim, stok ve finans planları, bu bölümde birlikte ele alınarak modellenenecektir. Üretim ve finans planlarının doğrusal modeller oluşu, stok modelinin de doğrusal olarak modellenmesinin mümkün olup olamayacağı sorusunu gündeme getirmiştir.

Bu dönüşümün mümkün olduğu belirlenmiştir (Johnson and Montgomery, 1974). Yaklaşımın temelini, dinamik programlama problemlerinin serim olarak gösterilebilmesi oluşturmaktadır. Bölüm 3.2'de tanımlanan stok modelinin yapısına uygun olarak, maliyet bileşenlerinin içbükey olduğu ve yoksatmaya izin verilmeyen durumlar için model, serime dönüştürülecek "en kısa yol" yöntemi ile çözülebilir.

Stok modelinde yoksatmanın olmayışı, serimde geri dönüşlerin de olmamasını gerektirir. Dönüşümsüz serimler için "en kısa yol" yöntemi şu şekilde modellenir (Phillips and Diaz, 1981).

$$\sum_{j \in N} x_{1j} \leq 1$$

$$\sum_{j \in N} x_{jN} \geq 1$$

$$\sum_j x_{tj} - \sum_j x_{jt} = 0, \quad t \neq 1, \quad t \in N$$

$$x_{tj} \geq 0$$

Kısıtları altında:

$$\text{Enk } Z = \sum_t \sum_j c_{tj} x_{tj}$$

Modelin yapısı gereği x_{ik} değişkenleri sonuçta 0 veya 1 değerini alır. Finansal planlar oluşturulurken alınan hammadde satınalma kararları, (x_{tj}) , (0-1) değişkeni olarak tanımlanmıştır. En kısa yol modelinin kısıtları hammadde satınalma politikasını yönlendirdiğine göre, finans kısıtlarındaki satınalma kararına eşdeğerdir.

3.4.2. Modelin yazılması

Modeldeki diğer tüm değişkenler sıfırdan büyük iken, (RE_t) dönem kârı değişkeni işaretce serbesttir. Serbest değişkenlerin model katılması için iki değişken olarak düzenlemesi gerekir. Buna göre dönem kârı değişkeni:

$$RE_t = RE_{At} - RE_{Bt}$$

olarak değiştirilir. Son olarak, bilanço eşitliğinde hammadde stokları satınalma değeri üzerinden tanımlanır ve borçlar da ayrıntılı olarak belirlenerek kısita katılır, eşzamanlı model şu şekilde yazılır:

i) Üretim planı kısıtları

$$IN_t = IN_{t-1} + RP_t + OP_t - S_t, \quad t = 1, \dots, N$$

$$RP_t \leq a_t, \quad t = 1, \dots, N$$

$$OP_t \leq a'_t, \quad t = 1, \dots, N$$

ii) Stok modeli kısıtları

$$\sum_{k \in N} x_{lk} \leq 1 \quad \sum_{k \in N} x_{kN} \geq 1$$

$$\sum_k x_{ik} - \sum_k x_{ki} = 0, \quad i \neq 1, \quad i \neq N$$

iii) Finans kısıtları

$$CA_t + eS_t + bIN_t + yp \sum_{i=1}^t \left[\sum_{k=t+1}^N x_{ik} \left(\sum_{m=t+1}^k (RP_m + OP_m) \right) - yp \sum_{k=t}^N x_{tk} \right]$$

$$\left(\sum_{m=t}^k (RP_m + OP_m) \right) - RE_{At} + RE_{Bt} - LO_t$$

$$+bIN_t = SE_t - PE_t - eS_t, \quad t = 1, \dots, N$$

$$\begin{aligned}
& CA_t - CA_{t-1} + oOP_t + hIN_t - (1 - i) LO_t + LO_{t-1} \\
& + yr \sum_{i=1}^t \left[\sum_{k=t+1}^N x_{ik} \left(\sum_{m=t+1}^k (RP_m + OP_m) \right) \right] \\
& + yp \sum_{k=t-1}^N x_{t-1,k} \left(\sum_{m=t-1}^k (RP_m + OP_m) \right) \\
& + k \sum_{j=t}^N x_{tj} = eS_{t-1} - OH_t - AT_t - DI_t,
\end{aligned}$$

$$t = 1, \dots, N$$

$$CA_t \geq \gamma, \quad t = 1, \dots, N$$

$$IN_t \geq \beta, \quad t = 1, \dots, N$$

$$LO_t \leq \alpha, \quad t = 1, \dots, N$$

$$RP_t, OP_t, IN_t, CA_t, LO_t, RE_{At}, RE_{Bt}, x_{ij} \geq 0$$

kısıtları altında;

$$\text{Enb } Z = RE_{AN} - RE_{BN}$$

şeklinde oluşturulur.

Bir firmada kârı enbüyüklemenin ölçütü, dönemin son devresi olan (N) devresinin kârının enbüyüklenmesi ile eşdeğerdir. Bu nedenle modelin amaç fonksiyonu, (N) devresinin kârının enbüyüklenmesi olarak düzenlenmiştir.

4. MODEL İÇİN ÇÖZÜM ÖNERİLERİ VE MODELİN BİR ÖRNEK İLE SINANMASI

4.1.Çözüm Önerileri

Geliştirilen eşzamanlı model için iki çözüm yöntemi önerilmektedir. Bunlardan ilki sayımlama yöntemi olarak adlandırılabilir olan yöntem, diğeri ise (0-1) polinom programlama yaklaşımıdır. Bu iki yöntem, izleyen bölümlerde açıklanmıştır.

