

11841

T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ BÖLÜMÜ

DOĞRUSAL PROGRAMLAMA TEKNİĞİ İLE ÜRÜN KARMASI
PROBLEMİNİN ÇÖZÜMÜ VE T.C. MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI
DERS ALETLERİ YAPIM MERKEZİ'NDE BİR UYGULAMA

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Muzaffer SARIMEŞELİ
Hazırlayan : Emel ALTAY

ANKARA
EYLÜL - 1990


Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

GİRİŞ.....	1
------------	---

BÖLÜM I

YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI, DOĞRUSAL PROGRAMLAMA VE DUYARLILIK ANALİZİ

1. YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI

1. 1. Yöneylem Araştırmasının Tanımı.....	3
1. 2. Yöneylem Araştırmasının Tarihsel Gelişimi.....	4
1. 3. Yöneylem Araştırmasının Bilimsel Yaklaşımı.....	5
1. 3. 1. Model Kavramı.....	5
1. 3. 2. Karar Modelinin Geliştirilmesi.....	7
1. 3. 2. 1. Karar Modelini Geliştirme Evreleri.....	7
1. 3. 2. 2. İşletmelerde Karar Verme İşlevleri.....	10

2. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA

2. 1. Doğrusal Programlamanın Tanımı.....	11
2. 2. Doğrusal Programlamanın Varsayımları.....	12
2. 3. Doğrusal Programlamanın Matematiksel Yapısı.....	13
2. 4. Doğrusal Programlamanın Aşamaları.....	17
2. 4. 1. Örnek Problem.....	18
2. 5. Doğrusal Programlamanın Çözüm Teknikleri	
2. 5. 1. Simpleks Yöntemi.....	22
2. 5. 2. Simpleks Yöntemi İle Doğrusal Program- lama Probleminin Çözümünde Karar Verme Fonksiyonu.....	23
2. 5. 3. Simpleks Yöntemi İle Doğrusal Programla- ma Probleminin Çözümünde Uygulanacak Aşamalar.....	25
2. 5. 4. Örnek Problem İle Simpleks Yöntemin Açıklanması	26

3. DUYARLILIK ANALİZİ

3. 1. Duyarlılık Analizinin Tanımı.....	36
3. 2. Duyarlılık Analizinin Uygulama Şekilleri.....	37
3. 3. Duyarlılık Analizi ve Gölge Fiyatlar.....	40

BÖLÜM II

DOĞRUSAL PROGRAMLAMA YÖNTEMİ İLE MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI

DERS ALETLERİ YAPIM MERKEZİNDE URUN KARMASI

1. ARASTIRMANIN AMACI.....	42
2. YÖNTEM.....	43
3. DERS ALETLERİ YAPIM MERKEZİNİN TANITILMASI	
3. 1. Merkezin Kuruluşu.....	43
3. 2. Merkezin Üretim Süreci.....	44
3. 2. 1. Üretilen Ürünler ve Kullanım Yerleri.....	44
3. 2. 2. Merkezin Fiziksel Yapısı.....	45
3. 2. 3. Üretim Yöntemi.....	48
4. MODELİN DÜZENLENMESİ	
4. 1. Modelin Varsayımları.....	51
4. 2. Modelin Kurulması.....	52
4. 3. Modele Alınacak Faaliyetler.....	52
4. 3. 1. Esas Faaliyetler.....	52
4. 3. 2. Terk Edilecek Faaliyetler.....	53
4. 4. Üretimi Kısıtlayıcı Faktörler.....	53
4. 4. 1. Hammadde Kapasitesi.....	53
4. 4. 2. Atölye Çalışma Kapasitesi.....	54
4. 5. Kısıtlayıcı Denklemlerin Oluşturulması.....	55
4. 5. 1. Hammadde Kısıtlayıcı Denklemleri.....	55
4. 5. 2. Atölye Kapasiteleri Kısıtlayıcı Denklemleri.....	60
4. 5. 3. Ürünlerin Talep Miktarları Kısıtlayıcı Denklemleri.....	66
4. 6. Amaç Fonksiyonu Denkleminin Oluşturulması	

4. 6. 1. Katsayıların hesaplanmasında İzlenen Yöntem.....	67
4. 6. 2. Ürünlerin Satış Fiyatları.....	67
4. 6. 3. Ürünlerin Üretim Maliyetleri.....	67
4. 6. 4. Birim Başına Brüt Karlar.....	68
4. 7. Simpleks Tablonun Düzenlenmesi.....	71
4. 8. Modelin Çözümü.....	74
5. OPTIMUM ÇÖZÜM VE DUYARLILIK ANALİZİ SONUÇLARI	
5. 1. Optimum Üretim Planı Çözüm Sonuçları.....	74
5. 1. 1. Optimum Planda Yer Alan Faaliyetler.....	74
5. 1. 2. Optimum Planda Yer Almayan Faaliyetler...	74
5. 1. 3. Üretim Faktörleri ve Atıl Kapasiteler....	74
5. 2. Duyarlılık Analizleri.....	80
5. 2. 1. Amaç Fonksiyonu Katsayılarına Ait Duyarlılık Analizi.....	80
5. 2. 2. Üretim Faktörleri Katsayılarına Ait Duyarlılık Analizi.....	82
SONUÇ.....	86
EKLER.....	90
KAYNAKLAR.....	97

TABLÖLAR LİSTESİ

SAYFA

TABLO 1. Örnek Problemin Amaç Fonksiyonu Katsayılarına Ait Duyarlılık Analizi Sonuçları.....	38
TABLO 2. Örnek Problemin Üretim Faktörleri Katsayılarına Ait Duyarlılık Analizi Sonuçları.....	40
TABLO 3. D.A.Y.M. Ders Araçları Yapımında Kullanılan Hammadde Miktarları.....	54
TABLO 4. Ürünlerin 1989 Faaliyet Yılına Ait Brüt Satış Fiyatları.....	69
TABLO 5. Üretilen Ürünlerin Birim Brüt Kârları.	70
TABLO 6. Başlangıç Simpleks Tablosu.....	73
TABLO 7. Optimum Plan Sonuçları.....	77
TABLO 8. Modelin Amaç Fonksiyonu Katsayılarına Ait Duyarlılık Analizi Sonuçları.....	81
TABLO 9. Modelin Üretim Faktörleri Katsayılarına Ait Duyarlılık Analizi Sonuçları...	83
TABLO 10. Gerçekleşen Brüt Kâr Tablosu.....	89

GİRİŞ

İktisadi mal ve hizmet akımı içerisinde karar verme birimlerinden biri olan işletmelerde firma yöneticilerinin amaçları; kâr maksimizasyonu, masraf minimizasyonu, fonksiyonel amaçlar ve personel amaçları olarak ayrılabilir.

Karar eylemi belli bir süreç içinde gerçekleşir ve bir amaca ulaşabilmek için eldeki olanak ve koşullara göre mümkün olabilecek çeşitli yöneylem tekniklerinden doğrusal programlama tekniğinin bilimsel yaklaşımı bu süreç içinde önem kazanır.

Doğrusal programlama tekniği üretim planlaması problemleri olmak üzere endüstride oldukça geniş bir uygulama alanına sahiptir. Üretim planlamasının amacı, belirlenen üretim hedeflerine ulaşabilmek için kaynakların en iyi kullanımını tespit etmektir.

Bu çalışmanın amacı da , doğrusal programlama yöntemi kullanarak Milli Eğitim, Gençlik ve Spor Bakanlığı'na bağlı Ders Aletleri Yapım Merkezi'nde üretim planlamasının amacına ulaşmaktır.

Çalışma iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde doğrusal programlama yöntemi, yöneylem araştırmasının analitik yöntemlerinden biri olması nedeniyle öncelikle yöneylem araştırmasının tanımı ve bilimsel yaklaşımı ele alınacaktır. Daha sonra üretim planlaması ve doğrusal programlamanın teorik olarak açıklaması yapılacaktır. Doğrusal programla-

manın işletmelerde karar vermede yeri ve önemi belirtilecek matematiksel yapısı teorik olarak ve bir örnekle açıklanacaktır. Doğrusal programlamanın çözüm tekniklerinden biri olan "Simpleks yöntemi" teorik olarak ve bir örnekle açıklanacaktır.

Çalışmanın ikinci bölümünde ise teorik bölümün M.E.B. Ders Aletleri Yapım Merkezi'ndeki uygulanması yer alacaktır.



BÖLÜM 1

YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI, DOĞRUSAL PROGRAMLAMA
VE DUYARLILIK ANALİZİ

1. YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI

1.1. Yöneylem Araştırmasının Tanımı

Yöneylem araştırması, bir sistemde ortaya çıkan problemlere, sistemin denetlenebilir bileşenleri cinsinden bilimsel yöntem, teknik ve araçların uygulanmasıyla en iyi çözümün bulunmasıdır (1).

Yöneylem araştırması; insan, makine, para ve gereçten oluşan endüstriyel, ticari, resmi ve askeri sistemlerin yönetimde karşılaşılan sorunlarına modern bilimin saldırısıdır. Belirgin yaklaşımı sistemin, şans ve risk ölçüsünü de içeren, alternatif karar, strateji ve denetimlerin sonuçlarını tahmin ve karşılaştırmaya yarayan bilimsel bir modelini geliştirmektir. Amacı yönetimin politika ve eylemlerinin bilimsel olarak saptanmasına yardımcı olmaktır (2).

Yöneylem araştırması örgütün bütünleşik amaçlarına en iyi uyum sağlayacak şekilde, organize (insan-makine) sistemlerin kontrol edilebilir problemlerinin çözümünde disiplinler arası ekiple bilimsel yöntem uygulanmasıdır (3).

- (1) C. West Churchman-Russell L. Ackoff, Leonard E. Arnaoff, Introduction to Operations Research, New York: John Wiley and Sons, Inc., 1957, s. 18.
- (2) Halim Doğrusöz; "Yöneticinin Yardımcısı Bilimsel Bir Disiplin ve Meslek: Yöneylem Araştırması", Sevki ve İdare Dergisi Sayı 55, 1973, s. 9, 17.
- (3) Russell L. Ackoff, Maurice W. Sasieni, Fundamentals of Operations Research, New York: John Wiley and Sons, Inc., 1968, s. 6.

1. 2. Yöneylem Araştırmasının Tarihsel Gelişimi

Yöneylem araştırmasının başlangıcı 2. Dünya Savaşına dayanır. Çeşitli uzmanlık alanlarından gelen bilim adamları savaş çabalarına katkıda bulunmaları amacı ile bir araya getirildiler. Fizyologlar, genel ve teorik fizikçiler, matematikçiler ve subaylardan oluşan grubun başkanlığını Nobel ödüllü İngiliz fizikçisi P.M.S. Blackett yapmaktaydı.

Grubun temel amaçlarından biri savaşın bir parçası olarak yürütülen askeri harekate bilimsel yöntemin uygulanması ile radar aygıtları, kontrol birimleri ve havadaki savaş uçaklarından oluşan üçlü sistem arasındaki bilgi alışverişinin sağlanması idi.

Bilim adamları böylece teknik sorunlarla olduğu kadar bilgi akımı ve organizasyon konuları ile ilgilenmeye başladılar. Bundan sonra yöneylem araştırması savunma sisteminin tüm kesimlerine yayılmaya başlamıştır.

Yöneylem araştırması 2. Dünya Savaşından sonra, 1951 yılından başlayarak endüstri alanına girdi. 1953 yılında Amerikan Üniversiteleri başta olmak üzere, yöneylem araştırması da-
linda yüksek lisans ve doktora programları oluşturuldu.

Ülkemizde ilk yöneylem araştırması çalışmaları silahlı kuvvetlerde başlamıştır. İlk yöneylem araştırma ekibi de 1956 yılında daha sonra adı Araştırma ve Geliştirme (ARGE) Başkanlığı olan Genel Kurmay Danışma ve Geliştirme Başkanlığı'nda kurulmuştur. 1 Eylül 1965 tarihinde ordu dışında ilk kez Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumun'da (TÜBİTAK) altı kişilik

bir kadro yönleyem araştırması çalışmalarına başlamışlardır (1).

1. 3. Yöneylem Araştırmasının Bilimsel Yaklaşımı

Yöneylem araştırmasının bilimsel yaklaşımının evreleri şöyle sıralanabilir:

- Problemin belirlenmesi
- Matematiksel modelin geliştirilmesi
- Modelden çözüm elde edilmesi (modelin çözülebilirliğinin sağlanması)
- Modelin ve çözümün kanıtlanması
- Çözümün uygulanması-yönetmel karar

1. 3. 1. Model Kavramı

Model, bir sistem veya alt sistemin davranış gösterimidir. Araştırmaların çoğunda sistemin özelliklerini taşıyan bir model geliştirilerek model üzerinde, değişmelere karşı sistemin davranışı izlenir. Sistemin davranış gösterimi olan modeller yapılarına, kullanım amaçlarına, zamanla olan ilişkilerine, çözümleme şekillerine, fonksiyonel ilişkilere ve benzeri bakış açılarına göre sınıflandırılmaktadır (2).

Bir sistemin mantıksal akış modelinin simgesel (sembollerle) gösterimine matematiksel model denir. Matematiksel model,

-
- (1) Alptekin Esin; Yatırım Projeleri Geliştirme ve Değerlendirme, Ankara:, G.Ü.Sosyal Bilimler Enstitüsü ile T.C. Ziraat Bankası Genel Müdürlüğü'nün Ortaklaşa Hazırlanmış Olduğu Seminer Notları, No.3,1985,s. 90
- (2) İmdat Kara, Yöneylem Araştırmasının Yöntembilimi, Eskişehir: Eskişehir İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Yayınları, No: 215/ 139, 1979,s.84.

çözümleri sistemin durumunu açıklayan bir denklemler kümesi olarak da tanımlanmaktadır. Sistemin mantıksal akış modelinde belirlenen tüm öge ve ilişkilerin matematiksel yazılımında eşitliklerle birlikte eşitsizliklerin de olması doğaldır (1).

Sistemin verilen çevre koşullarında amacı ile uyumlu olan davranışı gösterebilmesi için uygulanacak eylemleri belirleyen matematiksel modele de karar modeli adı verilir.

Bir karar modelinin dört temel bileşeni vardır.

- Karar değişkenleri
- Parametreler
- Kısıtlayıcılar
- Amaç fonksiyonu

Problem belirleme evresinde tartışılan kavramlar ışığında, bir sistemin karar modelinin çatısı şöyle tanımlanabilir:

X_i : Sistemin karar değişkenleri, $i=1,2,\dots,n$,

Y_j : Sistemin parametreleri, $j=1,2,\dots,m$,

U : Sistemin etkinlik ölçüsü

f ve g : U, X_i ve Y_j 'ler arasındaki matematiksel ilişkiler olmak üzere bir sistemin bütünleşik karar modeli;

$$U = f(X_i, Y_j) \quad i = 1, \dots, n$$

$$j = 1, \dots, m$$

ve

$$g_h = (X_i, Y_j) = 0 \quad i, j \text{ ve } h = 1, \dots, k.$$

şeklinde yazılabilir. Karar modelinin U etkinlik ölçüsüne amaç fonksiyonu, x_i 'lerle Y_j 'ler arasında sağlanması gereken "k tane" fonksiyonel ilişkiye de modelin kısıtlayıcıları ya da sınırlayıcıları denir.

1. 3. 2. Karar Modelinin Geliştirilmesi

Model geliştirme kavramı, sistem modelinin yazılımı anlamında kullanılır. Sistemin davranış yazılımıyla sistemin kuramsal, mantıksal akış ya da matematiksel modelinin geliştirilmesinden söz edilebilir.

Karar vericiler problemin kapsamına göre kavramsal, mantıksal ya da matematiksel modele ihtiyaç duyabilirler. Geniş kapsamlı problemlerde karar verici matematiksel model kullanmak zorundadır. Problem belirleme evresinde açıklanan tüm karar değişkeni ve parametreleri kapsayan ve ilgili kısıtlayıcıları taşıyan karar modeli, en iyi kararın verilmesinde tüm eylem seçeneklerini inceleme olanağı sağlayan tek araçtır (2).

Yöneylem araştırması ekibinin geliştirdiği modellerde sistemin istenen davranış şekline ilişkin yönetsel karar, zaman boyutunun belirli bir kesiminde verilecektir.

1. 3. 2. 1. Karar Modelini Geliştirme Evreleri

- Mantıksal Akış Modelinin Çizimi.

Problem geliştirme evresinde sistemin bileşenleri ve etkileşimlerini incelemek amacıyla karar verici, karar noktaları, bilgi, kaynak ve yörüngeleri gösteren, bütünleşik dav-

(1) Kara, s. 92.

(2) Kara, s. 106.

ranış gösterimi olan akış şeması, sistemin mantıksal akış modelidir.

- Varsayımların Saptanması

Problemin olduğu sistemin davranışlarına esas olan göstergeler, bunların zaman içindeki değişimi ve örgütün çevresiyle olan etkileşimlerine ilişkin tüm önkoşullar modelin varsayımlarını oluşturur.

- Karar Değişkenlerinin ve Parametrelerin Simgesel Yazılımı

Problemin belirlenmesi evresinde açıklanan karar değişkenleri ve parametrelerin simgelerle gösterimi model geliştirmenin, üçüncü evresidir.

- Kısıtlayıcıların Yazılımı

Simgelerle belirlenen karar değişkenleri ve parametreler arasında gerçekleşmesi gereken ilişkiler, karar değişkenlerinin alabileceği en küçük ve en büyük değerler, sistemin ögeleri ve çevre sistemlerle ilişkileri açısından gerçekleşmesi gereken davranışlar, yasalar ve diğer çevre koşullarından gelen sınırlamaların karar değişkenlerinin ve parametrelerin fonksiyonları olarak yazılımı, model geliştirmenin dördüncü evresidir.

- Amaç Fonksiyonunun Yazılımı

Model geliştirmenin son evresi, problem belirleme kesiminde tartışılan amaçlar dizini doğrultusunda karar değişkenlerinin ve parametrelerin bir fonksiyonu olarak sistemin davranışının etkinlik göstergesi olan amaç fonksiyonunun yazılımıdır.

Sistemlerin modellenmesinde gözönünde tutulması gereken özellikler, modelin kullanım amacı ve kurama katkısı açısından iki başlık altında toplanabilir.

i) Kullanım amacı: Model geliştirmede kullanım açısından gözönüne alınması gereken özellikler şöyle sıralanabilir; Model, sistemin alabildiğince duyarlı ve uygun bir gösterimi olmalıdır. Model, amaca uygun basit bir yapıya sahip olmalıdır. Model, sistemin davranışına çok az etki yaptığı kesin olan değişkenlerden arındırılmalıdır. Model için gerekli veriler derlenmiş olmalı ya da toplanıp işleme olanağı bulunmalıdır. Model geliştirirken asıl olan sistemin en iyi gösterimiyle ilgili kararın uygulanabilirliğini sağlamaktır. Bu gerçek sürekli gözönünde tutulmalı ve modeli çözüm açısından bilinen bir tekniğin uygulanmasını olanaklı kılacak yapıya dönüştürmeye zorlamaktan kaçınılmalıdır. Model, karar vericinin mümkün olduğu kadar kolay anlayacağı, gerektiğinde denetleyebileceği ve değişimleri izleyebileceği şekilde geliştirilmelidir. Karar verici tarafından modelin geçerliliği ve uygulanabilirliği benimsenmelidir. Sistemin davranışları geçersiz varsayımlar ve kısıtlayıcılarla basite indirgenmemelidir. Sistem davranışının mantıksal açıklaması ve model çözümünün uygulanabilirliği karar verici tarafından benimsenmelidir.

ii) Kuramsal katkı: Sistemlerin modelleri kuram geliştirmede kullanışlı birer araçtır. Geliştirilen bir modelle özel sistemler için geçerli sonuçlar alınabilirse, ulaşılan yargılarla genellemeler yapılabilir. Bu nedenle model geliştirmede elden geldiğince genelleme olanakları araştırılmalıdır (1).

(1) Kara, s. 107-110.

1. 3. 2. 2. İşletmelerde Karar Verme İşlevleri

İktisadi mal ve hizmet akımı içerisinde karar verme birimlerinden birisi de işletmelerdir. Genel bir sınıflandırma içerisinde firma yöneticilerinin amaçları, kâr maksimizasyonu, fonksiyonel amaçlar ve personel amaçları olarak ayrılabilir (1).

Yöneticinin fonksiyonel amaçları üretim, stok, satış piyasa hissesi ve varlıklarını artırma olarak belirlenebilir. Yönetici fonksiyonel açıdan bu amaçlarını gerçekleştirme çabasındadır (2).

