

10132

T. C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

**Teknolojik Değişme - Üretim Fonksiyonu
İlişkisinin Ekonometrik Analizi: Asil Çelik
Firmasında Bir Uygulama**

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

(Yüksek Lisans Tezi)

Güner BAHTİYAR

Danışman : Prof. Dr. Yüksel İŞYAR

BURSA – 1990

GİRİŞ.....	viii
------------	------

BÖLÜM I

ÜRETİM FONKSİYONU TEORİSİ

I.1. Üretim Fonksiyonunun Tanımı.....	1
I.2. Üretim Fonksiyonu-Es-ürün Eğrisi ilişkisi.....	8
I.3. Üretim Fonksiyonu-Zaman ilişkisi.....	12
I.3.1. Kısa Dönem ve Azalan Verimler Yasası.....	12
I.3.2. Uzun Dönem ve Ölçeğe Göre Getiri Yasası.....	15
I.4. Üretim Fonksiyonu-Maliyet ve Fiyat ilişkisi.....	19
I.5. Üretim Fonksiyonu-Teknoloji ilişkisi.....	27
I.5.1. Teknolojinin Tanımı.....	31
I.5.2. Teknolojiyi Tahmin Metodları.....	32

BÖLÜM II

TEKNOLOJİK DEĞİŞME VE ÜRETİM FONKSİYONU

II.1. Teknolojik Değişmenin Tanımı.....	34
II.2. Teknolojik Değişmenin Sınıflandırılması.....	38
II.2.1. İcerilmiş Teknolojik Değişme.....	39
II.2.2. İcerilmemiş Teknolojik Değişme.....	47
II.2.3. Nötr ve Faktör Artıran Teknolojik Değişme...	50
II.2.3.1. Teknolojik Değişmenin Faktör Tasarrufları Üzerindeki Etkisi (Ranis-Fei Modeli).....	54

II.2.3.2. Hicks Tipi Teknolojik Değişme.....	57
II.2.3.3. Harrod Tipi Teknolojik Değişme....	62
II.2.3.4. Solow Tipi Teknolojik Değişme.....	67
II.2.4. Uyarılmış Teknolojik Değişme.....	74
II.2.4.1. Yapararak Öğrenme Modeli.....	75
II.2.4.2. Teknolojik Gelisme Fonksiyonu.....	76
II.3. Üretim Fonksiyonlarının Ekonometrik Analizi.....	79
II.3.1. Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonunun	
Tanımlanması.....	79
II.3.1.1. Teknolojik Değişme ve Cobb-Douglas	
Üretim Fonksiyonu.....	90
II.3.1.2. Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu ile	
Teknolojik Değişmeyi Tahmin Eden	
Modeller.....	97
II.3.2. Sabit İkame Elastikiyetli Üretim	
Fonksiyonunun (CES) Tanımlanması.....	98
II.3.2.1. Teknolojik Değişme ve CES	
Üretim Fonksiyonu.....	106
II.3.2.2. CES Üretim Fonksiyonu ile	
Teknolojik Değişmeyi Tahmin Eden	
Modeller.....	110

BÖLÜM III

TEKNOLOJİK DEĞİŞMEYİ YANSITAN ÜRETİM FONKSİYONLARININ ASIL ÇELİK A.S. 'NİN BİR ÜRETİM BÖLÜMÜNE UYGULANMASI

III.1. Asil Çelik A.S. 'ni Tanıtıcı Bilgiler.....	115
---	-----

III.1.1. Asil Çelik A.S.'nin Üretim Akışı.....	121
III.1.2. Asil Çelik A.S. Çelikhane Üretim Bölümünün Tanıtımı ve Üretim Akışı.....	125
III.2. Uygulamanın Kapsamı.....	132
III.3. Ekonometrik Modelin Değişkenlerinin Tanımlanması ve Verilerin Elde Edilmesi.....	134
III.4. Çelikhane Üretim Bölümü İçin Üretim Fonksiyonlarının Ampirik Analizi.....	140
SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	162
Ek 1 Kısıtlı Kar Maksimizasyonu.....	170
EK 2 Olagan En Küçük Kareler (OEKK) Tahmin Metodu ve Test İstatistikleri.....	175
Ek 3 Asil Çelik A.S. Çelikhane Üretim Bölümünün Orjinal Verileri.....	185
Ek 4 Asil Çelik A.S. Çelikhane Üretim Bölümünün 1989 Aylık Verim Tablosu.....	189
Ek 5 Çelikhane Üretim Fonksiyonu Expost Tahmin Dönemi Önraporu.....	190
Ek 6 Çelikhane Üretim Fonksiyonu Expost Gelecek Dönem Önraporu.....	191
KAYNAKÇA.....	192

G R A F İ K L E R

SAYFA NO

Grafik	I.1.	Üretim fonksiyonu.....	5
Grafik	I.2.	Eş-ürün Egrileri.....	5
Grafik	I.3.	Eş-ürün Egrileri ve İkame Sınırı.....	9
Grafik	I.4.	Marjinal İkame Oranı.....	10
Grafik	I.5.	Azalan Verimler Yasası.....	13
Grafik	I.6.	Ölçeğe Göre Sabit Getiri.....	18
Grafik	I.7.	Ölçeğe Göre Azalan Getiri.....	18
Grafik	I.8.	Ölçeğe Göre Artan Getiri.....	18
Grafik	I.9.	Eş-maliyet Doğrusu.....	21
Grafik	I.10.	Kısıtlamalı Üretim Maksimizasyonu.....	22
Grafik	I.11.	Kısıtlamalı Maliyet Minim�asyonu.....	23
Grafik	I.12.	Genişleme Yolu.....	24
Grafik	I.13.	Üretim Tablosu.....	28
Grafik	I.14.	Üretim Teknikleri.....	29
Grafik	I.15.	Faktör Yoğunluğu.....	30
Grafik	II.1.	Üretim Fonksiyonu ve Teknolojik Değişme.....	37
Grafik	II.2.	Eş-ürün Egrileri ve Teknolojik Değişme.....	37
Grafik	II.3.	İkame Olanakları ve Teknolojik Değişme.....	43
Grafik	II.4.	Teknik Katsayıllara Göre Teknolojik Değişme..	52
Grafik	II.5.	Marjinal Prodüktivitelere Göre Teknolojik Değişme.....	53
Grafik	II.6.	Hicks-Nötr Teknolojik Değişme.....	59
Grafik	II.7.	Hicks-Emek Tasarruflu Teknolojik Değişme....	59
Grafik	II.8.	Eş-ürün Egrileri ve Harrod-nötr Teknolojik Değişme.....	64

Grafik II.9.	Üretim Fonksiyonları ve Harrod-nötr Teknolojik Değişme.....	65
Grafik II.10.	Solow-nötr Teknolojik Değişme.....	67
Grafik II.11.	Üretim Fonksiyonları ve Solow-nötr Teknolojik Değişme.....	70
Grafik II.12.	Teknolojik Gelişme Fonksiyonu.....	77
Grafik III.1.	Türkiye Kaliteli Çelik Üretimi.....	117
Grafik III.2.	Asil Çelik İhracat Miktarları.....	118
Grafik III.3.	Asil Çelik İhracat Gelirleri.....	119
Sema III.1.	Asil Çelik Genel Yerleştirme Planı ve Malzeme Akışı.....	122
Sema III.2.	Asil Çelik Proses Akışı.....	124
Sema III.3.	Çelikhane Proses Akışı.....	127
Grafik III.4.	Asil Çelik Çelikhane Üretimi.....	130
Grafik III.5.	Çelikhane Kapasite Kullanım Oranı.....	131

T A B L O L A R

SAYFA NO

Tablo II.1.	Hicks Teknolojik Değişme Sınıflandırması.....	58
Tablo III.1.	Dünya Çelik Üretimi 1988.....	120
Tablo III.2.	İngot Şekli ve Ölçüleri.....	129
Tablo III.3.	C-D I Modeli Teknolojik Değişme Parametre Tahminleri.....	143
Tablo III.4.	C-D II Modeli Teknolojik Değişme Parametre Tahminleri.....	149
Tablo III.5.	Kmenta Modelinin CES Parametre Tahminleri...	152
Tablo III.6.	Kmenta Modeli ile C-D II Modelinin Karşılaştırılması.....	153
Tablo III.7.	Ferguson I Modelinin CES Parametre Tahminleri.....	157
Tablo III.8.	Ferguson II Modelinin CES Parametre Tahminleri.....	161

K I S A L T M A L A R

- AİTİA : Ankara İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi
AÜSBF : Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi
AÜİF : Ankara Üniversitesi İktisat Fakültesi
AÜ : Atatürk Üniversitesi
AER : American Economic Review
AJAE : American Journal of Agricultural Economy
BÜİBF : Boğaziçi Üniversitesi İdari Bilimler Fakültesi
BİTİA : Bursa İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi
DPT : Devlet Planlama Teşkilatı
DEÜİİBF : Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
EİTİA : Eskişehir İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi
EJ : Economic Journal
HÜİİBF : Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
IER : International Economic Review
İTO : İstanbul Ticaret Odası
İİBF : İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
İÜİF : İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi
İÜİŞF : İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi
MPM : Milli Prodüktivite Merkezi
RESTAT : Review of Economics and Statistics
TEK : Türkiye Ekonomi Kurumu
ÜÜ : Uludağ Üniversitesi
ÜÜSBE : Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

G İ R İ Ş

Üretim ile üretim faktörleri arasındaki ilişki iktisat teorisinin klasik konularından biridir. Belirli koşullar altında amaçlanan üretim düzeyine ulaşmak için, üretim faktörlerinin hangi bileşimde kullanılacakları her zaman güncelliğini korumaktadır. Kıt üretim faktörlerinin verimli bir şekilde üretimde kullanılması iktisat teorisinin en önemli amacıdır.

İktisat literatüründe üretim fonksiyonu ilişkisi, üretim teorisi adı altında genelde teorik olarak incelenmektedir. Çalışmamızda üretim teorisinden hareketle mikro ekonomik bazda üretim fonksiyonu analizi ampirik olarak ele alınmaktadır. Yapılan ekonometrik analiz ile nicel olarak iktisat teorisi test edilmekte ve karar alma konusunda yöneticilere yararlı bilgiler sunulmaya çalışılmaktadır.

Bu çerçevede çalışmanın amacı, bir firmanın üretim bölümünün bir kesiminin teknolojik değişme ve üretim yapısını, üretim fonksiyonu modelleri aracılığı ile tahmin etmek ve bu model tahmininden teknolojik değişme oranını, faktörlerin üretim içindeki nisbi paylarını, marjinal produktivitelerini, ikame olanaklarını ve ölçeğe göre getiri oranını elde edip yorumlamaktır. Ayrıca modelin önrapor değerleri ile başarısı test edilmeye çalışılmıştır.

Birinci bölümde, üretim fonksiyonu teorisi ele alınmıştır. Üretim fonksiyonu teorisi altında üretim fonksiyonu tanımına,

özelliklerine, üretim fonksiyonunun eş-ürün eğrisi, zaman, maliyet, fiyat ve teknoloji ile olan ilişkilerine yer verilmiştir.

İkinci bölüm, çalışmanın amacı içinde yer alan teknolojik değişme ile ilgili bölümdür. Bu bölümde önce teknolojik değişimin tanımı ve sınıflandırılması yapılmıştır. Daha sonra çeşitli araştırmacılar tarafından teknolojik değişmeyi yansıtan üretim fonksiyonu modelleri spesifikasyonlarına ve bazı iktisadi değerlerin elde edilmesine yönelik matematiksel ifadeler yer verilmiştir.

Birinci ve ikinci bölümde ele alınan üretim fonksiyonu teorisi ve teknolojik değişmeyi yansıtan ekonometrik model kalıpları, üçüncü bölümde ampirik olarak bir firmaya uygulanmaktadır. Bu bölümde önce uygulamanın yapıldığı firma tanıtılmaktadır. Daha sonra firma üretim bölümü ile ilgili elde edilen veriler ile tahmin edilen modeller sunulmaktadır. Bu modellerin teorik, istatistikî ve ekonometrik yönden anlamlılıkları sınanmakta ve ortaya çıkan problemlere çözüm önerileri getirilmektedir.

Çalışmanın sonuç kısmında, uygulamanın yapıldığı Asil Çelik Ticaret ve Sanayi A.Ş.'nin Çelikhane Üretim Bölümü için teorik, istatistikî ve ekonometrik kriterleri tatmin eden bir üretim fonksiyonu modeli seçilmiştir. Bu modele dayanarak yapılan yorumlar firma kararlarında yararlı olabilecek sonuçlar vermektedir. Ayrıca çalışmada yer alan tüm modeller firmanın

farklı amaçlarına y6nelik kararlarına da hizmet edebilecektir.

Bu çalışmada yer alan modellerin tahminlerinde ve ortaya çıkan ekonometrik problemlerin 6z6m6nde istatistik paket programı MICROSTA ile ekonometri paket programı MICROTSP kullanılmıştır. Ayrıca çalışmanın yazımında da WORDSTAR paket programından yararlanılmıştır.



BÖLÜM I

ÜRETİM FONKSİYONU TEORİSİ

I.1. Üretim Fonksiyonunun Tanımı

Üretim fonksiyonu , en basit şekliyle üretim faktörleri ile üretim arasındaki teknik bir ilişkidir.

Genel bir üretim fonksiyonu aşağıdaki matematiksel bağıntı ile gösterilebilir:

$$Q = f (X_1, X_2, \dots, X_m) \quad (I.1)$$

Burada;

Q : Üretim miktarı,

X_j : Üretime katılan faktör miktarları,

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

$i=1,2,\dots,m$

f ise, üretim miktarı ile üretime katılan faktör miktarları arasındaki fonksiyonel ilişkiyi gösterir. Modelde n sayıda çıktı, m sayıda üretim faktörü tarafından üretilmekte ve hepsi birer fonksiyonel ilişki ile ifade edilmektedir.

Klasik iktisat teorisi, sürekli olarak değişebilen ve üretimde her zaman sürekli olarak ikame edilebilen, oldukça soyut emek ve sermaye (L ve K) gibi iki üretim faktörünün varlığını varsaymakta ve bunların her kombinasyonuna karşı gelen maksimum çıktı miktarını, Q , $Q=f(L,K)$ (I.2) veren ilişkiyi bir üretim fonksiyonu olarak tanımlamaktadır(1).

(1) Sacit Ertas, "Üretim Fonksiyonu, Ekonometrik Yaklaşım", UU, İİBF Dergisi, 8, 1-2, (Kasım 1987), s.181.

Üretim fonksiyonunda faktörlerin yalnızca iki gruba indirgenmesi aşırı bir basitleştirme değildir. Her iki grup değişken birbirlerinden çok farklı özellikler gösterir. Örneğin sermaye grubunda işlevleri, yapıları çok farklı sermaye üniteleri yer alır. Emek içinde de en basit bir inceleme ile vasıflı vasıfsız işgücü unsurlarının toplandığı görülür. Ancak gerçek hayatta görülen faktör çeşitliliklerini tek tek incelemenin pratik güçlükleri ve bazen de imkansızlığı nedeniyle böyle gruplandırmalara gidilmektedir. Bu ise ekonometride bütünleştirme hatalarına yol açmaktadır. Bu nedenle tahmin edilen modellerin yorumunda dikkatli davranılması gerekmektedir.

Bazen hammaddeler de (N) ayrı bir üretim faktörü olarak üretim fonksiyonuna dahil edilmektedir:

$$Q=f(K,L,N) \quad (I.3)$$

Fakat genellikle çıktı ile katma değer ölçüldüğü varsayılarak, üretim fonksiyonu sadece K ve L 'nin fonksiyonu olarak analiz edilmektedir.

Mikro düzeyde üretim fonksiyonu ile ilgili bazı problemler; üretimde faktörlerarası ikame imkanları, ölçek ekonomileri ve teknolojik değişme derecesidir. Makro üretim fonksiyonları ile çözümlenmeye çalışılan problemler de, mikro üretim fonksiyonu ile ilgili problemlerle aşağı yukarı aynıdır. Öyleyse üretim fonksiyonu, firma veya sektörün, etkin üretim imkanlarının bir sonucu ve teknik bir maksimum yapma probleminin çözümüdür, diyebiliriz(1).

(1) Kenneth F.Wallis, Topics in Applied Econometrics, London: Gray-Publishing Ltd.,1973,s.25.

Uygulamamızda yer alan Neoklasik Üretim fonksiyonlarının özelliklerini inceleyelim:

Neoklasik üretim fonksiyonu, $Q=f(K,L)$, tek değerli, sürekli ve en az iki kere türevi alınabilir bir fonksiyondur(1). Bu fonksiyonlar iyi huylu (well behaved) fonksiyonlar olarak da adlandırılır. İyi huylu bir fonksiyon şu özellikleri gösterir:

$$(i) \quad F_K > 0, F_L > 0 \quad (I.4)$$

$$(ii) \quad F_{KK} < 0, F_{LL} < 0 \quad (I.5)$$

$$(iii) \quad \lim_{K \rightarrow \infty} F_K = 0, \lim_{L \rightarrow \infty} F_L = 0 \quad (I.6)$$

$$(iv) \quad \lim_{K \rightarrow \infty} Q = M_1, \lim_{L \rightarrow \infty} Q = M_2 \quad (I.7)$$

Burada;

$$Q, K, L > 0, \frac{dQ}{dK} = F_K, \frac{dQ}{dL} = F_L, \frac{d^2 Q}{dK^2} = F_{KK}, \frac{d^2 Q}{dL^2} = F_{LL}$$

Birinci özellik marjinal produktivite­lerin pozitif değerli olmasını gerektirirken, ikinci özellik marjinal produktivite­lerin azalan olmasını gerektirir. Üçüncü özellik faktörlerden birinin kullanım miktarı sabit iken, diğerinin sonsuz artırılmasının kullanım miktarı artırılan üretim faktörünün marjinal produktivitesinin sifıra ulaşmasını gerektirir. Sonuncu özellik (iii) nolu özellikten kaynaklanmakta olup üretim faktörlerinden birisinin miktarının sabit tutulup, diğerinin sonsuza kadar artması

(1) Neoklasik Üretim Fonksiyonunun Özellikleri konusunda bkz., Wallis, a.g.e., s.26-29.; R.G.D. Allen, *Mathematical Analysis for Economists*, London: The Macmillan Press Ltd., 1976, s.315-322.; R.G.D. Allen, *Macro Economic Theory*, London: The Macmillan Press Ltd., 1975, s.41-52.; R.F.Wynn and K.Holden, *An Introduction to Applied Econometric Analysis*, London: Macmillan Press Ltd., 1974, s.47-51.

sağlandığında üretimin belli bir maksimuma ulaşmasını öngörür.