4.1.1. Sayımlama yöntemi

Bu yöntem, tüm hammadde satınalma olası sonuçlarının sırasıyla modele katılmasını gerektirmektedir. Böylece her olası sonucun denenmesi sonunda elde edilecek çözümlerden en büyük değeri veren, modelin eniyi değerini verecektir. Olası sonucun hammadde politikası tercih edilecektir.

Yöntem, tüm hammadde satınalma olası sonuçlarının modele sırasıyla katılması gerektiğinden, fazla pratik görülmemektedir. Özellikle problemin hacmi büyüdüğünde, bu yöntem kullanışsız olacaktır. Ancak, modelin en iyi sonucu sağlaması, yöntemin avantajıdır.

4.1.2. (0-1) polinom programlama yaklaşımı

Modeldeki doğrusal olmayan kısıtlar irdelendiğinde, çarpım halindeki değişkenlerden biri olan (X_{tj}) değişkeninin, eşzamanlı modeldeki stok kısıtları nedeniyle yalnızca (0) veya (1) değerini alacağı görülecektir (Bazaraa, 1977). Bu olgu, diğer değişkenler olan normal mesai üre-

timi (RP_t) ve fazla mesai üretimi (OP_t)'nin (0-1) şekline dönüşümünün olurluğu sorusunu gündeme getirir. Üstten sınırlı karar değişkenlerinin (0-1) değişkenler olarak düzenlenebilmesi, (a_t) ve (a'_t) kapasite sınırları ile Üstten sınırlı olan (RP_t) ve (OP_t) değişkenlerinin, (0-1) forma getirilebileceğini gösterir (Kara, 1984).

Taha (1971), geliştirdiği (0-1) polinom programlama yaklaşımı ile, bünyesinde çarpım halinde (0-1) değişkenler bulunduran modellerin, doğrusal programlama yöntemleri ile çözülebileceğini göstermiştir. Bu yöntem:

$$g_i(x_1, \dots, x_n) \leq b_i, \quad i = 1, \dots, m$$

$$x_j = 0 \text{ veya } 1, \quad j = 1, \dots, n$$

kısıtları altında ;

$$\text{EnbZ} = f(x_1, \dots, x_n)$$

şeklinde olan doğrusal olmayan modellere, çarpım halindeki iki ya da daha fazla değişkeni yeni bir değişken olarak tanımlayarak, (y_k) tanımlanan değişken olmak üzere:

$$y_k = \prod_{j=1}^{n_k} x_j \quad \text{iken;}$$

$$\sum_{j=1}^{n_k} x_j - (n_k - 1) \leq y_k$$

$$\frac{1}{n_k} \sum_{j=1}^{n_k} x_j \geq y_k$$

kısıtlarının kurulmasını gerektirmektedir. (y_k) değişkenlerinin yerine konması ve yeni kısıtların eklenmesi ile model, doğrusal programlama yöntemleri ile çözülebilir forma getirilir. Oluşan model, (0-1) karma tamsayı-lı programlama modelidir.

Bu yaklaşımın modele uyarlanabilmesi, (RP_t) ve (OP_t) değişkenlerinin (0-1) şekline dönüştürülmesini gerektirir. Bu karar değişkenlerinin üst sınırlarının kapasite kısıtı olması nedeniyle yüksek değerler oluşu, dönüştürme işleminde güçlük gösterir. Uygulanabilir bir yaklaşım sağlamak üzere (RP_t) ve (OP_t) değişkenleri, belirli sayıda dilime bölünebilir. Nitekim, gerçek yaşamda yığın üretim yapan firmalar, üretimlerini genellikle çok spesifik rakamlara göre düzenlemezler. Bu varsayım uyarınca, (a_t) , a dilime, (a'_t) ise, b dilime bölündüğünde ;

$$\frac{a_t}{a} = \varphi$$

$$\frac{a'_t}{b} = \varphi'$$

olarak tanımlanır. (XR_{tj}) ve (XP_{tj}) , (RP_t) ve (OP_t) 'ye karşılık gelen (0-1) değişkenler olduğunda ;

$$RP_t \cong \varphi XR_{t1} + \dots + XR_{tn} , \quad XR_{tj} = 0 \text{ veya } 1$$

$$OP_t \cong \varphi' XP_{t1} + \dots + XP_{tn} , \quad XP_{tj} = 0 \text{ veya } 1$$

eşitlikleri varsayım gereği yaklaşık olarak belirlenir.

Değişken dönüştürme işlemi yapıldığında eşzamanlı model şu şekilde düzenlenir :

i) Üretim Planı Kısıtları :

$$IN_t = IN_{t-1} + \varphi \sum_{j=1}^a XR_{tj} + \varphi' \sum_{j=1}^b XP_{tj} - S_t, \quad t = 1, \dots, N$$

$$\varphi \sum_{j=1}^a XR_{tj} \leq a_t, \quad t = 1, \dots, N$$

$$\varphi' \sum_{j=1}^b XP_{tj} \leq a'_t, \quad t = 1, \dots, N$$

ii) Stok Modeli Kısıtları :

$$\sum_{j=1}^N x_{1j} \leq 1$$

$$\sum_{j=1}^N x_{jN} \geq 1$$

$$\sum_{j=t}^N x_{tj} - \sum_{j=1}^t x_{jt} = 0, \quad t = 2, \dots, N-1$$

iii) Finans Kısıtları

$$CA_t + bIN_t + yp \sum_{i=1}^t \left[\sum_{k=t+1}^N x_{ik} \sum_{m=t+1}^k \left(\varphi \sum_{j=1}^a XR_{mj} + \right. \right.$$