Yönetimin ilk görevi ise örgütün gelecekteki eylemini tesbit edecek kısa ve uzun dönem kararları almaktır. Alınacak bu kararlar düşünülebilecek her türlü fiziksel ve örgütsel alana yönelebilir. Bunlar finansal planlama, pazarlama ve personel alanlarıyla olduğu kadar işlemler ve üretim evreleriyle de ilgili olabilir (3). Karar vermenin en açık görünümü, içinde seçeneklerin olmasıdır. Karar eylemi de bu seçeneklerden izlenecek eylemi seçmektir (4).

Karar eylemi anlık değil belli bir süreç içerisinde gerçekleşir. Yöneticiler karar verirken yöneylem araştırmasının çözümlemeli (analitik) tekniklerinden yararlanırlar. Yön-

(1) Kara, s. 92.

(2) Ahmet Öztürk, Yönetici Kararlarında Leontief Modeli, Ankara:1980,s.11.

(3) J.Stewart Samuel, "Share Price Maximization; A tool for Management Decision Making", California Management Review, Vol XVI, No.2, 1973, s. 54.

(4) Edwood S. Buffa, Temel Üretim Yönetimi, çev. Attila Sezgin, Ankara: Olgaç Yayınları, 1981, s.25.

eylem araştırmasının bilimsel yaklaşımının evreleri bu süreç içinde önem kazanmaktadır.

Yöneticilerin karar vermesini, devlet tarafından çıkarılan kanunlar, işçi sendikalarının varlığı, ekonomide karşılaşılan hammadde darboğazı, kalifiye işgücünün bulunması, tüketicinin korunmasıyla ilgili sosyal baskılar vb. sınırlayıcı faktörler etkilemektedir.

2. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA

2.1. Doğrusal Programlamanın Tanımı

Doğrusal programlama belli doğrusal eşitlikler ya da eşitsizlikler şeklinde tanımlanan kısıtlayıcı koşullar altında doğrusal bir amaç fonksiyonunu optimize etmek şeklinde tanımlanabilir. Optimize etmek belirli bir amaca en küçük masrafla ulaşmak ya da belirli kaynaklarla en fazla ürünü sağlamak anlamına gelir (Dantzig, 1963) (1).

Projeciliğin temel felsefesi, kıt olan kaynakların optimal kullanımının sağlanması ve hem mikro hem de makro bazda üretkenliğin ve rantabilitenin iktisadilik esasları çerçevesinde ençoklanmasıdır. Doğrusal programlama projecilikte çeşitli safhalarda kullanılabilir. En yaygın kullanım alanları ise; (2)

1. Kâra geçiş analizleri ve fiyatlandırma,

2. Kâr planlaması ve kârın maksimizasyonu,

3. Maksimum öz kaynak ve/veya toplam kaynak rantabi-

(1) Alptekin Esin; Yöneylem Araştırmasında Kullanılan Karar Yöntemleri,

Ankara: Gazi Üniversitesi Yayınları, No:126,1988,s.24,25.

(2) Devlet Yatırım Bankası. Yatırım Projelerinin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi, Ankara: Ünal Ofset, Cilt II, 1985, s.174.

litesi,

4. Minumum sermaye maliyeti ve optimum sermaye bileşimi,

5. Minumum maliyetle üretim (özellikle kâr amacı gütmeyen projeler için),

6. Optimum kaynak dağılımı ya da kullanımı,

7. Üretim planlaması, kapasite seçimi ve optimum ürün karması,

8. Kuruluş yeri seçimi,

9. Optimum stok tutarlarının ve işletme sermayesinin belirlenmesi.

Amaç fonksiyonun ve kısıtlayıcıların doğrusal dönüşümlerle belirlendiği karar modelleri üzerine yapılan çalışmaların tümü doğrusal programlama başlığı altında toplanabilir. Doğrusal programlama yöneylem araştırmasının en çok, bir anlamda en kolay uygulama alanı bulmuş bir tekniğidir (1).

2.2 . Doğrusal Programlamanın Varsayımları

Sosyal bilimlere konu olan olayları matematiksel modellere dönüştürmek oldukça zor bir işlem olduğundan bir takım varsayımlar yapmak kaçınılmaz olmaktadır. Doğrusal programlamanın temel varsayımları kısaca şöyledir.

1. Doğrusallık varsayımı: Amaç fonksiyon ile kısıtlamaları oluşturan değişkenler arasındaki ilişki doğrusaldır. ve ayrıca sınır koşullarında değişkenler arasındaki ilişki de doğrusaldır.

2. Kıt kaynak varsayımı: Amaç fonksiyonunda anlamını bulan hedefe erişebilmek için ayrılabilen kaynak ve kapasite sınırlıdır.

(1) Kara, s. 96,97.

3. Amaç varsayımı: Eldeki kaynakların doğrusal bir fonksiyonu olarak ifade edilebilecek bir amaç tanımlanabilir.

4. Pozitiflik varsayımı: Modelde yer alan karar değişkenleri pozitif değerler alır.

5. Bölünebilirlik varsayımı: Girdiler ondalıklı miktarlarda kullanılabilir ve elde edilen çıktılar ondalıklı miktarlarda üretilebilir.

6. Toplanabilirlik varsayımı: Çeşitli faaliyetler tarafından kullanılan, yani üretime katılan girdiler her bir faaliyet tarafından ayrı ayrı kullanılan girdilerin toplamına eşittir.

7. Eşitsizlik varsayımı: Modelde yer alan faaliyetler tarafından kullanılan girdi miktarlarının toplamı mevcut bulunan girdi miktarına eşit ya da küçüktür.

2.3. Doğrusal Programlamanın Matematiksel Yapısı

Doğrusal programlama probleminin; amaç fonksiyonu, kısıtlar kümesi ve negatif olmama sınırlamaları kümesi olmak üzere üç önemli ögesi vardır. Hiç bir değişken 1' den başka bir kuvvete yükseltilmediği ve herhangi bir değişkenle çarpılmadığı için doğrusallık söz konusudur. Doğrusal olma özelliği, x_j^2 ya da $x_j \cdot x_k$ gibi terimlerin amaç fonksiyonda ve kısıtlayıcılarda yer almamasıdır.

Doğrusal programlama modellerinde doğrusal biçimde ifade edilen amaç fonksiyonu, kâr için maksimizasyon, maliyet için minimizasyon olur.

Amaç fonksiyonu Z , Değişkenler x_j ($j = 1, 2, \dots, n$) ve veri sabit katsayılar kümesi C_j ($j = 1, 2, \dots, n$) ile gösterilirse amaç fonksiyonu:

$$Z_{\text{enb/enk}} : \sum_{j=1}^n C_j x_j \text{ biçiminde gösterilir.}$$

b_i simgeleri ($i=1,2,\dots,m$), programda yüklenilen sınırlamaları temsil eder. Seçim değişkenlerinin kısıtlardaki katsayılarının ikili alt işaretleri her bir katsayının özel konumunu göstermeye yaramaktadır ve a_{ij} ile gösterilmektedir. Toplam olarak n tane değişken üzerinde m tane kısıt olduğundan (m,n 'den büyük, küçük ya da eşit olabilir) a_{ij} katsayıları $m \times n$ boyutunda bir matris oluşturacaktır.

Minimizasyon problemlerinde kısıtlayıcılar:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i \quad (i=1,2,\dots,m)$$

Maksimizasyon problemlerinde kısıtlayıcılar:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad (i=1,2,\dots,m) \text{ şeklinde ifade edilebilir.}$$

Doğrusal programlama modelleri gerçek işletme problemlerine uygulandığından yani işletmelerin üretimde bulunup bulunmamalarına göre programlama yapıldığından değişkenlerin negatif olması söz konusu olamaz. Matematiksel olarak $x_j \geq 0$ ($j=1,2,\dots,n$) biçiminde yazılır (1).

Doğrusal programlama problemlerinin genel formül görünüşleri ise şöyledir.

Maksimizasyon

$$\text{Amaç Fonksiyonu: Zenb: } \sum_{j=1}^n C_j x_j$$

$$\text{Kısıtlayıcılar: } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad (i=1,\dots,m)$$

$$\text{Pozitif Kısıtlama: } x_j \geq 0 \quad (j=1,2,\dots,n)$$

Minimizasyon

$$\text{Amaç Fonksiyonu: Zenk: } \sum_{j=1}^n C_j x_j$$

$$\text{Kısıtlayıcılar: } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i \quad (i=1,\dots,m)$$

(1) Alpha C. Chiang, Matematiksel İktisadın Temel Yöntemleri, çev. Ergün Kıp et.al. Ankara: Teori Yayınları, 1986, s. 619.

Pozitif Kısıtlama: $x_j \geq 0$ ($j=1,2,\dots,n$)

Matematiksel modelin nasıl oluşturulduğunu gösterebilmek amacıyla aşağıda örnek bir problem ele alınmıştır:

Bir tarımsal işletmede üretim faktörü olarak 10 dönüm arazi, 10.000 TL sermaye ve 120 saat işgücü bulunmaktadır. İklim koşulları gözönüne alınarak buğday ve patates yetiştirilecektir. Buğdayın dönüme net geliri 600 TL, gerekli işletme sermayesi 200 TL, işgücü gereksinimi 10 saattir. Patatesin

	BUĞDAY	PATATES	KAPASİTE
Arazi	1	1	10
İşgücü	10	30	120
Sermaye	200	400	10000

dönüme net geliri 1000 TL, gerekli işletme sermayesi 400 TL, işgücü gereksinimi 30 saattir.

İşletmenin kârını maksimize edecek, haftalık üretim planının hazırlanması istenmektedir.

Problemin matematiksel modelini oluşturabilmek için sırasıyla aşağıdaki işlemlerin gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

a. Problemin karar değişkenlerinin belirlenmesi ve bunların matematiksel olarak gösterimi .

b. Problemin kısıtlayıcı koşullarının tespit edilmesi ve bunların doğrusal bağıntılarla karar değişkenlerinin fonksi-

yonu olarak ifade edilmesi.

c. Problemin amacının tespit edilmesi karar değişkenlerinin doğrusal fonksiyonu olarak ifade edilmesi.

a. Problemdeki karar değişkenleri buğday ve patatesin haftalık üretim miktarlarıdır.

X_1 : Buğdayın haftalık üretim miktarı

X_2 : Patatesin haftalık üretim miktarıdır

b. Buğday ve patates üretimi için toplam 10 dönüm arazi vardır. Yani $X_1 + X_2 \leq 10$ 'dur. Buğday için gerekli işletme sermayesi 200 TL, patates için 400 TL'dir, işletme sermayesi ise 10.000TL ile sınırlanmıştır. Bu durumda sermaye kısıtı $200 X_1 + 400 X_2 \leq 10.000$ olacaktır. Buğdayın işgücü gereksinimi 10 saat, patatesin işgücü gereksinimi 30 saattir. Ancak işletmenin işgücü miktarı 120 saat ile sınırlandırılmıştır. Bu durumda işgücü kısıtı $10 X_1 + 30 X_2 \leq 120$ olacaktır.

Üretilen miktarlar fiziksel olarak negatif olamayacağından X_1 ve X_2 değişkenleri için negatif olmama koşulları da modele ilave edilecektir.

$$X_1, X_2 \geq 0$$

c. Amaç, satışlardan elde edilecek kârı maksimize etmektir. Buğdayın dönüme net geliri 600 TL, patatesin dönüme net geliri 400 TL olduğuna göre amaç fonksiyonu; $Z = 600 X_1 + 400 X_2$ 'dir. O halde üretim programı problemi için yapılan matematiksel formülasyon;

$$\text{Max. } Z = 600 x_1 + 400 x_2$$

$$x_1 + x_2 \leq 10$$

$$10 x_1 + 30 x_2 \leq 120$$

$$200 x_1 + 400 x_2 \leq 10000$$

$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ olmaktadır.}$$

Fiyatların Tahmini:

Gerek üretimde kullanılan üretim faktörlerinin ve gerekse ürün fiyatlarının ayrı ayrı tahmin edilmesi zorunludur. Ürünler için pazar fiyatlarından pazar yerine kadar olan taşıma ve diğer pazarlama masrafları çıkarıldıktan sonra üreticinin-çiftçinin-işletmecinin eline geçen fiyat kullanılır.

Satın alınan hammaddeler ve malzemeler için bu mallar işletmeye getirilinceye kadar yapılan masrafların alım fiyatına eklenmesi ile bulunan maliyet fiyatı kullanılır. Dolayısıyla, satılan ürün için:

İşletme Fiyatı Satış Fiyatı Ulaşım ve Diğer Pazarlama
Masrafları

satın alınan mallar için:

İşletme Fiyatı Pazarlama Gideri Alım Fiyatı

olur.

2.4 . Doğrusal Programlamanın Aşamaları

Başlıca iki grupta toplamak mümkündür.

1. Kabul edilebilir bir programın saptanması.
2. Saptanan bu programın optimum program olup olmadığının araştırılması.

1. Kabul edilebilir bir programın saptanması: Programın hazırlanabilmesi için şu bilgilere gereksinim vardır: Programı sınırlayan üretim faktörleri ve bunların miktarları, bölgede ve işletmede uygulanabilecek üretim faaliyetleri, teknik katsayılar ve üretilen ürünlerin fiyatı ile kullanılan, değişen üretim faktörlerinin maliyeti.

2. 4. 1. Örnek Problem

Bir çiftçinin 20 dekar arazisi ve yeterli miktarda sermayesi ile işgücü bulunsun. Yani üretimi sınırlayan tek faktör arazi miktarı olsun. Yine işletmede yalnız buğday ve mısır yetiştirilebileceğini, buğdayın veriminin 100 kg./dekar, mısırın veriminin ise 200 kg./dekar olduğunu, mısırın faydasının 3 TL./kg., buğdayın faydasının 4 TL./kg. olduğunu ve değişken üretim faktörleri karşılığı mısırdaki 200 TL./dekar, buğdayda da 100 TL./dekar harcandığını varsayalım. Bu bilgilerle üretim olanaklarını saptamaya çalışalım.

$$\frac{1}{100} = 0,01 \text{ dekar arazi} \rightarrow 1 \text{ kg. buğday}$$

$$\frac{1}{200} = 0,005 \text{ dekar arazi} \rightarrow 1 \text{ kg. mısır}$$

$$0,01 \times B + 0,005 \times M = 20$$

Burada B buğdayın, M mısırın üretim miktarını, önlerindeki ondalıklı rakamlar ise bir birim üretim için gerekli olan üretim faktörü miktarlarını göstermektedir.

$$B = 2000 - 0,5 \times M$$

Bu ilişki doğrusaldır. Mısır üretiminin 2000 kg olması istendiğinde üretilebilecek maksimum buğday miktarı 1000 kg. olacaktır.

$$B = 2000 - 0,5 \times (2000) = 1000$$

0,5 katsayısı 1 birim mısır üretimi için gerekli arazi miktarına oranıdır, Bu ise aynı zamanda ürün yönünden

$\frac{\Delta B}{\Delta M}$ ya da mısırın buğday için marjinal ikame oranını verir.

Yani bir birim fazla mısır üretmek için buğday üretiminden vazgeçilmesi gereken miktarı gösterir.

Başlangıç çözümü saptandıktan sonra bu programın en karlı olup olmadığı incelenmelidir. Bu, bulunan planla bulunacak diğer planların karlılık açısından karşılaştırılması sonucu anlaşılır. Bu karşılaştırma kriter fonksiyonundan yararlanılarak yapılabilir. Kriter fonksiyonu kar fonksiyonundan türetilir

Kar fonksiyonu ise $Z_0 = C_b B + C_m M$ denklemiyle gösterilip, işletme karının işletmedeki faaliyetlerin karları toplamına eşit olduğunu gösterir. Buna kar fonksiyonu denilmesinin nedeni hesaplama tekniğini kolaylaştırma açısından faaliyetlerin fiyatları yerine net gelirlerin kullanılmasıdır.

Net Gelir: Her bir faaliyetin gayri safi hasılasından (brüt gelirinden) değişen masraflar çıkarılarak bulunur. Buna marjinal ya da net fiyat adı da verilir.

$$B = 2000 - \frac{\Delta B}{\Delta M} M$$

$$Z_0 = C_b \left(2000 - \frac{\Delta B}{\Delta M} M \right) + C_m M$$

$$Z_0 = 2000 C_b - C_b \frac{\Delta B}{\Delta M} M + C_m M$$

$$Z_0 = 2000 C_b + \left(C_m - C_b \frac{\Delta B}{\Delta M} \right) M$$

Bu fonksiyona göre mısır üretiminin 0 olması durumunda buğdayın üretimi 2000kg. olacaktır. Buğdayın fiyatı 4 TL/kg. ve mısırın fiyatı 3 TL/ kg. olduğuna göre buğdayın ve mısırın dekara gayri safi hasılası;

$$B_{GSH} = 4 \times 100 = 400 \text{ TL/ dekar}$$

$$M_{GSH} = 3 \times 200 = 600 \text{ TL/ dekar}$$

olacaktır.

Buğdayın dekara değişen masrafı 100 lira olduğuna göre buğdayın dekara net geliri $400 - 100 = 300$ TL'dir. Diğer taraftan mısırın dekara değişen masrafı 200 TL olduğuna göre mısırın dekara net geliri $600 - 200 = 400$ TL olacaktır.

Dolayısıyla kg. başına net gelir

$$B \text{ net gelir/ dekar } 300 / 100 = 3 \text{ TL}$$

$$M \text{ net gelir/ dekar } 400 / 100 = 4 \text{ TL}$$

olur.

Z_0 denkleminde fonksiyonun parantez içindeki kısmına bakacak olursak kârın artırılıp artırılmayacağını saptarız. Bu karar verme fonksiyonuna, yani parantez içindeki bu kısma kriter fonksiyonu denir ve $\Delta Z_0 = C_m - C_b \frac{\Delta B}{\Delta M}$ şeklinde gösterilir.

Burada ΔZ_0 , planda olmayan veya 0 seviyesinde olan faaliyetin(mısırın) her birim artışında kârda meydana gelecek değişikliği gösterir. Böylece kriter fonksiyonu plandaki bir faaliyet azaltılırken ya da planda olmayan faaliyet artırılırken

işletme kârının artırılıp artırılamıyacağını belirtir. Eğer $Z_0 > 0$ ise planda olmayan faaliyetin plana alınması (üretimine başlanması) kârı artıracaktır. Çünkü 1 birim mısır üretmek için vazgeçilen buğdayın değeri mısırın net fiyatından veya 1 birim mısırın değerinden daha küçüktür.

Yani $C_m > C_b \frac{\Delta B}{\Delta M}$ olduğundan $Z_0 > 0$ 'dır.

$Z_0 < 0$ eşitsizliğinin geçerli olması durumunda ise mısırın artırılması sadece buğday üretimini içeren plana göre kârı azaltacaktır. Çünkü 1 birim mısır elde etmek için vazgeçilen buğdayın değeri mısırın net fiyatından veya 1 birim mısırın değerinden büyüktür.

Yani $C_m < C_b$ ise $Z_0 < 0$ 'dir.

Mısırın 1 kg artırılması kârı 0.5 TL/kg. artıracaktır.

$$\Delta Z_0 = 2 \text{ TL} - 3 \text{ TL} \times 0.5 = 0.5 \text{ TL/kg.}$$

Dolayısı ile mısırın buğday yerine ikamesi işletmenin toplam kârını artırmış olacaktır.

Üretim faktörü açısından ilk denklemimiz

$0.01B - 0.005M = 20$ idi. Sadece mısır üretimi yapılırsa,

mısır üretimi miktarı; $M = 4000 - 2B$ olacaktır, buradan

$$Z_0 = C_b B - C_m M$$

$$Z_0 = C_b B - C_m (4000 - 2B)$$

$$Z_0 = 4000C_m - (C_b - 2C_m) B \longrightarrow 0 \text{ (Sadece mısır üretildiğinden).}$$

Mısır üretimi miktarı 4000 kg. olacaktır.

Kâr fonksiyonuna göre işletmenin kârı

$$Z_{0,m} = 4000 \times 2 = 8000 \text{ TL olacaktır.}$$

Oysa ki sadece buğday ürettiğimiz zaman;

$B = 2000 - 0.5 M \rightarrow 0$ Buğday üretimi 2000 kg. olacaktır.

Kâr fonksiyonuna göre işletmenin kârı ise;

$Z_0 B : 2000 \times 3 = 6000$ TL olacaktır.

Tüm arazi mısır üretimine ayrıldığında işletmenin kârı 8.000 TL, buğday üretimine ayrıldığında işletmenin kârı 6.000 TL olacaktır.