Bu fonksiyonların başka bir özelliği, sermaye ve emek faktörleri h gibi bir oranla artırıldığında, üretim miktarı olan Q değerinin aynı oranda, daha büyük veya daha küçük oranda artmasıdır.

$$f(hK, hL) = h^n f(K, L) = h^n Q \quad (I.8)$$

şeklinde bir ilişki varsa, bu fonksiyon homojendir ve n parametresi bu fonksiyonun homojenlik derecesini gösterir. Bu değerin $n=1$ olması ölçeğe göre sabit getiriye gösterir. Birden büyük olması artan getiriye, birden küçük olması azalan getiriye ifade eder.

Homojen fonksiyonların önemli bir özelliği, fonksiyonun faktörlere göre alınan birinci kısmi türevleriyle faktör miktarlarının çarpımlarının toplamının, üretim miktarı ile homojenlik derecesinin çarpımına eşitliğini gösteren, Euler Teoremi tarafından verilir.

$$F_K K + F_L L = nQ \quad (I.9)$$

$n=1$ durumunda, üretim fonksiyonuna doğrusal homojen üretim fonksiyonu adı verilir. Bu fonksiyon aynı zamanda sabit ölçekli bir üretim fonksiyonudur. Bu durumda,

$$F_K K + F_L L = Q \quad \text{olur.} \quad (I.10)$$

(I.10)'nolu eşitlik şunu ifade etmektedir: Elde edilen üretimin tümü üretim faktörlerine marjinal produktivite oranında dağılmaktadır. Üretim ile üretim faktörlerinin elde ettiği pay arasında herhangi bir artık veya açık değer kalmamaktadır. Bu doğrusal homojen fonksiyon, sermaye cinsinden tek değişkenli bir

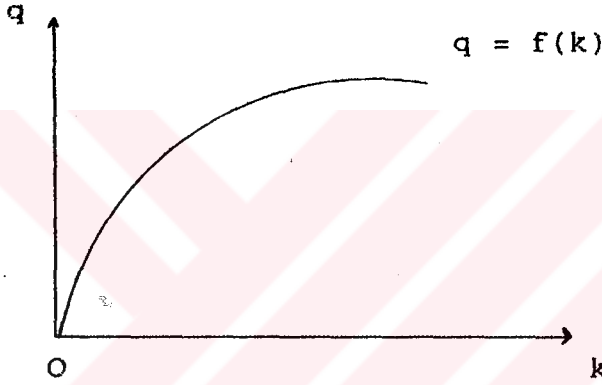
fonksiyon şeklinde yazılabilir. Bunun için fonksiyonun her iki tarafını $1/L$ ile çarpalım:

$$Q/L = f(K/L, L/L) \quad (I.11)$$

elde edilir. Eğer $q = Q/L$ (kişi başına üretim), $k = K/L$ (sermaye emek oranı) olarak alınırsa, fonksiyon

$$q = f(k) \quad (I.12)$$

şeklinde yazılabilir. Bu fonksiyonu aşağıdaki grafikte görebiliriz:

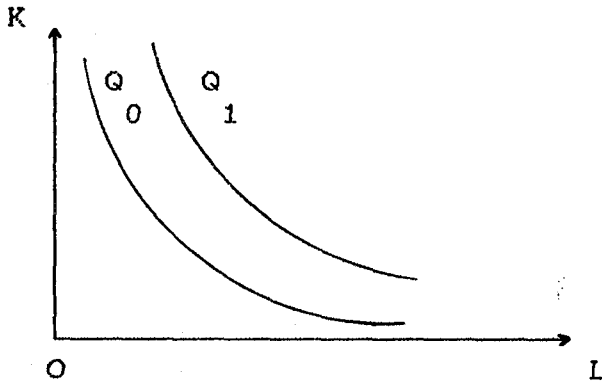


Grafik I.1. Üretim Fonksiyonu

Burada,

$$dq/dk > 0, \quad d^2q/dk^2 < 0 \quad (I.13)$$

Veri çıktı düzeyleri için üretim fonksiyonu, $Q = f(K,L)=c$ (c =sabit), bir eş-ürün grafiği ile gösterilebilir:



Grafik I.2. Eş-Ürün Eğrileri

$f(K,L)$ = q fonksiyonunun toplam türevi alındığında, bir eş-ürün eğrisi boyunca,

$$dQ = F \frac{dK}{K} + F \frac{dL}{L} = 0 \quad (I.14)$$

ilişkisi gözlenir. Bu durum, marjinal ikame oranı ve aynı zamanda eş-ürün eğrisinin mutlak değerini gösteren,

$$MRS = -dK/dL = F_L / F_K \quad (I.15)$$

formülüyle hesaplanan MRS 'nin değeri değişmediği için, eş-ürün eğrisi üzerindeki her noktada üretim miktarının aynı olacağını göstermektedir. Eş-ürün eğrilerinin orijine göre konveks olmasını ve dolayısıyla ikame devam ederken MRS 'nin düşmesini sağlamak için,

$$F_L F_L - (F_{KL})^2 > 0 \quad (I.16)$$

olduğu varsayılmaktadır.

Neoklasik üretim fonksiyonlarının başka bir özelliği faktörlerarası ikamenin ölçülmesidir. ikame elastikiyeti, σ , marjinal ikame oranındaki oransal değişimin sonucu, üretim faktörleri oranındaki oransal değişme olarak tanımlanır.

$$\sigma = \frac{d(K/L)/(K/L)}{dMRS/MRS} > 0 \quad (I.17)$$

Eş-ürün eğrisinin bükümünün bir ölçüsü olan ikame elastikiyeti faktörlerarası ikame kolaylığını ölçer. Bu değerın sıfır çıkması, ikamenin mümkün olmadığını ve dolayısıyla faktörlerin sabit bir oranda birleşebileceklerini gösterir.

Neoklasik üretim fonksiyonunun diğer matematiksel özellik-

leri de kısaca şöyle sıralanabilir(1):

(i) Fonksiyonun ikinci kısmi türevleri ile ikinci çapraz türevleri arasındaki ilişkiler (I.18)'de görüldüğü gibidir:

$$F_{LL} = (-K/L)F_{LK}, \quad F_{KK} = (-L/K)F_{LK} \quad (I.18)$$

(ii) Fonksiyonun ikinci kısmi türevleri arasındaki ilişki (I.19)'da verilmektedir:

$$F_{KK} = (L/K)^2 F_{LL} \quad (I.19)$$

Bu son iki eşitlikten görüldüğü ki, herhangi bir pozitif üretim seviyesinde ikinci kısmi türevlerden birinin değerinin sıfır olması diğerlerinin değerlerinin de sıfır olmasına neden olur.

(iii) Üretim miktarının karesi, üretim faktörleri ve fonksiyonun kısmi türevleri cinsinden (I.20)'deki gibidir:

$$Q^2 = F^2 L^2 + 2F^2 F_{LK} LK + F^2 K^2 \quad (I.20)$$

(iv) Fonksiyonun üçüncü kısmi türevleri arasındaki ilişki (I.21)'deki gibidir:

$$F_{LLL} = (-1/L)F_{LL} - (K/L)^3 F_{KKK} \quad (I.21)$$

Üretim fonksiyonu, faydalı işlevleri olan bir çok iktisadi kavram içerir ve ölçümleri için yöntem sağlar. Bu kavramlardan en önemlileri aşağıda verilmiştir(2):

- (i) Üretim faktörlerinin marjinal produktiviteleri,
- (ii) Marjinal ikame oranı ve ikame elastikiyeti,
- (iii) Faktör yoğunluğu,
- (iv) Üretim etkinliği,
- (v) Ölçeğe göre getiri.

(1) Hasan Aşkan, "Doğrusal Homojen Üretim Fonksiyonları", BİTİA Dergisi, 5, (1-2-3), (Temmuz-Kasım 1976), s.194.

(2) A.Koutsoyiannis, Modern Mikro İktisat, çev.M.Sarımeseli, Ankara:Teori Yayınları, Ekim 1987, s.79-82.

Bu kavramlar yeri geldikçe I. Bölüm içinde açıklanacak ve ölçümlerine de uygulama bölümünde (III. Bölüm) yer verilecektir.

Grafik (I.1)'deki eğrinin eğimi üretim faktörlerinin marjinal produktivitesini belirler. Bir üretim fonksiyonunun marjinal produktivitesi, tüm diğer üretim faktörleri sabit iken, bu faktördeki çok küçük bir değişimin toplam üretimde oluşturduğu değişiklik olarak tanımlanmaktadır. Matematiksel olarak bir üretim faktörüne ait marjinal produktivite üretim fonksiyonunun bu faktöre göre kısmi türevine eşittir. Dolayısıyla, L ve K 'nın marjinal produktiviteyi:

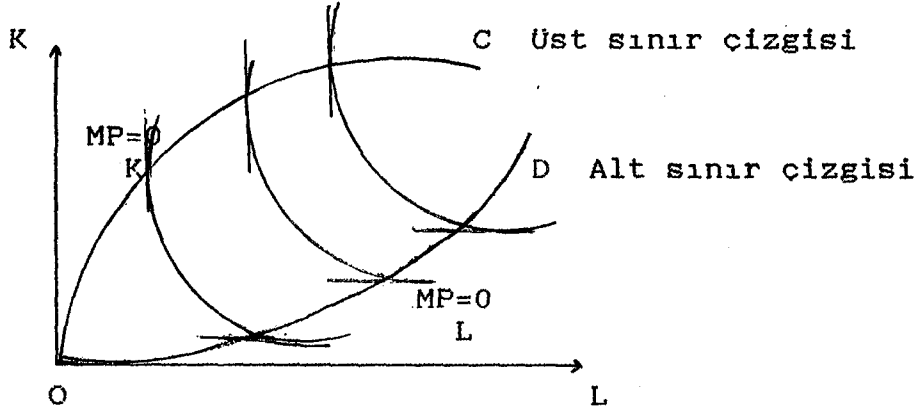
$$MP_L = dQ/dL \quad \text{ve} \quad MP_K = dQ/dK \quad \text{dır.} \quad (I.22)$$

Genelde marjinal produktiviteyi herhangi bir değeri alabilirler (pozitif, negatif veya sıfır gibi). Ancak üretim teorisi, üretim fonksiyonunun etkin olan, yani üretim faktörlerinin pozitif marjinal produktiviteye sahip olduğu kısmı ile ilgilenir.

I.2. Üretim Fonksiyonu - Eş-ürün Eğrisi ilişkisi

Belirli bir üretim düzeyini gerçekleştirmek için kullanılan en etkin faktör bileşimlerinden geçen eğriye, eş-ürün eğrisi denir.

Eş-ürün eğrileri grafikte gösterilirse grafik (I.3) elde edilir. Bu grafikten eş-ürün eğrilerinin; orijine göre konveks olacakları, birbirlerini kesmeyecekleri ve belli kesimde negatif eğimli olacakları görülmektedir. Eş-ürün eğrileri sağa doğru kay-



Grafik I.3. Eş-ürün Eğrileri ve İkame Sınırı

dıkça, eş-ürün eğrilerince ifade edilen üretim düzeyi artar. Eş-ürün eğrileri üzerinde üretim faktörlerinin sıfır marjinal prodüktivite değerine sahip olduğu noktalar sınır çizgisini oluştururlar. Üst sınır çizgisi sermayenin marjinal prodüktivitesinin sıfıra eşit olduğunu, alt sınır çizgisi de emeğin marjinal prodüktivitesinin sıfıra eşit olduğunu ifade eder. Üretim teknikleri ancak sınır çizgileri içinde yer almaları durumunda etkin olarak nitelendirilebilir. Sınır çizgisinin dışında faktörlerin marjinal prodüktiviteleri negatiftir. Grafik (I.3)'de OC ve OD ile gösterilen sınır çizgileri rasyonel üretim alanını belirlemektedir(1).

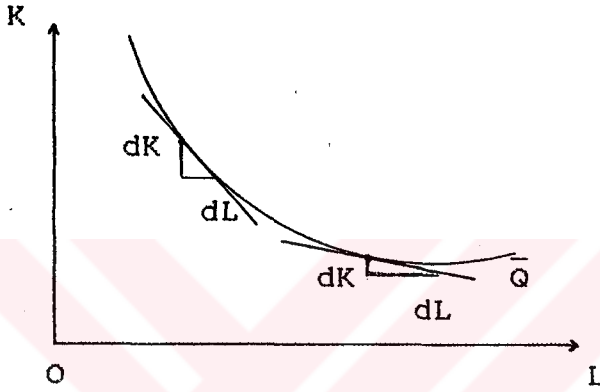
Eş-ürün eğrisinin eğimi ($-dK/dL$), üretim miktarı sabitken, bir üretim faktörünün diğeri ile ikame oranını vermektedir. Bu orana Marjinal İkame Oranı yada Teknik İkame Oranı denir.

$$MRS_{KL} = \frac{K \text{ ikame edilen faktör miktarı}}{L \text{ ikame eden faktör miktarı}} = \frac{\text{Sermayedeki azalış miktarı}}{\text{Emekteki artış miktarı}}$$

(1) James M.Henderson and Richard E.Quandt, Microeconomic Theory: A Mathematical Approach, New York: McGraw-Hill Book Company, 1971,s.60-61.

Marjinal ikame oranının her iki faktörün marjinal produktiveler oranına eşit olduğu da ispatlanabilir(1).

Faktörlerarası ikame sürdükçe, ikame oranı giderek azalmaktadır (Grafik I.4).



Grafik I.4. Marjinal ikame Oranı

Marjinal ikame oranı aynı eş-ürün eğrisi üzerindeki farklı noktalarda farklı olacaktır. L artıkça (ve K azaldıkça) MRS değeri de azalmaktadır. Yani azalan faktörün diğer faktörle ikame edilmesi gitikçe zorlaşacaktır. MRS'deki değişme hızının ölçülmesinde kullanılan kavram ikame elastikiyetidir. Ayrıca ikame edilebilirlik derecesinin bir ölçümü olan MRS faktör ölçüm birimlerine bağlı olması nedeniyle, önemli bir sakıncaya sahiptir. Bu sakınca da ikame elastikiyeti ile giderilebilir.

ikame elastikiyeti, sermaye emek oranındaki yüzde değişikliğin, marjinal ikame oranındaki yüzde değişime oranıdır. Bu parametre, pay ve paydanın aynı ölçü birimi ile ifade edilmesi

(1) Bu ispat için bkz., A.Koutsoyiannis, cev. M.Sarımeşeli, a.g.e., s.84-85.

sonucu K ve L'nin ölçü birimlerinden bağımsız bir değere sahiptir.

$$\sigma = \frac{\text{K/L oranındaki yüzde değişiklik}}{\text{MRS değerindeki yüzde değişiklik}}$$

Eş-ürün eğrileri, σ 'nun alacağı değerlere bağlı olarak çeşitli şekiller alabilirler(1).

Şimdi üretim fonksiyonu ile eş-ürün eğrisi arasındaki ilişkiyi belirleyelim. Örnek olarak Cobb-Douglas tipi bir üretim fonksiyonunu ele alalım:

$$Q = A K^{\alpha} L^{\beta} \quad (I.23)$$

Burada, $\alpha, \beta > 0$ ve $K, L > 0$ için MP_K , MP_L ve Q pozitiftir.

Çıktıyı sabit olarak yazarsak;

$$K = \bar{Q} / A L^{\beta/\alpha} \quad (I.24)$$

buradan

$$K = (\bar{Q}/A)^{1/\alpha} L^{-\beta/\alpha} \quad (I.25)$$

(I.25)'nolu eşitlik sabit bir üretim düzeyi (\bar{Q}) için eş-ürün eğrisini vermektedir.

(1) Bu konuda geniş bilgi için bkz. Kazuo Sato, Production Functions and Aggregation, Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1975, s. xxx-xxxı.; A. Koutsoyiannis, çev. M. Sarımeşeli a.g.e. s. 78-79.; Zeynel Dinler, Mikro Ekonomi, 3. Basım, İstanbul: Bursa Akademi Kitabevi Yayını, 1983, s. 283-285.; Zeki Avrallıoğlu, Üretim Fonksiyonları, Ankara: AİTİA Yayını, [t.y.], s. 15-17.; İlker Parasız, Mikroekonomi, Bursa: UÜ. Basımevi, 1988, s. 97-98.

I.3. Üretim Fonksiyonu - Zaman ilişkisi

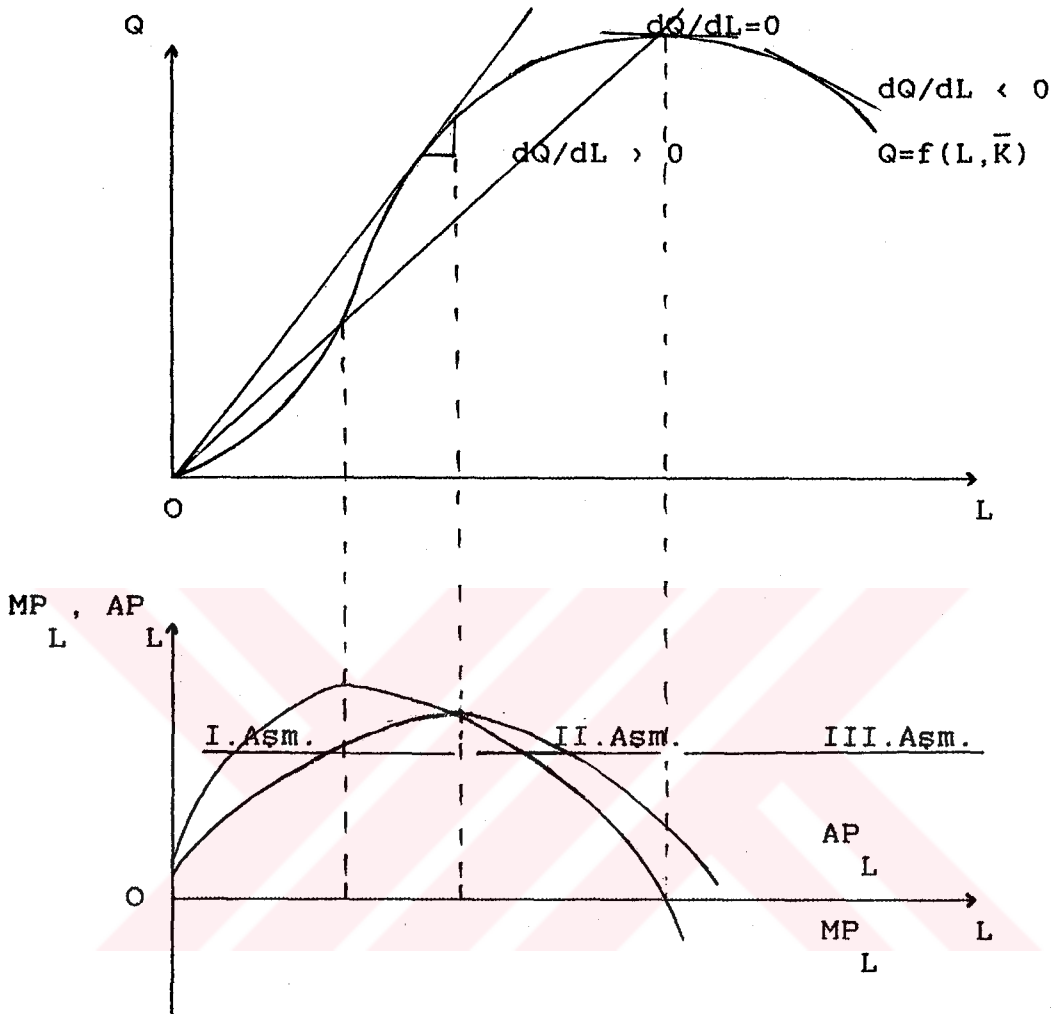
Üretim faktörleri ile üretim miktarı arasındaki ilişki zaman içinde farklılık gösterir. Bu durum üretim yasalarını doğurmaktadır. Bunlar; kısa dönemde değişen oranlar yasası ya da değişken faktörün azalan verimler yasası, uzun dönemde ölçeğe göre getiri yasasıdır.