$$\left. \left. \varphi' \sum_{j=1}^b XP_{mj} \right) \right] - yp \sum_{k=t}^N X_{tk} \left[\sum_{m=t}^k \left(\varphi \sum_{j=1}^a XR_{mj} + \right. \right.$$

$$\left. \left. \varphi' \sum_{j=1}^b XP_{mj} \right) \right] - RE_{At} + RE_{Bt} - LO_t + bIN_t =$$

$$SE_t - PE_t - eS_t, \quad t = 1, \dots, N$$

$$CA_t - CA_{t-1} + oOP_t + hIN_t - (1-i) LO_t + LO_{t-1}$$

$$+ yr \sum_{i=1}^t \left[\sum_{k=t+1}^N x_{ik} \sum_{m=t+1}^k \left(\varphi \sum_{j=1}^a XR_{mj} + \varphi' \sum_{j=1}^b XP_{mj} \right) \right]$$

$$+ yp \sum_{t=t+1}^N x_{t-1,k} \left[\sum_{m=t-1}^k \left(\varphi \sum_{j=1}^a XR_{mj} + \right. \right.$$

$$\left. \left. \varphi' \sum_{j=1}^b XP_{mj} \right) \right] + k \varphi \sum_{j=t}^N x_{tj} = eS_{t-1} - OP_t$$

$$- AT_t - D\dot{I}_t, \quad t = 1, \dots, N$$

$$CA_t \geq \gamma, \quad t = 1, \dots, N$$

$$IN_t \leq \beta, \quad t = 1, \dots, N$$

$$LO_t \leq \alpha, \quad t = 1, \dots, N$$

$$IN_t, CA_t, LO_t, RE_{At}, RE_{Bt}, x_{tj} \geq 0$$

$$XR_{tj}, XP_{tj} = 0 \text{ veya } 1$$

kısıtları altında ;

$$EnbZ = RE_{AN} - RE_{BN}$$

Modele (0-1) polinom programlama yaklaşımının uygulanabilmesi için, her çarpım halindeki değişken çifti için yeni bir (y_k) değişkeni tanımlanır ve modelde yalnızca iki değişken çarpım halinde olduğundan kısıtlar, iki değişken için düzenlenmiş şekli olan :

$$\sum_{j=1}^{n_k} x_j - 1 \leq y_k$$

$$\frac{1}{2} \sum_{j=1}^{n_k} x_j \geq y_k$$

ile eşzamanlı modele katılır.

Önerilen yöntem, tamsayıli programlama yardımıyla çözülebilir. Üretim, stok ve finansal planlamanın doğrusal olarak modellenmesini öngören yöntemin, tek modelle çözüme ulaşması, sayımlama yöntemine üstünlüğüdür. Buna karşın, üretim miktarı ve dolayısıyla stok miktarının indirgenerek belirli katsayılar halinde bulunacak olması, yöntemin eniyilemeyi garanti etmeyeceğini gösterir.

4.1.3. Kullanılan yöntemin seçimi

(0-1) polinom programlama yaklaşımı çarpım halindeki değişkenlerden birinin yalnızca (0) ve (1) değerini aldığı doğrusal olmayan modelleri doğrusal programlama yöntemleriyle çözülebilir şekile getirirken, yeni değişken ve kısıtlara gereksinim duyar. Ayrıca, kurulan modelde normal mesai ve fazla mesai, üretim değişkenlerinin (0-1) değişkenlere dönüştürülmesinin gerekliliği modelin hacmini daha fazla arttırıcı niteliktedir.

(0-1) polinom programlama yaklaşımının oluşturulan modele uygulanması kapsamlı bir tamsayılı programlama bilgisayar programını gerektirir. Bu nitelikte bir programın kullanım olanağının bulunamaması, bu uygulamada yalnızca sayımlama yöntemi, kullanılarak çözüm araştırmasını zorunlu kılmıştır.

4.2 Modelin Bir Örnek İle Sınanması

4.2.1. Hipotetik örneğin tanıtılması

Hipotetik örneğin genel yapısı ve bu yapının gerektirdiği hammadde satın alımının mümkün sonuçları belirlendikten sonra, ilgili veriler tanımlanarak çözüm aşamasına geçilmiştir.

4.2.1.1 Genel tanıtım

X firması hipotetik bir firma olup, tek tip hammadde ile bir kalem ürün yapmaktadır. Firmanın ürününe olan talep, mevsimsel dalgalanma göstermektedir. Bir yıllık planlama dönemi (2)'şer aylık devrelere ayrılmıştır. Dönemin başlangıcı mali yılbaşdır.

Firmanın talepleri sonradan karşılama politikası yoktur. Buna göre, hammadde satın alımının mümkün sonuçları şu şekilde tanımlanmıştır :

(X_{tj}) , (t) devresinde, (j) devresinin de gereksinimini karşılamak üzere hammadde satınalma kararını göstermektedir. (X_{tj}) (1) değeri aldığı anda, (t) devresinde, (j) devresinin de gereksinimini karşılayacak hammadde alınacak, (0) değeri aldığı anda hammadde alımı yapılmayacaktır.

Hammadde satınalımının mümkün sonuçları, belirlenen dönem içindeki devre sayısına göre üssel olarak artmaktadır. (6) devrelik bir planlama döneminde (32) mümkün sonuç vardır. Buna göre, stok kısıtlarını oluşturan (X_{tj}) karar değişkenlerinin, belirlenen satınalma mümkün sonucu için (1) değeri alanları, Çizelge 4.1'de verilmiştir. Diğer tüm (X_{tj}) karar değişkenleri sıfır değerindedir.