2.5. Doğrusal Programlamanın Çözüm Teknikleri

Bir doğrusal programlama problemi grafiksel yöntem, simpleks yöntem, matris yaklaşımı yöntemi ile çözülebilir. Bu çalışma kapsamı içinde uygulamada en çok kullanılan sempo- leks yönteminin açıklanmasına geçilecektir.

2.5.1. Simpleks Yöntemi

n tane değişkeni olan bir doğrusal programlama problemi için mümkün çözümler n boyutlu uzayda konveks (dış bükey) bir set oluşturur. Bu setin köşeleri yani uç noktaları problemin mümkün temel çözümlerine karşılık gelir. Eğer problemin bir optimal mümkün çözümü varsa bu uç noktalardan bir tanesi optimal çözüm olacaktır. Simpleks yöntemi bu bilgiden faydalana- rak geliştirilmiş bir yöntemdir. Simpleks yöntemi bir uç nok- tasından başlayarak optimuma daha yakın bir ikincisine, oradan bir üçüncüsüne atlayarak optimum uç noktasına ulaşmamızı sağ- lar. Her atlayışta amaç fonksiyon optimuma biraz daha yaklaşır, ya da hiç değilse değerini korur. Yani bir maksimum problemin- de atladığımız noktadaki amaç fonksiyon değeri atlamadan önceki noktada elde edilmiş amaç fonksiyon değerinden küçük olamaz. Aynı şekilde bir minimum probleminde atladığımız noktadaki a-

maç fonksiyon değeri, atlamadan önceki noktada elde edilmiş amaç fonksiyon değerinden daha büyük olamaz. Ayrıca simpleks yöntemi, doğrusal programlama probleminin mümkün çözümü olup olmadığını, sınırsız bir çözüm bulunup bulunmadığını da ortaya koyar (1).

Simpleks yöntemi, problemin matematiksel olarak belirtilmesini zorunlu kılar. Bu nedenle kısıtlayıcıların eşitsizlikler veya eşitlik, amaç fonksiyonunun da doğrusal bir fonksiyon halinde matematiksel olarak ifade edilmesi gerekir (2).

2. 5. 2. Simpleks Yöntemi İle Doğrusal Programlama Probleminin Çözümünde Karar Verme Fonksiyonu

Daha önce de belirtildiği gibi simpleks yöntemde önce kabul edilebilir bir plan seçilir ve bu plana kriter fonksiyonu uygulanarak planda yer almayan bir faaliyetin plana alınmasının kârı artırıp artıramıyacağı araştırılır.

Eğer yeni alınan faaliyet kârı artırıyorsa bu yeni faaliyet üretimi sınırlayan üretim faktörünün olanağı ölçüsünde plana alınır. Bu şekilde bulunan plana tekrar kriter fonksiyonu uygulanmasıyla kârın daha fazla artırılıp artırılamıyacağı araştırılır. Kriter fonksiyonu kâr göstermeyinceye kadar tüm bu işlemler tekrarlanır. Simpleks yöntemine ait karar fonksiyonu oldukça farklıdır. Bu fonksiyon bir marjinal gelir fonksiyonudur. Bu fonksiyon kriter fonksiyonunun negatif ve zıt şeklidir. Şu şekilde gösterilir $\Delta Z = C_b \frac{\Delta B}{\Delta M} - C_m$. Örneğimizde

(1) Zeki Avrallıoğlu; Doğrusal Programlama ve Tarımsal İşletmelerde Bir Uygulama, Ankara İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi, Yayın No: 139, Ankara, 1981, s. 79, 80.

(2) Okan Gürel; Lineer Programlama ve Dinamik Programlamaya Giriş, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, 1966, s. 45.

kriter fonksiyonunda ΔZ_0 pozitif olduğu zaman mısır üretimini artırıyorduk, ΔZ_0 negatif olduğu zaman mısır üretiminden vazgeçiyorduk. Oysaki marjinal gelir fonksiyonunda ΔZ_0 negatif olduğunda mısır üretimini artırırız. Çünkü $C_b \frac{\Delta B}{\Delta M}$ vazgeçilen buğday değeri veya alternatif maliyeti belirtmektedir. Bu ikame edilen faaliyetin (mısırın) fiyatından küçük olması ($C_m > C_b \frac{\Delta B}{\Delta M}$) ikame edilecek faaliyetle kârın artacağını, büyük olması durumunda ise ($C_m < C_b \frac{\Delta B}{\Delta M}$) ikame edilecek faaliyetle kârın azalacağını gösterir.

Bu açıklamalar ekonomide faaliyet seçiminde çok kullanılan ikame ve fiyat oranı kavramlarıyla yakından ilgilidir.

$$\text{Ikame Oranı} = \frac{\text{Üretiminden Vazgeçilen Ürün Miktarı}}{\text{Ikame Edilen (Üretime Konan) Ürün Miktarı}}$$

$$= \frac{\Delta B}{\Delta M} = S_R$$

$$\text{Fiyat Oranı} = \frac{\text{Ikame Edilen Ürün Fiyatı}}{\text{Üretiminden Vazgeçilen Ürün Fiyatı}}$$

$$= \frac{\Delta C_m}{\Delta C_b} = P_R$$

Ürün yönünden ikame oranı (S_R), fiyat oranından (P_R) küçük ise ($S_R < P_R$ ise) ikamesi düşünülen ürünün plana alınması ile kâr artar. İkame oranı fiyat oranından büyük ise ikamesi düşünülen faaliyetin plana alınmasıyla kâr azalır.

Mısır ve buğday örneğinde eğer mısırın buğday için ikame oranı bu iki ürünün fiyat oranından küçükse üretim planında mısır, buğdayın yerine ikame edilmelidir. Çünkü vazgeçilen buğdayın değeri kazanılan mısırın değerinden küçüktür, ya-

ni $\Delta B.C_b < \Delta MC_m$ 'dir. Eğer ikame oranı fiyat oranından büyükse $(\frac{\Delta B}{\Delta M} > \frac{\Delta C_m}{\Delta C_b})$, mısır buğdayın yerine ikame edildiğinde kâr düşecektir. Çünkü terkedilen buğdayın değeri, kazanılan mısırın değerinden büyüktür. $\Delta B.C_b > \Delta MC_m$ 'dir.

Nitekim örneğimizde $S_R = \frac{\Delta B}{\Delta M} = 0,5$

$$P_R = \frac{\Delta C_m}{\Delta C_b} = 2/3 = 0,66 \text{ 'dir.}$$

Buna göre $P_R > S_R$ olmaktadır. İkame oranı fiyat oranından küçük olduğu için mısırın buğday yerine ikamesi işletmenin kârını artıracaktır. ΔZ değeri hesaplandığında zaman $\Delta Z = 3 \times 0,5 - 2 = 0,5$ bulunacaktır. Bu da marjinal gelir fonksiyonunun negatif değerli olduğunu gösterir. Böylece örnek problemde mısırın buğday yerine ikame edilmesi kârı artıracaktır.

2. 5. 3. Simpleks Yöntemle Doğrusal Programlama

Probleminin Çözümünde Uygulanacak Aşamalar

Simpleks yöntemle doğrusal programlama probleminin çözümünde uygulanacak aşamalar aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

Üretimi sınırlayan faktörlerin saptanması,
Uygulanabilir faaliyetlerin belirlenmesi,
Her bir faaliyetin gerekli teknik bilgilerinin saptanması,
Elde edilen bu bilgiler yardımıyla teknik katsayıların saptanması,

Simpleks tablonun düzenlenmesi,

Optimum planın hesaplanması.

2. 5. 4. Örnek Problem İle Simpleks Yöntemin Açıklanması

Sayfa 15'teki örnek problemde maksimum geliri verecek üretim planını simpleks yöntemle bulalım.

Çözüm:

x_1 → Buğday üretimi

x_2 → Patates üretimi

KISITLAYICILAR:

$$\text{Arazi } x_1 + x_2 \leq 10$$

$$\text{İşgücü } 10x_1 + 30x_2 \leq 120$$

$$\text{Sermaye } 200x_1 + 400x_2 \leq 10.000$$

AMAÇ FONKSİYON:

$$Z_{\text{enbüyük}} = 600x_1 + 1000x_2$$

POZİTİF KISITLAYICILAR:

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0$$

Çözüm sırasında yapılacak ilk iş, eşitsizlik halinde-ki denklemleri eşitlik haline çevirmek olacaktır. Simpleks yöntemiyle çalışırken gerçek faaliyetlerin yanında terkedilecek faaliyetlerde kullanıldığından terkedilecek faaliyetlere ait katsayıların saptanması gerekir. Bu katsayılar terkedilecek faaliyetlerin ait olduğu üretim faktörü için, 1, diğer üretim faktörleri için 0'dır.

Veriler Tablosu

	Gerçek Faaliyetler		Terkedilecek Faaliyetler		
	Buğday (X_1)	Patates (X_2)	Arazi (X_3)	Sermaye (X_4)	İşgücü (X_5)
Arazi	1	1	1	0	0
Sermaye	200	400	0	1	0
İşgücü	10	30	0	0	1

$$\text{Arazi } X_1 + X_2 + X_3 + 0X_4 + 0X_5 = 10$$

$$\text{Sermaye } 200X_1 + 400X_2 + 0X_3 + X_4 + 0X_5 = 10.000$$

$$\text{İşgücü } 10X_1 + 30X_2 + 0X_3 + 0X_4 + X_5 = 120$$

Simleks tabloda başlangıç plana terk edilecek faaliyetlerle başlanır.

SİMPLEKS TABLO

BAŞLANGIÇ TABLO

Kâr (Maliyet)	C_j	Gerçek Faaliyetler		Terkedilecek Faaliyetler			Çözüm Vektörü
Katsayıları		Buğday (X_1)	Patates (X_2)	Arazi (X_3)	Sermaye (X_4)	İşgücü (X_5)	
C_s	Temel Değ. C_i Vektörü (P_0)	600 P_1	1000 P_2	0 P_3	0 P_4	0 P_5	R
0	P_3 10	1	1	1	0	0	10
0	P_4 10.000	200	400	0	1	0	25
0	P_5 120	10	PIYOT 30	0	0	1	4
Z_j		0	0				
$Z_j - C_j$		-600	-1000				

GİREN FAALİYET

ÇIKAN
SIRA

Terkedilecek faaliyetlerin net gelirleri herhangi bir faaliyet (üretim) sözkonusu olmadığı için 0'dır. Planda yer alan C_1 ve C_8 (sütun) sıra ve sütunundaki rakamlar ait olduğu faaliyetin net gelirini gösterir. Planda her türlü üretim faktörleri için bir terkedilecek faaliyet olduğu ve bu faaliyetlerin seviyesi, kullanılmadan bırakılan üretim faktörü miktarına eşit olduğu için terkedilecek faaliyetler P_3, P_4 ve P_5 aynı zamanda üretim faktörlerini ve bunların seviyelerini gösterir. Simpleks yöntemle çalışırken işlemlere, faaliyet seviyeleri, mevcut üretim faktörleri miktarına eşit terkedilecek faaliyetlerle başlandığı için başlangıç planı oluşturan tabloda hiçbir gerçek faaliyet yer almaz. Bu başlangıç planla çözüme başlanıp gerçek faaliyetler birer birer plana alınarak optimum plan bulunur.

Kâr (Z) fonksiyonu, bir planın kârının hesaplanmasında kriter fonksiyonu da (Z-C) planın optimum olup olmadığının, eğer optimum değilse plana girecek faaliyetin belirlenmesinde işe yarar.

Her bir program için kâr ve kriter fonksiyonlarını saptamak amacıyla çeşitli faaliyetlerin net gelirlerine ya da net fiyatlarına gereksinme olduğundan tüm gerçek ve terkedilecek faaliyetlere ait net gelirler C_1 sırasında yer almıştır. Üretim faktörlerinin kullanılmadan bırakılması herhangi bir gelir sağlamadığı gibi bir masrafı da gerektirmediği için terkedilecek faaliyetlerin net gelirleri 0'dır. Terkedilecek faaliyetler herhangi bir masrafı gerektirdiği zaman gelir yerine

gider söz konusu olacağından bu faaliyetler için 0 yerine negatif değerler konur, bu durumda C_1 sırasında gösterilen (-) değerler geliri değil, maliyeti gösterirler. Net gelirler aynı zamanda tablonun C_3 sütununda da gösterilmiştir. Bunlar C_1 sırasındaki değerlerin aynısı olup hesaplamada kolaylık sağlamak amacı ile yalnız planda yer alan faaliyetlerin net geliridir.

Planlamada net gelirlerin kullanılmasının nedeni hesaplama işlemlerini kolaylaştırmak içindir, ayrıca gerçek faaliyetlerin gayri safi değerleri ya da pazar fiyatları da kullanılabilir. Bu takdirde değişen maliyet kalemlerinin satın alınmasını gösteren faaliyetlerin de eklenmesi gerekir. Sabit üretim faktörleri için maksimum kârı veren plan aynı zamanda net kârı da maksimize edecektir.

Kârın hesaplanması: Kâr fonksiyonu C_3 sütunundaki net gelir rakamlarının faaliyet seviyesi sütununda (P_0) gösterilen faaliyetlerin seviyeleri ile çarpılması ve çarpım sonuçlarının toplanması ile elde edilir. Bulunan değer P_0 sütununun Z sırasındaki yere kaydedilir, Z planın kârını gösterir.

$$Z = 0 \times 10 + 0 \times 10000 + 0 \times 120 = 0$$

Başlangıç tabloda P_0 sütunundaki Z değeri planın kârını gösterip başlangıç planda herhangi bir faaliyet (üretim faaliyeti) olmadığından 0 olarak ortaya çıkmıştır. Gerçek faaliyetler plana alındıkça Z'nin değeri pozitif olarak artacaktır.

Kârın Artırılıp Artırılamıyacağının İncelenmesi:

Kâr hesaplandıktan sonra kriter fonksiyonundan yararlanılarak kârın artırılıp artırılamıyacağı araştırılır. Kriter fonksiyonuna göre $(\Delta Z - \frac{\Delta B}{\Delta M} C_b - C_m) \Delta Z$ değeri yani Z-C değeri negatif ise yeni faaliyetin plana girmesi kârı artıracaktır. Z-C değerleri herbir faaliyet için ayrı ayrı hesaplanır. Bu değerlerin hesaplanmasında Z ve C_i sıralarından yararlanılır. $(Z - \frac{\Delta B}{\Delta M} \times C_b)$ Kâr fonksiyonundan elde edilen Z değerleri aynı zamanda ait olduğu sütündaki faaliyetin alternatif maliyetini gösterir, yani sütundaki faaliyetlerin bir birim artırılması ile üretimden vazgeçilen faaliyetin değerini ifade eder. Z-C sırası değerleri simpleks yöntemine ait kriter fonksiyonunu oluşturur.

$$P_1 \text{ için } Z-C = 0-600 = -600$$

$$P_2 \text{ için } Z-C = 0-1000 = -1000$$

$$P_3 \text{ için } Z-C = 0-0 = 0$$

$$P_4 \text{ için } Z-C = 0-0 = 0$$

$$P_5 \text{ için } Z-C = 0-0 = 0$$

P_0 sütunu için bir faaliyet sözkonusu olmadığından bu sütuna ait hiçbir net gelir yoktur. Bu nedenle bu sütundaki Z ve Z-C değerleri aynıdır. Kriter fonksiyonunun negatif değer göstermesi kârın artacağını belirttiğine ve kriter fonksiyonuna ait Z-C sırasında iki negatif değer bulunduğuna göre planda olmayan bu iki faaliyetin (P_1 = buğday ve P_2 = patates) plana alınması kârı artıracaktır. Kârın artırılıp, artırılamıyacağı incelenirken Z-C sırasındaki değerlerin işaretine bakı-

lacaktır. Negatif işaretler bunlara ait faaliyetlerin plana alınmasıyla kârın artacağını, pozitif işaretler ise kârın azalacağını gösterir. Yine bu değerler herhangi bir faaliyetin 1 birim artırılmasında kârın artacağı ya da eksileceği miktarı (net marjinal gelir ya da marjinal maliyeti) gösterir. Terkedilecek faaliyetlere ait Z-C değerleri kıt üretim kaynaklarının hesaplanmış değerlerini ya da fiyatlarını verir ve dolayısıyla gölge fiyatlar olarak adlandırılır.

Artırılacak faaliyetlerin saptanması: Bu konuda yine Z-C sırasından yararlanılır. En yüksek maksimum negatif Z-C kıymetini gösteren faaliyet kârı en fazla artırır. Bu belirlendikten sonra faaliyetin seviyesi saptanır. Plana alınacak faaliyetin belirlenmesinde tablonun en sağ tarafına eklenen R sütunundan yararlanılır. R sütunu ikinci planda yer alacak yeni faaliyetlerin artırılabilceği maksimum miktarı gösteren oranları içermektedir. Bu sütunda yer alan oranlar P_0 (faaliyet seviyesi) sütunundaki miktarların plana alınacak ya da artırılabilecek faaliyete ait (örneğimizde P_2 faaliyeti) pozitif kıymeti gösteren katsayılara bölünmesiyle elde edilir. Bu oranlar arasındaki en küçük miktar plana alınacak faaliyetin artırılabilceği max. seviyeyi gösterir. Katsayının 0 olması ise bu katsayıya ait faaliyetin aynı sıradaki üretime karşı bağımsız olduğunu gösterir. Yeni plana giren faaliyete giren faaliyet-sıra, çıkan faaliyete ise çıkan sıra adı verilir.

En küçük R değeri sınırlayıcı faktör olarak ortaya çıkar ve faaliyetin seviyesini belirler. Yani planda üretimi kısıtlayan üretim faktörü 0 seviyesine indirilir ya da yeni faaliyet sınırlayıcı üretim faktörü tamamen kullanılıncaya kadar artırılır. Çözüme giren faaliyete ait sütuna ESAS SÜTUN, esas sütunla çıkan sıranın kesiştiği noktada yer alan katsayıya da PIVOT adı verilir.

II. Tablonun Oluşturulması:

İkinci planın düzenlenmesine önce giren faaliyete ait (P_2) sıra, C_s ve R sütunları hariç hesaplanır. Bu yeni sıraya ait rakamlar 1. planda çıkan sıradaki (P_5) rakamların PIVOT elemanına bölünmesiyle elde edilir.

Yeni P_2 sırası: P_0 için $120/30 = 4$

P_1 için $10/30 = 1/3$

P_2 için $30/30 = 1$

P_3 için $0/30 = 0$

P_4 için $0/30 = 0$

P_5 için $1/30 = 1/30$

Yeni sıradaki katsayılarından P_0 üretilecek patates miktarını değerleri de ait oldukları faaliyetlerle ($P_1, P_2, \dots, P_5$) patates arasındaki işçilik bakımından belirlenmiş marjinal ikame oranlarını gösterir. Bu nedenle ikinci planda birinci sıradaki rakamlar faaliyetlerden Birinin Bir Birim artırılmasında üretimden vazgeçilecek patates miktarını ifade eder. Örne-

ğın 1 birim buğday üretmek için üretiminden vazgeçilecek patates miktarı $1/3$ birimdir (işçilik-işgücü yönünden). Daha sonra işçilik tamamen kullanıldığına göre geriye arazi ve sermaye olmak üzere hesaplanacak iki sıra kalır.

Arazi sırasına ait rakamlar; birinci plandaki arazi sırasına ait miktarlardan, ikinci planda giren faaliyete ait (P_2) rakamlar ile 1. planda esas sütundaki patatese ait arazi katsayısının çarpımları çıkarılarak bulunur. Yani;

Yeni sayı = Eski Sayı - Giren Sıradaki Sayı $\times$ Esas Sütundaki Sayı"dır.

İkinci planda P_0 sütunundaki rakamlar 4 birim patates faaliyeti ile P_2 patatesin plana alınmasından sonraki kalan üretim faktörleri miktarını gösterir. Arazi ve sermaye sıralarındaki diğer sütunlara ait rakamlar ise sütunların başında bulunan faaliyetlerin bu iki üretim faktörü için (arazi ve sermaye) marjinal ikame oranlarını verirler. Örneğin P_1 sütununa ait kıymetler incelenirse P_2 sırası için $1/3$, p_3 sırası için $2/3$, P_4 sırası için $200/3$ rakamları görülür. Bu rakamlar 1 birim buğday üretimi için (P_1), $1/3$ birim patates, $2/3$ birim arazi ve $200/3$ birim sermayeden vazgeçilmesi gerektiğini belirtir.

Plana ait bilgiler tamamlandıktan sonra yeni plan üzerinde aşağıdaki sorular sorularak analize devam edilir.