I.3.1. Kısa Dönem ve Azalan Verimler Yasası

Kısa dönemde üretim faktörlerinin bir kısmı sabitken, üretim sadece değişken üretim faktörü kullanılarak artırılabilir. Sabit miktarlardaki üretim faktörleri ile birlikte gittikçe artan miktarlarda değişken üretim faktörünün kullanımı, belirli bir üretim düzeyinden sonra değişken üretim faktörlerinin marjinal produktivitesinin azalmasına neden olmaktadır. Üretimin, en azından bir üretim faktörü sabit iken artırılması, değişken faktörün azalan verimler yasası ile açıklanır.

Aşağıdaki grafik (I.5)'de kısa-dönem üretim fonksiyonu analizi verilmektedir. Bu grafikte, birim zamanda sermaye faktörü sabit tutularak, emek faktörünün artırılması ile toplam, ortalama ve marjinal ürün eğrilerinin seyri görülmektedir.

Yatay eksenlerde değişken faktör emek (L) yer alırken, dikey eksenlerde toplam üretim (Q), emeğin ortalama produktivitesi (AP) ve emeğin marjinal produktivitesi (MP) yer almaktadır.



Grafik I.5. Azalan Verimler Yasası

Burada MP_L üretime ilave edilen her emeğin, toplam üretimde sağladığı artışı gösterirken (dQ/dL), AP_L ise değişken faktör (emek) başına düşen üretim miktarıdır (Q/L). Grafik (I.5)'de verilen üretim eğrileri, evrensel geçerliliği olan azalan verimler yasasını sağlamaktadır. K sabit iken L 'nin artırılması, önce Q 'nun giderek hızla artan (MP_L 'nin maksimum olduğu noktaya kadar), L 'nin artırılmasına devam edildiğinde Q 'nun bu defa azalan bir hızla artmasına neden olur (bu aşamada ise MP_L azalmaktadır).

Q'nun maksimum olduğu noktada MP sıfır olur, Q düşmeye başladığında da negatif değer alır. MP eğrisinin azalan kesimi azalan verimler yasasını gösterir. AP eğrisinin maksimum olduğu noktada AP ve MP değerleri birbirine eşittir.

Burada üç üretim aşaması söz konusu olmaktadır. I.aşama orjinden, AP 'nin maksimum olduğu noktaya kadar devam eder. Bu aşamada üretimde artan verimler söz konusudur. II.aşama AP 'nin maksimum olduğu noktadan, MP 'nin sıfır olduğu noktaya kadar sürmektedir. Bu aşamada azalan verimler söz konusudur. III.aşama MP 'nin negatif olduğu aralığı kapsamaktadır. Rasyonel davranan hiç bir firma, toplam üretimi azaltacak olmasından dolayı emek faktörünü artırmaz. Dolayısıyla III.aşama üretim için uygun olmayacaktır. Artan verimin söz konusu olduğu I.aşamada, her ilave değişken faktör, toplam üretimin artan bir hızla çoğalmasına neden olacağından, firma üretime devam edecektir. Bu durumda rasyonel bir firmanın üretim yapabileceği tek alan II.aşama olmaktadır. II.aşamada hem AP , hem de MP pozitif, ancak azalmaktadır. Böylece azalan verimlerin söz konusu olduğu aşamada üretim gerçekleştirilecektir.

II.aşamanın hangi safhasında üretim yapılacağına üretim faktörlerinin göreceli fiyatlarına bakılarak karar verilir. Firma, değişir faktör sabit faktöre göre daha pahalı ise II.aşamanın başlangıcına yakın; sabit faktörler değişir faktörlere göre daha pahalı ise II.aşamanın sonuna yakın bir yerde; sabit ve değişir faktörlerin göreceli olarak fiyatları birbirlerine yakın veya

eşit ise, II.aşamanın içinde üretim yapacaktır.

Azalan verimler yasası, üretim faktörlerinin göreceli miktarları ile ilgilidir ve üretim faktörlerinin hepsinin birden artırıldığı durumlarda geçerliliğini kaybeder. Ayrıca azalan verimlerin gerçekleşmesinde, bir üretim faktörünün sabit tutularak diğerinin değişmesi yanında teknolojinin de değişmediği varsayılmaktadır(1).

I.3.2. Uzun Dönem ve Ölçeğe Göre Getiri Yasası

Uzun dönemde tüm üretim faktörleri değişken olduğundan, üretim artışı bu faktörlerin belirli bir oranda artırılması ile gerçekleştirilebilir. Bu durumu aşağıdaki üretim fonksiyonunda K ve L'nin değişmesi ile belirleyebiliriz.

$$Q = f(K,L)$$

Tüm üretim faktörlerini λ gibi sabit bir oranda artırdığımızda, üretim λ kadar, λ 'dan daha az veya daha fazla artabilir. Bu değişimler sırasıyla ölçeğe göre sabit, azalan ve artan getiri tanımlarına karşılık gelmektedir. Geleneksel üretim teorisi, tüm üretim faktörlerinin aynı oranda artırıldığı durumla ilgilenir.

(1) Bu konuda geniş ölçüde şu kaynaklardan yararlanılmıştır: Dominick Salvatore, Mikroekonomi, Teori ve Problemler, çev. Nahit Töre, Ankara: TEK Yayını, 1987, s.169-190.; Handerson and Richard E.Quand, Mikro İktisat: Matematiksel Bir Yaklaşım, çev. M.Sarımışeli, Ankara: Teori Yayınları, Ağustos-1986, s.63-65; A.Koutsoyiannis, çev. M.Sarımışeli, a.g.e., s.87-97.; Zeynel Dinler, a.g.e., s.261-268.; Ronald Shone, Applications in Intermediate Microeconomics, Oxford: Martin Robertson and Company Ltd., 1981, s.110-112.

Ölçeğe göre getiri tüm üretim faktörlerinin aynı oranda değiştirilmesi sonucu gerçekleşen üretim değişimi ile ilgili bir kavramdır.

Ölçeğe göre getiri (veya verim) yasasının açıklanması üç anahtar kavramın açıklanmasını gerektirir. Bunlar; marjinal ikame oranı, ikame elastikiyeti ve ölçeğe göre getiridir(1).

Ölçeğe göre artan getiri, üretim teknolojisinde herhangi bir değişiklik yapmaksızın, üretimi daha büyük ölçüde düzenlemekten dolayı verimliliğin artmasını ifade eder(2). Ölçeğe göre artan getirinin nedenleri, bazı alet ve makinaların bölünmezliği yüzünden boşa kalanların, üretim ölçeği artıkça daha yüksek kapasitede kullanım imkanlarına ulaşması ve firma içinde artan işbölümü ve uzmanlaşmanın sonucu olarak verimliliğin yükselmesidir. Bir firma için ölçeğe göre artan getiri sonsuz olarak devam edemez. Üretim düzeyini devamlı olarak artıran bir firma, önce ölçeğe göre sabit, sonra da ölçeğe göre azalan getiri aşamasına iner.

Ölçeğe göre sabit getiri, tüm üretim faktörleri belli bir oranda artırıldığında, üretimin de aynı oranda artması anlamına gelir. Aynı şekilde tüm faktörler belli bir oranda azaltıldığında, üretim de aynı oranda azalacaktır.

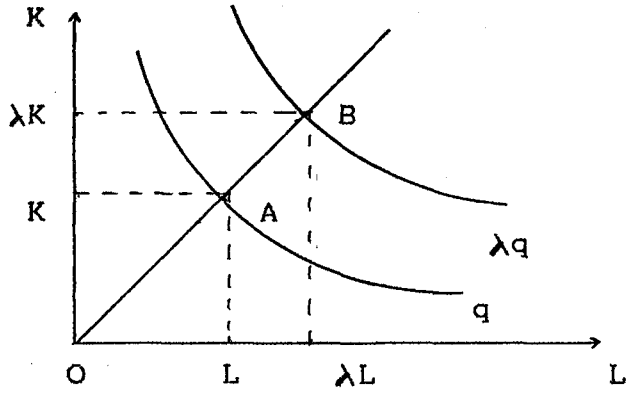
-
- (1) Bu kavramların açıklaması için bkz., (I.1) Üretim Fonksiyonunun Tanımı ve (I.2) Üretim Fonksiyonu - Eş-ürün Eğrisi ilişkisi.
(2) Besim Üstünel, *Ekonominin Temelleri*, 3. Basım, Ankara: Doğan Yayınevi, 1975, s.216.

Üretim, üretim faktörlerindeki artıştan daha düşük oranda artıyorsa, ölçeğe göre azalan getiri sözkonusudur. Ölçeğe göre azalan getirinin bir nedeni, çalışma ölçeğindeki büyüme sonucu ortaya çıkacak iletişim bozuklukları nedeniyle, firma üst yönetiminin işi etkin bir biçimde yürütmesinin giderek zorlaşmasıdır. Bir başka neden ise tükenebilir doğal kaynaklardır. Örneğin madencilik veya petrol gibi üretim dallarında firma büyüklüğünün iki katına çıkartılması üretimi iki katına çıkartmayabilir.

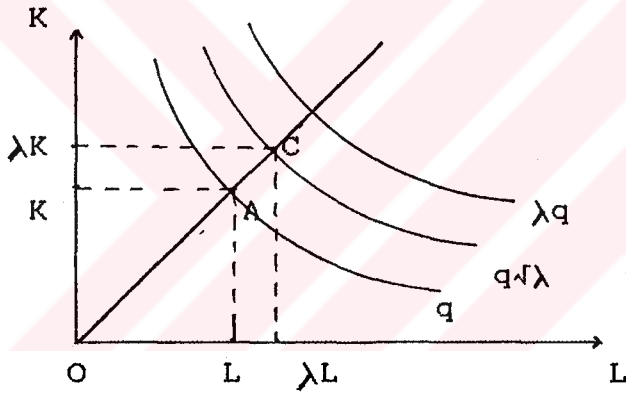
Üretim değişimlerinin grafik üzerinde incelenebilmesi için üçüncü bir boyuta gerek vardır. İki boyutlu bir grafikte yalnızca üretim düzeyi sabit olan eş-ürün eğrileri gösterilebilir.

Homojen bir üretim fonksiyonuna ait ölçeğe göre getirinin grafik ile gösterimi aşağıda verilmektedir. Bu grafiklerde ölçeğe göre getiri, birbirini takip eden ve birbirinin katı olan üretim düzeylerini gösteren eş-ürün eğrileri (bir eş-eğim doğrusu üzerinde) arasındaki mesafe ile gösterilmektedir. Grafiklerin her birinde emek ve sermaye λ oranında artmaktadır. Grafik (I.6)'da üretim λ q'ya artar, bu durumda $OB/OA = \lambda$, ve ölçeğe göre sabit getiriyi gösterir. Grafik (I.7)'de üretim, emek ve sermayeden daha küçük oranda artar, yani $OC/OA = \sqrt{\lambda}$, ve ölçeğe göre azalan getiriyi gösterir. Grafik (I.8)'de üretim, emek ve sermayeden daha büyük oranda artar, yani $OD/OA = \lambda^2$, ve ölçeğe göre artan getiriyi gösterir(1).

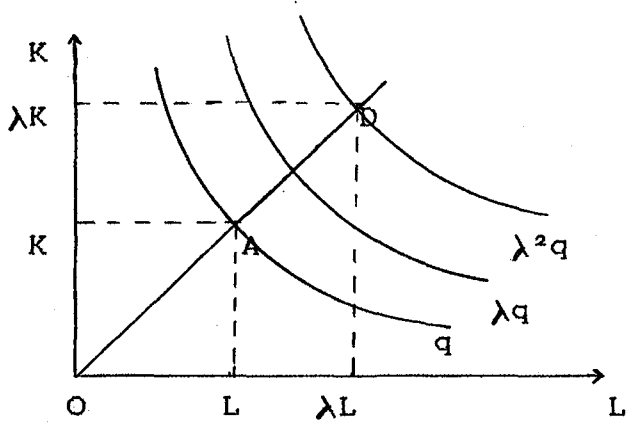
(1) R. Shone, a.g.e., s.153-156.



Grafik I.6. Ölçeğe Göre Sabit Getiri



Grafik I.7. Ölçeğe Göre Azalan Getiri



Grafik I.8. Ölçeğe Göre Artan Getiri

Homojen olmayan üretim fonksiyonlarında ölçeğe göre getirinin grafik üzerinde gösterilmesi homojen fonksiyonlarda olduğu kadar basit değildir. Ampirik çalışmaların çoğunda istatistikî işlemleri basitleştirmek için üretim fonksiyonlarının homojen oldukları varsayılmaktadır.

Homojen üretim fonksiyonları için kısa dönem analizi ölçeğe göre getiri analizinde olduğu gibi de yapılabilir. Yalnız yukarıdaki grafiklerde görüldüğü gibi, tüm üretim faktörlerinin değişken olması durumunda, eş-eğim doğrusu orjinden geçer. Kısa dönem analizinde ise, eş-eğim doğrusu değişken faktörün bulunduğu eksenine paraleldir(1).

Yukarıdaki uzun dönemden kastedilen zamanın uzunluğu bir firmadan diğerine göre değişir. Bazı firmalarda bu birkaç ayken, diğerlerinde birkaç yıl olabilir. Bu tamamen firmanın tüm üretim faktörlerini değiştirmesi için ne kadar beklemesi gerektiğine bağlıdır.

I.4. Üretim Fonksiyonu - Maliyet ve Fiyat İlişkisi

Bu kısımda üretim fonksiyonu ile bağıntılı bir iktisadi model incelenecektir. Teknik bir ilişkiyi veren üretim fonksiyonunda, sermaye ve emek, üretimi belirleyen bağımsız değişken olarak ele alınabileceği gibi, eşanlı sistemin değişkenleri de olabilirler. Çünkü sermaye, emek, fiyatlar ve üretim değerleri

(1) Bu analiz için bkz. A.Koutsoyiannis, çev. M.Sarımeşeli, a.g.e., s.94-97.

firmaların rasyonel davranışlarını gösteren, belirli bazı iktisadi kararları sonucu eşanlı olarak belirlenirler(1). Firma üretim ile ilgili iktisadi kararları alırken şu varsayımlar geçerlidir:

- (i) Firmanın amacı karını maksimum kılmaktır,
- (ii) Üretilen malın fiyatı veridir,
- (iii) Üretim faktörü fiyatları veridir.

Firma kar maksimizasyonunu iki şekilde gerçekleştirebilir(2). İlki maliyet kısıtlaması altında karın maksimizasyonudur. Bu durumda toplam maliyet ve fiyatlar $(\bar{C}, \bar{w}, \bar{r}, \bar{P})$ veridir ve kar eşitliği;

$$\begin{aligned}\pi &= R - \bar{C} \\ \pi &= \bar{P} Q - \bar{C}\end{aligned}\tag{I.26}$$

şeklinde yazılabilir. Burada;

- π : Kar,
- R : Toplam hasılat,
- C : Toplam maliyet,
- Q : Üretim miktarı,
- P : Üretilen malın fiyatı,
- w : Emegin fiyatı,
- r : Sermayenin fiyatı.

(I.26)'daki eşitlikte \bar{C} ve \bar{P} değerleri önceden belirlenmiş birer sabittir. Dolayısıyla Q'nun maksimizasyonu aynı zamanda π 'nin maksimizasyonudur.

(1) Eşanlı çözüm için bkz. S.Ertas,(1987), a.g.e.,s.187-190.

(2) Ronald Shone, a.g.e.,s.112.; A.Koutsoyiannis,cev.M.Sarimeseli, a.g.e.,s.99-100.

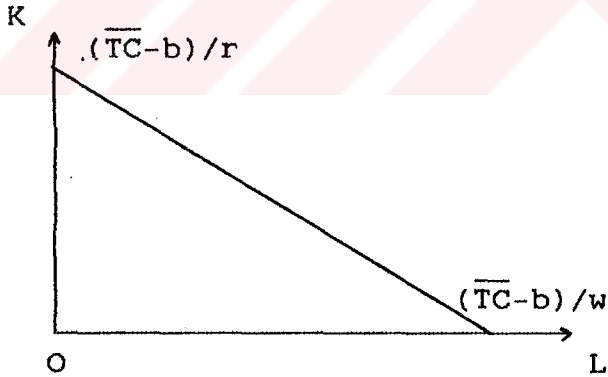
ikincisi ise, belirli bir üretim düzeyi için karın maksimizasyonudur. Yani;

$$\pi = R - C$$

$$\pi = \bar{P} \bar{Q} - C \quad (I.27)$$

şeklindeki eşitliktir. Burada \bar{Q} ve \bar{P} değerleri önceden belirlenmiş birer sabittir. Dolayısıyla C 'nin minimizasyonu, π 'nin maksimizasyonudur(1).

Firma karını maksimum kılan durumun, grafik üzerinde gösterilebilmesi için eş-ürün eğrileri paftası ve eş-maliyet doğrularından yararlanılır. Bir eş-maliyet doğrusu, toplam harcamalar ve faktör fiyatları veri iken, firmanın satın alabileceği farklı sermaye ve emek bileşimlerini gösterir (Grafik I.9).



Grafik I.9. Eş-maliyet Doğrusu

Eş-maliyet doğrusu üzerindeki herhangi bir nokta maliyet denklemini sağlar.

$$TC = rK + wL + b \quad (I.28)$$

Burada "b" sabit faktör maliyetini gösterir.