4.2.1.2 Verilerin belirlenmesi

Firmanın ürününe olan talep, devrelere göre, Çizelge 4.2'de verilmiştir. Çizelge 4.3 ise, firmanın bu yılki kapanış bilançosunu vermektedir. Üretim teknolojisini tanımlayan parametre ve maliyet değerleri de, Çizelge 4.4'de verilmiştir.

4.2.2. Modelin örneğe uygulanması ve sonucun değerlendirilmesi

Modelin çözümü için önerilen iki seçenek, önceki bölümlerde açıklanmıştı. Söz konusu seçeneklerden (0-1) tamsayılı programlama yaklaşımının, kapsamlı bir tamsayılı programlama çözüm programı gerektirmesi, diğer seçenek

olan sayımlama yaklaşımının kullanılmasını zorunlu kılmıştır.

Çizelge 4.1. Mümkün sonuçlara göre hammadde satınalma kararları

<u>MÜMKÜN SONUÇ</u>	<u>x_{tj}</u>	<u>MÜMKÜN SONUÇ</u>	<u>x_{tj}</u>
1	x_{16}	17	x_{11}, x_{26}
2	x_{15}, x_{66}	18	x_{11}, x_{25}, x_{66}
3	x_{14}, x_{55}, x_{66}	19	x_{11}, x_{24}, x_{56}
4	x_{14}, x_{56}	20	$x_{11}, x_{24}, x_{55}, x_{66}$
5	x_{13}, x_{46}	21	x_{11}, x_{23}, x_{46}
6	x_{13}, x_{45}, x_{66}	22	$x_{11}, x_{23}, x_{45}, x_{66}$
7	$x_{13}, x_{44}, x_{55}, x_{66}$	23	$x_{11}, x_{23}, x_{44}, x_{56}$
8	x_{13}, x_{44}, x_{56}	24	$x_{11}, x_{23}, x_{44}, x_{55}, x_{66}$
9	x_{12}, x_{36}	25	x_{11}, x_{22}, x_{36}
10	x_{12}, x_{35}, x_{66}	26	$x_{11}, x_{22}, x_{35}, x_{66}$
11	$x_{12}, x_{34}, x_{55}, x_{66}$	27	$x_{11}, x_{22}, x_{34}, x_{56}$
12	x_{12}, x_{34}, x_{56}	28	$x_{11}, x_{22}, x_{34}, x_{55}, x_{66}$
13	$x_{12}, x_{33}, x_{44}, x_{55}, x_{66}$	29	$x_{11}, x_{22}, x_{33}, x_{46}$
14	$x_{12}, x_{33}, x_{44}, x_{56}$	30	$x_{11}, x_{22}, x_{33}, x_{45}, x_{66}$
15	x_{12}, x_{33}, x_{46}	31	$x_{11}, x_{22}, x_{33}, x_{44}, x_{56}$
16	$x_{12}, x_{33}, x_{45}, x_{66}$	32	$x_{11}, x_{22}, x_{33}, x_{44}, x_{55}, x_{66}$

Çizelge 4.2. Satış kestirimleri

<u>DEVRE</u>	<u>SATISLAR</u>
1	2000
2	1900
3	1700
4	1600
5	1800
6	2100

Çizelge 4.3. Kapanış bilançosu

<u>AKTİF</u>		<u>PASİF</u>	
KASA	50 000 TL	DÖNER BORÇLAR	850 000 TL
ALACAKLAR	1 200 000 TL	UZUN VADELİ BORÇLAR	200 000 TL
STOKLAR		SERMAYE	800 000 TL
Hammadde	--	DÖNEM KÂRI	800 000 TL
Yarımamul	50 000 TL		
Mamul	--		
SABİT AKTİF	1 350 000 TL		
AKTİF TOPLAMI	<u>2 650 000 TL</u>	PASİF TOPLAMI	<u>2 650 000 TL</u>

Çizelge 4.4. Parametrelere atanan değerler

<u>SEMBOL</u>	<u>AÇIKLAMA</u>	<u>DEĞERİ</u>
P_t	Hammadde satınalma gideri	54 TL
y	Birim üründe kullanılan hammadde miktarı	10 birim
h_t	Ürün stoğu elde bulundurma maliyeti	50 TL
a_t	Normal mesai üretim kapasitesi	1850 birim
a'_t	Fazla mesai üretim kapasitesi	500 birim
LO	Uzun vadeli borç limiti	1 500 000 TL
CA	Kasanın alt limiti	20 000 TL
	Ürün stoğu limiti	1000 birim
i_t	Uzun vadeli borç kredisi faizi	0.06 / devre
OH_t	Genel giderler	114 750 TL
Df_t	Normal mesai işçilik ödemeleri	129 600 TL
O	Fazla mesai işçilik ödemeleri	105 TL / birim
r_t	Hammadde stoğu elde bulundurma maliyeti	3.3 TL
e	Ürünün birim satış fiyatı	800 TL
b	Satılan malın maliyeti	645 TL
k	Sipariş verme gideri	500 TL
AT_t	Ödenecek vergi tutarı ($t=2,4,6$ için)	123 500 TL

4.2.2.1 Örneğin sayımlama yöntemi ile çözümü

Örneğin çözümü için, IBM 4341 sisteminde, UHELP doğrusal programlama paket programı kullanılmıştır. Bu program, FORTRAN IV programlama dili ile yazılmış olup, "Revised Simplex" algoritmasını kullanmaktadır.