1. Plan optimum bir plan mıdır? ya da plana giren faaliyetlerden birinin yerini daha kârlı bir faaliyetin alması mümkün müdür?

2. Eğer mümkünse plana alınacak faaliyet hangi faa-

liyet olacaktır?

3. Bu yeni faaliyetin seviyesi ne olacaktır?

4. Bu yeni faaliyetin plana alınmasıyla, plandan çıkarılacak faaliyet hangisi olacaktır?

Bu soruların yanıtlarının verilmesinde Z ve Z-C değerlerinden yararlanılır. İkinci plandaki program henüz optimum değildir. Çünkü Z-C sırasında henüz negatif değerler gösteren buğday faaliyeti yer almaktadır. Buğdayın plana alınması kârı her birim için 800/3 TL artıracaktır.

II. Tablo

Kâr (Maliyet) Katsayıları	C_j		Buğday (X_1)	Patates (X_2)	Arazi (X_3)	Sermaye (X_4)	İşgücü (X_5)	Çözüm Vektörü
C_B	Temel De- ğişken Vek- törü (P_0)		P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	R
1000	P_2	4	1/3	1	0	0	-1/30	12
0	P_3	6	(2/3)	0	1	0	-1/30	9
0	P_4	8400	200/3	0	0	1	-40/3	126
Z	4000		1000/3	1000	0	0	100/3	
$Z_j - C_j$	4000		-800/3	0	0	0	100/3	

GİTEN FAALİYET

ÇIKAN
SIRA

II. Plandan sonra işlemler tekrarlanır. III. ve son planda bütün Z-C değerleri pozitif yada 0 olduğuna ve hiçbir negatif Z-C değeri bulunmadığına göre plan mevcut koşullar altında maksimum kârı veren optimum bir plandır.

III. Tablo
(Optimum Tablo)

Kâr (Maliyet) Katsayıları C _j	C _j	Buğday (X ₁)	Patates (X ₂)	Arazi (X ₃)	Sermaye (X ₄)	İşgücü (X ₅)
	Temel Değiş- ken Vektörü (P ₀)	600 P ₁	1000 P ₂	0 P ₃	0 P ₄	0 P ₅
600	P ₁ 9	1	0	3/2	0	1/20
1000	P ₂ 1	0	1	-1/2	0	1/20
0	P ₄ 7800	0	0	-100	1	-10
Z _j	6400	600	100	400	0	20
Z _j -C _j	6400	0	0	400	0	20

Bu plan üretim faktörlerinden arazi ve işçiliği tamamen kullandığı halde sermayede 7800 liralık bir artış göstermiştir. Bu planda P₀ sütununda gösterilen faaliyetlerden başka bir faaliyetin plana alınması kârı azaltır. Örneğin arazi terkedilecek faaliyetini gösteren (P₃) faaliyetinin plana 1 birim alınmasıyla planın kârı 400 TL azalacaktır. Son planda P₀ sütunundaki rakamlar planda bulunan faaliyetlerle kullanılmadan kalmış üretim faktörleri artıklarını gösterir. Yine P₀ sütunundaki Z değerleri mevcut üretim faktörlerinden elde edilebilecek kârı gösterir.

Optimum Planın Sağlanması

Optimum plan kabul edilebilir bir plandır. Çünkü plandaki faaliyetler tarafından kullanılan üretim faktörleri miktarı, mevcut üretim faktörleri miktarından fazla değildir. Son plandaki faaliyet seviyelerini 1. plandaki bu faa-

liyetlere ait teknik katsayılarla çarpmak yoluyla denetlen-
bilir. Nitekim,

Mevcut Üretim Faktörleri Miktarı = $\sum$ (Optimum Plan-
daki Faaliyet Seviyesi x Bu Faaliyetlerin I. Plandaki Teknik
Katsayıları) olması gerekir.

	Buğday (P_1)	Patates (P_2)	Sermaye (P_4)
Arazi (P_3)	9 x 1 +	1 x 1 +	7800 x 0 = 10
Sermaye (P_4)	9 x 200 +	1 x 400 +	7800 x 1 = 10000
İşgücü (P_5)	9 x 10 +	1 x 30 +	7800 x 0 = 120

3. DUYARLILIK ANALİZİ

3. 1. Duyarlılık Analizinin Tanımı

Doğrusal programlama problemlerinde; problemin bi-
leşenlerinde meydana gelecek değişmelerin optimal çözüme
etkilerinin neler olduğu duyarlılık analizi aracılığı ile
belirlenebilir.

Duyarlılık analizinde, doğrusal programlama problemin-
de yer alan katsayılar ve sabit değerlerden birinin veya
bir kaçının değişmesi ya da aralarındaki oranın değişikli-
ğe uğraması halinde, optimum planda meydana gelecek değişme-
ler sistematik bir biçimde araştırılır

Doğrusal programlama problemlerinde ulaşılan opti-
mal çözüm problemin katsayıları sabit kaldığı sürece geçer-
lidir. Problemin katsayılarının kısıtlayıcı kaynak miktarları-
nın değişmesi ve yeni bir faaliyetin eklenmesi halinde daha
önce elde edilen çözüm optimallikten çıkacaktır (1). Duyar-
lılık analizleri bu değişikliklerin, optimal çözüm sonucunda
bir değişikliğe yol açmadan alt ve üst sınırları bulmaya ya-
rar.

3.2 . Duyarlılık Analizinin Uygulama Şekilleri

Doğrusal programlama problemi için optimal çözüm belirlendikten sonra aşağıda belirtilen değişimlerin optimal çözümde yaratacağı etkileri yöneticiler duyarlılık analizleri ile belirleyebilirler. Söz konusu değişmeler şunlardır:

1. Amaç fonksiyonu katsayılarının değişimi (C_j),
2. Üretim faktörleri kapasitelerinin değişimi (b_j)
3. Teknoloji katsayılarının değişimi (a_{ij}),
4. Yeni bir kısıtlayıcı faktörün modele dahil edilmesi.

Simpleks yöntemin açıklanmasında çözümü yapılan örnek probleme duyarlılık analizleri yapılmış ve şu sonuçlara ulaşılmıştır.

Amaç fonksiyonuna ait katsayıların duyarlılık analizi: Eski katsayı C_j 'ye S_i eklenerek yeni amaç fonksiyonu katsayısı: $C_j = C_j + S_i$ olacaktır. Amaç fonksiyonundaki P_1 ürününe ait fiyatın duyarlılığı bulunursa $C_j = 600 + S_i$ olacaktır. Son çözüm tablosunda bu değer yerine konarak S_i değerleri bulunur.

		600+S _i	1000	0	0	0
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
600+ S _i P ₁	9	1	0	3/2	0	1/20
1000 P ₂	1	0	1	-1/2	0	1/20
0 P ₄	7800	0	0	-100	1	-10
Z _j	6400+9S _i	600+S _i	1000	400+3/2S _i	0	80+1/20S _i
Z _j -C _j	6400+9S _i	0	0	400+3/2S _i	0	80+1/20S _i

Buradan S_1 'lerin en büyük ve en küçük değerleri bulunup orjinal $C_j = 600$ 'den çıkarılarak X_1 değişkeninin firmaya bıraktığı net kâr optimal çözümde bir değişkenliğe neden olmaksızın en fazla 1000 TL 'ye kadar artırılır. Ya da 330 TL'ye kadar azaltılabilir. Bu oranlar dışındaki bir değişme optimal planının değişmesine neden olacaktır.

X_2 ürününün kâr katsayılarına ait duyarlılık analizi de benzer şekilde yapılmış ve tüm sonuçlar tablo I üzerinde topluca verilmiştir.

TABLO 1. Örnek Problemin Amaç Fonksiyonu Katsayılarına Ait Duyarlılık Analizi Sonuçları

Amaç Fonksiyonu Katsayısı	Minumum C_j	Orjinal C_j	Maksimum C_j
$C(1)$	330	600	1000
$C(2)$	600	1000	1800

Kısıtlayıcı denklemlerin sağında yer alan kaynakların yani üretim faktörlerinin kapasitelerine göre duyarlılık analizi için aşağıdaki yol izlenmiştir.

Üretim faktörleri kapasitelerinin değişim aralığını $a \leq R_1 \leq b$ şeklinde gösterirsek bu koşul altında temel değişkenler optimum planda aynen kalır. $R_1 < a$ ve $R_1 > b$ olduğu takdirde temel değişkenler yerlerini diğerlerine bırakabilirler.

$$R_1 = \begin{bmatrix} b_1 + S_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix}$$

$x_b = B^{-1} R_1 \geq 0$ burada B^{-1} terk edilecek faaliyetlere ait matristir.

Arazi kısıtına ait duyarlılık analizi bulunmak istenirse;

$$R_1 = \begin{bmatrix} 10 + S_i \\ 10000 \\ 120 \end{bmatrix}$$

olur. S_i değerleri $x_b = B^{-1} R_1$ çözülerek bulunur.

$$B^{-1} = \begin{bmatrix} 3/2 & 0 & 1/20 \\ -1/2 & 0 & 1/20 \\ -100 & 1 & -10 \end{bmatrix}$$

$$x_b = \begin{bmatrix} 3/2 & 0 & 1/20 \\ -1/2 & 0 & 1/20 \\ -100 & 1 & -10 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 10 + S_i \\ 10000 \\ 120 \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

bulunan en büyük ve en küçük S_i değerleri $b_1 = 10 + S_i$ de yerine konulduğunda $4 \leq S_i \leq 12$ olacaktır. Buna göre arazi kullanımına ait günlük kapasite diğer kısıtlar sabit iken 4 ile 12 dekar

arasında değişirse optimal çözümde yer alır.

Sermaye ve işgücü kapasitelerine ait duyarlılık analizleri de benzer şekilde yapılmış ve sonuçlar Tablo 2'de topluca verilmiştir.

TABLO 2. Örnek Problemin Üretim Faktörleri Katsayılarına Ait Duyarlılık Analizi Sonuçları

Kısıtlayıcılar	Minimum B_i	Orjinal B_i	Maksimum B_i
B(1)	4	10	12
B(2)	100	120	300
B(3)	2200	10000	∞

3.3. Duyarlılık Analizi ve Gölge Fiyatlar

Duyarlılık analizi bir bakıma hareket halinde bulunan ve üretim kaynaklarının miktar ve birleşimleri değişen modellerde optimal kaynak geliştirilmesinin şartlarını ortaya koyar. Buna karşılık gölge fiyatlar her şeyin sabit bulunduğu statik bir model içinde ve bir defalık çözüme mahsus olmak üzere üretim kaynaklarının sosyal alternatif maliyeti, o kaynağın modelin tümü içindeki önemleri hakkında da bir fikir verir. Kaynakların nispi önemleri hakkında etraflı ve geniş bir alanı kaplayan bilgi vermez. Gölge fiyatların, ilk bakışta görülemeyen ve geleneksel metodlarla çözülüp bulunamayan sonuçları verme bakımından büyük bir üstünlüğe sahip bulunduğu şüphesizdir. Buna rağmen kantitatif politika yapıcıları için yeterli bilgiyi verebilme niteliğinden de uzaktır. Zira sadece bir çözüme ve belli kaynak birleşimine göre kaynakların produktivitesini göstermektedir(1).

(1) Ahmet Kılıçbay, Kantitatif İktisat Teorisi ve Politika-
sı, İstanbul, İstanbul Üniversitesi Yayınları No:1592,
İktisat Fakültesi Yayın No:289,1970,s.512

Duyarlılık analizi, değişik kaynak karışımı karşısında kaynakların birbirine göre sahip olabilecekleri nispi önemlerdeki değişmeler üzerine ışık tutmakta ve hangi kaynaklar demetinin en elverişli, en ekonomik olacağını göstermektedir

Başka bir deyimle duyarlılık analizi optimallerin optimalini seçebilme imkanını vererek kantitatif politika yapıcılarına en uygun yolu göstermektedir (1).

Gölge fiyatlar bir çözümün sonucudur. Duyarlılık analizi ise çok sayıda ve önceden hazırlanmış kaynaklara göre yapılmış çözümlerden doğmaktadır. Bu sebeple duyarlılık analizinin kavram alanı çok geniştir. Duyarlılık analizi kantitatif iktisat politikasının yapımı için gerekli bilgiyi sağlaması bakımından dikkat çekicidir. Bilhassa gelişmekte bulunan ekonomiler için kaynakların uzunca bir zaman dilimi içinde optimal dağılımında fiyat kontrolünde ve teknolojik değişmelere verilecek yönün tayininde duyarlılık analizi yardımcı olabilir.

(1) Kılıçbay, s. 512

BÖLÜM II

DOĞRUSAL PROGRAMLAMA YÖNTEMİ İLE MİLLİ EĞİTİM
BAKANLIĞI DERS ALETLERİ YAPIM MERKEZİNDE ÜRÜN KARMASTI

1. ARAŞTIRMANIN AMACI

Son yıllarda matematiksel ve istatistiksel teknikler ekonomik faaliyetlerin değerlendirilmesinde ve karşılaşılan problemlerin çözümünde etkin olmuştur. Piyasa dinamizmi içinde kâr planlamasının tam belirlilik altında gerçekleştiğini düşünmek yanıltıcı olur. İşletmelerin temel amacının uzun dönemde kar maksimizasyonu olduğu hatırlanırsa, kâr planlamasına ilişkin kararların önemi açığa kavuşur. Bu nedenle alınacak kararlarda, kârı oluşturan etmenlerin bütünüyle incelenmesi zorunlu olmaktadır.

Doğrusal programlama yaklaşımı üretimi doğrudan etkileyen unsurları, yani üretim planlamasının temel faktörlerini de gözönüne almakta ve çözümleme sürecine katabilmektedir. Birinci bölümde işletmelerde kârı belirleyen etmenlerin karşılıklı ilişkilerinin belirlenmesinde doğrusal programlama yönteminin nasıl kullanılabileceği anlatılmıştı.

İkinci bölümde ise birinci bölümde anlatılan kuramsal bölümün Ders Aletleri Yapım Merkezinde uygulanması ile merkezin kârını maksimum düzeye çıkaracak üretim planı elde edilmeye çalışılacaktır.

2.YÖNTEM

Doğrusal programlama yöntemi ile Ders Aletleri Yapım Merkezinde gerçekleştirilen üretimin planlanabilmesi için değişik kaynaklardan yararlanılmıştır.

Sayısal değerlerin elde edilmesinde Ders Aletleri Yapım Merkezi Müdürlüğü Araştırma Planlama bölümüne ait muhasebe kayıtlarından(sipariş gereç kartları ,üretim kayıt kartları,eğitim araçları listeleri,Yıllık etkinlik raporları) ve merkez makina mühendislerinin bilgilerinden yararlanılmıştır.

Amaç fonksiyonundaki katsayıların çözümü için gerekli ürünlerin satış fiyatı ve maliyet değerleri 1989 üretim yılına ait muhasebe kayıtlarından alınmıştır.

Çalışmada fabrikanın üretim ve yerleşim planları incelenmiş,üretim sistemi,atölyeler ve atölyeler arası ilişkiler ilgili mühendisler ve atölye sorumlularınca açıklanmıştır.

3.DERS ALETLERİ YAPIM MERKEZİNİN TANITILMASI

3.1.Merkezin Kuruluşu

Ankara-Gazi Mahallesinde bulunan kısa adı D.A.Y.M (Ders Aletleri Yapım Merkezi) diğer adı ile 2.Akşam Sanat Okulu,Milli Eğitim Bakanlığı Eğitim Araçları Dairesine bağlı,fabrika niteliğinde bir ders araçları üretim merkezidir.DAYM'nin özelliği çok çeşitli laboratuvar araçlarını bir merkezde tümüyle üretmiş olmasıdır.

Ders aracı üretimine 1945-1950 yılları arasında Ankara Teknik Yüksek Öğretmen Okulunda,Fizik ve Kimya araçlarının yapım ve çoğaltımına deneme olarak başlanmıştır.20 Şubat 1959 ta-

rih ve 01807 sayılı onay ile başlıbaşına bir ders aletleri yapım merkezi kurulması çalışmasına geçilmiştir.17 Mayıs 1961 tarih ve 06851 sayılı onayla da Merkez kurulmuştur.Bugünkü kimliēine ise 1962 yılında kavuşmuştur.

3.2. Merkezin retim Süreci

3.2.1. Üretilen rnler ve Kullanım Yerleri

Merkez; okul öncesi,ilk-orta,lise ve dengi okullarla yüksek okulların Milli Eēitim Bakanlıēınca tesbit edilen programlarına göre ders araçları üretmekte ve illerde oluşturulmuş Eēitim Araçları Merkez Başkanlıkları kanalı ile okullara göndermektedir.

Bunların dışında Bakanlıkça ēretimde kullanılmak ve çeşitli okul ihtiyaçlarını gidermek amacı ile özel ēretim kurumu araçları,saēlık işleri araçları,çeşitli katalog ve klavuz kitapları,tepegöz,600 büyütmeli mikroskop,Atatürk bst ve maskaları üretilmektedir. 3423 sayılı Döner Sermaye Kanunu çerçevesinde mekanik ve işgücü fazlası diēer kamu ve özel kuruluşlardan alınan çeşitli siparişlerle deēerlendirilmekte ve böylece bu kuruluşlara bir yan yapım merkezi olarak büyük katkıda bulunmaktadırd.özellikle bu yapımlarla niversite ve diēer kuruluşların ithal edilen bazı gereksinimleri giderilmekte ve bu konuda çalışma ve iřbirliēi girişimleri yapılmaktadır.

Gün geçtikçe büyüme çabasında olan merkezin üretim seyrini kızlandırıcı,uyumlu ve verimli bir çalışmanın Merkez ve ülke ekonomisi açısından yararlı olacaēı görüşü ile iş etüdü ve işleri planlama çalışmalarına önem verilmektedir. Dört yıllık

çalışma sonucunda % 93 olarak gerçekleştiren zaman etüdü sorunu, üretimdeki parça ve ürünün standart zamanı tesbit edilerek gerçek maliyetin bulunması sağlanmıştır.

Resmi siparişlerde her yıl görülen önemli artışlar, "boş" zamanların doldurulduğu ve yıllık iş gücünün gerçek ölçüde değerlendirildiğinin bir kanıtıdır.

3.2.2. Merkezin Fiziksel Yapısı

Ders araçlarının gelişen teknik ve teknolojiye uygun olarak geliştirilmesi, Bakanlığın diğer üniteleri ile iş ve güç birliği sağlayan, yabancı yayın ve araçları takip eden, merkezdeki gelişmeleri yönlendiren bir Araştırma Geliştirme Merkezi vardır.

Üretimdeki malzemelerin genel toplamı 3430 kalemdir. Bu malzeme grupları ve gruplardaki malzeme miktarları EK.1'de verilmiştir.

Bina ve atölyeler 7270 m²'lik hazine arazisine kurulmuş ise de bugün genişleme ve gelişme durumunda olan merkezde üretimin gerçekleştiği (idari bölümler dışında) atölyelerin adları EK-2'de verilmiştir.

D.A.Y.M üretimin tümünü kendi atölyelerinde gerçekleştiriyor ve hiç bir şekilde dışarıda üretim ya da montaj yoluna gitmiyor. Hammaddeler ise genel olarak açık artırma yoluyla sağlanıyor ve hammadde girdilerinin sayısı 1200'ü buluyor. Kullanılan girdilerin yüzde 90'ına yakın bölümü yerli. Yanlızca bazı kimyasal maddeler, mıknatıs, ampermetre ve voltmetrenin göbek kısımları gibi bazı girdiler dışarıdan sağlanıyor (1).

(1) Ekonomik Panaroma; "Okulumuzdaki Sanayici: DAYM". İstanbul: gelişim yayınları A.Ş. Yayını, sayı.1, 1990, s.38-39.