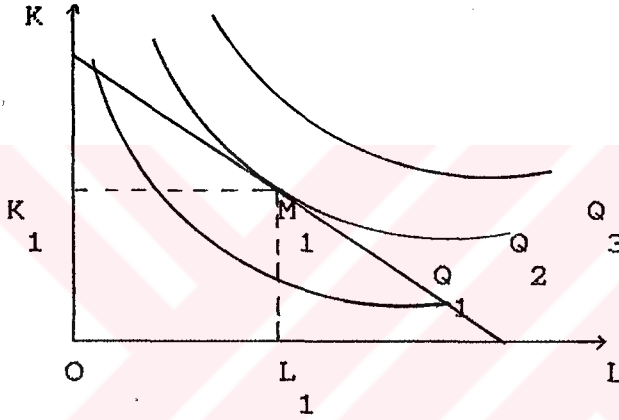
(1) Bu maksimizasyonların matematiksel çözümleri Ek 1'de verilmektedir.

Eş-maliyet doğrusunun denklemi, maliyet denkleminin K için çözümlenmesi ile elde edilir.

$$K = (\overline{TC}-b)/r - (w/r)L \quad (I.29)$$

Eş-maliyet doğrusunun eğimi üretim faktörleri fiyatlarının oranına eşittir. Yani,

$$\text{Eş-maliyet doğrusunun eğimi} = w/r \quad (I.30)$$



Grafik I.10. Kısıtlı Üretim Maksimizasyonu

Grafik (I.10) maliyet kısıtlaması altında üretimin maksimizasyonunu gösterir. Toplam maliyet ve faktör fiyatları veri iken, firma toplam üretimini maksimum kılarak dengeye ulaşır. Maliyet kısıtlaması altında firmanın üretebileceği maksimum ürün miktarı, eş-maliyet doğrusu ile olası en yüksek eş-ürün eğrisinin birbirlerine teğet oldukları M noktasında belirlenir(1). Firma, Q_3 üretim düzeyini gösteren eş-ürün eğrisine maliyet kısıtlaması yüzünden erişemez. Q_1 üretim düzeyini gösteren eş-ürün eğrisinde

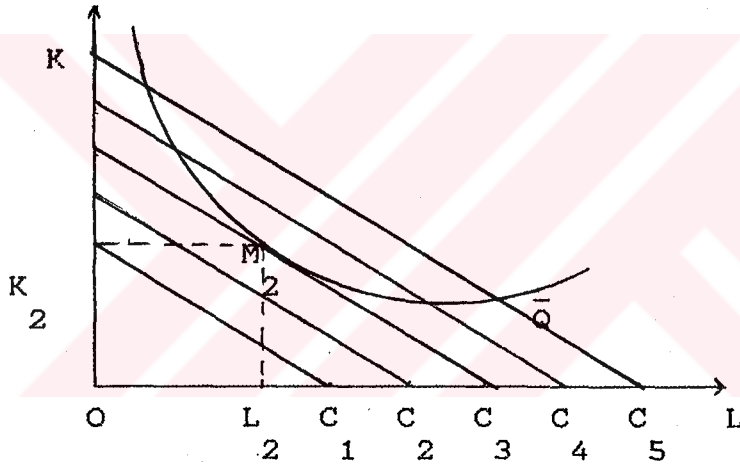
(1) Geniş bilgi için bkz. Dominick Salvatore, çev. Nahit Töre a.g.e., s.175-178.; A.Koutsoyiannis, çev. M. Sarımeşeli, a.g.e., s.101-106.

ise üretimini maksimum yapamaz. Öyleyse firma dengesinin sağlanması için, birinci mertebe koşul üretim faktörlerinin marjinal produktivite oranının, bu faktörlerin fiyatları oranına eşit olmasıdır. Bir başka deyişle;

Eş-ürün eğrisi eğimi = Eş-maliyet doğrusu eğimi

$$\frac{MP_L}{MP_K} = \frac{w}{r} = MRS_{L,K} \quad (I.31)$$

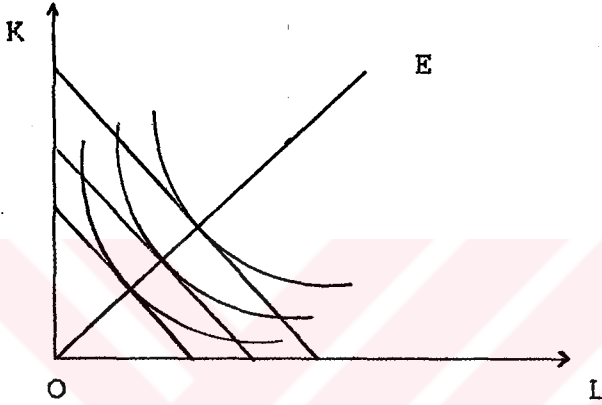
ikinci mertebe koşul, eş-ürün eğrilerinin orjine göre konveks (dışbükey) olma gerekliliğidir.



Grafik I.11. Kısıtlamalı Maliyet Minimizasyonu

Grafik (I.11), belirli bir üretim düzeyi için maliyet minimizasyonunu gösterir. Toplam üretim (örneğin, bir üründen X ton) ve faktör fiyatları veri iken, firma toplam maliyetini minimize ederek dengeye ulaşabilir. Sabit bir üretim düzeyi için, \bar{Q} , firmanın maliyetini minimum yapacak faktör bileşimi, veri eş-ürün eğrisi ile olası en düşük eş-maliyet doğrusunun birbirine teğet oldukları M noktasında belirlenir. Firma, C_3 eş-maliyet doğrusunun altındaki daha düşük maliyetleri gösteren doğruları (C_1, C_2), üzerindeki faktör bileşimleriyle \bar{Q} üretim miktarını

gerçekleştiremeyeceği için tercih etmez. C eş-maliyet doğrusunun³ üzerindeki eş-maliyet doğruları ise yüksek maliyetli faktör bileşimlerini gösterir. Firma dengesini (minimum maliyet için) sağlayan koşullar, maliyet kısıtlaması altında üretim maksimizasyonunda söz konusu koşulların aynısıdır(1).



Grafik I.12. Genişleme Yolu

Grafik (I.12) uzun dönemde, üretim fonksiyonunun homojen olması durumunda genişleme yolunu gösterir. Üretim fonksiyonu ve üretim faktörü fiyatları (w, r) veri iken, optimum genişleme yolu birbirini izleyen eş-maliyet ve eş-ürün eğrilerinin birbirlerine teğet oldukları noktaların birleştirilmesi ile elde edilir.

Üretim fonksiyonunun homojen olmaması durumunda ve kısa dönemde genişleme yolu farklıdır(2).

(1) Bu konuda bkz. David F. Heatfield, *Production Functions*, London: The Macmillan Press Ltd., 1971, s.19-24. ; Zeynel Dinler, a.g.e., s.285-290.

(2) Bu konuda bkz., İ. Parasız, a.g.e., s.113-114.

Firma, ancak genişleme yolu üzerinde üretimini kısip artı-
rabilir. Çünkü genişleme yolu üzerindeki her nokta, faktör fiyat-
ları sabitken, minimum maliyetli faktör bileşimlerini verir.
Genişleme yolu üzerindeki faktörlerarası marjinal ikame oranı
daima sabittir(1).

Genişleme yolunu veren teğet noktalarına ait üretim miktar-
ları ve maliyet değerleri kullanılarak toplam maliyet fonksiyonu
grafik üzerinde gösterilebilir.

Üretim fonksiyonlarından maliyet eğrilerini elde ederken
uygulamamızda kullanacağımız Cobb-Douglas tipi üretim fonksiyo-
nundan faydalanacağız. Şimdi bu ilişkiyi ele alalım:

$$Q = AK^{\alpha}L^{\beta} \quad (I.32)$$

Seklindeki bir üretim fonksiyonu ile birlikte,

$$C = wL + rK \quad (I.33)$$

olan bir maliyet denkleminin verildiğini varsayalım(2). Toplam
maliyeti üretim miktarının bir fonksiyonu olarak yazabiliriz.

$$C = f(Q) \quad (I.34)$$

(I.34)'deki fonksiyonu elde edebilmek için ilk işlem kısıtlı
üretim maksimizasyonu probleminin çözülmesidir. Bunun için
maliyet kısıtlaması altında aşağıdaki bileşik fonksiyon elde
edilir.

$$V = Q + \lambda (\bar{C} - wL - rK) \quad (I.35)$$

(1) Sencer Divitçioğlu, Mikroiktisat, İstanbul: Ar Yayını, 1982, s.87-88.

(2) Maliyet denkleminde, çözümü basitleştirmek için sabit faktör maliyetine yer verilmemiştir.

Burada λ Lagrange Çarpanıdır. Maksimum için birinci mertebe koşul (I.35)'daki fonksiyonun L,K ve λ 'ya göre kısmi türevlerini sıfıra eşitlemektir;

$$dV/dL = \beta (Q/L) - \lambda w = 0 \quad (I.36)$$

$$dV/dK = \alpha (Q/K) - \lambda r = 0 \quad (I.37)$$

$$dV/d\lambda = \bar{C} - wL - rK = 0 \quad (I.38)$$

(I.36) ve (I.37) denklemlerinden elde edilen $\beta (Q/L) = \lambda w$ ve $\alpha (Q/K) = \lambda r$ terimlerin bölünmesi $(\beta/\alpha)(K/L) = w/r$ ve bu denklemden K'yı L cinsinden çözersek;

$$K = (w/r) (\alpha/\beta) L \quad \text{olur.} \quad (I.39)$$

Bu ifadenin üretim fonksiyonunda yerine konmasıyla,

$$Q = A L^\beta [(w/r) (\alpha/\beta) L]^\alpha$$

$$Q = A [(w/r) (\alpha/\beta)]^\alpha L^{\alpha + \beta} \quad (I.40)$$

elde edilir. (I.40) nolu denklemi L için çözelim:

$$L^{\alpha + \beta} = \frac{1}{A [(w/r) (\alpha/\beta)]^\alpha} Q$$

$$L = \left[\frac{1}{A [(w/r) (\alpha/\beta)]^\alpha} Q \right]^{1/(\alpha + \beta)}$$

$$L = [(r/w) (\beta/\alpha)]^{\alpha/(\alpha + \beta)} [Q/A]^{1/(\alpha + \beta)} \quad (I.41)$$

Bu denklemi (I.39) nolu eşitlikte yerine koyalım:

$$K = [(w/r) (\alpha/\beta)]^{1/(\alpha + \beta)} [Q/A]^{1/(\alpha + \beta)} \quad (I.42)$$

olarak bulunur.

Son olarak (I.41) ve (I.42) nolu eşitlikler, (I.33)'de ikame edilirse,

$$C = \left[\frac{1}{A} \right] \left\{ w \left[\frac{r}{w} \right] \left(\frac{\beta}{\alpha} \right) \right\}^{\frac{\alpha}{\alpha+\beta}} + r \left[\frac{w}{r} \right] \left(\frac{\alpha}{\beta} \right) \left\{ \frac{\beta}{\alpha+\beta} \right\}^{\frac{1}{\alpha+\beta}} Q$$

fonksiyonu düzenlersek,

$$C = \left\{ \left(\frac{1}{A} \right) \left[\left(\frac{\beta}{\alpha} \right) + \left(\frac{\alpha}{\beta} \right) \right] \right\} \left\{ w \right\}^{\frac{\alpha}{\alpha+\beta}} \left\{ r \right\}^{\frac{\beta}{\alpha+\beta}} Q \quad (I.43)$$

maliyet fonksiyonunu elde ederiz. Görülüyor ki maliyet

- (i) üretim düzeyi Q'nun,
- (ii) üretim fonksiyonu parametreleri A, α , β 'nin,
- (iii) faktör fiyatları w ve r'nin

bir fonksiyonudur(1).

Bu ilişkiyi maliyet kısıtlaması altında üretim maksimizasyonundan giderek çözdük. Aynı sonuca veri üretim fonksiyonu ile maliyetin minimizasyonu ile de ulaşabilirdik(2).

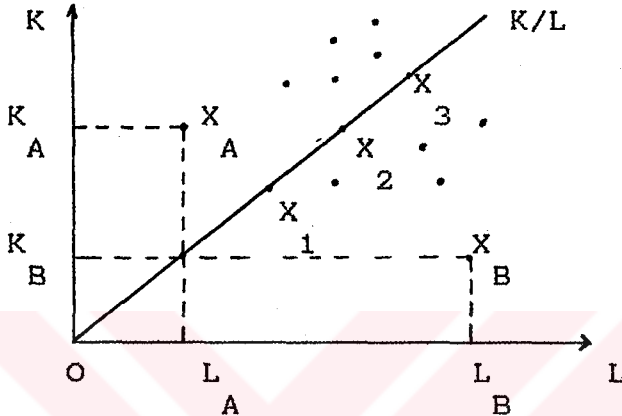
I.5. Üretim Fonksiyonu - Teknoloji ilişkisi

Üretim fonksiyonunu üretim ile üretim faktörleri arasındaki teknik ilişki olarak tanımlamıştık. Dolayısıyla üretim fonksiyonu, bir firmanın teknolojik düzeyini temsil etmektedir. Eğer firmanın teknolojisi değişirse, üretim fonksiyonu da değişecektir.

(1) A.Koutsoyiannis, çev.M.Sarımeşeli, a.g.e., s.111-113.

(2) Bu çözüm için bkz. Ahmet Tıktık, İmalat Sanayinde Faktör İkamesi, Enerji Kullanımı ve Teknik Değişme (1963-1981), Ankara: DPT Yayını, Nisan 1986, s.3-6.

Faktörlerin hangi oranda birleştirileceğini teknoloji belirler. Aşağıdaki grafik (I.13)'te \bar{Q} üretim miktarında üretimi gerçekleştirmek için, emek ve sermayenin belirli bileşimlerini gerektiren teknolojiler yer almaktadır.



Grafik I.13. Üretim Tablosu

Burada X_A teknolojisi K_A kadar sermaye ve L_A kadar emek kullanımı gerektirirken, X_B teknolojisi ise K_B kadar sermaye ve L_B kadar emek gerektirmektedir(1). Sabit bir sermaye emek oranı (K/L) varsayalım. X_1, X_2 ve X_3 aynı sermaye emek oranını kullanan ve aynı çıktıyı (\bar{Q}) üreten üç teknolojiyi göstermektedir. Doğal olarak aynı üretimi gerçekleştirmek için her iki faktörden de daha az kullandığı için X_1, X_2 veya X_3 'e tercih edilir. Bir başka deyimle X_1, X_2 ve X_3 teknolojileri arasında en etkin olanıdır. Bir üretim teknolojisi eğer en azından bir üretim faktöründen daha az kullanıyor ve tüm diğer faktörlerden daha fazla kullanmıyor ise görece olarak daha teknik etkindir(2).

Firmanın, \bar{Q} gibi bir ürünün üretiminde iki alternatif teknoloji kullandığını varsayalım.

(1) F.Heathfield, a.g.e., s.17-18.

(2) A.Koutsoyiannis,cev.M.Sarimeseli,a.g.e., s.77-78.

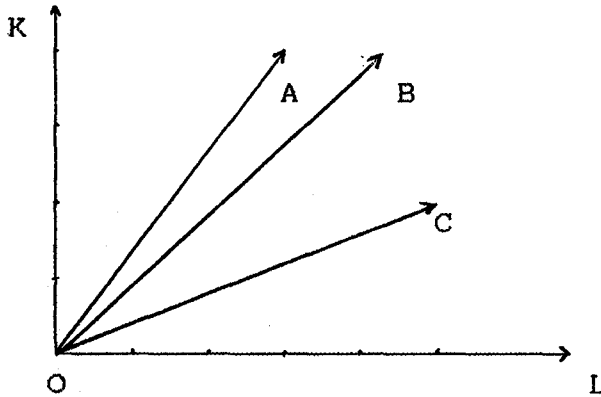
	A teknolojisi	B teknolojisi
Sermaye birimi	$\begin{bmatrix} 4 \\ 3 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 4 \\ 4 \end{bmatrix}$
Emek birimi		

Burada A, B'den daha teknik etkindir. Teknik etkinlik iktisadi etkinliği göstermez(1).Yukarıdaki örneği şu şekilde değiştirelim:

	A teknolojisi	C teknolojisi
Sermaye birimi	$\begin{bmatrix} 4 \\ 3 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 2 \\ 5 \end{bmatrix}$
Emek birimi		

Bu durumda A' da C'de teknik olarak etkindir ve üretim fonksiyonunun tanımlanmasında kullanılır. Bu iki teknoloji den hangisinin gerçek üretimde kullanılacağına karar verilirken, üretim faktörleri fiyatlarına bakılır. İktisadi olarak etkin olan teknoloji seçilir(2).

Üretim teknolojileri grafik üzerinde orjinden başlayan, sermaye-emek girdilerinin bileşim noktalarına kadar uzanan doğru- larla gösterilebilir.

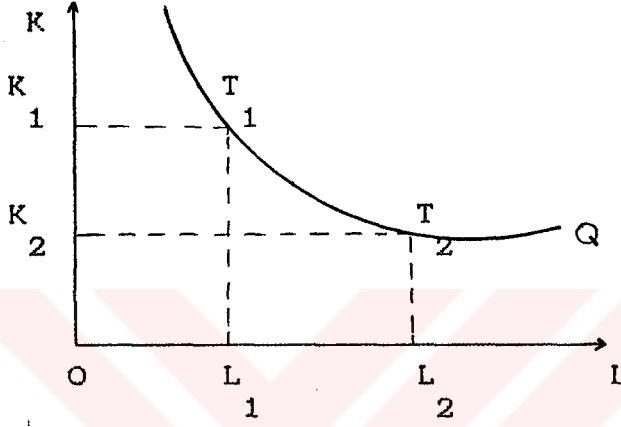


Grafik I.14. Üretim Teknikleri

(1) Bkz., Hüseyin Şahin, İktisada Giriş, Bursa:ÜÜ.Basımevi,1988, s.117-118.

(2) Bu konu için bkz. Kısım (I.4)'e.

Orjinden geçen ve üretim teknolojisini temsil eden doğrunun eğimi faktör yoğunluğuna eşittir. Yani faktör yoğunluğu sermaye-emek oranı ile bulunur.



Grafik I.15. Faktör Yoğunluğu

Grafik (I.15)'deki teknolojilerden T_1 daha sermaye yoğundur. Yani $K_1/L_1 > K_2/L_2$ dir. Eş-ürün eğrilerinin üst tarafları daha sermaye yoğun, alt tarafları ise görece olarak daha emek yoğun teknolojileri gösterir.

Burada üretim etkinliği kavramına da değinmemiz yerinde olacaktır. Birbirinin aynı değişkenlere ve üretim elastikiyetlerine sahip iki farklı firma değişik miktarlarda üretim yapabilirler. Üretim etkinliğinden kaynaklanan bu sonuç, üretim fonksiyonunun kesme parametresi ile ölçülür. Üretimde daha etkin olan firma daha büyük kesme parametresine sahip olacaktır.