Uygulamada tüm mümkün sonuçlar için örnek yeniden düzenlenerek, (32) farklı mümkün sonuç için sonuçlar elde edilmiştir. Sayımlama sonunda, (5) seçenek türetilmektedir. Diğer mümkün sonuçların uygun çözümleri yoktur. Elde edilen sonuçlar, Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Sayımlama sonuçları

MÜMKÜN SONUÇ	HAMMADDE ALIMI	DÖNEM SONU KÂRI (RE _N)
22	1, 2, 4, 6	575 000 TL
24	1, 2, 4, 5, 6	713 000 TL
28	1, 2, 3, 5, 6	757 000 TL
30	1, 2, 3, 4, 6	722 000 TL
32	1, 2, 3, 4, 5, 6	713 000 TL

Çizelge 4.5'de eniyi sonucu verdiği görülen 28. mümkün sonucun verileri ve sonucu EK-1'de verilmiştir.

4.2.2.2. Sonuçların analizi

Sayımlama sonunda en iyi sonucu veren (28). mümkün sonuç, (1),(2),(3),(5) ve (6). devrelerin başında hammadde alımını öngörmektedir. Çözümde elde edilen, normal mesai üretimi (RP) ve fazla mesai üretimi (OP)'ye bağlı olarak, her devre için gerekli hammadde miktarları hesaplanabilir. Hammadde alım devreleri gözönüne alınarak,

en kârlı normal mesai üretimi ve hammadde satınalma miktarları, Çizelge 4.6'daki gibi düzenlenir.

Çizelge 4.6. En iyi üretim planı

<u>DEVRE</u>	<u>NORMAL MESAI ÜRETİMİ (RP_t)</u>	<u>FAZLA MESAI ÜRETİMİ (OP_t)</u>	<u>ÜRÜN STOĞU (IN_t)</u>	<u>HAMMADDE ALIM MİKTARI (adet)</u>
1	1850	150	-	20 000
2	1850	50	-	19 000
3	1700	-	-	33 000
4	1600	-	-	-
5	1850	250	-	21 000

Çizelge 4.6'de sonucu verilmeyen olası sonuçların çözümü yoktur. Bu olası sonuçların çözümünün olmayışı, firmanın bu olası sonuçları uygulayabilmek için yeterli kaynağı olmadığını gösterir. Durumu örnekleme amacıyla çözümü olmayan (12). olası sonucun uzun vadeli borç kaynağı, 1 500 000 TL'sından, 2 000 000 TL'sına çıkartılmıştır. Bu durumda firmanın dönem sonu kârının, 409 000 TL olduğu görülmüştür. Bu olası sonucun bilgisayar çıktısı EK-2'de verilmiştir.

Firmanın, kaynaklarını arttırabildiği durumlarda, sonuç vermeyen olası sonuçların gerçekleşmesi mümkün olacaktır. Ters durumda bu sonucun uygulanması mümkün olmayacaktır.

S O N U Ç

Eşzamanlı bir model geliştirmenin amacı, örgütlerin önemli birimleri arasında etkileşimi sistem yaklaşımı bakışı ile bütünleştirerek, aynı karar sürecinde planlama bilgilerini türetmektir. Maliyet, kapasite kısıtı ve parametrelerin saptanması ile model, en iyi çözümünde, her devrede normal ve fazla mesai üretiminin ne olması gerektiğini, her devrede yapılması gerekli hammadde alımlarını, kasada ne kadar para bulunması gerektiğini, uzun vadeli borçlanma politikasının ne olması gerektiği bilgilerini türetir.

Modelin kuruluşu sırasında tanımlayıcı ve basitleştirici varsayımlar yapılması gerekmiştir. Özellikle nakit akışlarının ve bilanço düzenlemelerinin firmalar bazında önemli farklılıklar gösterebilmesi, hipotetik örneklerle sınırlanan modelin bazı tanımlayıcı varsayımlar ışığında oluşturulmasını gerektirmiştir. Yanısıra, firmaların vergilerini zamanında ödeyecekleri, menkul değerlere yatırım yapmayacakları, alacak ve borçların yalnızca satışlardan ve hammadde alımlarından doğduğu gibi basitleştirici varsayımlar, modelin hacmini sınırlandırmak için yapılmıştır. Karar vericiye anlamlı bir destek verebilmesi için modellerin, karmaşık bir yapıda olup, çözümünün zor elde edilebilir olması modelin işlerliğini azaltabilir. Bu nedenle modelin, gerçek problemi yansıtmaz özelliğini yitirmeyecek şekilde basitleştirici varsayımlarla kurulmasına çalışılmıştır.

Problemin doğrusal olarak çözümünün mümkün oluşu, duyarlılık çözümlemesine olanak tanınması gibi çok önemli bir avantajı da beraberinde getirmiştir. Yalnızca en iyi çözümün bilinmesi, birçok durumlarda yeterli olmamaktadır. Fiyat ve maliyetlerde, ya da kaynak miktarlarında oluşacak

değişimlerin en iyi çözümü nasıl etkilediği, farklı varsayımlarla eniyi çözümdeki değişimlerin incelenmesi, karar sürecinin bir başka önemli boyutunu oluşturmaktadır. Duyarlılık çözümlemesi ile bu tür farklı bilgiler türetilerek, karar vericiye seçenekler üzerinde değerlendirme yapma olanağı sağlanacaktır.

Problemin doğrusal olarak modellenmesi, sayımlama yönetiminde kuruluş aşamasında, (0-1) polinom programlama yaklaşımında çözüm aşamasında bazı güçlükler getirmektedir. Ancak çalışma, bu türde eşzamanlı modellerin kurulabileceğini ve bunların çözümünün mümkün olduğunu göstermek amacındadır. Çözüm yöntemini iyileştirici yaklaşımlar geliştirmek farklı araştırmalara konu olacaktır.