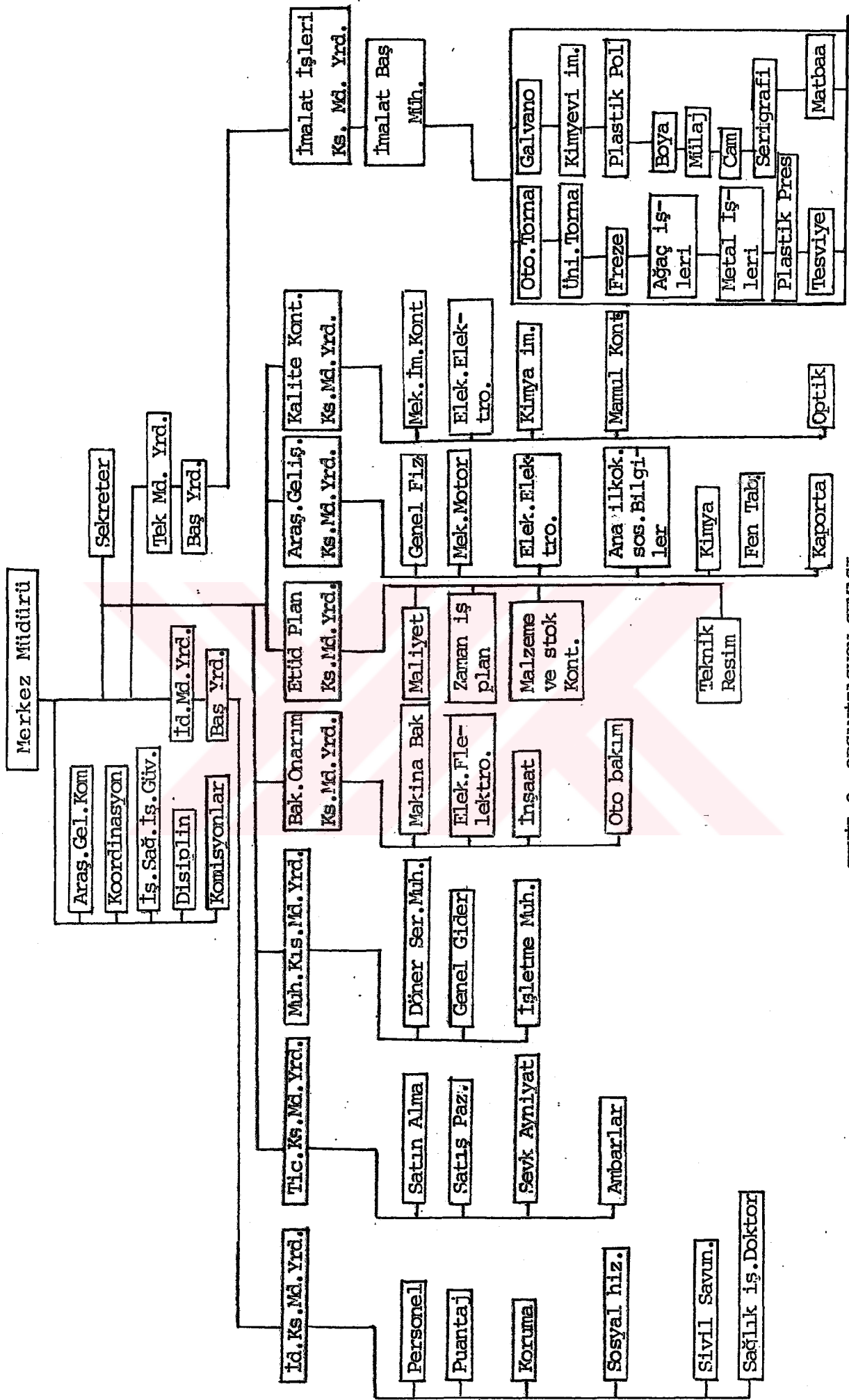
Merkezin personel kadrosu ise; genel idari hizmetler, eğitim öğretim hizmetleri, teknik hizmetler ve işçilerden oluşmaktadır. Bunların atama ve özlük hakları; Yönetici, eğitim-öğretim kadrosu ve teknik hizmetler bakanlıkça, genel yönetim hizmetleri valilikçe, işçilerin ise (Döner Sermaye İşletmesi) (1) merkezce bakanlığın bilgisi altında yürütülmektedir. Kendi dahilinde Türkiye çapında tek üretim yapan merkezin toplam personel sayısı bugün için 484'tür. Bu sayının 300'ünü vasıflı, 96'sını vasıfsız işçiler oluşturmaktadır. İşçilerin dışındaki mevcut personelin sınıf ve branş durumları aşağıdadır.

Müdür 1 (sözleşmeli)

Eğitim öğretim sınıfı	19
Teknik hizmetler	17
Genel, idari hizmetler	37
Yardımcı hizmetler	14

Eğitim öğretim sınıfını 1. Teknik öğretmenler (atölye şefleri) 2. genel öğretim öğretmenleri (Laboratuvar şefleri) oluşturur. Teknik hizmetler sınıfını ise atölye şeflikleri ve teknik bürolarda yer alan 1. makine mühendisleri, 2. kimya mühendisleri, 3. Elektrik mühendisleri, 4. fizik mühendisleri, 5. Yüksek teknikerler oluşturur. Merkezin işletme fonksiyonları organizasyon şemasında gösterilmiştir (Şekil 2).

(1) Döner Sermaye İşletmesi: Türkiye'de döner sermayeli işletmelerin Cumhuriyet döneminde 1925 yılından itibaren genel bütçeli dairelere, sonradan katma bütçeli idarelere, belediyelere ve özel idarelere bağlı olarak kurulmaya başlandığı görülmektedir. Kamu döner sermaye işletmeleri 1050 sayılı Muhasebe-i Umumiye Kanunu'nun 49. maddesine dayanılarak çıkarılan özel kanunlarla, kuruluş kanunlarıyla ya da bütçe kanunlarıyla kurulmuşlardır.



SEKIL 2: ORGANIZASION SEMASI

3.2.3.Üretim Yöntemi

Araştırmada ilk,orta,lise ve yüksek okul matematik ders araçları için doğrusal programlama modeli oluşturulmuştur.Ürünlerin elde edilmesinde yer alan faaliyetler ve simgeleri EK-3.'de verilmiştir.

Matematik ders araçları bio polyester,plastik pres,metal işleri,ağaç işleri,tevskiye,cam,montaj serigrafi,boya,matbaa,freze,universal torna,ve paketlenme atölyelerinde üretilmektedir.Her ürün için atölyeler arası bağlantı şemaları şu şekildedir.

X_1 : Metre Alüminyum için Atölyeler Arası Bağlantılar

Tevsiye Atölyesi
↓
Freze Atölyesi
↓
Serigrafi Atölyesi
↓
Paketleme Atölyesi

X_2 : Su Terazisi için Atölyeler Arası Bağlantılar

Ağaç İşleri Atölyesi
↓
Cam Atölyesi
↓
Plastik Pres Atölyesi
↓
Montaj Atölyesi
↓
Metal İşleri Atölyesi
↓
Boya Atölyesi
↓
Paketleme Atölyesi

X_3 : Trigonometri Cetveli İçin Atölyeler Arası Bağlantılar

Ağaç İşleri Atölyesi
↓
Metal İşleri Atölyesi
↓
Montaj Atölyesi
↓
Üniversal Torna Atölyesi
↓
Bio Polyester Atölyesi
↓
Plastik Pres Atölyesi
↓
Serigrafi Atölyesi
↓
Boya Atölyesi
↓
Paketleme Atölyesi

X_4 : Pergel İçin Atölyeler Arası Bağlantılar

Ağaç İşleri Atölyesi
↓
Montaj Atölyesi
↓
Metal İşleri Atölyesi
↓
Tevsiye Atölyesi
↓
Boya Atölyesi
↓
Serigrafi Atölyesi
↓
Paketleme Atölyesi

X_5 : İletki-Gönye İçin Atölyeler Arası Bağlantılar

Plastik Pres atölyesi
↓
Montaj Atölyesi
↓
Serigrafi Atölyesi
↓
Paketleme Atölyesi

X_6 : Çekül İçin Atölyeler Arası Bağlantılar

Tesviye Atölyesi
↓
Metal İşleri Atölyesi
↓

↓
 Universal Torna Atölyesi
 ↓
 Plastik Pres Atölyesi
 ↓
 Montaj Atölyesi
 ↓
 Paketleme Atölyesi

X_7 : Dönel Silindir, X_{10} : Dönel Koni, X_{11} : Dönel Kesik Koni, X_{24} : Çeşit Kenar Prizma, X_{25} : Cisim Köşegenli Kare Prizma, X_{26} : Cisim Köşegenli Küp, X_{27} : Döner Kapaklı Kesik Silindir için Atölyeler Arası Bağlantılar

Plastik Pres Atölyesi
 ↓
 Bio Polyeste Atölyesi
 ↓
 Paketleme Atölyesi

X_8 : Kesik Kare Primit için Atölyeler Arası Bağlantılar

Plastik Pres Atölyesi
 ↓
 Tesviye Atölyesi
 ↓
 Metal İşleri Atölyesi
 ↓
 Montaj Atölyesi
 ↓
 Paketleme Atölyesi

X_9 : Desimetre Küp için Atölyeler Arası Bağlantılar

Plastik Pres Atölyesi
 ↓
 Paketleme Atölyesi

X_{12} : Kesitli Primit, X_{13} : Üçgen Prizma, X_{14} : Kesitli Düzgün Dört Yüzlü için Atölyeler Arası Bağlantılar

Bio Polyester Atölyesi
 ↓
 Paketleme Atölyesi

X_{15} : Dikdörtgen Primit, X_{16} : Dikdörtgenler Prizması, X_{17} : Düzgün Altıgen Prizma, X_{18} : Eşkenar Üçgen Prizma, X_{19} : Düzgün Altıgen Piramit, X_{20} : Eşkenar Üçgen Primit, X_{21} : Koni, X_{22} : Litre Takımı, X_{23} : Silindir için Atölyeler Arası Bağlantılar.

Plastik Pres Atölyesi
 ↓
 Tesviye Atölyesi
 ↓
 Paketleme Atölyesi

Matematik ders araçları ondört tane hammadde grubundaki elliye di çeşit hammadde kullanılarak üretilmişlerdir. Hammadde gruplarındaki hammadde adları ve birimleri EK-4'de verilmiştir.

4. MODELİN DÜZENLENMESİ

4.1. Modelin Varsayımları

- Programlamada alınan devre bir yıldır. Fabrikanın bir yıllık üretim kapasitesi fazla mesai çalışmaları da dikkate alınarak belirlenmiştir.

- İşgücü temininde herhangi bir güçlük söz konusu değildir. Bir yıllık işgücü arzı hiç bir ürünün üretimini sınırlamadığından kısıtlayıcılar arasında yer almamıştır.

- Fabrika dışından temin edilen bazı hammaddelerin temininde güçlük olmadığından programa dahil edilmemiştir.

- Teknolojik katsayılar atölye açısından atölye kapasitelerine göre, hammadde açısından gerçekleşen değerlere göre hesaplanmıştır.

- Programda amaç fonksiyonu katsayılarının hesaplanmasında 1989 üretim yılına ait yıllık ortalama fiyat ve maliyetler kullanılmıştır.

- İşletmenin tek amacının kar maksimizasyonu olduğu kabul edilmiştir.

- Fabrikanın girdileriyle ,çıktıları arasında doğrusal bir ilişki olduğu kabul edilmiştir. Çıktı miktarları artınca üretime giren girdilerinde sabit bir oranda artması beklenir.

- Üretim düzeyi sıfır ya da sıfırdan büyük değerler olacaktır.

- Üretim miktarı atölyelerin kapasiteleri ve hammadde girdileriyle sınırlıdır.Söz konusu kaynaklar sınırsız değildir.

- Amaç Fonksiyonu katsayılarının belirlenmesinde ürünlerin net birim kârı alınmamış,brüt kârları alınmıştır.

4.2.. Modelin Kurulması

Model merkezin sadece matematik ders aletleri üretimine yönelik oluşturulmuştur. Matematik ders aletleri yapımında kullanılan tüm hammaddeler ve çalışılan atölyeler kısıtlayıcılar olarak yer almıştır.

4.3. Modele Alınacak Faaliyetler

Fabrikanın bio polyester,plastik pres,metal işleri,ağaç işleri,tesviye,cam,montaj,serigrafi,boya,matbaa,freze,üniversel torna ve paketlenme atölyelerinde üretilen 27 tane ana ürün modele alınan faaliyetlerdir.

4.3.1. Esas Faaliyetler

Modelde esas faaliyet olarak metre alüminyum,su terazisi, trigonometri cetveli ,pergel,iletkei-gönye,çekül,dönel silindir, kesik kare pramit,desimetre küp,dönel koni,dönel kesik koni,koni, kesitli pramit,üçgen prizma,kesitli düzgün dört yüzlü,dikdörtgenler prizması,eşkenar üçgen prizma,düzgün altıgen pramit,eşkenar

üçgen pramit, litre takımı, düzgün altıgen prizma, silindir, çeşit kenar prizma, cisim köşegenli kare prizma, cisim köşegenli küp, döner kapaklı kesik silindir, dikdörtgen piramit üretimi faaliyetleri alınmıştır. Modeldeki esas faaliyetler daha önce belirtildiği gibi $X_1, X_2, \dots, X_{27}$ simgeleriyle gösterilmiştir.

4.3.2. Terk Edilecek Faaliyetler

Simpleks yöntemi, problemlerin çözümünde uygulanırken, eşitsizlik sistemi eşitlik haline dönüştürülür. Bunun için de aylak değişkenlerin eklenmesi gerekir. Aylak değişken kullanılmayan üretim faktörlerini ve boş kapasiteyi gösterir.

Her bir ürün için kullanılmayan atölye kapasitelerini, hammadde miktarlarını ve her bir ürünün talep edilmeyen miktarlarını belirtmek için terk edilecek faaliyetler eşitlik dışında tüm denklemlere eklenmiştir.

Modelde terkedilecek faaliyet sayısı 53 tanedir ve bunların isimleri ve simgeleri EK-5'de verilmiştir.

4.4. Üretimi Kısıtlayıcı Faktörler

Üretimi kısıtlayıcı faktörler olarak hammadde ve atölyelerin kullanım kapasiteleri ile ürünlerin talep miktarları alınmıştır.

4.4.1. Hammadde Kapasitesi

Matematik ders araçları daha öncede belirttiğimiz gibi 13 tane hammadde grubundaki çeşitli hammaddelerden üretilmektedir.

Hammadde kısıtları 1986, 1987, 1988 ve 1989 yıllarında kullanılan hammadde miktarlarının medyan değerleri alına-

rak oluşturulmuştur.

Merkezde matematik ders araçları üretiminde kullanılan hammadde gruplarına ait dört yıllık hammadde miktarları tablo 3'de görülmektedir.

TABLO 3. D.A.Y.M. Ders Araçları Yapımında Kullanılan Hammadde Miktarları

HAMMADDE GRUPLARI	YILLAR			
	1986	1987	1988	1989
1 Numaralı Hammadde Grubu(kg)	819	242	1212	861
2 Numaralı Hammadde Grubu(kg)	4355	1205	8348	2652
3 Numaralı Hammadde Grubu (adet)	143410	40840	356700	103600
4 Numaralı Hammadde Grubu(kg)	43	18	57	11
5 Numaralı Hammadde Grubu(m ²)	376464	-	1937	271
6 Numaralı Hammadde Grubu(kg)	8845	2974	20525	8049
7 Numaralı Hammadde Grubu (dm ³)	19873	6395	30981	14355
8 Numaralı Hammadde Grubu(kg)	2323	512	2812	1086
9 Numaralı Hammadde Grubu (tabaka)	2411	764	4442	1406
10 Numaralı Hammadde Grubu(mt)	7747	-	17935	10508
11 Numaralı Hammadde Grubu(kg)	939	-	1962	579
12 Numaralı Hammadde Grubu(lt)	12	5	16	3
13 Numaralı Hammadde Grubu(kg)	464	143	796	329

4. 4. 2. Atölye Çalışma Kapasitesi

Matematik ders araçları merkezde bio polyester, plastik pres, metal işleri, ağaç işleri, tesfiye, cam, montaj, serigrafi,

boya, matbaa, freze, universal torna ve paketleme atölyesi olmak üzere 13 atölyede üretilmektedir. Her atölye günde 8 saat çalışmaktadır. Cumartesi günü 5 saatlik fazla mesai işçilerin ve yöneticilerin anlaşma sağlamalarıyla hafta içi çalışma günlerine 1 'er saat eklenerek günlük çalışma süresi 9 saat olmuştur. Yılda yaz aylarında 30 gün merkez tüm atölyeleriyle birlikte tatile girmektedir. Böylece tüm atölyelerin yıllık çalışma süreleri 2160 saattir.

4. 5. Kısıtlayıcı Denklemlerin Kurulması

Kısıtlayıcı denklemlerin kurulmasında gerekli olan teknoloji katsayıları merkezin araştırma biriminden direk olarak alınmıştır. Burada yalnızca kısıtlayıcı denklemlerin kurulması anlatılmıştır.

4. 5. 1. Hammadde Kısıtlayıcı Denklemleri

1. Hammadde Grubuyla ilgili Denklem

1 numaralı hammadde grubunu oluşturan otomat çeliği, çelik yay teli ve DKP; trigonometri cetveli (X_3) ve pergel (X_4) üretimine gitmektedir. Tüm bu ürünler birim başına gerekli hammadde katsayıları oranından en çok 840 kg'lık 1 numaralı hammadde grubu kapasitesi miktarında üretilebilir.

$$0,09 X_3 + 0,0591 X_4 \leq 840$$

2. Hammadde Grubu ile ilgili Denklem

2 numaralı hammadde grubunu oluşturan pirinç çubuk, alüminyum levha, alüminyum profil boru; metre alüminyum (X_1),

su terazisi (X_2), trigonometri cetveli (X_3), çekül (X_6), kesik kare pramit (X_8) üretimine gitmektedir. Bu ürünler birim başına gerekli hammadde katsayıları oranından en çok 3503,50 kg'lık 2 numaralı hammadde grubu kapasitesi miktarında üretilir.

$$0,54X_1 + 0,0039X_2 + 0,065X_3 + 0,044X_6 + 0,002X_8 \leq 3503,50$$

3. Hammadde Grubu ile İlgili Denklem

3 numaralı hammadde grubunu oluşturan vida ve çiviler; metre alüminyum (X_1), su terazisi (X_2), trigonometri cetveli (X_3), pergel (X_4), iletke-gönye (X_5), çekül (X_6), dönel silindirik (X_7), dönel koni (X_{10}), dönel kesik koni (X_{11}), kesitli pramit (X_{12}), kesitli düzgün dört yüzlü (X_{14}), cisim köşegenli kare prizma (X_{25}), cisim köşegenli küp (X_{26}), döner kapaklı kesik silindirik (X_{27}) üretimine gitmektedir. Bu ürünler birim başına gerekli hammadde katsayıları oranından en çok 123505 adet'lik 3 numaralı hammadde grubu kapasitesi miktarında üretilir.

$$2X_1 + 4X_2 + 12X_3 + 5X_4 + X_5 + 2X_6 + 4X_7 + 2X_8 + 4X_{10} + 4X_{11} + 2X_{12} + 2X_{14} + 2X_{25} + 2X_{26} + 2X_{27} \leq 123505$$

4. Hammadde Grubu ile İlgili Denklem

4 numaralı hammadde grubunu oluşturan cam boru, eşiz-florasain; sadece su terazisi üretimine gitmektedir. Birim başına gerekli hammadde katsayısı oranından en çok 30,5 kg'lık 4 numaralı hammadde grubu kapasitesi miktarında üretilir.

$$0,00912X_2 \leq 30,5$$

5. Hammadde Grubu ile ilgili Denklem

5 numaralı hammadde grubunu oluşturan akrilik levha: trigonometri cetveli (X_3), dönel silindir (X_7), dönel koni (X_{10}), dönel kesik koni (X_{11}), kesitli pramit (X_{12}), üçgen prizma (X_{13}), kesitli düzgün dört yüzlü (X_{14}), cisim köşegenli kare prizma (X_{25}), cisim köşegenli küp (X_{26}) ve döner kapaklı kesik silindir (X_{27}) üretimine gitmektedir. Tüm bu ürünler birim başına gerekli hammadde katsayısı oranından en çok 1104 m²'lik 5 numaralı hammadde grubu kapasitesi miktarında üretilebilir.

$$0,03X_3 + 0,0061X_7 + 0,0073X_{10} + 0,0157X_{11} + 0,1949X_{12} + 0,194X_{13} + 0,1X_{14} + 0,006X_{25} + 0,0092X_{26} + 0,16X_{27} \leq 1104$$