I.5.1. Teknolojinin Tanımı

İktisadi anlamda teknoloji, üretim ile üretim faktörleri arasındaki bileşim oranlarını gösteren bir üretim fonksiyonu olarak tanımlanır. $Q = f(K,L)$ şeklindeki bir üretim fonksiyonu, Q miktarındaki üretimi gerçekleştirmek için ne kadar K ve ne kadar L gerektiğini ve bu iki faktörün ne oranda (K/L) birleşeceğini gösterdiğinden aynı zamanda üretim teknolojisini de belirlemektedir(1). Aynı üretim miktarını gerçekleştirmek için farklı sermaye emek oranlarına sahip birden çok üretim tekniği kullanılabilir. Ayrıca bir teknikten diğerine geçmek mümkündür. Böyle olunca uygulanan üretim teknolojisi değişmiştir. Teknolojinin değişmesi sonucunda üretim faktörlerinden daha az kullanılarak aynı miktar üretim gerçekleştirilebilir.

Bir firmada her üretim bölümünün teknoloji tarafından belirlenmiş bir üretim fonksiyonu vardır. Firma, maksimum üretimi (veya minimum maliyeti) sağlayan faktör bileşimini verecek üretim teknolojisini amaçlar. Her üretim faktörünün en etkin biçimde üretimde kullanılmasına **teknolojik etkinlik sorunu** denir. Örneğin, bir firmada makinaların yerleşiminin iyi seçilmemesi, emek ve enerji kaybı dolayısıyla üretimin azalmasına neden olur. Ekonometristler üretim analizi modellerinde teknolojik etkinliğin gerçekleşmiş olduğunu varsayarlar(2).

(1) Ronald W. Shephard, *Theory of Cost and Production Functions*, Princeton: Princeton University Press, 1970, s.13.

(2) Zeynel Dinler, a.g.e., s.258.

I.5.2. Teknolojiyi Tahmin Metodları

Teknolojiyi tahmine kısaca, teknolojinin gelecekteki değişimini olasılık temeline dayanarak kestirme diyebiliriz. Teknolojiyi tahminin başlıca iki biçimi vardır. Birincisi, bugünkü durumu ortaya koyarak başlayan ve beklenen gelişmeleri tanımlamaya çalışan araştırmacı teknolojik tahmindir. İkincisi, gelecekteki amaçları ve gereksinimleri tanımlayarak başlayan ve buradan geri dönerek bunlara nasıl ulaşılabileceğini inceleyen normatif teknolojik tahmindir(1).

Araştırmacı teknolojik tahmin metodları olarak; Trend Analizini(2), Sezgiye Dayanan Tahmini (Delphi Metodu)(3) ve Yapısal Çözümlemeyi(4) gösterebiliriz.

-
- (1) İsmet S. Barutçugil, Teknolojik Yenilik ve Araştırma Geliştirme Yöntemi, Bursa: Bursa Üniversitesi Yayını, 1981, s.66.
 - (2) Bu konuda bkz. Özer Serper, Uygulamalı İstatistik 2, İstanbul: Filiz Kitabevi, 1986, s.210, 216-245.; C. Chatfield, The Analysis of Time Series: An Introduction, Second Ed., London: Chapman And Hall Ltd., 1980, s.16-32.; Sir Maurice Kendall, Alan Stuart and J.Keith Ord., The Advanced Theory of Statistics, vol.3, Design and Analysis And Time-Series, London: Charles Griffin and Company Ltd., 1983, s.450-500.; Kenan Gürtan, İstatistik ve Araştırma Metodları: İktisat ve İş İdaresine Tatbikatı, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayını, 1979, s.428-472.
 - (3) Delphi Metodu için bkz. S. Barutçugil a.g.e., s.68.; Mustafa Sevüktekin, "Nitel Önraporlama Teknikleri", UU, İİBF Dergisi, 7, 2, (Kasım 1986), s.197.
 - (4) Bkz. S.Barutçugil a.g.e., s.67-68.

Normatif teknolojik tahmin metodları olarak, Karar Matrisleri(1), Bağlantı Ağaçları(2), Yöneylem Araştırması Metodları (Doğrusal Programlama, CPM, PERT gibi)(3) gösterilebilir.

Gerstenfeld'in yaptığı bir araştırmada, teknolojiyi tahminde en çok trend analizinin kullanıldığı ortaya çıkmıştır(4).

Biz de uygulamamızda trend analizinden faydalanacağız. Kısaca trend analizi, geçmişteki bir gelişmenin gelecekte de süreceği ve zaman içindeki değişimin belirli bir biçim göstereceği varsayımına dayanır. Trendin hesaplanmasında yaygınlıkla kullanılan metod Olağan En Küçük Kareler (OEKK) metodudur. Uygulamamızda kullandığımız bu metod Ek 2 'de açıklanmaktadır.

-
- (1) Bu konu için bkz. Mehmet Sahin, Uretim Yönetiminde Simülasyon Analizi ve Uygulaması, Eskişehir: EİTİA Yayını, 1978, s.21-30.
 - (2) Bu konu için bkz. Robert J.Thierauf and Robert C. Klekamp, Decision Making Through Operations Research, 2 th. Ed., New York: John Wiley and Sons, Inc., 1975, s.57-96.
 - (3) Bkz. Ahmet Öztürk, Yöneylem Araştırması, Bursa: UÜ. Yayını, 1984.; Zekai Yılmaz, Sayısal Yöntemler, Bursa: UÜ. Yayını, 1988.; Chase and Aquilano, Production and Operations Management, 3 th Ed., Homewood: Richard D.Irwin, Inc., 1981.
 - (4) A.Gerstenfeld, Effective Management of Research and Development, Reading MA:Addison Wesley,1970,s.140'dan S.Barutçugil, a.g.e.,s.72.

BÖLÜM II

TEKNOLOJİK DEĞİŞME VE ÜRETİM FONKSİYONU

II.1. Teknolojik Değişmenin Tanımı

Teknolojik değişme, mevcut ürünlerin üretilmesinde yeni üretim teknolojilerinin bulunması, farklı kalitede ürünlerin üretilmesi, organizasyon ve yönetim alanındaki değişmeler, mevcut pazarların ve hammadde kaynaklarının geliştirilmesi ve genişletilmesi süreçlerinin tümüne birden verilen addır(1).

Bu aşamada bazı tanımlar arasındaki farklılıkları belirtmek gerekmektedir. Teknolojik değişme (technological change); teknikte değişme (change in technique), mevcut bilgi ve tekniklerin yayılması (diffusion) ve bilimdeki ilerleme olgularından farklı bir süreçtir.

Aynı miktar ürünü üretmek için, farklı sermaye-emek oranlarına sahip genellikle birden çok teknik bulunmaktadır. Bu bilinen ve daha önce kullanılmış olan tekniklerden birini bırakıp diğerine geçmek (uygulanan teknikte değişme), teknolojik değişme değildir.

Bir ekonomi içinde bir firmanın daha önce uyguladığı bir tekniğin, başka firmalar tarafından taklidi (diffusion of innovations) teknolojik değişmeden farklı bir olaydır. Ancak,

(1) Bu konuda bkz. Nuri Yıldırım, Neoklasik İktisadın Teknolojik Gelişme Yaklaşımı, Ankara: AUSBF Yayını, 1973, s.7.; Ahmet Kılıçbay, Ekonometrik Metodlar ve Araştırma, İstanbul: İÜİŞF Yayını, 1975, s.313.; S.Barutçugil, a.g.e.,s.2.

yayıma olayı ekonomiler arasında olursa, sözkonusu tekniği ithal eden ülke açısından teknolojik değişme olmasına rağmen, yayılmanın ekonomi içinde olması durumunda bu geçerli değildir.

Ayrıca bilimdeki bir ilerleme de tek başına teknolojik değişme sayılmaz. Yeni bir buluş (invention), ancak ekonomik hayata aktarıldığı taktirde yenilik (innovation) haline gelecek ve teknolojik değişme gerçekleşecektir.

Ekonometrik araştırmalarda ise teknolojik değişme, mutlaka yeni keşifler, yeni tekniğin geliştirilmesi ve yeni metodların bulunması anlamında ele alınmamaktadır. Ele alınması gereken, fiilen üretimde kullanılan teknolojik değişimin ekonometrik metodlarla ölçülmesi ve karşılaştırılmasıdır.

Teknolojik değişmeyi, üretim fonksiyonları cinsinden ifade edersek, üretim fonksiyonunun yukarıya kayması (üretim faktörleri artışları ile açıklanamayan üretim artışı) olarak tanımlayabiliriz(1). Yani bir üretim organizasyonunda daha az üretim faktörü veya faktörleri kullanarak aynı miktar ve kalitede ürün yada aynı miktar üretim faktörü kullanarak daha fazla ve/veya daha kaliteli ürün elde edilmesine neden olan değişikliklerdir. Bu tanımda üç önemli nokta vardır; ürün miktarı ve/veya kalitesindeki artış, üretim faktörleri kullanım miktarlarındaki azalış ve üretim olayıdır.

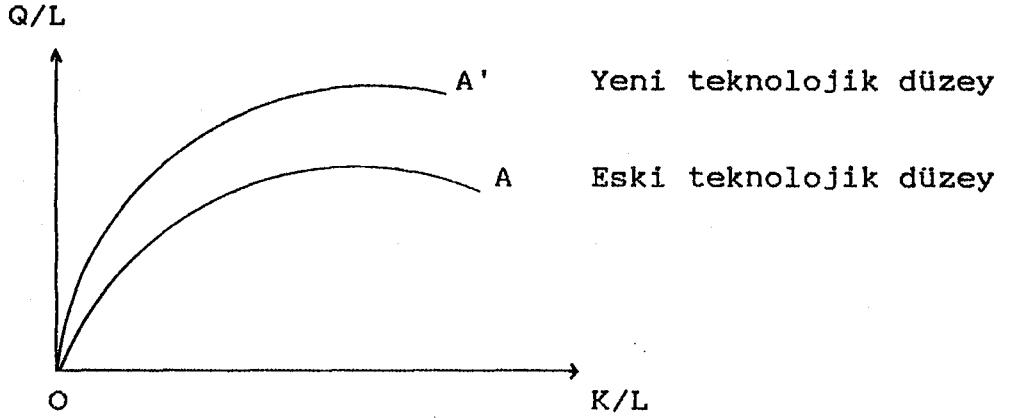
(1) R.Solow, "Technical Change and the Aggregate Production Function", RESTAT, 39,(August 1957),s.312-320.

Teknolojik değişme sonucu aynı miktarlarda kullanılan üretim faktörleri ile daha fazla ürün elde edilebileceğini belirtmiştik. Örneğin, tam otomatik bir tekstil fabrikasında birim zamanda yapılan üretim aynı düzeyde kullanılan diğer üretim faktörleri ile kat kat artırılabilir. Veya robotlarla yapılan elektronik cihazlardaki kaynakların kalitesi, insanlar tarafından yapılanlara göre daha standart ve birim zamandaki sayısı daha çoktur. Bu örneklerdeki teknolojik değişme, üretimi artırmaya veya kalitede standartlaşmaya yöneliktir. Teknolojik değişme, kullanılan üretim faktörlerinin tasarruflarına yönelik te olabilir. Buna örnek olarak, tarımdaki mekanizasyon gösterilebilir. Makinalı tarım sayesinde işlenen tarımsal alan daha az emek kullanılmak suretiyle artırılmış bu da toplam tarımsal üretimi artırmıştır. Kısım (II.2.3)'de görüleceği gibi teknolojik değişme, tasarruf edilen üretim faktörünün çeşidine göre emek tasarruf eden, sermaye tasarruf eden veya nötr teknolojik değişme olarak sınıflandırılacaktır.

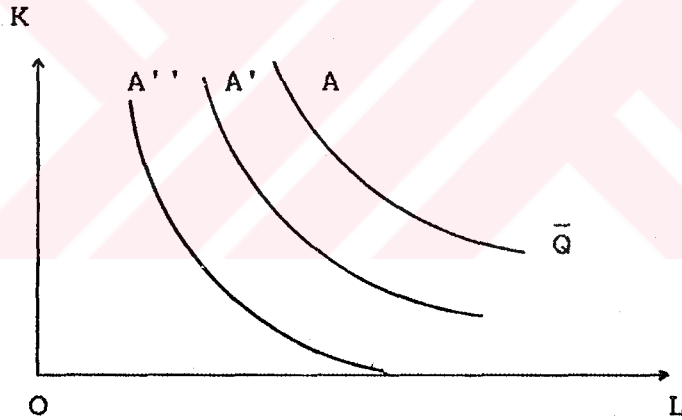
Teknolojik değişme, grafik üzerinde üretim fonksiyonunu yukarıya doğru (Grafik II.1), eş-ürün eğrisini ise aşağıya doğru (Grafik II.2) kaydırır. Burada, eş-ürün eğrileri aynı üretim miktarını, \bar{Q} , A, A', A'', her biri yeni teknolojik düzeyleri göstermektedir.

Kısım (II.2.1) ve (II.2.2)'de görüleceği gibi üretimdeki artış; sermaye stoğundan, yani üretim fonksiyonu üzerinde ilerlemeden veya yatırım ve stok olgularından bağımsız olan teknolojik

değişmeden, yani üretim fonksiyonunun yukarıya kaymasından meydana gelmektedir.



Grafik II.1. Üretim Fonksiyonu ve Teknolojik Değişme



Grafik II.2. Es-ürün Eğrileri ve Teknolojik Değişme

Son olarak, Brown'un teknolojik değişme tanımını vermek yerinde olacaktır. Brown, teknolojik değişmeyi ve yönünü bir üretim fonksiyonunu karakterize eden dört ögenin en az birisinin aldığı değerlerin değişmesi olarak görmek ve yorumlamak eğilimindedir(1). Soyut teknolojiyi karakterize eden dört öge

(1) Murray Brown, *On the Theory and Measurement of Technological Change*, Cambridge: Cambridge University Press, 1968, s.12'den Rasit Hoşgör, *Teknolojik Gelişmenin Ölçülmesi: Toplam Faktör Verimliliği ve Üretim Fonksiyonları*, Ankara:MPM Yay.,1975,s.5

sunlardır:

- (i) Etkinlik parametresi,
- (ii) Ölçeğe göre getiri derecesi,
- (iii) Sermaye yoğunluğunun derecesi,
- (iv) Sermaye-emek ikame elastikiyetinin değeri.

Böylece, bu dört ögenin değerlerindeki değişmeler teknolojik değişmeyi temsil etmektedir. Teknolojik değişmeyi yansıtan üretim fonksiyonları tanımlanırken bu ögelerin tanımlarına ve hesaplamalarına yer verilecektir.

II.2. Teknolojik Değişmenin Sınıflandırılması

Teknolojik değişmenin örgütlenmedeki, ürün pazarlarındaki ve yönetim tekniklerindeki değişmelerin yanında, mevcut üretim süreçlerindeki ve üretilen ürünlerdeki kalite değişmelerini de içerdiğini biliyoruz. Bundan dolayı ilk olarak teknolojik değişmeyi oluşturan yenilikler tanımlanacaktır. Daha sonra teknolojik değişmenin gerçekleşmesinin yeni sermaye yatırımlarını gerektirip gerektirmemesine göre içerilmiş (embodied) ve içerilmemiş (disembodied) teknolojik değişmeler ele alınacaktır. Buna bağlı olarak nötr ve faktör-artıran teknolojik değişme ve tipleri verilecektir. Son olarak ta teknolojik değişmenin ekzojen (bağımsız) ve endojen (bağımlı) olmasına göre bir sınıflandırma yapılacaktır.

Süreç yenilikler, aynı miktarda ürünün en az bir faktörün daha az kullanılması ile üretilmesini mümkün kılan yeniliklerdir.

Ürün yenilikler ise, yeni ürünlerin (veya eski ürünlerin daha kaliteliyelerinin) üretilmesine olanak veren yeniliklerdir(1).

Süreç yenilikler, girdi fiyatları sabitken, üretim teknolojisinin değişmesi ile birim başına ortalama maliyetleri düşürür. Çoğu kez maliyet düşürücü olan süreç yenilik, aynı zamanda ürün bileşiminde değişiklik yaparak veya yeni ürünlerin üretilmesine olanak sağlayarak bu ayrımı güçleştirmektedir. Yine yeni ürünlerin üretilebilmesi için de çoğu zaman, yeni üretim teknolojileri veya yeni makinaların icadı (süreç yenilik) zorunlu olur. Dolayısıyla gerçek hayatta gerek süreç-yenilikler gerekse ürün-yenilikler genellikle içiçe bulunmaktadır. Aynı ayrımı Schmookler, Üretim teknolojisi ve ürün teknolojisi şeklinde yapmaktadır.

II.2.1. İçerilmiş Teknolojik Değişme

Bu tür teknolojik değişmede, üretim artışlarının yeni yatırımlarla gerçekleştirildiği varsayılmaktadır. Dolayısıyla teknolojik değişme sermayeden ve yatırımlardan soyutlanmamış, aksine sermaye tarafından adeta içerilmiştir(2). İçerilmiş teknoloji hipotezine göre yeni sermaye malları daha eski tarihli sermaye mallarına kıyasla daha etkindir. Bunun nedeni en son bilgilerin ve yeniliklerin, yani teknolojik değişmenin, en yeni sermaye mallarında içerileceğidir. Bu nedenle sermaye faktörü, farklı dönemlere ait farklı üretkenlikte olan yatırımlardan meydana gelen heterojen bir faktör olacaktır.

(1) Raşit Hoşgör, a.g.e., s.6.

(2) R.G.D.Allen (1975), a.g.e., s.254.

Buradan kolaylıkla şu sonuca varabiliriz: Eger bir teknolojik değişme yeni bir sermaye malını beraberinde getiriyorsa, belli bir dönemin sermaye malları daha önceki dönemin sermaye mallarından ayrı olacaktır. Bu ayrılık şekil ve tip ayrılığı olabileceği gibi daha önemlisi, verimlilik yönünden bir ayrılıkta olabilecektir. Böyle bir durumda sermaye mallarını tek bir sermaye stoku içinde ifade etmek mümkün değildir. Bu durum, sermaye mallarını yapıldıkları yıllara göre gruplandırılan ve her yıla ait grubu ayrı ele alan yeni bir sermaye modelinin doğmasına neden olmuştur. Bu sermaye modeline Yapılış Yılı Modeli (Vintage Model) adı verilir. Her sermaye malı, yapıldığı yılın teknolojik değişmelerinin etkisini taşımaktadır. Dolayısıyla her ayrı yapı- lış yılına ait makina ve teçizat için ayrı bir üretim fonksiyonu gerekmektedir(1).

içerilmiş teknolojik değişmede emeğin de heterojen birim-lerden meydana geldiği söylenebilir. Çünkü, emek te sermaye gibi yaş, deneyim ve eğitim bakımından farklı yaşlardan (Vintages) meydana gelmektedir. Her bir yaş gurubu da yaş, deneyim ve eğitim bakımından diğerlerinden ayırıcı özellikler taşımaktadır. Yani eğitilmiş ve deneyim kazandırılmış kişiler kendilerinden daha önceki yaşlara ait olanlardan daha fazla produktiftirler. Bununla birlikte içerilmiş teknolojik değişmenin üretime etkisi, çeşitli yaşlardaki makinalar üzerinde, eğitilmiş dahi olsa emeğe oranla daha yüksektir. Bu yüzden genellikle bu tür teknolojik değişme

(1) Vural F.Savaş, Kalkınma Ekonomisi, İstanbul: Sermet Matbası, 1974,s.404-405.;R.G.D.Allen (1975),a.g.e.,s.254-257.

analizleri, sermaye üzerinde yoğunlaştırılmaktadır. Veya emek bu teknolojik değişme içine dahil edilse bile, ancak her bir dönemde üretilmiş olan makinayı kullanan emek olarak, her bir yastaki sermaye ile bir arada ele alınmaktadır.