Çalışmanın dayandığı sistem yaklaşımı perspektifi ışığında, örgütlerdeki farklı işlevsel birimlerin etkileşimlerini irdeleyen modelleme yaklaşımları geliştirmek, yeni araştırmalara konu olabilecek niteliktedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Akgüç, Ö., 1982, Finansal yönetim, İstanbul Üniversitesi Yayını, 2825, 838 s.
- Baker, K.R. and Damon, W.W., 1977, A simultaneous planning model for production and working capital, Decision Sciences, V.8, 1, 95-108.
- Bazaraa, M.S. and Jarvis, J.J., 1977, Linear programming and network flows, John Wiley and Sons Inc.
- Cook, T.M. and Russel, R.A., 1981, Introduction to management science, Prentice-Hall Inc.
- Çömlekçi, F. ve Bektöre, S., 1980, Mali tablolar analizi, Eskişehir İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Yayını 220, 166 s.
- Dervitsiotis, K.N., 1981, Operations management, McGraw-Hill Book Co., 771 p.
- Damon, W.W. and Schramm, R., 1972, A simultaneous decision model for production, marketing and finance, Management Science V.19, 2, 161-172.
- Gass, S.I., 1975, Linear programming, McGraw-Hill Book Company, 406 p.
- Gönenli, A., 1979, İşletmelerde finansal yönetim, Finans Enstitüsü Yayınları 3.
- Hadley, G., 1971, Linear programming, Addison-Wesley Publishing Company.
- Ijiri, Y., Levy, F.K. and Lyon, R.C., 1963, A Linear programming model for budgeting and financial planning, Journal Accounting Research, V.5, 3, 198-212.
- Johnson, L. and Montgomery, Y.D., 1974, Operations research in peoduction planning, scheduling and inventory control, John-Wiley and Sons Inc.
- Kara, İ., 1984, Tamsayılı ve dinamik programlamaya giriş, Anadolu Üniversitesi Müh.Mim.Fak.Endüstri Müh.Böl., 111 s.
- Ledbetter, W.N. and Cox, J.F., 1977, Are operations research techiques being used, Industrial Engineer, 19-20.

- Love, S.F., 1979, Inventory control, McGraw-Hill International book Company, 273 p.
- Mehta, D.R., 1974, Working capital management, Prentice-Hall Inc., 181 p.
- Phillips, D.T. and Diaz, A.G., 1981, Fundamentals of network analysis, Prentice-Hall Inc.
- Robichek, A.A., Teichroew, P. and Jones, J.M., 1965, Optimal short term financing decision, Management Science, V.12, 1, 1-36.
- Taha, H., 1971, Operations research, Mc-Millian Publishing Company.
- Wooler, J., 1977, Stock related finance: A new way of raising capital, Accountancy, V.88, 1001, 83-84.

EK I: Eniyi Sayımlama Sonucu

44

P1:RP1+OP1-IN1=2000;

P2:RP2+OP2-IN1-IN2=1900;

P3:RP3+OP3-IN2-IN3=1700;

P4:RP4+OP4-IN3-IN4=1600;

P5:RP5+OP5-IN4-IN5=1800;

P6:RP6+OP6-IN5-IN6=2100;

F1:RP1<1850; M1:OP1<500; C1:CA1>20000; L1:L01<1500000;

F2:RP2<1850; M2:OP2<500; C2:CA2>20000; L2:L02<1500000;

F3:RP3<1850; M3:OP3<500; C3:CA3>20000; L3:L03<1500000;

F4:RP4<1850; M4:OP4<500; C4:CA4>20000; L4:L04<1500000;

F5:RP5<1850; M5:OP5<500; C5:CA5>20000; L5:L05<1500000;

F6:RP6<1850; M6:OP6<500; C6:CA6>20000; L6:L06<1500000;

NA1:CA1+105OP1+50IN1-0.94L01=-644850;

NA2:CA2-CA1+105OP2+50IN2-0.94L02+L01+

54ORP1+

540OP1=1231650;

NA3:CA3-CA2+105OP3+50IN3-0.94L03+L02+

54ORP2+33RP4+

540OP2+33OP4=1275150;

NA4:CA4-CA3+50IN4-0.94L04+L03+

54ORP3+54ORP4+

540OP3+645OP4=992150;

NA5:CA5-CA4+105OP5+50IN5-0.94L05+L04=1035150;

NA6:CA6-CA5+50IN6-0.94L06+L05+

54ORP5+

540OP5=1071650;

RE1:CA1-L01-REA1+REB1+650IN1

-54ORP1

-540OP1=-2000000;

RE2:CA2-L02-RFA2+REB2+650IN2

-54ORP2

-540OP2=-1920000;

RE3:CA3-L03-RFA3+REB3+650IN3

-54ORP3

-5400P3=-1760000;
PF4:CA4-LD4-REA4+REP4+650IN4=-1680000;
PE5:CA5-LD5-REA5+REP5+650IN5
-540RP6
-5400P6=-1840000;
PE6:CA6-LD6-REA6+REP6+650IN6
-540RP6
-5400P6=-2080000;
I1:IN1<1000;
I2:IN2<1000;
I3:IN3<1000;
I4:IN4<1000;
I5:IN5<1000;
I6:IN6=0;
MAXIMIZE:FUNK:REA6-REP6;