6. Hammadde Grubu ile ilgili Denklem

6 numaralı hammadde grubunu oluşturan plastik malzeme, polietilen, polistren; su terazisi (X_2), trigonometri cetveli (X_3), iletken-gönye (X_5), çekül (X_6), dönel silindir (X_7), kesik kare pramit (X_8), desimetre küp (X_9), dönel koni (X_{10}), dönel kesik koni (X_{11}), dikdörtgen pramit (X_{15}), dikdörtgenler prizması (X_{16}), düzgün altıgen prizma (X_{17}), eşkenar üçgen prizma (X_{18}), düzgün altıgen pramit (X_{19}), eşkenar üçgen pramit (X_{20}), koni (X_{21}), litre takımı (X_{22}), silindir (X_{23}), çeşit kenar prizma (X_{24}), cisim köşegenli prizma (X_{25}), cisim köşegenli küp (X_{26}), döner kapaklı kesik silindir (X_{27}), üretimine gitmektedir. Tüm bu ürünler birim başına gerekli hammadde katsayısı oranından en çok 8447 kg'lık 6 numaralı hammadde grubu kapasitesi miktarında üretilebilir.

$$\begin{aligned}
&0,00914X_2 + 0,0032X_3 + 0,228X_5 + 0,008X_6 + 0,0525X_7 + \\
&0,119X_8 + 0,602X_9 + 0,03X_{10} + 0,070X_{11} + 0,022X_{15} + 0,048X_{16} + \\
&0,053X_{17} + 0,0045X_{18} + 0,020X_{19} + 0,015X_{20} + 0,020X_{21} + \\
&0,234X_{22} + 0,053X_{23} + 0,066X_{24} + 0,055X_{25} + 0,155X_{26} + \\
&0,136X_{27} \leq 8447
\end{aligned}$$

7. Hammadde Grubu ile ilgili Denklem

7 numaralı hammadde grubunu oluşturan gürgen; su terazisi (X_2), trigonometri cetveli (X_3), pergeli (X_4) üretimine gitmektedir. Tüm bu ürünler birim başına gerekli hammadde katsayısı oranından en çok 17114 dm³'lük 7 numaralı hammadde grubu kapasitesi, miktarında üretilebilir.

$$0,34X_2 + 0,094X_3 + 1,393X_4 \leq 17114$$

8. Hammadde Grubu ile ilgili Denklem

8 numaralı hammadde grubunu oluşturan selülozik astar, selülozik vernik, selülozik tiner, boyalar; metre alüminyum (X_1) su terazisi (X_2), trigonometri cetveli (X_3), pergeli (X_4), iletken-gönye (X_5) üretimine gitmektedir. Tüm bu ürünler birim başına gerekli hammadde katsayısı oranından en çok 1704 kg'lık 8 numaralı hammadde grubu kapasitesi miktarında üretilebilir.

$$0,035X_1 + 0,04X_2 + 0,083X_3 + 0,087X_4 + 0,0007X_5 \leq 1704$$

9. Hammadde Grubu ile ilgili Denklem

9 numaralı hammadde grubunu oluşturan duralit, su zımparası; su terazisi (X_2), trigonometri cetveli (X_3), pergeli

(X_4) üretimine gitmektedir. Bu ürünler birim başına gerekli hammadde katsayısı oranından en çok 1908,5 tabakalık 9 numaralı hammadde grubu kapasitesi miktarında üretilebilir.

$$0,125X_2 + 0,364X_3 + 0,125X_4 \leq 1908,5$$

10. Hammadde Grubu ile İlgili Denklem

10 numaralı hammadde grubunu oluşturan şeffaf bant, naylon ip; su terazisi (X_2), trigonometri cetveli (X_3), Pergel(X_4), iletkei-gönye (X_5), çekül (X_6), kesik kare pramit (X_8), desimetre küp (X_9), üçgen prizma (X_{13}), dikdörtgen pramit (X_{15}), dikdörtgenler prizması (X_{16}), düzgün altıgen prizma (X_{17}), eşkenar üçgen prizma (X_{18}), düzgün altıgen pramit (X_{19}), eşkenar üçgen pramit (X_{20}), koni (X_{21}) litre takımı (X_{22}), silindir (X_{23}), çeşit kenar prizma (X_{24}), cisim köşegenli kare prizma (X_{25}), cisim köşegenli küp (X_{26}), döner kapaklı kesik silindir (X_{27}) üretimine gitmektedir. Tüm bu ürünler birim başına gerekli hammadde katsayısı oranından en çok 9127,5 metre 10 numaralı hammadde grubu kapasitesi miktarında üretilebilir.

$$\begin{aligned} &0,1X_2 + 0,3X_3 + 0,15X_4 + 0,05X_5 + 0,5X_6 + 0,33X_8 + 0,1X_9 + \\ &0,05X_{13} + 0,05X_{15} + 0,05X_{16} + 0,05X_{17} + 0,05X_{18} + 0,05X_{19} + \\ &0,05X_{20} + 0,05X_{21} + 0,05X_{22} + 0,05X_{23} + 0,05X_{24} + 0,05X_{25} + \\ &0,05X_{26} + 0,10X_{27} \leq 9127,5 \end{aligned}$$

11. Hammadde Grubu ile İlgili Denklem

11 numaralı hammadde grubunu oluşturan naylon boru; metre alüminyum (X_1), trigonometri cetveli (X_3), çekül (X_6)

dönel silindir (X_7), kesik kare pramit (X_8), dönel koni (X_{10}) dönel kesik koni (X_{11}), kesikli pramit (X_{12}), üçgen prizma (X_{13}), cisim köşegenli kare prizma (X_{25}), cisim köşegenli küp (X_{26}), döner kapaklı kesik silindir (X_{27}) üretimine girmektedir. Tüm bu ürünler birim başına gerekli ham madde katsayısı oranında en çok 759 kg'lık 11 numaralı hammadde grubu kapasitesi miktarında üretilebilir.

$$0,12X_1 + 0,0084X_3 + 0,00027X_6 + 0,0026X_7 + 0,0049X_8 + 0,0026X_{10} + 0,0049X_{11} + 0,0049X_{12} + 0,0063X_{13} + 0,0049X_{25} + 0,0049X_{26} + 0,0063X_{27} \leq 759$$

12. Hammadde Grubu ile İlgili Denklem

12 numaralı hammadde grubunu oluşturan ispirto; su terazisi üretiminde kullanılmaktadır. Bu ürün birim başına gerekli hammadde katsayısı oranında en çok 8,5 litrelik 12 numaralı hammadde kapasitesi miktarında üretilebilir.

$$0,0025X_2 \leq 8,5$$

13. Grubu ile İlgili Denklem

13 numaralı hammadde grubunu oluşturan kağıt bant, ambalaj kağıdı; su terazisi (X_2), trigonometri cetveli (X_3), pergel (X_4) üretimine girmektedir. Bu ürünler birim başına gerekli hammadde katsayısı oranından en çok 396,5 kg 'lık 13 numaralı hammadde grubu kapasitesi miktarında üretilebilir.

$$0,0054X_2 + 0,034X_3 + 0,0322X_4 \leq 396,5$$

4. 5. 2. Atölye Kapasiteleri Kısıtlayıcı Denklemleri

Bio Polyester Atölyesi ile İlgili Denklem

Trigonometri cetveli (X_3), dönel silindir (X_7), dönel koni (X_{10}), kesitli pramit (X_{12}), üçgen prizma (X_{13}), kesitli düzgün dörtyüzlü (X_{14}), silindir (X_{24}), cisim köşegenli kare prizma (X_{25}), cisim köşegenli küp (X_{26}), döner kapaklı kesik silindir (X_{27}), ürünleri biopolyester atölyesinde işlemekten geçmektedir. Tüm bu ürünler birim başına gereken atölye çalışma kapasitesi katsayısı oranından en çok 2160 saatlik atölye kapasitesi miktarında üretilebilir.

$$0,0281X_3 + 0,0722X_7 + 0,0329X_{10} + 0,0133X_{12} + 0,0274X_{13} + \\ 0,034X_{14} + 0,0127X_{24} + 0,0098X_{25} + 0,01X_{26} + 0,00194X_{27} \\ \leq 2160$$

Plastik Pres Atölyesi ile ilgili Denklem

Su terazisi (X_2), trigonometri cetveli (X_3), iletken gönye (X_5), çekül (X_6), dönel silindir (X_7), kesik kare pramit (X_8), desimetre küp (X_9), dönel koni (X_{10}), dönel kesik koni (X_{11}), dikdörtgen pramit (X_{15}) dikdörtgenler prizması (X_{16}), düzgün altıgen prizma (X_{17}), eşkenar üçgen prizma (X_{18}), düzgün altıgen pramit (X_{19}), eşkenar üçgen pramit (X_{20}), koni (X_{21}), litre takımı (X_{22}), silindir (X_{23}), çeşit kenar prizma (X_{24}), cisim köşegenli kare prizma (X_{25}), cisim köşegenli küp (X_{26}), döner kapaklı kesik silindir (X_{27}) ürünleri plastik pres atölyesinde işlemekten geçmektedir. Tüm bu ürünler birim başına gereken atölye çalışma kapasitesi kat sayısı oranında en çok 2160 saatlik atölye çalışma kapasitesi miktarında üretilebilir.

$$0,0031X_2 + 0,00328X_3 + 0,00139X_5 + 0,0171X_6 + 0,0778X_7 +$$

$$\begin{aligned}
& 0,0234X_8 + 0,0022X_9 + 0,0797X_{10} + 0,0163X_{11} + 0,0207X_{15} + \\
& 0,01698X_{16} + 0,0205X_{17} + 0,020X_{18} + 0,021X_{19} + 0,0201X_{20} + \\
& 0,02049X_{21} + 0,0205X_{22} + 0,0144X_{23} + 0,022X_{24} + 0,0207X_{25} + \\
& 0,0229X_{26} + 0,0222X_{27} \leq 2160
\end{aligned}$$

Metal işleri Atölyesi ile ilgili Denklem

Su terazisi (X_2), trigonometri cetveli (X_3), pergeli (X_4), kesik kare pramit (X_8), ürünleri metal işleri atölyesinde işleminden geçerek üretilmektedir. Bu ürünler birim başına gereken atölye çalışma kapasitesi katsayısı oranından en çok 2160 saatlik atölye çalışma kapasitesi miktarında üretilebilir.

$$0,0125X_2 + 0,0126X_3 + 0,0972X_4 + 0,0125X_8 \leq 2160$$

Ağaç işleri Atölyesi ile ilgili Denklem

Su terazisi (X_2), trigonometri cetveli (X_3), pergeli (X_4), ürünleri ağaç işleri atölyesinde işleminden geçerek üretilmektedir. Bu ürünler birim başına gereken atölye çalışma kapasitesi katsayısı oranında en çok 2160 saatlik atölye çalışma kapasitesi miktarında üretilebilir.

$$0,0367X_2 + 0,0053X_3 + 0,0048X_4 \leq 2160$$

Tesfiye Atölyesi ile ilgili Denklem

Metre alüminyum (X_1), pergeli (X_4), çekül (X_6), kesik kare pramit (X_8), dikdörtgen pramit (X_{15}), dikdörtgenler prizması (X_{16}), düzgün altıgen prizma (X_{17}), eşkenar üçgen prizma (X_{18}), düzgün altıgen pramit (X_{19}), eşkenar üçgen pramit (X_{20}), koni (X_{21}), litre takımı (X_{22}), silindir (X_{23}) ürünleri tesfiye

atölyesinde işlem den geçerek üretilmektedir. Bu ürünler birim başına gereken atölye çalışma kapasitesi kat sayısı oranından en çok 2160 saatlik atölye çalışması kapasitesi miktarında üretilebilir.

$$0,033X_1 + 0,0063X_4 + 0,042X_6 + 0,0135X_8 + 0,0151X_{15} + \\ 0,0151X_{16} + 0,0129X_{17} + 0,0222X_{18} + 0,0319X_{19} + 0,02207X_{20} + \\ 0,02655X_{21} + 0,0319X_{22} + 0,01522X_{23} \leq 2160$$

Cam Atölyesi ile ilgili Denklem

Su terazisi cam atölyesinde işlem den geçerek üretilmektedir ve birim başına gereken atölye çalışma kapasitesi katsayısı oranından en çok 2160 saatlik atölye çalışma kapasitesi miktarında üretilebilir.

$$0,0296X_2 \leq 2160$$

Montaj Atölyesi ile ilgili Denklem

Su terazisi (X_2), trigonometri cetveli (X_3), pergel (X_4), ilet ki-gönye (X_5), çekül (X_6), kesik kare pramit (X_8) ürünleri montaj atölyesinde işlem den geçerek üretilmektedir. Bu ürünler birim başına gereken atölye çalışma kapasitesi kat sayısı oranından en çok 2160 saatlik atölye çalışma kapasitesi miktarında üretilebilir.

$$0,0722X_2 + 0,0833X_3 + 0,09722X_4 + 0,0116X_5 + 0,0504X_6 + \\ 0,075X_8 \leq 2160$$

Serigrafi Atölyesi ile ilgili Denklem

Metre alüminyum (X_1), pergel (X_4), iletkei-gönye (X_5) ürünleri serigrafi atölyesinde işlemden geçerek üretilmektedir. Bu ürünler birim başına gereken atölye çalışma kapasitesi katsayısı oranından en çok 2160 saatlik atölye çalışma kapasitesi miktarında üretilebilir.

$$0,0098X_1 + 0,0083X_4 + 0,0109X_5 \leq 2160$$

Boya Atölyesi ile ilgili Denklem

Su terazisi (X_2), trigonometri cetveli (X_3), pergel (X_4), ürünleri boya atölyesinde işlemden geçerek üretilmektedir. Bu ürünler birim başına gereken atölye çalışma kapasitesi katsayısı oranından en çok 2160 saatlik atölye çalışma kapasitesi miktarında üretilebilir.

$$0,0109X_2 + 0,0139X_3 + 0,0109X_4 \leq 2160$$

Matbaa Atölyesi ile ilgili Denklem

Trigonometri cetveli (X_3), matbaa atölyesinde işlemden geçerek üretilmektedir ve birim başına gereken atölye çalışma kapasitesi katsayısı oranında en çok 2160 saatlik atölye çalışma kapasitesi miktarında üretilebilir.

$$0,011X_3 \leq 2160$$

Freze Atölyesi ile ilgili Denklem

Metre alüminyum (X_1), freze atölyesinde işlemden geçirilerek üretilmektedir ve birim başına gereken atölye çalışma kapasitesi katsayısı oranından en çok 2160 saatlik atölye çalışma kapasitesi miktarında üretilebilir.

$$0,1356X_1 \leq 2160$$

Üniversal Torna Atölyesi ile ilgili Denklem

Trigonometri cetveli (X_3) ve çekül (X_6) ürünleri üniversal torna atölyesinde işleminden geçerek üretilmektedir ve bu ürünler birim başına gereken atölye çalışma kapasitesi katsayısı oranından en çok 2160 saatlik atölye çalışma kapasitesi miktarında üretilir.

$$0,0098X_3 + 0,0512X_6 \leq 2160$$

Paketleme Atölyesi ile ilgili Denklem

Tüm ürünler en son paketleme atölyesinde işleme girer ve tüm ürünler birim başına gereken atölye çalışma kapasitesi katsayısı oranından en çok 2160 saatlik atölye çalışma kapasitesi miktarında üretilir.

$$\begin{aligned} &0,0054X_1 + 0,0353X_2 + 0,0125X_3 + 0,0125X_4 + 0,0079X_5 + 0,0057X_6 + \\ &0,0054X_7 + 0,0057X_8 + 0,0057X_9 + 0,0263X_{10} + 0,0263X_{11} + \\ &0,00508X_{12} + 0,00508X_{13} + 0,00508X_{14} + 0,00508X_{15} + \\ &0,00873X_{16} + 0,005669X_{17} + 0,005669X_{18} + 0,005669X_{19} + \\ &0,005669X_{20} + 0,00556X_{21} + 0,0083X_{22} + 0,0095X_{23} + \\ &0,005669X_{24} + 0,00543X_{25} + 0,00556X_{26} + 0,00556X_{27} \leq 2160 \end{aligned}$$

4. 5. 3. Ürünlerin Talep Miktarları Kısıtlayıcı Denklemleri

M.E.B. Ders Aletleri Yapım Merkezi sosyal amaçlı bir kuruluş olduğundan ve kâr amacı gütmendiğinden Milli Eğitim Bakanlığı'na bağlı ve özel okul siparişlerini tamamen karşılamaya yönelik üretim yapmaktadır.

Ancak programın daha rasyonel şekilde oluşturulabilmesi için ürünlerin talep miktarları kısıtlayıcılar olarak modele ilave edilmiştir.

Üretimi kısıtlayıcı faktörlerden biri olan ürünlerin talep miktarları, gerçekleşen üretim miktarları % 5 oranında artırılarak bulunmuştur.

Daha sonra talep miktarları % 10, % 15, % 20 oranında artırılarak program tekrar çözülmüştür. Karşılaştırmalar sonuç bölümünde açıklanmıştır.

4. 6. Amaç Fonksiyonu Denkleminin Oluşturulması

4. 6. 1. Katsayıların Hesaplanmasında İzlenen Yöntem

Amaç fonksiyonu katsayıları olarak ürünlerin birim başına brüt kârları alınmıştır. Çünkü üretim miktarının artışı ile üretim maliyetleri de aynı oranda artacaktır. Üretim maliyetine giren işletme ve idari giderler, elektrik, amortisman vb. gibi sabit maliyet unsurlarının ayrılması gerekir. Ürünlerin birim başına brüt kârı , direkt işçilik, hammadde, ulaşım giderleri gibi değişken giderleri toplamının satış fiyatından çıkarılması ile sağlanır.

Programlamadaki hesaplamalar D.A.Y.M'nin 1989 yılındaki faaliyet raporlarındaki satış ve maliyet değerleri kullanılarak hesaplanmıştır.

4. 6. 2. Ürünlerin Satış Fiyatları

Programa alınan satış fiyatları; Milli Eğitim Bakanlığı siparişleri ile özel siparişlerin ambalajlı satış fiyatlarının harmonik ortalaması alınarak bulunmuştur (1).

Amaç fonksiyonun katsayılarının hesaplanmasında esas alınan satış fiyatları TABLO 4 'de gösterilmiştir.

4. 6. 3. Ürünlerin Üretim Maliyetleri

Yıllık işletme giderleri önce tesis-tesislerin tam kapasitede çalışacağı varsayımı ile hesaplanır, sonra gider türlerinin değişken, yarı değişken ya da sabit olma özellik-

(1) Harmonik Ortalama: Bir mamülün bir biriminin üretimi için harcanan ortalama gereksinim duyulduğunda kullanılır. Formülasyonu;

$$h = \frac{N}{\frac{1}{x_1} + \frac{2}{x_2} + \dots + \frac{n}{x_n}} \text{ şeklindedir.}$$

leri gözönüne alınarak, daha düşük kapasite kullanım oranları için yıllık işletme giderlerinin ne olacağı bulunur.

Üretim miktarına bağlı olmaksızın kısa vadede sabit kalan giderlere "sabit"; üretim miktarındaki artış ya da azalış oranında ve aynı yönde artış ya da azalış gösteren giderlere "değişken" , üretim miktarındaki artış ya da azalış yönünden , fakat daha düşük bir oranda değişme gösteren giderlere ise "yarı değişken" giderler denilmektedir. Hammadde, yardımcı maddeler, işletme malzemesi ve satış giderleri değişken maliyetleri, amortismanlar, üretim miktarına bağlı olmaksızın çalıştırılan ve personel giderleri ile genel giderler ve periyodik bakım-onarımlar sabit maliyetleri, yakıt, enerji, su , geçici işçi ve personel kullanımına ilişkin giderler, bakım-onarım, stoklara ilişkin sigortalar yarı değişken maliyetleri oluştururlar(1).

Matematik ders araçlarına ilişkin üretim maliyetleri TABLO 5'de gösterilmiştir.

4. 6. 4. Brim Başına Brüt Kârlar.

Birim başına brüt kâr, ürünlerin birim satış fiyatları ile birim değişken ve yarı değişken maliyetleri arasındaki farktır. Sabit maliyetler üretim miktarlarından bağımsız olarak ortaya çıkan giderler olduğundan üretime bağlı olarak ortaya çıkan, üretim yapıldığında yapılması gerekli gider kalemlerini oluşturan değişken ve yarı değişken maliyetler toplamı üretim maliyeti olarak adlandırılmış, amaç fonksiyonun kısıtlarının oluşturulmasında kullanılmıştır ve TABLO 5 'de gösterilmiştir.

(1) Devlet Yatırım Bankası, s. 481.