Simdi icerilmis teknolojik degismeyi yansitan, Yapilis Yili Modelini ele alalım.

Vintage (Heterojen Sermaye) Yaklaşımı:

Gerçek hayatta sermaye birikimi ve teknolojik değişme birbirlerini karşılıklı olarak etkilemektedir. Teknolojik değişme sermaye birikiminin fonksiyonudur. Yani teknolojik değişme, tamamen sermaye birikiminin uyarması ile gerçekleşmektedir. Fakat aynı zamanda sermaye birikimi de teknolojik değişimin fonksiyonudur. Çünkü teknolojik değişme sermayeden soyutlanmamıştır.

Büyüme teorisinde sermayenin heterojen olarak ele alınması ve yeni üretim teknolojilerinin ancak yeni sermaye teçizatı aracılığı ile gerçekleşebileceği varsayılmaktadır. Teknolojik değişmelerin üretim sürecine, nasıl girdiği konusunda icerilmis teknolojik değişme hipotezi ilk olarak 1960 yılında Solow ve Salter tarafından ortaya atılmıştır(1). Solow icerilmis teknolojik değişme modelini geliştirdiği makalesinde şöyle demektedir: «Teknolojideki ilerlemeler üretim üzerine sadece bu ilerlemelerin

(1) Bu konuda bkz.R.M.Solow, "Investment and Technical Progress", Ed.J.Stiglitz and H.Uzawa, Readings in the Modern Theory of Economic Growth,Cambridge:Mass.MIT Press,1969.; W.E.G.Salter, Productivity and Technical Change, London: Cambridge University Press, 1969.

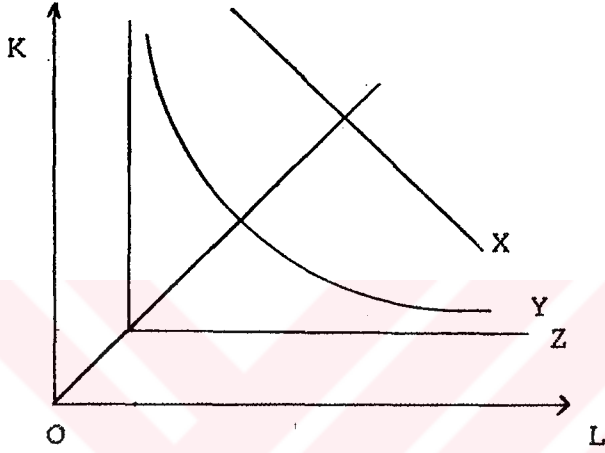
net sermaye birikimi veya eski teçhizatın yerine en son modellerinin koyulması ve böylece teçhizatın yaş dağılımında bir kayma meydana getirilmesi vasıtasıyla pratiğe geçirildikleri ölçüde etki ederler.»

Yapılış Yılı Modelleri, faktörlerarası ikame imkanının ex post veya ex ante tarzda ortaya çıkacağı ile ilgili varsayımları içerdiğinden büyük önem taşır. Bazı modellerde faktörlerarası ikame imkanı, ancak sermaye malı seçilmeden önce mevcuttur. Sermaye malı, yani kullanılacak teknoloji seçildikten sonra, artık faktörlerarası ikame sözkonusu olamaz. Bu tür ikame ex ante ikamedir. Faktörlerarası ikame her zaman mümkün olduğunda ise ex post ikame sözkonusu olur. Solow emek ile sermaye arasındaki ikame olanağına ilişkin çeşitli durumlar öngörmüştür. Emek ve sermaye arasındaki ikame olanağını hem makina yapılmadan önce (ex ante) hem de makina yapıldıktan sonra (ex post) mevcut olduğu duruma esnek (putty-putty) hali denir. Bir makina yapılırken onun kaç işçi ile çalıştırılacağı konusunda karar serbestliği olduğu halde makina kurulunca onu çalıştıracak işçi sayısının hiç değiştirilemeyeceği, yani ex ante ikame olabilirliği fakat ex post ikame olmayışı durumuna orta esnek (putty-clay) denmektedir. Bir de katı (clay-clay) durumu vardır ki, bu emek ile sermaye arasında hem makina yapılırken (ex ante) hem de daha sonra (ex post) ikamenin olamayacağını gösterir.

Gerçek hayatta aşırı uç haller olan esnek ve katı hallerine pek rastlanmaz. Karşılaşılan örnekler daha çok orta esnek

halini yansıtır. Bu üç durumu bir grafik üzerinde göstermeye çalışalım(1).

Grafik (II.3)'te X,Y,Z gibi üç eş-ürün eğrisi zaman içinde birbirini izleyen teknolojik değişimleri göstermektedir.



Grafik II.3. İkame Olanakları ve Teknolojik Değişme

Bir doğru şeklinde gösterilen X teknolojisi sonsuz sayıda ikame olanaklarını vermektedir. Bunun esnek hali olduğunu biliyoruz. Bir teknolojik değişme olduğu ve Y teknolojisinin daha az sermaye emek ikame oranı tanıdığı durum orta esnek halidir ve artık eş-ürün eğrisi bir doğru değildir. Z, yeni bir teknolojik değişmeyi gösterebilir, yeni teknolojinin sermaye ile emek arasında katı bir ikame olanığı varsayan bu durumda Z eş-ürün eğrisi, bir dik açı görünümünde olacaktır, bu da katı halini gösterir.

Bu grafiğe bakıp da teknolojik değişmelerin giderek sermaye ile emek arasında daha az bir ikame olanığı verdiği düşüncesini çıkarmamak gerekir. X,Y,Z arasındaki teknolojik değişme tamamen

(1) Şiir Erkök, Teknoloji Seçimi ve İstihdam Sorunları, Ankara: AİTİA Yayını, 1977, s.52.

baska bir sırada izleyebilirdi. Örneğin, orta esnek, katı, esnek.

içerilmiş teknolojik değişmeyi, yapılış yılı esasına göre alan Neoklasik Modelin varsayımları şöyle sıralanabilir(1):

(i) Eski makinalar yine muhafaza edilirler. Ancak ücretler yükseldikçe, bu makinalarda çalışan sayısı azalır ve sonunda sıfır olur.

(ii) Her dönemde, eski makinalarda çalışanlardan bir kısmı yeni makinalara geçer. Yani ex ante ve ex post imkanları mevcuttur.

(iii) Emegin marjinal produktivitesi, ayrı yapılış yıllarına ait bütün makinalarda eşitlenir.

(iv) Her teknolojik değişme, makinaların kalitesini ve verimini yükseltir.

Bu varsayımlardan da anlaşıldığı gibi, teknolojik değişme sadece meydana geldiği yılın makinalarını etkilemekte, diğer yılların makinalarını etkilememektedir. Bu modelin önemli sonuçları ise şöyledir:

(i) Uzun dönem büyüme hızı, teknolojik değişmenin şekline değil hızına bağlıdır.

(ii) Üretim faktörlerinin elastikiyeti teknolojik değişmeden bağımsızdır.

(iii) Uzun dönem dengesinde sermaye mallarının yaş dağılımı, büyüme hızına ve amortisman oranına bağlıdır. Faktör tasarruf oranının, sermaye mallarının yaş dağılımı üzerinde

(1) Vural Savaş, "Teknoloji ve Büyüme," BİTİA Dergisi, 2,1, (Temmuz 1973), s.20-21.

herhangi bir etkisi yoktur. Dolayısıyla faktör tasarrufunu artırmak suretiyle sermaye stoğunu modernize etmenin bir sınırı vardır. Makinaların ortalama yaşının, tasarruf oranından bağımsız olmasının, ancak Cobb-Douglas tipi üretim fonksiyonu ($\alpha+\beta=1$) için sözkonusu olabileceği, faktörlerarası ikame elastikiyetinin birden büyük veya küçük olması ($\sigma > 1$ veya $\sigma < 1$) halinde ise tasarruf oranının sermayenin ortalama yaşını etkileyeceği öne sürülmektedir.

(iv) Nüfus artışı, bazı hallerde, yatırım oranı değişmese dahi daha modern bir sermaye stoğuna öncülük eder.

(v) İcerilmiş teknolojik değişme, genellikle ekonomik büyüme yolunun tasarruf artışlarına daha kolaylıkla adapte olmasına imkan verir.

Öte yandan Post-Keynezyen teoride yapılis yılı modelinin etkileri değişik yönlerden ele alınmaktadır(1). Örneğin, bu modelde fiziki aşınma yanında ayrıca teknolojik aşınma katsayısı vardır. Yine bu modelde sermaye stoğu kavramı terkedilerek gayri-safi yatırım kavramı kullanılmıştır. Faktörlerarası ikamenin exante olacağı ve sermaye mallarının bölünemezliği kabul edilmiştir. Post-Keynezyen teorinin yapılis yılına ait en güzel örneği Teknolojik Gelişme Fonksiyonudur(2). Bu teoride icerilmiş teknoloji yanında, mevcut makinalarda çalışmakla elde edilen deneyimden doğmuş icerilmemiş teknolojik değişme de sözkonusudur. Ayrıca

(1) V.Savaş,(1974),a.g.e.,s.408-410.

(2) Bu konuda bkz. Kısım (II.2.4.2).

teknolojik değişmelerin önce sermaye-tasarruflu (emek-yogun) olanı kullanılacaktır.

İktisat politikası yönünden, Post-Keynezyen teorinin ortaya koyduğu sonuç, eski sermaye teçizatının süratle elden çıkarılmasını teşvik edecek tedbirlerin, kısa dönemde kişi başına geliri ve yatırımları artıracığı, uzun dönemde ise ekonominin teknik dinamizminin yükseleceğidir.

İçerilmiş teknolojik değişmenin, her bir yapılış yılına ait sermaye için farklı bir üretim fonksiyonu veren Vintage Modelini Cobb-Douglas tipi üretim fonksiyonu ile gösterelim(1):

$$Q_t(v) = f[v_t, L_t(v), K_t(v)] \quad (II.1)$$

$$Q_t(v) = A e^{\theta v} K_t^\alpha(v) L_t^\beta(v) \quad (II.2)$$

Burada,

$Q_t(v)$ = v (yapılış yılındaki) yaşındaki makinaların t döneminde kullanılması sonucu üretilen nihai üretim miktarı,

$L_t(v)$ = t döneminde v yaşındaki makinaları kullanan emek miktarı,

$K_t(v)$ = t dönemine kadar kullanılan v yaşındaki sermaye miktarı. v , üretim fonksiyonundaki teknolojik değişmeyi ölçen parametredir.

t dönemindeki bu üretim fonksiyonu aşağıdaki gibidir:

$$Q_t = f(L_t, K_t) \quad (II.3)$$

ile

$$Q_t = \int_{-\infty}^t Q_t(v) dv \quad (II.4)$$

(1) R.F.Wynn and K.Holden, a.g.e., s.58-59.

$$L = \int_{-\infty}^t L_t(v) dv \quad (II.5)$$

$$K = \int_{-\infty}^t K_t(v) dv \quad (II.6)$$

t dönemindeki sermaye ve emek faktörleri ile toplam üretimin ölçüsünü verir. Eger sermayenin amortisman oranı hakkında varsayımlar yapılırsa benzer süreçler için yukarıdaki açıklamalar yapılabilir. Fakat burada bu duruma yer verilmeyecektir.

II.2.2. İcerilmemiş Teknolojik Değişme

İcerilmemiş teknolojik değişme, kullanılan tüm emek ve sermaye üzerinde eşit etki yapan, yatırımlardan ve dolayısıyla sermaye stoğundan soyutlanmış ve bağımsız türden bir teknolojik değişmedir. Neoklasik modellerin çoğunda olduğu gibi, teknolojik bilgi düzeyinin ekzojen değişkenlere bağlı olarak sabit bir oranda sürekli bir şekilde arttığı varsayılırsa, icerilmemiş teknolojik değişme şu şekilde açıklanabilir; her dönemde, mevcut sermaye stoğu en son teknolojik bilgi düzeyinin gerektirdiği biçimde yörgularak, bu bilgi düzeyini içeren yeni üretim faktörlerine dönüştürülmekte, emek te bu makinaları kullanabilecek şekilde eğitilmektedir. Dolayısıyla, teknolojik değişmenin sağlanması yeni yatırımları gerektirmemekte; mevcut faktörlerin etkinliği birikim olmaksızın da artabilmektedir. Eger o dönemde yeni yatırım yapılıyorsa, bu yatırımın gerektirdiği teknoloji ile mevcut üretim faktörlerinin içerdigi teknoloji arasında bir fark mevcut

degildir(1). Oysa icerilmis teknolojik degismede yeni yatirimlar eskilerine kiyasla daha etkin kabul ediliyordu.

icerilmemis teknolojik degismenin, eski yatirimlarda da kendini hissettirmesinin nedeni, bu makinalari kullanan emegin makinalarda calismakla elde ettikleri deneyimden ileri gelmektedir. Eski makina ve techizatta meydana gelen teknolojik asinma da, icerilmemis teknolojik degisme ile bertaraf edilebilir.

icerilmemis teknolojik degisme "gokten inen bir zembil" gibi degerlendirilebilir. Cunku bu yaklasim, bir kere teknolojik bilgi duzeyinin neden ve nasil gelistigini aciklamadan sadece varsaymaktadir. ikincisi, icerilmemis teknolojik degisme emek ve sermayenin teorik olarak homojenligini varsaymaktadir. Cunku teknolojik degismeden yas deneyim ve egitim duzeyleri ne olursa olsun butun isçiler esit ve benzer bir sekilde yararlanmaktadirlar. Aynı sekilde yas ve sekli gözönüne almadan tüm sermaye birimleri de teknolojik degismeden esit ve benzer bir sekilde etkilenecektir(2).

Bu anlamda teknolojik degismenin ortaya cikmasi üretim fonksiyonunun zaman içinde sürekli olarak kaymasi anlamına gelmektedir. icerilmemis teknolojik degisme, üretim fonksiyonunu zaman içinde sürekli olarak kaydirdigindan, zaman üretim fonksiyonunda bir degisken olarak yer almaktadır:

$$Q = f(K,L,t) \quad (II.7)$$

(1) Yılmaz Akyüz, *Sermaye Bölüşüm Büyüme*, Ankara: AUSBF Yayını, 1977, s.433-434.

(2) Edward Shapiro, *Macroeconomic Analysis*, 4th.Ed., New York: Harcourt Brace Jovanovich, Inc., 1978, s.420.

Bu fonksiyonda t'nin Q ile ilişkisi teknolojik değişimin türünü belirlemektedir. Bu konu bundan sonraki kısımda ele alınacaktır.

Şimdi içerilmiş ve içerilmemiş teknolojik değişmeyi Cobb-Douglas üretim fonksiyonu ile gösterelim(1):

$$Q = e^{mt} K^\alpha L^\beta \quad (II.8)$$

Burada e^{mt} , logaritmik e tabanına göre nötr teknolojik değişme oranıdır. Fonksiyonun t'ye göre türevi aşağıdaki gibidir:

$$(1/Q)(dQ/dt) = \alpha(1/K)(dK/dt) + \beta(1/L)(dL/dt) + m \quad (II.9)$$

α, β ve m yerine değerleri denklemde ikame edilir.

$$\alpha = (dQ/dK)(K/Q), \quad \beta = (dQ/dL)(L/Q), \quad m = (1/Q)(dQ/dt)$$

$$(1/Q)(dQ/dt) = [(dQ/dK)(K/Q)][(1/K)(dK/dt)] + [(dQ/dL)(L/Q)][(1/L)(dL/dt)] + (1/Q)(dQ/dt) \quad (II.10)$$

Yukarıdaki fonksiyonda üretim artışının içerilmiş ve içerilmemiş teknolojik değişmeden meydana geldiği görülmektedir. Buna göre içerilmiş teknolojik değişme, üretimdeki verim artışının, üretim faktörlerinin teknolojik özelliklerinden (faktörlerin marjinal produktiviteleri ve bunların zaman içindeki artışlarına bağlı olarak) meydana gelen değişimin sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Oysa içerilmemiş teknolojik değişme, üretim faktörlerinden bağımsız (t'nin üretimi doğrudan etkilemesi ile) meydana gelmiştir.

Denklemin içerilmiş teknolojik değişmeyi gösteren kısmı;

$$[(dQ/dK)(K/Q)][(1/K)(dK/dt)] + [(dQ/dL)(L/Q)][(1/L)(dL/dt)] \quad (II.11)$$

içerilmemiş teknolojik değişmeyi gösteren kısmı ise;

$$(1/Q)(dQ/dt) \quad \text{dir.} \quad (II.12)$$

(1) Ahmet M.Gökçen, "Teknolojik Değişimin Üretim Fonksiyonları Çerçevesinde Analizi," İÜİF Mecmuası, 43, (1987), s.171-173.

II.2.3. Nötr ve Faktör Artıran Teknolojik Değişme

Eğer bir teknolojik değişme, faktör produktivitelerini artırarak aynı miktardaki üretimi her iki faktörden de daha az kullanarak meydana getiriyorsa, bu tür teknolojik değişme nötr (tarafsız) teknolojik değişmedir. Nötr teknolojik değişmede her bir faktörün marjinal produktivitesi aynı oranda artar. Başka bir ifade ile, eğer teknolojik değişme faktörlerin üretime katılma oranlarını ve faktörlerarası marjinal ikame oranını değiştirmeden ve ölçeğe göre getiri derecesini etkilemeden, aynı faktör girdisi ile daha çok üretim sağlanmasına neden oluyorsa bu hale nötr teknolojik değişme denir(1).

Üretim fonksiyonundaki teknolojik değişmeleri eş-ürün eğrilerinin, orjine yaklaşıp uzaklaşması veya sermaye ve emek miktarlarının ölçüldüğü eksenlere yaklaşıp uzaklaşması ile gösterebiliriz. Nötr teknolojik değişmede faktör fiyatları değişmediği halde, faktörlerin produktiviteleri arttığı için eş-ürün eğrisi kordinat sisteminde orjine doğru yaklaşmaktadır.