** SIMPLEX SOLUTION **

THE PROBLEM IS FEASIBLE

46

NUMBER OF ITERATIONS = 42

OPTIMAL VALUE FOR FUNK = 0.757E+06

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
RP1 =	0.185E+04	0.000E+00
OP1 =	150.	0.000E+00
IN1 =	0.000E+00	126.
RP2 =	0.185E+04	0.488E-03
OP2 =	50.0	0.244E-03
IN2 =	0.000E+00	253.
RP3 =	0.170E+04	0.488E-03
OP3 =	0.000E+00	124.
IN3 =	0.000E+00	21.8
RP4 =	0.160E+04	0.977E-03
OP4 =	0.000E+00	126.
IN4 =	0.000E+00	178.
RP5 =	0.180E+04	0.244E-02
OP5 =	0.000E+00	119.
IN5 =	0.000E+00	91.1
RP6 =	0.185E+04	0.000E+00
OP6 =	250.	0.000E+00
IN6 =	0.000E+00	-0.198E-03
CA1 =	0.200E+05	0.000E+00
LO1 =	0.724E+06	-0.954E-06
CA2 =	0.200E+05	0.000E+00
LO2 =	0.615E+06	-0.954E-06
CA3 =	0.200E+05	0.191E-05
LO3 =	0.445E+06	0.000E+00
CA4 =	0.200E+05	0.954E-06
LO4 =	0.131E+07	0.000E+00
CA5 =	0.200E+05	-0.954E-06
LO5 =	0.296E+06	0.954E-06
CA6 =	0.200E+05	-0.954E-06
LO6 =	0.209E+06	0.125E-05

REA1	=	0.216E+06	0.000E+00
REB1	=	0.000E+00	0.000E+00
REA2	=	0.299E+06	0.000E+00
REB2	=	0.000E+00	0.000E+00
REA3	=	0.417E+06	0.000E+00
REB3	=	0.000E+00	0.000E+00
REA4	=	0.386E+06	0.000E+00
REB4	=	0.000E+00	0.000E+00
REA5	=	0.430E+06	0.000E+00
REB5	=	0.000E+00	0.000E+00
REA6	=	0.757E+06	0.000E+00
REB6	=	0.000E+00	0.000E+00
SLACK IN K1	=	0.000E+00	152.
SLACK IN M1	=	350.	0.000E+00
SLACK IN C1	=	0.000E+00	0.870E-01
SLACK IN L1	=	0.776E+06	0.000E+00
SLACK IN K2	=	0.000E+00	143.
SLACK IN M2	=	450.	0.000E+00
SLACK IN C2	=	0.000E+00	0.818E-01
SLACK IN L2	=	0.885E+06	0.000E+00
SLACK IN K3	=	150.	0.000E+00
SLACK IN M3	=	500.	0.000E+00
SLACK IN C3	=	0.000E+00	0.768E-01
SLACK IN L3	=	0.106E+07	0.000E+00
SLACK IN K4	=	250.	0.000E+00
SLACK IN M4	=	500.	0.000E+00
SLACK IN C4	=	0.000E+00	0.722E-01
SLACK IN L4	=	0.186E+06	0.000E+00
SLACK IN K5	=	50.0	0.000E+00
SLACK IN M5	=	500.	0.000E+00
SLACK IN C5	=	0.000E+00	0.679E-01
SLACK IN L5	=	0.120E+07	0.000E+00
SLACK IN K6	=	0.000E+00	0.000E+00
SLACK IN M6	=	250.	0.000E+00
SLACK IN C6	=	0.000E+00	0.638E-01
SLACK IN L6	=	0.129E+07	0.000E+00

SLACK IN I1	=	0.100F+04	0.000F+00
SLACK IN I2	=	0.100F+04	0.000F+00
SLACK IN I3	=	0.100F+04	0.000E+00
SLACK IN I4	=	0.100E+04	0.000E+00
SLACK IN I5	=	0.100F+04	0.000E+00

$$P1: RP1 + OP1 - IN1 = 2000;$$

$$P2: RP2 + OP2 + IN1 - IN2 = 1900;$$

$$P3: RP3 + OP3 + IN2 - IN3 = 1700;$$

$$P4: RP4 + OP4 + IN3 - IN4 = 1600;$$

$$P5: RP5 + OP5 + IN4 - IN5 = 1800;$$

$$P6: RP6 + OP6 + IN5 - IN6 = 2100;$$

$$K1: RP1 < 1850; \quad M1: OP1 < 500; \quad C1: CA1 > 200000; \quad L1: LO1 < 2000000;$$

$$K2: RP2 < 1850; \quad M2: OP2 < 500; \quad C2: CA2 > 200000; \quad L2: LO2 < 2000000;$$

$$K3: RP3 < 1850; \quad M3: OP3 < 500; \quad C3: CA3 > 200000; \quad L3: LO3 < 2000000;$$

$$K4: RP4 < 1850; \quad M4: OP4 < 500; \quad C4: CA4 > 200000; \quad L4: LO4 < 2000000;$$

$$K5: RP5 < 1850; \quad M5: OP5 < 500; \quad C5: CA5 > 200000; \quad L5: LO5 < 2000000;$$

$$K6: RP6 < 1850; \quad M6: OP6 < 500; \quad C6: CA6 > 200000; \quad L6: LO6 < 2000000;$$