TABLO 4.Ürünlerin 1989 Faaliyet Yılına Ait Brüt Satış Fiyatları

Ü R Ü N L E R	SATIŞ FİYATLARI (TL)
Metre Alüminyum	4569
Su Terazisi	4866
Trigonometri Cetveli	18817
Pergel	8463
İletki-Gönye	2448
Çekül	2448
Dönel Silindir	3901
Kesik Kare Prâmit	3603
Desimetre Küp	12051
Dönel Koni	2495
Dönel Kesik Koni	5148
Kesitli Prâmit	31666
Üçgen Prizma	26525
Kesitli Düzgün Dört Yüzlü	14618
Dikdörtgen Prâmit	760
Dikdörtgenler Prizması	1468
Düzgün Altıgen Prizma	1031
Eşkenar Üçgen Prizma	979
Düzgün Altıgen Prâmit	1240
Eşkenar Üçgen Prâmit	913
Koni	1240
Litre Takımı	3239
Silindir	1370
Çeşit Kenar Prizma	1038
Cisim Köşegenli Kare Prizma	2389
Cisim Köşegenli Küp	3276
Döner Kapaklı Kesik Silindir	6113

TABLO 5. Üretilen Ürünlerin Birim Brüt Kârları

ÜRÜNLER	BİRİM SATIŞ FİYATI TL	BİRİM ÜRETİM MALİYETİ TL	BİRİM BRÜT KÂR TL
X ₁	4569	1731	2738
X ₂	4866	3400	1466
X ₃	18817	11649	7168
X ₄	8463	6356	1927
X ₅	2447	1886	561
X ₆	2448	1513	935
X ₇	3901	3071	830
X ₈	3603	2513	1090
X ₉	12051	9203	2448
X ₁₀	2495	1928	567
X ₁₁	5148	3204	1944
X ₁₂	31666	22142	9524
X ₁₃	26525	20475	6050
X ₁₄	14618	9184	5434
X ₁₅	760	592	168
X ₁₆	1468	1137	331
X ₁₇	1031	791	240
X ₁₈	979	754	225
X ₁₉	1240	959	281
X ₂₀	913	701	212
X ₂₁	1240	959	281
X ₂₂	3239	2631	608
X ₂₃	1370	1057	313

ÜRÜNLER	BİRİM SATIŞ FİYATI TL	BİRİM ÜRETİM MALİYETİ TL	BİRİM BRÜT KÂR TL
X ₂₄	1038	809	229
X ₂₅	2390	1841	549
X ₂₆	3276	2553	723
X ₂₇	6113	3796	2317

Amaç Fonksiyonu

$$\begin{aligned}
 Z \max = & 2738 X_1 + 1466 X_2 + 7168 X_3 + 1927 X_4 + \\
 & 561 X_5 + 935 X_6 + 830 X_7 + 1090 X_8 + \\
 & 2848 X_9 + 567 X_{10} + 1944 X_{11} + 9524 X_{12} + \\
 & 6050 X_{13} + 5434 X_{14} + 168 X_{15} + 331 X_{16} + \\
 & 240 X_{17} + 225 X_{18} + 281 X_{19} + 212 X_{20} + \\
 & 281 X_{21} + 608 X_{22} + 313 X_{23} + 229 X_{24} + \\
 & 549 X_{25} + 723 X_{26} + 2317 X_{27}
 \end{aligned}$$

Pozitif Kısıtlayıcılar

$$\begin{aligned}
 & X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}, X_{11}, X_{12}, \\
 & X_{13}, X_{14}, X_{15}, X_{16}, X_{17}, X_{18}, X_{19}, X_{20}, X_{21}, X_{22}, \\
 & X_{23}, X_{24}, X_{25}, X_{26}, X_{27} \geq 0
 \end{aligned}$$

4. 7. Simpleks Tablonun Düzenlenmesi

Problemin simpleks tekniği ile çözülebilmesi için kısıtlayıcı denklemlerin eşitlik halinde yazılması gerekir.

Kısıtlayıcı denklemler ve amaç fonksiyonu simpleks tablo üzerine aktarılmıştır. Başlangıç simpleks TABLO 6. görülmektedir.

Tablo'da esas faaliyetler, terkedilecek faaliyetler olmak üzere 80 tane faaliyet yer almıştır. Terk edilecek faaliyetlerin modelde yer almasının nedeni bazı üretim faktörlerinin kullanılmadan bırakılmasını mümkün kılmaktır. Terk edilecek faaliyetler kendi üretim faktörleri ile ilgili olduğundan değerleri 1 olarak alınmıştır. Bu herhangi bir terk edilecek faaliyetin terk edilebilmesi için o kaynaktan bir birime ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

Tablonun sol tarafında kısıtlayıcı denklemlere ait terk edilecek faaliyetler yer almıştır. Faaliyet seviyesi sütununda yer alan değerler üretim faktörlerinin faaliyet seviyelerini göstermektedir. Birim brüt kâr kısmında yer alan değerler her bir faaliyetin birim başına brüt kârlarını vermektedir. Terk edilecek faaliyetlerin amaç fonksiyonu değerini etkilememesi için brüt kârları 0 olarak alınmıştır.

Tabloda yer alan teknolojik katsayıların (a_{ij} : $i = 1, 2, \dots, 26$, $j = 1, 2, \dots, 80$) işaretleri önem taşımaktadır. Eğer bir üretim faaliyeti bir kaynağın miktarını azaltıyorsa bu faaliyetin o kaynakla olan girdi katsayısı pozitif değer alır. Eğer sözkonusu faaliyet o kaynağın miktarını artırıyorsa girdi katsayısı negatif değer alacaktır. Bir faaliyet bir üretim faktöründen hiç kullanmıyor ya da ona katkıda bulunmuyorsa girdi katsayısı sıfır olacaktır.

4. 8. Modelin Çözümü

Model QSP paket programı ile çözülmüştür. Optimum çözüme yirmidokuz iterasyon sonucunda ulaşılmıştır.

5. OPTIMUM ÇÖZÜM VE DUYARLILIK ANALİZİNİN SONUÇLARI

Ders Aletleri Yapım Merkezi için geliştirilen doğrusal programlama modelinin simpleks tekniği ile yapılan çözümünde ulaşılan sonuçlar TABLO 7'de gösterilmiştir.

5. 1. Optimum Üretim Planı Çözüm Sonuçları

5. 1. 1. Optimum Planda Yer Alan Faaliyetler

Optimum plan çerçevesinde ekonomik görülen faaliyetler metre alüminyumdan 5720 adet, trigonometri cetvelinden 1842 adet, pergelden 9902 adet, iletke-gönyeden 6325 adet, çekül-den 4572 adet, dönel silindirden 191 adet, kesik kare pramitten 4204 adet, desimetre küpten 5985 adet, dönel kesik koniden 1580 adet, kesitli pramitten 1580 adet, üçgen prizmadan 1491 adet, kesitli düzgün dört yüzlüden 1580 adet, dikdörtgen pramitten 6844 adet, dikdörtgenler prizmasından 6844 adet, düzgün altıgen prizmadan 2804 adet, eşkenar üçgen prizmadan 2368 adet, düzgün altıgen pramitten 2804 adet, eşkenar üçgen pramitten 2104 adet, koniden 6844 adet, litre takımından 4240 adet, silindirden 6844 adet, çeşit kenar prizmadan 3680 adet, döner kapaklı kesik silindirden 1580 adet üretilmesi gerekmektedir.

5. 1. 2. Optimum Planda Yer Almayan Faaliyetler

Optimum plan çerçevesinde ekonomik görülmeyen su terazisi, dönel koni, cisim köşegenli kare prizma ve cisim köşegenli küp faaliyetlerinin üretim miktarları sıfırdır.

5. 1. 3. Üretim Faktörleri ve Atıl Kapasiteler

1 numaralı hamaddenin 84 kg.'ı atıl (kullanılmadan) kalmıştır. $840-84=756$ kg.'ı kullanılmıştır. Çözüm sonuçlarında üretim kaynaklarının gölge fiyatları da bulunmuştur.

Gölge fiyat, üretim kaynağının miktarının bir birim artırılması ya da azaltılması durumunda amaç fonksiyonunda meydana gelecek artış ya da azalış olarak tanımlanır. 1 numaralı hammaddenin bir biriminin daha fazla modele dahil edilmesinin amaç fonksiyona ya da kara hiç bir katkısı olmayacaktır.

Aynı şekilde 2, 4, 5, 7, 8, 12 ve 13 numaralı hammadde-lerin de bir biriminin daha fazla modele dahil edilmesinin amaç fonksiyona hiç bir katkısı olmayacaktır.

3 numaralı hammaddenin tamamı kullanılmıştır ve gölge fiyatı 176 TL.'dir. Yani bir biriminin daha fazla modele dahil edilmesinin amaç fonksiyona katkısı 176 TL. olacaktır. 6 numaralı hammaddenin katkısı 1437 TL., 9 numaralı hammaddenin katkısı 7002 TL., 10 numaralı hammaddenin katkısı 1154 TL., 11 numaralı hammaddenin katkısı 19888 TL. olacaktır.

Bio polyester atölyesinin 1929 saati, plastik pres atölyesinin 930 saati, metal işleri atölyesinin 1122 saati, ağaç işleri atölyesinin 2103 saati, tesviye atölyesinin 983 saati, cam atölyesinin 2160 saati, montaj atölyesinin 425 saati, serigrafi atölyesinin 1952 saati, boya atölyesinin 2026 saati, matbaa atölyesinin 2140 saati, freze atölyesinin 1384 saati, universal torna atölyesinin 1907 saati, paketleme atölyesinin 141 saati (kapasiteleri) atıl kalmıştır.

Metre alüminyumun 1791 adet talep miktarı, su terazisi- nin 3749 adet talep miktarı, pergelin 2614 adet talep miktarı, iletkei-gönyenin 8737 adet talep miktarı, çekülün 221 adet talep miktarı, dönel silindirin 3313 adet talep miktarı, dönel ko- ninin 2804 adet talep miktarı, cisim köşegenli kare prizma- nın 2804 adet talep miktarı, cisim köşegenli küpün 2982 adet talep miktarı atıl kalmıştır.

Trigonometri cetveli, kesik kare pramit, dosimetre küp, dönel kesik koni, kesitli pramit, üçgen prizma, kesitli düz-

gün dört yüzlü, dikdörtgen pramit, dikdörtgenler prizması, düzgün altıgen prizma, eşkenar üçgen prizma, düzgün altıgen pramit, eşkenar üçgen pramit, koni, litre takımı, silindır, çeşit kenar prizma, döner kapaklı kesik silindirin talep miktarları tamamen kullanılmıştır.

Bu ürünlerin talep miktarlarının bir birim artırılarak modele dahil edilmesi sonucu kara katkıları da şöyledir. Trigonometri cetvelinin 1993 TL., kesik kare pramitin 89 TL., desimetre küpün 1868 TL. dönel kesik koninin 1043 TL., kesitli pramitin 9075 TL., üçgen prizmanın 5867 TL., kesitli düzgün dört yüzlünün 5083 TL., dikdörtgen pramitin 79 TL., dikdörtgenler prizmasının 204 TL., düzgün altıgen prizmanın 106 TL., eşkenar üçgen prizmanın 103 TL., düzgün altıgen pramitin 195 TL., eşkenar üçgen pramitin 133 TL., koninin 195 TL., litre takımının 214 TL., silindirin 179 TL., çeşit kenar prizmanın 76 TL. ve dönre kapaklı silindirin 1529 TL. kara katkıları olacaktır.

TABLO 7. Optimum Plan Sonuçları

FAALİYET	ÇÖZÜM SONUCU	GÖLGE FİYATI
X ₁	5720	0
X ₂	0	241
X ₃	1842	0
X ₄	9902	0
X ₅	6325	0
X ₆	4572	0
X ₇	191	0
X ₈	4204	0
X ₉	5985	0
X ₁₀	0	231
X ₁₁	1580	0
X ₁₂	1580	0
X ₁₃	1491	0
X ₁₄	1580	0
X ₁₅	6844	0
X ₁₆	6844	0
X ₁₇	2804	0
X ₁₈	2368	0
X ₁₉	2804	0
X ₂₀	2104	0
X ₂₁	6844	0
X ₂₂	4240	0
X ₂₃	6844	0
X ₂₄	6844	0
X ₂₅	0	37
X ₂₆	0	6
X ₂₇	1580	0

TABLO 7: Devam.

FAALİYET		ÇÖZÜM SONUCU	GÖLGE FİYATI
Terk Edilecek Faaliyetler	S ₁	-89	0
	S ₂	86	0
	S ₃	0	176 +
	S ₄	31	0
	S ₅	15	0
	S ₆	0	1437 *
	S ₇	3147	0
	S ₈	485	0
	S ₉	0	7002 *
	S ₁₀	0	1154 *
	S ₁₁	0	19888 *
	S ₁₂	9	0
	S ₁₃	15	0
	S ₁₄	1929	0
	S ₁₅	930	0
	S ₁₆	1122	0
	S ₁₇	2103	0
	S ₁₈	983	0
	S ₁₉	2160	0
	S ₂₀	425	0
	S ₂₁	1953	0
	S ₂₂	2026	0
	S ₂₃	2146	0
	S ₂₄	1384	0
	S ₂₅	1908	0
	S ₂₆	141	0

TABLO 7: Devam

FAALİYET	ÇÖZÜM SONUCU	GÖLGE FİYATI
S ₂₇	1791	0
S ₂₈	3749	0
S ₂₉	0	1993
S ₃₀	2614	0
S ₃₁	8737	0
S ₃₂	1221	0
S ₃₃	3313	0
S ₃₄	0	89
S ₃₅	0	1868
S ₃₆	2804	0
S ₃₇	0	1043
S ₃₈	0	9075
S ₃₉	0	5867
S ₄₀	0	5083
S ₄₁	0	79
S ₄₂	0	204
S ₄₃	0	106
S ₄₄	0	103
S ₄₅	0	195
S ₄₆	0	133
S ₄₇	0	195
S ₄₈	0	214

Terk Edilecek Faaliyetler

TABLO 7: Devam

FAALİYET	ÇÖZÜM SONUCU	GÖLGE FİYATI
S ₄₉	0	179
S ₅₀	0	76
S ₅₁	2804	0
S ₅₂	2982	0
S ₅₃	0	1529

5. 2. Duyarlılık Analizleri

Duyarlılık analizleri ile optimal çözümde bir değişikliğe yol açmadan teknolojik katsayıların, amaç fonksiyonu katsayılarının ve kısıtlayıcı kaynak miktarlarının değişmesi durumunda bu katsayıların ve kaynakların ne kadar değiştirilebileceği gösterilmiştir.

5. 2. 1. Amaç Fonksiyonu Katsayılarına Ait Duyarlılık Analizi

Amaç fonksiyonu katsayılarına ait duyarlılık analizi sonuçları TABLO 8'de verilmiştir.

Bu sonuçlara göre metre alüminyumdan elde edilen brüt kâr katsayıları sabit iken, 2553 ile 5063 TL arasında değiştirilirse optimum çözümde herhangi bir değişiklik olmayacaktır. Trigonometri cetvelinden elde edilen kâr, diğer ürünlerin kar katsayıları sabit iken 5175 TL. ile $+\infty$ arasında değiştirilirse optimum çözümde bir değişiklik olmayacaktır. Yani trigonometri cetveline ait kâr katsayısı 5175 TL.'ye kadar azaltılırken bu katsayı sonsuz derecede artırılabilir. Dönel

koniye ait kar katsayısı en fazla 798 TL. artırılırken hiç karsızda satılabilmektedir.

Diğer duyarlılık analizi sonuçları da benzer şekilde yorumlanabilir.

TABLO 8. Modelin Amaç Fonksiyonu Katsayılarına Ait
Duyarlılık Analizi Sonuçları

Faaliyet Adı	Minumum Değer	Orjinal Değer	Maksimum Değer
Metre Alüminyum	2553	2738	5063
Su Terazisi	-∞	1466	1707
Trigonometri Cetveli	5175	7168	+ ∞
Pergel	1686	1927	2611
İletki-Gönye	550	561	736
Çekül	775	935	1082
Dönel Silindir	810	830	1580
Kesik Kare Pramit	1001	1090	+ ∞
Desimetre Küp	980	2848	+ ∞
Dönel Koni	-∞	567	798
Dönel Kesik Koni	901	1944	-∞
Kesitli Pramit	449	9524	+∞
Üçgen Prizma	183	6050	+ ∞
Kesitli Düzgün Dört Yüzlü	351	5434	+ ∞
Dikdörtgen Pramit	89	168	+∞
Dikdörtgenler Prizması	127	331	+∞

Faaliyet Adı	Minumum Değer	Orjinal Değer	Maksimum Değer
Düzgün Altıgen Prizma	134	240	+∞
Eşkenar Üçgen Prizma	122	225	+∞
Düzgün Altıgen Pramit	86	281	+∞
Eşkenar Üçgen Pramit	79	212	+∞
Koni	86	281	+∞
Litre Takımı	394	608	+∞
Silindir	134	313	+∞
Çeşit Kenar Prizma	153	229	+∞
Cisim Köşegenli Kare Prizma	-∞	549	586
Cisim Köşegenli Küp	-∞	723	729
Döner Kapaklı Kesik Silindir	788	2317	+∞

5. 2. 2. Üretim Faktörleri. Katsayılarına Ait Duyarlılık Analizi

Üretim faktörlerine ait duyarlılık analizi sonuçları

TABLO 9'da verilmiştir.

TABLO 9. Modelin Üretim Faktörleri Katsayılarına Ait Duyarlılık Analizi Sonuçları

ÜRETİM FAKTÖRÜ	MİNİMUM DEĞER	ORJİNAL DEĞER	MAKSİMUM DEĞER
1 Nolu Hammadde	751	840	+∞
2 Nolu Hammadde	3418	3503,5	+∞
3 Nolu Hammadde	122785	123505	-132555
4 Nolu Hammadde	0	30,5	+∞
5 Nolu Hammadde	1089	1104	+∞
6 Nolu Hammadde	7966	8447	8652
7 Nolu Hammadde	13967	17114	+∞
8 Nolu Hammadde	1219	1704,5	+∞
9 Nolu Hammadde	1824	1908,5	1929
10 Nolu Hammadde	6857	9127,5	9240
11 Nolu Hammadde	216	759	778
12 Nolu Hammadde	0	8,5	+∞
13 Nolu Hammadde	381	396,5	+∞
Bio Polyester Atölyesi	231	2160	+∞
Plastik Pres Atölyesi	1230	2160	+∞
Metal İşleri Atölyesi	1038	2160	+∞
Ağaç İşleri Atölyesi	57	2160	+∞
Tesviye Atölyesi	1177	2160	+∞
Cam Atölyesi	0	2160	+∞
Montaj Atölyesi	1735	2160	+∞

TABLO 9: Devam.

ÜRETİM FAKTÖRÜ	MINUMUM DEĞER	ORJİNAL DEĞER	MAKSİMUM DEĞER
Serigraf Atölyesi	207	2160	+∞
Boya Atölyesi	134	2160	+∞
Matbaa Atölyesi	20	2160	+∞
Freze Atölyesi	776	2160	+∞
Universal Torna Atölyesi	252	2160	+∞
Paketleme Atölyesi	2019	2160	2198
Metre Alüminyum Talep	5719	7511	+∞
Su Terazisi Talep	0	3749	+∞
Trigonometri Get. Talep	1592	1843	2280
Pergel Talep	9902	12516	+∞
İletki - Gönnye Talep	6325	15062	+∞
Çekül Talep	4572	4794	+∞
Dönel Silindir Talep	191	3504	
Kesik Kare Prami Talep	3841	4204	8091
Desimetre Kupa Talep	5698	5985	8249
Dönel Koni Talep	0	2804	+∞
Dönel Kesik Koni Talep	0	1580	1776
Kesitli Prami Talep	0	1580	1657
Üçgen Priz. Talep	0	1491	1566
Kesitli Düz.Dört Yüzlü Talep	0	1580	1731
Dikdörtgen prami Talep	4348	6844	39569
Dikdörtgenler Priz. Talep	4887	6844	27093

ÜRETİM FAKTÖRÜ	MİNİMUM DEĞER	ORJİNAL DEĞER	MAKSİMUM DEĞER
Düzgün Alt.Priz. Talep	936	2804	26284
Eşkenar Üçgen Priz. Talep	353	2367,75	27695
Düzgün Altıgen Pramit Talep	333	2804	32730
Eşkenar Üçgen Pramit Talep	0	2104	31144
Koni Talep	4373	6844	37478
Litre Tak. Talep	3535	4240	10050
Silindir Talep	4976	6844	25424
Çeşit Kenar Priz. Talep	2010	3600	23726
Cisim Köş.Kare Priz. Talep	0	2804	+∞
Cisim Köşe. Küp Talep	0	2982	+∞
Döner Kapaklı Kes.Sil. Talep	70	1580	1673

1 Numaralı hammadde grubuna ait miktar en az 751 kg'a kadar azaltılabilir, sonsuz miktarda artırılabilir. Bu sınırlar arasında 1.grup hammaddesinin değiştirilmesi diğer üretim faktörleri sabitken optimim üretim bileşimini değiştirmeyecektir.