Cobb-Douglas fonksiyonundaki A parametresi nötr teknolojik değişmeyi gösterir. Çünkü bu parametre marjinal ikame oranını değiştirmeden üretimi artırmaktadır.

Teknolojik değişme üretim faktörlerinden birini daha fazla kullanıyor olabilir. Eğer faktör fiyatları değişmediği halde, teknolojik değişme belli bir üretimi gerçekleştirmek için

(1) A.Kılıçbay, (1975), a.g.e., s.312.

eskisine oranla daha çok sermaye ve daha az emek kullanılması sonucunu doğuruyorsa bu tür teknolojik değişmelere sermaye-yoğun veya emek-tasarruflu teknolojik değişmeler adı verilir. Bu tür teknolojik değişmeler sermayenin marjinal produktivitesini emeğin marjinal produktivitesinden daha çok artırır. Bu durumda eş-ürün eğrisi sermayenin ölçüldüğü eksene doğru yaklaşır.

Aksine teknolojik değişme sonucunda, belli bir üretimi gerçekleştirmek için daha çok emek ve daha az sermaye kullanmak sözkonusu ise teknolojik değişme emek-yoğun veya sermaye-tasarruflu olur(1). Bu durumdaki teknolojik değişme ise emeğin marjinal produktivitesini, sermayenin marjinal produktivitesinden daha çok artırır. Eş-ürün eğrisi de emeğin ölçüldüğü eksene doğru yaklaşır.

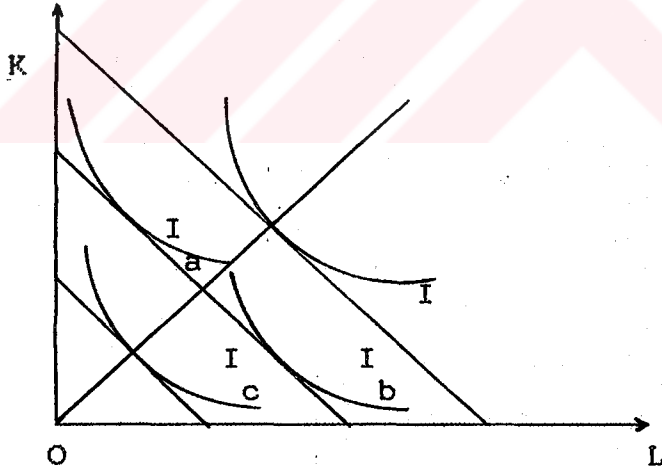
Görüldüğü gibi teknolojik değişme faktörlerin marjinal produktivitesini değiştirmekte, bu da faktörlerin talebine etki etmektedir. Buradan şu önemli sonucu çıkarabiliriz; faktörün marjinal produktivitesindeki artışla o faktöre olan talep artışı arasında pozitif yönlü bir ilişki vardır. Bunun içindir ki sermayenin marjinal produktivitesini artıran bir teknolojik değişme, sermayenin talebini artırıcı buna karşılık emek talebini azaltıcıdır. Bu yüzden bu tip teknolojik değişmelere emek-azaltıcı (emek-tasarruflu) teknolojik değişmeler adı verilir(2).

(1) Gülten Kazgan, Tarım ve Gelişme, 3. Bası, İstanbul: Der Yayını, 1983, s.104-111.

(2) V. Savaş, (1973), a.g.e., s.4.

Yukarıda yapılan nötr ve faktör-yoğun teknolojik değişme sınıflandırması faktörlerin marjinal produktiveleri kıyaslanarak yapılmıştır. Aynı sınıflandırma bir de teknik katsayılara göre yapılmaktadır. Blaug'a göre teknik katsayılara göre yapılan sınıflandırma daha çok firma düzeyinde, marjinal produktivelere göre yapılan ise makro düzeyde bir anlam taşımaktadır. Teknolojik değişimin maliyetler üzerindeki etkisi sermaye-emek oranını değiştirmekle olur. Teknolojik değişimin birim emek başına daha çok veya daha az sermaye kullanımına olanak tanınması bakımından, teknik katsayılar olarak emek-yoğun yada sermaye-yoğun diye sınıflandırılır.

Bu iki sınıflandırmayı grafik üzerinde gösterelim(1):

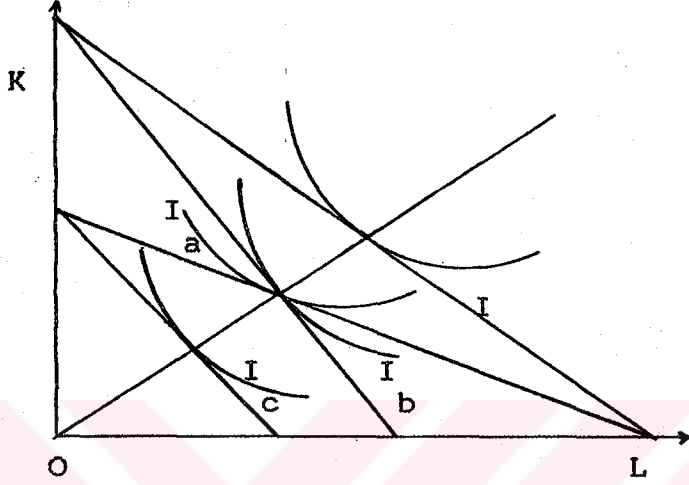


Grafik II.4. Teknik Katsayılara Göre Teknolojik Değişme

Grafik (II.4) teknolojik değişimin teknik katsayılarına göre sınıflandırılışını gösterir. I, sermaye-emek oranında

(1) M. Blaug, "A Survey of the Theory of Process-Innovations", Ed. N. Rosenberg, The Economics of Technological Change, Penguin: Penguin Books Ltd., 1971, s. 89-90.

eskiye kıyasla bir değişmeye yol açmamış (nötr) teknolojik değişmeyi, I, emek-tasarruflu, I, sermaye-tasarruflu teknolojik değişmeleri göstermektedir.



Grafik II.5. Marjinal Ürünler Açısından Teknolojik Değişme

Grafik (II.5)'te ise, orijine doğru kayan eş-ürün eğrileri, sermaye ile emeğin marjinal ürünlerini değiştiren teknolojik değişmeyi gösterirler. Grafikten de görüleceği gibi üretimin emek yoğun faktör daha az kullanılmaktadır. Bu durumda teknik katsayılar açısından sermaye-tasarruflu teknoloji marjinal ürünler anlamında emek-tasarruflu teknoloji ile özdeş olmaktadır.

Faktör yoğun teknolojik değişmeyi Cobb-Douglas üretim fonksiyonu ile şöyle tanımlayabiliriz: α sermayenin, β emeğin üretimin elastikiyeti iken, bunları değiştiren teknoloji, birini veya her ikisini birden fakat farklı oranda değiştirmişse, teknolojik değişme taraflıdır (nötr değildir).

Buna göre α/β oranının büyümesi, sermaye-yoğun teknolojiye

geçisi, α/β oranının düşmesi ise emek-yoğun teknolojiye geçişi ifade eder. Ekonometrik araştırmada, özellikle zaman serisine dayanan bir çalışma sonunda α/β oranının oldukça bir büyüklükte değiştiği gözlenirse, teknolojik değişimin nötr olmadığı anlaşılır. Öyleyse, Ekonometrik araştırma sonunda zaman boyunca A katsayısının büyüdüğü görülüyorsa, nötr teknolojik değişme söz konusudur. A sabitken α/β oranının büyüdüğü görülüyorsa sermaye-yoğun teknolojiye geçiş, β/α oranı büyümüşse emek-yoğun teknolojiye geçiş vardır. Hem A büyümüş hem de α/β oranı değişmişse her iki değişme bir aradadır (nötr ve faktör-yoğun)(1).

II.2.3.1. Teknolojik Değişimin Faktör Tasarrufları Üzerindeki Etkisi (Ranis-Fei Modeli)

Teknolojik değişimin faktör tasarrufları üzerindeki etkileri Ranis-Fei Modeli kullanılarak açıklanabilir(2). Böylece buraya kadar olan kısmın özeti de verilmiş olacaktır.

Ölçeğe göre sabit getirili bir üretim fonksiyonunda;

$$Q = f(K, L, t)$$

$$\theta_K = f(K/Q) \text{ sermayenin nisbi payı}$$

$$\theta_L = f(L/Q) \text{ emeğin nisbi payı}$$

$$\text{ve } 0 \leq \theta_K \leq 1 ; 0 \leq \theta_L \leq 1$$

(1) A.Kılıçbay, (1975), a.g.e., s.313.

(2) Yüksel İsyar, "Üretim Fonksiyonu-Teknolojik Değişme İlişkilerinin Makro Ekonomik Bazda İncelenmesi," MPM Verimlilik Dergisi, 3, (1987), s.88-90.

Ayrıca;

$$Q = f_K K + f_L L$$

ve $\theta_K + \theta_L = 1$ (Euler Teoremi gereği)

Üretim fonksiyonunda teknolojik değişme oranı (veya teknolojinin yoğunluğu) J ile gösterilirse;

$$J \equiv \frac{f_t}{Q} > 0$$

Ayrıca;

$H_L \equiv \frac{f_{Lt}}{f_L}$ emeğin marjinal produktivitesinde değişme oranı

$H_K \equiv \frac{f_{Kt}}{f_K}$ sermayenin marjinal produktivitesinde değişme oranı

Bu tanımlar kullanılarak;

(i) $H_L > H_K$ ise, teknolojik değişme sermaye-tasarruflu (veya emek-yoğun),

(ii) $H_L < H_K$ ise, teknolojik değişme emek-tasarruflu (veya sermaye-yoğun),

(iii) $H_L = H_K$ ise, teknolojik değişme nötr.

Yine,

(i) $H_L < 0$ ise pür emek-tasarruflu,

(ii) $H_K < 0$ ise pür sermaye-tasarruflu olduğu görülür.

Herhangi bir K/L oranı için üretim fonksiyonunda gözlenen değişme oranı;

$$J = \theta_L H_L + \theta_K H_K$$

çünkü $\theta_L + \theta_K = 1$ dir.

Öyleyse, teknolojik değişme oranı, J , bir tartılı ortalamadır. H_L ile H_K arasında yer alır.

$$H_L > J > H_K,$$

$$H_L < J < H_K \text{ veya}$$

$$H_L = J = H_K$$

Teknolojik değişme oranının bu özelliğinden aşağıdaki eşitlikler yazılabilir:

$$B_L \equiv H_L - J \quad (\text{Emek-yoğunluğunun miktarı})$$

$$B_K \equiv H_K - J \quad (\text{Sermaye-yoğunluğunun miktarı})$$

$$B \equiv B_K - B_L = H_K - H_L$$

Son eşitlikteki B nin işareti, sözkonusu teknolojik değişmenin hangi faktör bakımından tasarruflu olduğunu gösterir. Eğer B negatif ise sermaye-tasarruflu, pozitif ise emek-tasarruflu, sıfır ise nötr teknolojik değişmeyi ifade etmektedir(1).

Cobb-Douglas tipi üretim fonksiyonunda teknolojik değişme oranı J , H_K ve H_L 'ye eşit olduğundan (dolayısıyla $B=0$) nötr teknolojik değişme sözkonusu olacaktır. Nötr teknolojik değişme türleri bundan sonraki kısımlarda incelenecektir.

Teknolojik değişmenin nötr ve faktör-artıran tanımları genellikle teknolojik değişmenin ekonomik değişkenlere yaptığı

(1) J.C.H.Fei and G.Ranis, "Innovational Intensity and Factor Bias in the Theory of Growth," IER,6,2,(May 1965),s.183-185.

etkiye göre sınıflandırılmaktadır. Bu değişkenler, sermaye-hasıla oranı, kişi başına üretim, faktör oranları, marjinal verimlilikler, marjinal ikame oranı, faktörlerarası ikame elastikiyeti gibi.

II.2.3.2. Hicks Tipi Teknolojik Değişme

Hicks girdi arzlarını sabit tutarak teknolojik değişimin başlangıç etkileri ile ilgilenmekte yani statik kısa dönem analizi yapmaktadır.

Ücretler Kuramı adlı kitabında Hicks, iki faktörlü (emek ve sermaye), doğrusal homojen bir üretim fonksiyonunun yer aldığı tek mallı - tek sektörlü bir model içinde teknolojik değişmeyi; sabit bir sermaye-emek oranında (K/L), sermayenin marjinal produktivitesinin emeğin marjinal produktivitesine oranını artıran, sabit bırakan ve azaltan başlangıç etkilerine göre sınıflandırmış ve bunları sırasıyla emek-tasarruflu, nötr ve sermaye-tasarruflu diye adlandırmıştır(1).

Bu durumu şu şekilde özetleyebiliriz (2); (K/L) oranı veri iken, sermaye ve emek arasındaki marjinal ikame oranı, sermayenin marjinal produktivitesinin emeğin marjinal produktivitesi oranına eşittir.

(1) U.R.Hicks,(1932), The Theory of Wages, 2th.Ed.,London: MacMillan,1963'den N.Yıldırım,a.g.e.,s.11.

(2) K.Sato,a.g.e.,s.XXXII.

$$MRS = \frac{MP_K}{MP_L} = \begin{bmatrix} \text{Artar} \\ \text{Değişmez} \\ \text{Azalır} \end{bmatrix} \text{ Teknolojik Değişme } \begin{bmatrix} \text{Emek-tasarruflu} \\ \text{Hicks-nötr} \\ \text{Sermaye-tasarruflu} \end{bmatrix}$$

β/α oranının değişmesi ile ilgili olarak Hicks sınıflandırması ise aşağıdaki gibi yapılabilir:

Tablo II.1.

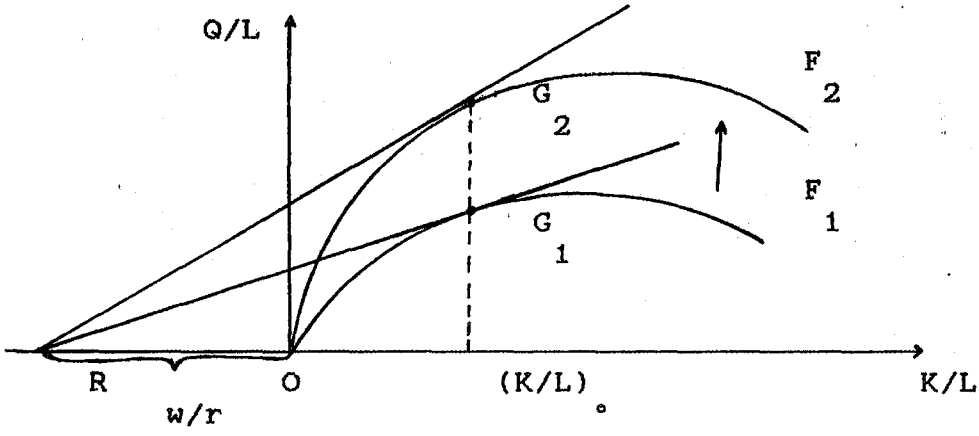
Hicks Teknolojik Değişme Sınıflandırması

β/α	$\sigma < 1$	$\sigma=1$	$\sigma > 1$
Artar	Sermaye-tasarruflu	↑	Emek-tasarruflu
Değişmez	←	Hicks-nötr	→
Azalır	Emek-tasarruflu	↓	Sermaye-tasarruflu

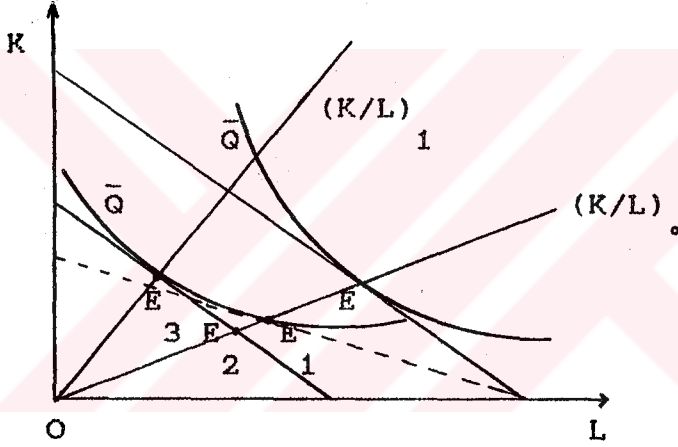
Kaynak: K.Sato, a.g.e., s.XXXII.

σ Faktörlerarası ikame elastikiyeti
 α Sermayenin üretim elastikiyeti
 β Emegin üretim elastikiyeti

Hicks sınıflandırması, üretim fonksiyonu ve eş-ürün eğrilerinin yer aldığı iki ayrı grafik ile aşağıda verilmektedir. Grafik (II.6)'da ordinatta kişi başına üretim absiste ise kişi başına sermaye yer almaktadır. Q/L ve K/L eksenleri arasındaki üretim fonksiyonunu gösteren eğrinin eğimi, azalan getiriler yüzünden gittikçe azalan bir seyir göstermektedir. Grafikteki OR mesafesi de faktörlerin marjinal produktivitelerinin oranını verir.



Grafik II.6. Hicks-Nötr Teknolojik Değişme



Grafik II.7. Hicks-Emek Tasarruflu Teknolojik Değişme

Buradaki teknolojik değişme, sabit bir K/L oranında faktör fiyatları oranını sabit bıraktığından, yani her iki faktörün marjinal produktivitesini aynı oranda artırdığından Hicks-nötr'dür. Bu tür teknolojik değişme, üretim fonksiyonunun tümü ile yer değiştirmesine (yukarı doğru kaymasına) neden olur. Grafikten de görüldüğü gibi üretim fonksiyonu F_1 'den F_2 'ye kaymış, fakat w/r ve K/L oranları değişmemiştir(1).

Grafik (II.7)'de ise E_1 'den E_2 'ye geçildiğinde, sabit K/L

(1) Grafikler için bkz. N.Yıldırım, a.g.e., s.12.

oranında $\frac{MP}{MP}$ azaldığı için teknolojik değişme emek-tasarrufludur. $\frac{L}{K}$ oranının sabit olduğu varsayılırsa grafikte E¹ değil E³'e geçilecektir. Çünkü teknolojik değişmeden sonra faktörlerarası marjinal ikame oranı ancak E³'de faktör fiyatları oranına eşit olur. E³'de eski $\frac{MP}{MP}$ oranı sabit kaldığı halde $\frac{K}{L}$ oranı yükselmıştır. Bu da teknolojik değişimin sermaye-yoğun (emek tasarruflu) olduğunu gösterir. Grafikte E²'den E³'ye gidilseydi Hicks-nötr olurdu. Hicks, ekonomide sermaye arzının daha hızlı artması nedeniyle nisbeten pahalılaşan emeğin emek-tasarruflu teknolojik değişmeleri uyaracağı ve böylece gelişmelerin genellikle grafikteki gibi emek-tasarruflu olacağı düşüncesindedir.