$$NA1: CA1 + 105OP1 + 50IN1 - 0.94LO1 +$$

$$33RP2 +$$

$$33OP2 = -644850;$$

$$NA2: CA2 - CA1 + 50IN2 - 0.94LO2 + LO1 +$$

$$54ORP1 + 54ORP2 +$$

$$54OP1 + 645OP2 = 1232150;$$

$$NA3: CA3 - CA2 + 105OP3 + 50IN3 - 0.94LO3 + LO2 +$$

$$33RP4 +$$

$$33OP4 = 1275150;$$

$$NA4: CA4 - CA3 + 50IN4 - 0.94LO4 + LO3 +$$

$$54ORP3 + 54ORP4 +$$

$$54OP3 + 645OP4 = 992150;$$

$$NA5: CA5 - CA4 + 105OP5 + 50IN5 - 0.94LO5 + LO4 +$$

$$33RP6 +$$

$$33OP6 = 1035150;$$

$$NA6: CA6 - CA5 + 50IN6 - 0.94LO6 + LO5 +$$

$$54ORP5 + 54ORP6 +$$

$$54OP5 + 645OP6 = 1072150;$$

$$RE1: CA1 - LO1 - REA1 + REB1 + 650IN1$$

$$-54ORP1$$

$$-54OP1 = -2000000;$$

$$RE2: CA2 - LO2 - REA2 + REB2 + 650IN2 = -1920000;$$

PE3:CA3-L03-REA3+REB3+6.50IN3

-540RP3

-5400P3=-1760000;

PE4:CA4-L04-REA4+REB4+6.50IN4=-1680000;

PE5:CA5-L05-REA5+REB5+6.50IN5

-540RP5

-5400P5=-1840000;

PE6:CA6-L06-REA6+REB6+6.50IN6=-2080000;

I1:IN1<1000;

I2:IN2<1000;

I3:IN3<1000;

I4:IN4<1000;

I5:IN5<1000;

I6:IN6=0;

MAXIMIZE:FUNK:REA6-REB6;

** SIMPLEX SOLUTION **

THE PROBLEM IS FEASIBLE

NUMBER OF ITERATIONS = 52

OPTIMAL VALUE FOR FUNK = 0.400E+06

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
RP1 =	0.185E+04	-0.244E-03
QP1 =	150.	0.000E+00
IN1 =	0.000E+00	33.8
RP2 =	0.185E+04	0.000E+00
QP2 =	50.0	0.244E-03
IN2 =	0.000E+00	345.
RP3 =	0.170E+04	-0.732E-03
QP3 =	0.000E+00	134.
IN3 =	0.000E+00	21.8
RP4 =	0.160E+04	-0.488E-03
QP4 =	0.000E+00	126.
IN4 =	0.000E+00	85.7
RP5 =	0.185E+04	0.000E+00
QP5 =	0.000E+00	26.4
IN5 =	50.0	-0.763E-04
RP6 =	0.185E+04	-0.244E-03
QP6 =	200.	-0.244E-03
IN6 =	0.000E+00	0.183E-03
CA1 =	0.200E+05	0.000E+00
L01 =	0.791E+06	0.954E-06
CA2 =	0.200E+05	0.000E+00
L02 =	0.178E+07	0.000E+00
CA3 =	0.200E+05	0.000E+00
L03 =	0.589E+06	0.000E+00
CA4 =	0.200E+05	-0.954E-06
L04 =	0.147E+07	0.954E-06
CA5 =	0.200E+05	-0.954E-06
L05 =	0.534E+06	0.954E-06
CA6 =	0.200E+05	-0.775E-06
L06 =	0.169E+07	0.125E-05

RFA1	=	0.149E+06	0.000E+00
REF1	=	0.000E+00	0.000E+00
REA2	=	0.164E+06	0.000E+00
RFB2	=	0.000E+00	0.000E+00
RFA3	=	0.273E+06	0.000E+00
REF3	=	0.000E+00	0.000E+00
RFA4	=	0.233E+06	0.000E+00
REF4	=	0.000E+00	0.000E+00
RFA5	=	0.359E+06	0.000E+00
REF5	=	0.000E+00	0.000E+00
RFA6	=	0.409E+06	0.000E+00
REF6	=	0.000E+00	0.000E+00
SLACK IN K1	=	0.000E+00	152.
SLACK IN M1	=	350.	0.000E+00
SLACK IN C1	=	0.000E+00	0.870E-01
SLACK IN L1	=	0.121E+07	0.000E+00
SLACK IN K2	=	0.000E+00	143.
SLACK IN M2	=	450.	0.000E+00
SLACK IN C2	=	0.000E+00	0.818E-01
SLACK IN L2	=	0.224E+06	0.000E+00
SLACK IN K3	=	150.	0.000E+00
SLACK IN M3	=	500.	0.000E+00
SLACK IN C3	=	0.000E+00	0.768E-01
SLACK IN L3	=	0.141E+07	0.000E+00
SLACK IN K4	=	250.	0.000E+00
SLACK IN M4	=	500.	0.000E+00
SLACK IN C4	=	0.000E+00	0.722E-01
SLACK IN L4	=	0.533E+06	0.000E+00
SLACK IN K5	=	0.000E+00	92.5
SLACK IN M5	=	500.	0.000E+00
SLACK IN C5	=	0.000E+00	0.679E-01
SLACK IN L5	=	0.147E+07	0.000E+00
SLACK IN K6	=	0.000E+00	112.
SLACK IN M6	=	300.	0.000E+00
SLACK IN C6	=	0.000E+00	0.638E-01
SLACK IN L6	=	0.309E+06	0.000E+00

SLACK IN I1	=	0.100E+04	0.000E+00
SLACK IN I2	=	0.100E+04	0.000E+00
SLACK IN I3	=	0.100E+04	0.000E+00
SLACK IN I4	=	0.100E+04	0.000E+00
SLACK IN I5	=	950.	0.000E+00