Atölye çalışma kapasitelerine ait duyarlılık analizinde ise, örneğin bio polyester atölyesinde en az 231 saat çalışılabilir, çalışma sonsuz miktarda artırılabilir.

Talebe ilişkin duyarlılık analizinde ise, örneğin metre alüminyumun talebi en az 5719, en çok sonsuz miktarda olabilir.

Tüm üretim faktörlerine ait alt ve üst sınırlar benzer şekilde yorumlanabilir.

SONUÇ

Ders Aletleri Yapım Merkezi'nde yapılan bu araştırmada merkezin kârını maksimum yapacak üretim bileşimi bulunmaya çalışılmıştır.

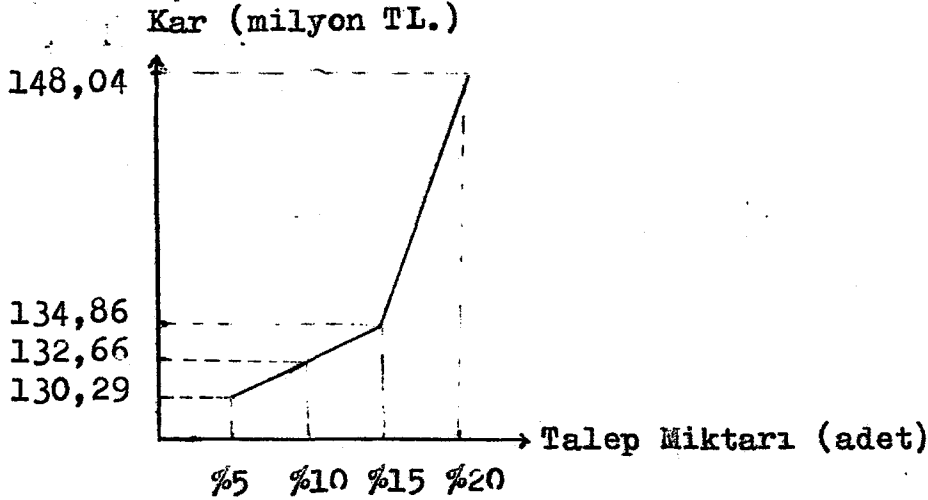
Araştırma sonucunda metre alüminyumdan 5720 adet, trigonometri cetvelinden 1842 adet, pergelden 9902 adet, iletki-gönyeden 6325 adet, çekülden 4572 adet, dönel silindirden 191 adet, kesik kare pramitten 4204 adet, desimetre küpten 5985 adet, dönel kesik koniden 1580 adet, kesitli pramitten 1580 adet, üçgen prizmadan 1491 adet, kesitli düzgün dört yüzlüden 1580 adet, dikdörtgen pramitten 6844 adet, dikdörtgenler prizmasından 6844 adet, düzgün altıgen prizmadan 2804 adet, eşkenar üçgen prizmadan 2368 adet, düzgün altıgen pramitten 2804 adet, eşkenar üçgen pramitten 2104 adet, koniden 6844 adet, litre takımından 4240 adet, silindirden 6844 adet çeşit kenar prizmadan 3680 adet, döner kapaklı kesik silindirden 1580 adet üretilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Bu üretim bileşimi sonucu merkezin kârı 130,2 milyon TL. olacaktır.

Merkezde gerçekleşen üretim miktarları ile brüt kâr TABLO 10'da gösterilmiştir. Gerçekleşen üretim miktarları ile brüt kâr katsayılarının çarpımı sonucu bulunan toplam kâr 121,3 milyon TL. iken programlama sonucu bulunan kar 130,2 milyon TL.'dir. Programlama sonucu bulunan üretim bileşimi ile merkez 8,99 milyon TL. daha fazla kâr elde edecektir.

Programın daha rasyonel şekilde oluşturulması için kısıtlayıcı faktörlerden biri olarak programda yer alan ürünlerin talep miktarları % 10, % 15 ve % 20 oranında artırılarak program yeniden çözülmüştür.

Talep miktarında % 10 artış olduğunda kâr 132,66 milyon TL.'na, % 15 artış olduğunda kâr 134,86 milyon TL.'na, % 20 artış olduğunda kâr 148,04 milyon TL.'na yükselmiştir. Talep artışı ile kâr arasındaki ilişki aşağıda grafik üzerinde gös-

terilmiştir.



Talep miktarlarında sağlanan bu esneklikle birlikte Merkez, metre alüminyum, su terazisi, desimetre küp, dönel kesik koni, kesitli pramit, kesitli düzgün dört yüzlü, dikdörtgen pramit, dikdörtgenler prizması, düzgün altıgen prizma, eşkenar üçgen pramit, koni, litre takımı, silindir, çeşit kenar prizma üretimi artmıştır. Buna karşılık pergel, iletkei-gönye, dönel silindir, dönel koni, üçgen prizma, cisim köşegenli kare prizma, cisim köşegenli küp, döner kapaklı kesik silindir üretim miktarları azalmıştır.

Dolayısıyla, Merkezin kamusal amaçlar yerine kârı, ikame etmesi durumunda bu ürünlerin üretimini azaltması ya da bu ürünlere ait teknolojik katsayıların değişmesine olanak sağlayacak yeni üretim teknolojileri kullanması gerekecektir. Üretimin azaltılması Merkezin şu anda güttüğü kamu amaçları ile ters düşmesine rağmen elde edilen bu sonuç Merkezin gelecekteki etkinliklerini yönlendirmek açısından önemlidir.

Diğer taraftan, üretimde kullanılan kaynaklar açısından 5, 6, 9, 10 ve 11 numaralı hammadde gruplarının üretimi kısıtlayan en önemli faktörler olduğu belirlenmiştir. Nitekim, bu hammadde gruplarına ait gölge fiyatlar sırası ile 0, 1437, 1154, 19888 (talebin % 5 artması durumunda), 9659, 1492, 7553, 1216, 20148 (talebin % 10 artması durumunda), 37659, 1650, 9142, 1390, 20903 (talebin % 15 artması durumunda), 47316, 1705, 9697, 1459, 21163 (talebin % 20 artması durumunda)'dır.

Dolayısıyla, Merkezin bu hammadde gruplarından sağliya-
bileceği ek olanaklar Merkezin daha etkin bir şekilde çalış-
masına olanak sağliyabilir.

Optimum kosullar altında bio polyester, plastik pres,
tesviye, matbaa, freze atölyelerinin kapasitelerinin tam ola-
rak kullanılmadığı gözlenmiştir. Dolayısıyla, bu atölyeler-
den metal işleri, ağaç işleri, cam, montaj, serigrafi, boya,
üniversal torna, paketleme atölyelerine kaynak (ışgücü) kay-
dırmak en azından kısa dönemde Merkez açısından yararlı ola-
bilir.

Sonuç olarak, Merkezin kâr yerine kamusal amaçları
ikame etmesi durumunda bile bunu en etkin bir şekilde yön-
lendirmesi gerektiği söylenebilir. Belirli kamusal hedefle-
rin gerektiğinden ya da zorunlu olduğundan daha fazla mali-
yetle elde edilmesi zaten kıt olan kaynakların israf edilme-
sine yol açacaktır. Dolayısıyla, yukarıda kısaca özetlenen
bulgular kamusal amaçların elde edilmesinde Merkeze yardımcı
olabilecek niteliktedir.

TABLO 10. Gerçekleşen Brüt Kar Tablosu

ÜRÜN	ORTALAMA ÜRETİM MİKTARI	BİRİM BRÜT KAR	TOPLAM BRÜT KAR
x ₁	7153	2738	19584914
x ₂	3570	1466	5233620
x ₃	1755	7168	12579840
x ₄	11920	1927	22969840
x ₅	14345	561	8047545
x ₆	4565	935	4268275
x ₇	3337	830	2769710
x ₈	4004	1090	4364360
x ₉	5700	2848	16233600
x ₁₀	2670	567	1513890
x ₁₁	1505	1944	2925720
x ₁₂	1505	9524	14333020
x ₁₃	1420	6050	8591000
x ₁₄	1505	5434	8178170
x ₁₅	6518	168	1095024
x ₁₆	6518	331	2157458
x ₁₇	2670	240	640800
x ₁₈	2255	225	507375
x ₁₉	2670	281	750270
x ₂₀	2004	212	424848
x ₂₁	6518	281	1831558
x ₂₂	4038	608	2455104
x ₂₃	6518	313	2040134
x ₂₄	3505	229	802645
x ₂₅	2670	549	1465830
x ₂₆	2840	723	2053320
x ₂₇	1505	2317	3487085
GERÇEKLEŞEN TOPLAM BRÜT KAR			121305555

EKLER

EK-1. ÜRETİMDE KULLANILAN MALZEMELER

1. Döküm malzemeleri	15 kalem
2. Demir çelik ve otomat malzemeleri	245 kalem
3. Hafif metal malzemeler	232 kalem
4. Vida, somun, perçin gibi standart malzemeler	478 kalem
5. Takım, avadanlık, makine	550 kalem
6. Cam malzemeler	126 kalem
7. Plastik malzemeler	33 kalem
8. Ağaç malzemeler	25 kalem
9. Kimya malzemeleri	222 kalem
10. Boya (matbaa-serigrafi)malzemeleri	220 kalem
11. Polyester malzemeler	29 kalem
12. Elektrik - elektronik malzemeler	585 kalem
13. Ayrılmış (müteferrik) malzemeler	672 kalem

EK-2. ÜRETİMİN GERÇEKLEŞTİĞİ ATÖLYELER

1. Mülaj atölyesi
2. Matbaa atölyesi
3. Plastik kaplama atölyesi
4. Boya atölyesi
5. Kimya atölyesi
6. Elektrik atölyesi
7. Montaj atölyesi
8. Serigrafi atölyesi
9. Cam atölyesi
10. Universal torna atölyesi
11. Freze atölyesi
12. Kalıp atölyesi
13. Ağaç işleri atölyesi
14. Plastik pres atölyesi
15. Otomatik torna atölyesi
16. Bio polyester atölyesi
17. Bakım-onarım atölyesi
18. Ambalajlama atölyesi
19. Tesviye atölyesi
20. Galvano atölyesi
21. Cam optik atölyesi
22. Prototip atölyesi

EK-3. ÜRÜNLERİN ELDE EDİLMESİNDE YER ALAN FAALİYETLER

SİMGE	FAALİYETİN ADI
X ₁	Toplam metre alüminyum üretimi
X ₂	Toplam su terazisi üretimi
X ₃	Toplam trigonometri cetveli üretimi
X ₄	Toplam pergel üretimi
X ₅	Toplam iletkei-gönye üretimi
X ₆	Toplam çekül üretimi
X ₇	Toplam dönel silindir üretimi
X ₈	Toplam kesik kare pramit üretimi
X ₉	Toplam desimetre küp üretimi
X ₁₀	Toplam dönel koni üretimi
X ₁₁	Toplam dönel kesik koni üretimi
X ₁₂	Toplam kesitli pramit üretimi
X ₁₃	Toplam üçgen prizma üretimi
X ₁₄	Toplam kesitli düzgün dört yüzlü üretimi
X ₁₅	Toplam dikdörtgen pramit üretimi
X ₁₆	Toplam dökdörtgenler prizması üretimi
X ₁₇	Toplam düzgün altıgen prizma üretimi
X ₁₈	Toplam eşkenar üçgen prizma üretimi
X ₁₉	Toplam düzgün altıgen pramit üretimi
X ₂₀	Toplam eşkenar üçgen pramit üretimi
X ₂₁	Toplam koni üretimi
X ₂₂	Toplam litre takımı üretimi
X ₂₃	Toplam silindir üretimi
X ₂₄	Toplam çeşit kenar prizma üretimi
X ₂₅	Toplam cisim köşegenli kare prizma üretimi
X ₂₆	Toplam cisim köşegenli küp üretimi
X ₂₇	Toplam döner kapaklı kesik silindir üretimi

EK-4. HAMMADDE GRUPLARINDAKİ HAMMADDE ADLARI VE BİRİMLERİ

HAMMADDE GRUBU	BİRİMİ	HAMMADDE ADI
1 No.lu Hammadde	kg	Otomat çeliği, çelik yay teli, DKP.
2 No.lu Hammadde	kg	Prinç çubuk, alüminyum levha, alüminyum profil boru.
3. No.lu Hammadde	adet	Vida, çivi.
4. No.lu Hammadde	kg	Cam boru, eozin-florasain.
5. No.lu Hammadde	m ²	Akrilik levha
6. No.lu Hammadde	kg	Plastik malzeme (polietilen, polistren)
7. No.lu Hammadde	dm ³	Gürgen
8 No.lu Hammadde	kg	Selülozik astar, selülozik vernik, selülozik tiner, boya.
9 No.lu Hammadde	tabaka	Duralit, kağıt, su zımparası
10 No.lu Hammadde	mt	Şeffaf bant, naylon ip
11 No.lu Hammadde	kg	Naylon boru
12 No.lu Hammadde	lt	İspirto
13 No.lu Hammadde	kg	Kağıt bant, ambalaj kağıdı

EK-5. MODELDEKİ TERKEDİLECEK FAALİYETLER

SİMGE	TERKEDİLECEK FAALİYETİN ADI
S ₁	1 numaralı hammadde grubunun kullanılmayan kısmı
S ₂	2 numaralı hammadde grubunun kullanılmayan kısmı
S ₃	3 numaralı hammadde grubunun kullanılmayan kısmı
S ₄	4 numaralı hammadde grubunun kullanılmayan kısmı
S ₅	5 numaralı hammadde grubunun kullanılmayan kısmı
S ₆	6 numaralı hammadde grubunun kullanılmayan kısmı
S ₇	7 numaralı hammadde grubunun kullanılmayan kısmı
S ₈	8 numaralı hammadde grubunun kullanılmayan kısmı
S ₉	9 numaralı hammadde grubunun kullanılmayan kısmı
S ₁₀	10 numaralı hammadde grubunun kullanılmayan kısmı
S ₁₁	11 numaralı hammadde grubunun kullanılmayan kısmı
S ₁₂	12 numaralı hammadde grubunun kullanılmayan kısmı
S ₁₃	13 numaralı hammadde grubunun kullanılmayan kısmı
S ₁₄	Bio polyester atölyesi kapasitesinin kullanılmayan kısmı
S ₁₅	Plastik pres atölyesi kapasitesinin kullanılmayan kısmı
S ₁₆	Metal işleri atölyesi kapasitesinin kullanılmayan kısmı
S ₁₇	Ağaç işleri atölyesi kapasitesinin kullanılmayan kısmı
S ₁₈	Tesviye atölyesi kapasitesinin kullanılmayan kısmı
S ₁₉	Cam atölyesi kapasitesinin kullanılmayan kısmı
S ₂₀	Montaj atölyesi kapasitesinin kullanılmayan kısmı
S ₂₁	Serigrafi atölyesi kapasitesinin kullanılmayan kısmı
S ₂₂	Boya atölyesi kapasitesinin kullanılmayan kısmı

S ₂₃	Matbaa atölyesi kapasitesinin kullanılmayan kısmı
S ₂₄	Freze atölyesi kapasitesinin kullanılmayan kısmı
S ₂₇	Universal torna atölyesi kapasitesinin kullanılmayan kısmı
S ₂₆	Paketleme atölyesi kapasitesinin kullanılmayan kısmı
S ₂₇	Talep edilmeyen metre alüminyum miktarı
S ₂₈	Talep edilmeyen su terazisi miktarı
S ₂₉	Talep edilmeyen trigonometri cetveli miktarı
S ₃₀	Talep edilmeyen pergel miktarı
S ₃₁	Talep edilmeyen iletkei-gönye miktarı
S ₃₂	Talep edilmeyen çekül miktarı
S ₃₃	Talep edilmeyen dönel silindır miktarı
S ₃₄	Talep edilmeyen kesik kare piramit miktarı
S ₃₅	Talep edilmeyen desimetre küp miktarı
S ₃₆	Talep edilmeyen dönel koni miktarı
S ₃₇	Talep edilmeyen dönel kesik koni miktarı
S ₃₈	Talep edilmeyen kesitli pramit miktarı
S ₃₉	Talep edilmeyen üçgen prizma miktarı
S ₄₀	Talep edilmeyen kesitli düzgün dört yüzlü miktarı
S ₄₁	Talep edilmeyen dikdörtgen pramit miktarı
S ₄₂	Talep edilmeyen dikdörtgenler prizması miktarı
S ₄₃	Talep edilmeyen düzgün altıgen prizma miktarı
S ₄₄	Talep edilmeyen eşkenar üçgen prizma miktarı
S ₄₅	Talep edilmeyen düzgün altıgen pramit miktarı
S ₄₆	Talep edilmeyen eşkenar üçgen pramit miktarı
S ₄₇	Talep edilmeyen koni miktarı
S ₄₈	Talep edilmeyen litre takımı miktarı
S ₄₉	Talep edilmeyen silindir miktarı
S ₅₀	Talep edilmeyen çeşit kenar prizma miktarı
S ₅₁	Talep edilmeyen cisim köşegenli kare prizma miktarı
S ₅₂	Talep edilmeyen cisim köşegenli küp miktarı
S ₅₃	Talep edilmeyen döner kapaklı kesik silindir miktarı

KAYNAKLAR

Ackoff, Russell L. Sasieni, Maurice W. Fundamentals of Operations Research, New York: John Wiley and Sons, Inc., 1968.

Avralıoğlu, Zeki. Doğrusal Programlama ve Tarımsal İşletmelerde Bir Uygulama, Ankara: Ankara İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Yayını, No. 139, 1981.

Acar, Nesime. Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları, Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, No. 280, 1985.

Bozdağ, Nihat. Kuzeydoğu Anadolu Hayvancılığının Gelişmesinde Et Kombinalarının Rolü ve Erzurum Et Kombinasyonunun Ekonomik Analizi, Erzurum: Erzurum Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No. 204, 1976.

-----, Malatya Yazihan Ovasındaki Tarım İşletmelerinin Ekonomik Analizi ve Asgari İşletme Büyüklüğünün Tayini, Ankara: TÜBİTAK Yayını, 1978.

Buffa, Elwood. Temel Üretim Yönetimi. Çev. Atilla Sezgin, Ankara: Olgaç Yayınları, 1981.

Churchman, C. West Ackoff, Russell L. Arnoff, Leonard E. Introduction to Operations Research, New York: John Wiley and Sons, Inc., 1957.

Chiang, Alpha A. Matematiksel İktisadın Temel Yöntemleri. Çev. Ergun Kip et. al. Ankara: Teori Yayınları, 1986.

D.A.Y.M. Ders Araçları Kataloğu, Ankara: D.A.Y.M. Yayını, 1989.

Doğrusöz, Halim. "Yöneticinin Yardımcısı Bilimsel Bir Disiplin ve Meslek: Yöneylem Araştırması", Sevk ve İdare Dergisi, Sayı. 55, 1973.

Devlet Yatırım Bankası. Yatırım Projelerinin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi, Ankara: Ünal Ofset, Cilt II, 1985.

Ekonomik Panorama. "Okulumuzdaki Sanayici: D.A.Y.M.", İstanbul: Gelişim Yayınları A.Ş. Yayını, Sayı.1, 1990.

Esin, Alptekin. Yatırım Projeleri Geliştirme ve Değerlendirme, Ankara: G.Ü Sosyal Bilimler Enstitüsü ile T.C. Ziraat Bankası Genel Müdürlüğü'nün Ortaklaşa Hazırlamış Olduğu Seminer Notları, No. 3, 1985.

-----. Yöneylem Araştırmasında Kullanılan Karar Yöntemleri, Ankara: Gazi Üniversitesi Yayınları, No. 126, 1988.

Gürel, Okan. Lineer Programlama ve Dinamik Programlamaya Giriş, Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi, 1966.

Kara, İmdat. Yöneylem Araştırmasının Yöntembilimi, Eskişehir: Eskişehir İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Yayınları, No. 215/139.

Kılıçbay, Ahmet. Kantitatif İktisat Teorisi ve Politikası, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları, No:1592, İktisat Fakültesi Yayın No:289, 1970.

Milli Prodüktivite Merkezi, Üretim Planlaması, Ankara: M.P.M. Yayınları, No. 167, 1974.

Öztürk, Ahmet. Yönetici Kararlarında Leontief Modeli, Ankara: 1980.

Samuel, J. Stewart. "Share Price Maximization; A Tool For Management Decision Making", California Management Review, Vol XVI, No. 2, 1973.