K/L oranı sabitken teknolojik değişimin w/r oranı üzerinde yapacağı etkiyi kriter alan Hicks sınıflandırmasında firma ve endüstriden ziyade ekonominin tümü sözkonusudur. Çünkü firma ve endüstri açısından sabit (veri) olan K/L oranı değil daha çok w/r oranıdır. Bu yüzden Hicks tanımı makro (aggregate) bir analizle ve teknolojik değişmelerin nisbi faktör fiyatları üzerindeki etkileri ile ilgilidir. Teknolojik değişme w/r oranını değiştirince, bu değişiklik faktör ikamesini uyaracaktır. Bunun için Hicks teknolojik değişimin etkisini tek görmek istediğinden, K/L oranını sabit alarak ikame olayını dışlamaya çalışmıştır.

Hicks sınıflandırmasının alternatif bir açıklaması faktörlerin nisbi paylarını (faktörlerin üretim elastikiyetlerini) kriter olarak yapılabilir. Hicks-nötr teknolojik değişme faktör-

lerin nisbi paylarında değişme meydana getirmez. Hicks-nötr teknolojik değişme K/L oranı veri iken bunların fiyatları r/w oranını sabit bırakan bir teknolojik değişme olduğu için, faktörlerin nisbi payları oranını da, (wL)/(rK) sabit bırakacaktır. Bu oranın emek-tasarruflu teknolojik değişme varsa, emeğin nisbi payı aleyhine, sermaye-tasarruflu teknolojik değişmelerde ise sermayenin nisbi payı aleyhine olacağı açıktır. Yani, nisbi paylar oranı hangi faktör lehine değişiyorsa teknolojik değişme o faktör yoğun ve hangi faktör aleyhine değişiyorsa o faktör tasarrufludur. Eger sabit K/L oranında, faktörlerin nisbi payları da teknolojik değişme sonucunda değişmiyorsa, teknolojik değişme Hicks-nötrdür.

Faktörlerin marjinal prodüktivite oranları değişmediği halde, her ikisinin de marjinal prodüktivitelerini içerilmemiş teknolojik değişme sonucunda, sanki gökten düşen bir zembil gibi, aynı oranda yükselten Hicks-nötr teknolojik değişme hem sermaye-artıran hem de emek-artıran nötr teknolojik değişme durumundadır. Başka bir değişle bu tür teknolojik değişme sermaye ve emeğin etkinliklerini aynı oranda artırmaktadır.

Hicks-nötr teknolojik değişme üretim fonksiyonu ile aşağıdaki gibi özetlenebilir:

$$\begin{aligned} Q &= f(K,L,t) = A(t)f(K,L) \\ &= f[A(t)K , A(t)L] \end{aligned} \quad (II.6)$$

Burada A(t) parametresi hem Cobb-Douglas hem de CES üretim fonksiyonunda MRS'yi değiştirmeden üretimi artırabilir. Yani MRS formüllerinde A(t) yer almamaktadır.

II.2.3.3. Harrod Tipi Teknolojik Değişme

Harrod tipi teknolojik değişme, Hicks'in teknolojik değişmesine alternatif olarak, büyüme (dinamik) ve uzun dönem dengesi ile ilgilidir.

Özellikle faktörlerarası ikame imkanlarına dayanan Neoklasik büyüme modellerinde faktörlerarası birleşim oranının (K/L) değişir olması gerekir. Faktörlerarası birleşim oranının değişmesine imkan veren, fakat büyüme dengesini de ihmal etmeyen bir tanımı Harrod vermiştir.

Harrod'un tanımına göre nötr bir teknolojik değişme, sabit bir faiz oranında sermaye-hasıla oranını değiştirmeyen, fakat emeğe tesir ederek bunların etkinliklerini artıran teknolojik değişmedir(1). Harrod-nötr teknolojik değişme, üretim sürecinin uzunluğunu değiştirmeyen bir teknolojik değişmedir. Yine Harrod tanımına göre, sabit bir faiz haddinde sermaye-üretim (K/Q) veya sermaye-hasıla (K/Y) oranını yükselten (üretim sürecini uzatan) değişiklikler sermaye-yoğun, tersine (K/Q) oranını düşüren değişiklikler (üretim sürecini kısaltan) emek yoğun teknolojik değişikliklerdir. Tanımdan anlaşılacağı gibi, sabit faiz oranında, nötr teknolojik değişme sermayenin nisbi payını (rK/Q) sabit bırakacak, sermaye-yoğun teknolojik değişme sözkonusu payı yükseltecek ve emek-yoğun teknolojik değişme de düşürecektir.

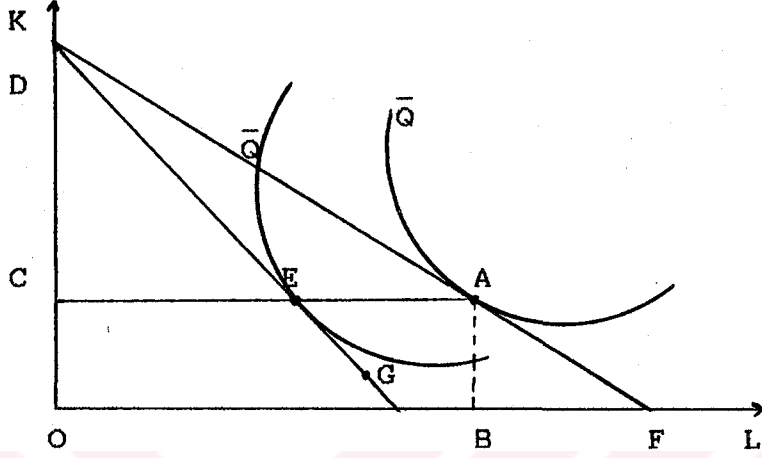
(1) A.M.Gökçen, a.g.e., s.173.

Buna göre Harrod-nötr teknolojik değişimde iki varsayım söz konusudur. Birinci varsayım, (K/Q) oranının sabit olması, ikinci varsayım ise sermayenin marjinal produktivitesinin sabit kalmasıdır. Tam rekabet şartları altında sermayenin marjinal produktivitesi faiz (ve kar) oranına eşit olduğundan, sabit bir faiz oranında (K/Q) oranının sabitliği aynı zamanda sermayenin marjinal produktivitesinin sabitliğini beraberinde getirir.

Teknolojik değişimler genellikle sermayenin marjinal produktivitesini artırmaktadır. Teknolojik değişme ile beraber sermayenin marjinal produktivitesi artarken, sermayenin nisbi payının sabit kalabilmesi, sermaye-emek oranının yükselmesine bağlı olacaktır. Bu oranın yükselmesi ise emeğin etkinlik derecesinin yükselmesi ile sağlanır. Harrod-nötr teknolojik değişme emeğin etkinlik derecesini yükselttiğinden bu tür teknolojik değişmeye emek-artıran (labor-augmenting) teknolojik değişme de denmektedir(1). Dolayısıyla Harrod-nötr teknolojik değişme, sadece emek faktörünü etkileyen sermayenin marjinal produktivitesini etkilemeyen bir teknolojik değişmedir. Bu teknolojik değişme aynı nüfus artışı gibi ekonomik hayatı etkiler. Nüfus artışı emek başına düşen sermaye oranını azaltır, teknolojik değişme ise emeğin verimini artırır. Yani iki kişinin yapacağı işi bir kişinin yapabileceği duruma getirerek, ekonomik hayatta nüfus artışını sanki bir kaç kat büyütmüş gibi etki yaratır.

(1) R.G.D.Allen (1975), a.g.e., s.238.

Şimdi Harrod tipi teknolojik değişmeyi eş-ürün eğrileri ve üretim fonksiyonu ile aşağıdaki grafiklerle gösterelim.



Grafik II.8. Eş-ürün Eğrileri ve Harrod-nötr Teknolojik Değişme

Grafik (II.8)'de $w/r = (DC)/(CA)$, $DC = (wCA)/r = wL/r$ dir. Son eşitliğin her iki tarafına OC 'yi ilave edelim,

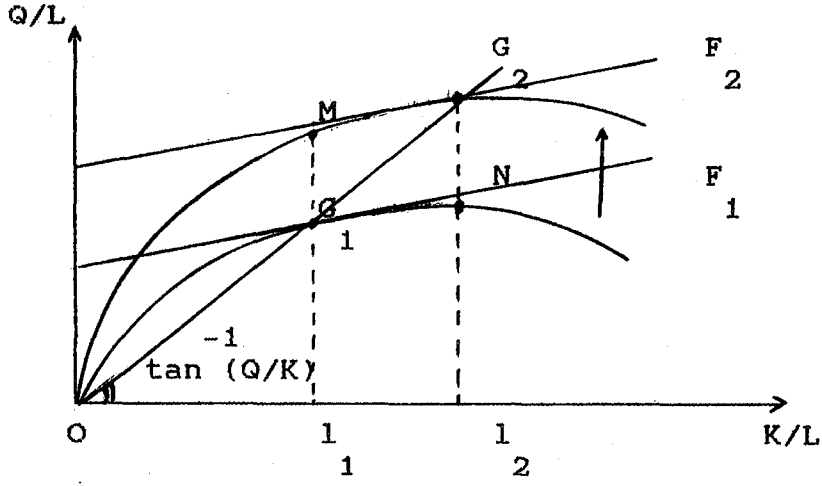
$$DC + OC = (wL/r) + OC \quad \text{buradan,}$$

$$OD = (wL/r) + K = (wL + rK)/r \quad \text{elde edilir.}$$

$wL + rK$ birim üretim maliyetini verdiği için, OD 'nin kar oranının tersi olduğu görülür. Grafik (II.8)'de A 'dan E noktasına geçerken kar oranı $(1/OD)$ ve (K/Q) oranı sabit kaldıklarından teknolojik değişme Harrod-nötr'dür.

AE/EC , Q/L oranında teknolojik değişmenin oluşturduğu artışı göstermektedir. Eğer A 'dan G 'ye geçilseydi, kar oranı sabit kaldığı halde sermaye-emek oranı düşeceği için teknolojik değişme sermaye-tasarruflu olurdu(1).

(1) N.Yıldırım, a.g.e., s.19.



Grafik II.9. Üretim Fonksiyonları ve Harrod-nötr Teknolojik Değişme

Grafik (II.9) üretim fonksiyonları ile Harrod-nötr teknolojik değişmeyi gösterir(1). Orjinden geçen doğru hem G_1 hem de G_2 noktalarından geçmektedir. Bu doğrunun eğimi Q/K oranını verdiği göre, sermaye-üretim oranı K/Q sabit kalmıştır. Böylece Harrod-nötr teknolojik değişmenin birinci varsayımı gerçekleşmiştir. G_1 ve G_2 noktalarında üretim fonksiyonlarına (F_1 ve F_2) teğet olan doğrular birbirlerine paraleldir. Bu ise teknolojik değişme sırasında, yani ekonomik birim G_1 'den G_2 'ye geçerken sermayenin marjinal produktivitesinin sabit kaldığını gösterir. Bu durumda, Harrod-nötr teknolojik değişmenin ikinci varsayımı da gerçekleşmektedir.

Nisbi paylar oranı, $\bar{r}K/wL$, reel ücretin ve sermaye-emek oranının eşit derecede artması sonucu sabit kalmıştır. Teknolojik

(1) Bkz. Oguz Öner, "Teknolojik Gelişme, Büyüme Teorisi ve Azgelişmiş Ülkeler", AUSBF Dergisi, 26, 2, (Haziran 1971), s.220.; R.G.D.Allen, a.g.e., s.237.

değişme, aynı sermaye-emek oranında MP 'yı eskisine göre yükselt-
mektedir (egim, M'de G 'dekinden, G 'de N'dekinden daha büyüktür).
Eğer teknolojik değişme olmasaydı 1 2 noktasında karşılaşılan kar
oranı (N noktasındaki egim) eski kar oranından (G 'deki) çok
düşük olacaktı. Öyleyse Harrod tanımındaki teknolojik değişme,
azalan verimler kanununun etkisini gideren bir unsur olmaktadır.

Ayrıca Robinson ortalama prodüktivite eğrilerini es-
elastikiyetli olarak kaydıran bir teknolojik değişmenin Harrod-
nötr olduğunu, aynı zamanda faktörlerarası ikame elastikiyetinin
(σ) bire eşit olması halinde, Harrod-nötr ile Hicks-nötr
teknolojik değişmelerin (Cobb-Douglas üretim fonksiyonunda)
birbirine eşit olduğunu göstermiştir(1).

Harrod-nötr teknolojik değişme üretim fonksiyonu
çerçevesinde şu şekilde formüle edilebilir:

$$Q = f(K, L, t)$$

$$Q = f[K, A(t)L] \quad (II.7)$$

A(t), Harrod-nötr teknolojik değişme de, Hicks-nötr'deki
gibi bütün üretim faktörlerini değil, sadece emeği etkileyerek
onun verimliliğini artırır.

(II.7)'deki üretim fonksiyonu, K ve A(t)L'de meydana gele-
cek nisbi artışların üretimde aynı oranda artışa neden olacağını,
ekonomik birimin üretim kapasitesi yönünden büyüyeceğini fakat
sermayenin marjinal prodüktivitesinin sabit kalacağını

(1) Bu konuda bkz., J.R. Robinson, Economics of Imperfect Competition,
London: MacMillan, 1933, s.36'dan, V. Savaş, (1974), a.g.e., s.394-395.

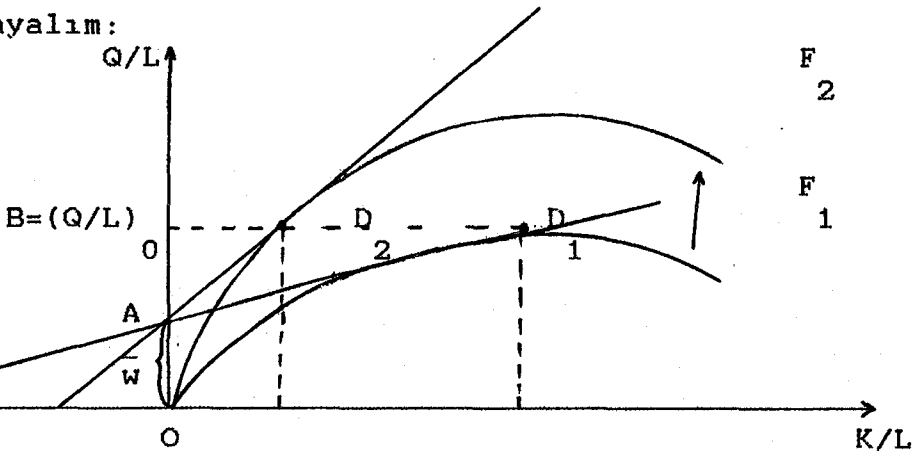
göstermektedir. Yani teknolojik değişme ve sermaye artışı üretim artışına neden olmakta, bu arada emek miktarı varsayımlarımız gereği değişmemektedir. Bunun için de emeğin etkinlik derecesi artmaktadır.

II.2.3.4. Solow Tipi Teknolojik Değişme

Solow, teknolojik değişimin sermaye mallarında belirmemiş sekline karşı çıkar. Bu yüzden Harrod-nötr teknolojik değişimin aksine Solow-nötr teknolojik değişme, sermayenin etkinliğini artıran ve dolayısıyla sermaye-artıran (capital-augmenting) bir teknolojik değişmedir.

Solow-nötr teknolojik değişme, sabit bir ücret oranında (L/Q) oranının sabitliğini içerir. Ücret oranı sabitken, (L/Q) oranı yükseliyorsa Solow emek-yoğun teknolojik değişme, aksine (L/Q) oranı azalıyorsa Solow sermaye-yoğun teknolojik değişme sözkonusudur.

Şimdi Solow-nötr teknolojik değişmeyi grafik yardımıyla açıklayalım:



Grafik II.10. Solow-nötr Teknolojik Değişme

Grafik (II.10)'dan da görüldüğü gibi, teknolojik değişme sonucu ekonomik birim D_1 'den D_2 'ye geçerken, üretim-emek oranı $(Q/L) = B$ ve emeğin marjinal produktivitesi $(AO) = w$ sabit kalmıştır; sermaye-emek oranı (K/L) azalmıştır(1). Ayrıca, diğer teknolojik değişme tiplerinde olduğu gibi, Solow-nötr teknolojik değişmede de faktörlerin nisbi payları sabit kalır. Çünkü, w ve (Q/L) oranı sabit kaldığından emeğin nisbi payı (wL/Q) da sabit kalacaktır. Emeğin nisbi payı değişmeyeceğinden sermayenin nisbi payı da değişmeyecektir.

Solow-nötr teknolojik değişmeyi üretim fonksiyonu ile şöyle gösterebiliriz:

$$Q = f(K, L, t)$$

$$Q = f[A(t)K, L] \quad (II.8)$$

Burada $A(t)$ sermayenin etkinliğini artırır.

Solow bu tip üretim fonksiyonuyla içerilmiş teknolojik değişmeyi ölçmektedir. Solow tanımının teknolojik değişmenin pür sermaye-artıran olduğunu varsayması, sermayede içerilmiş teknolojik değişmeye uygun düşmekte ve farklı kalitedeki sermaye mallarının toplulaştırılması ancak tüm teknolojik değişmenin sermaye artıran (Solow-nötr) olması halinde mümkün olmaktadır. Dolayısıyla bu tanım sermayenin heterojen alındığı Vintage modellerinde kullanışlı bir araç olmaktadır.

Solow-modeli aşağıdaki gibi özetlenebilir(2):

(1) O. Öner, a.g.e., s.221.; Y.Akyüz, a.g.e., s.440-441.

(2) R. Solow, (1957), a.g.e., s.312-316.

$$Q^{\circ}/Q = A^{\circ}/A + A (df/dK)(K^{\circ}/Q) + A (df/dL)(L^{\circ}/Q) \quad (1) \quad (II.9)$$

Burada,

$$w = \frac{(dQ/dK)(K/Q)}{K}$$

$$w = \frac{(dQ/dL)(L/Q)}{L}$$

$$dQ/dK = A (df/dK)$$

$$dQ/dL = A (df/dL)$$

Bunlar (II.9)'da ikame edilerek aşağıdaki eşitlik (II.10) elde edilir.

$$Q^{\circ}/Q = A^{\circ}/A + w \frac{(K^{\circ}/K)}{K} + w \frac{(L^{\circ}/L)}{L} \quad (II.10)$$

Zaman sürecinde üretimde gözlenen değişme, teknolojik değişmeye, üretim faktörlerindeki değişmeye ve sermaye ve emeğin nisbi paylarına bağlıdır.

$$q = Q/L, \quad k = K/L \quad \text{dersek,}$$

ve $q^{\circ} = dq/dt$

$$q^{\circ}/q = A^{\circ}/A + w \frac{k^{\circ}/k}{k} \quad (II.11)$$

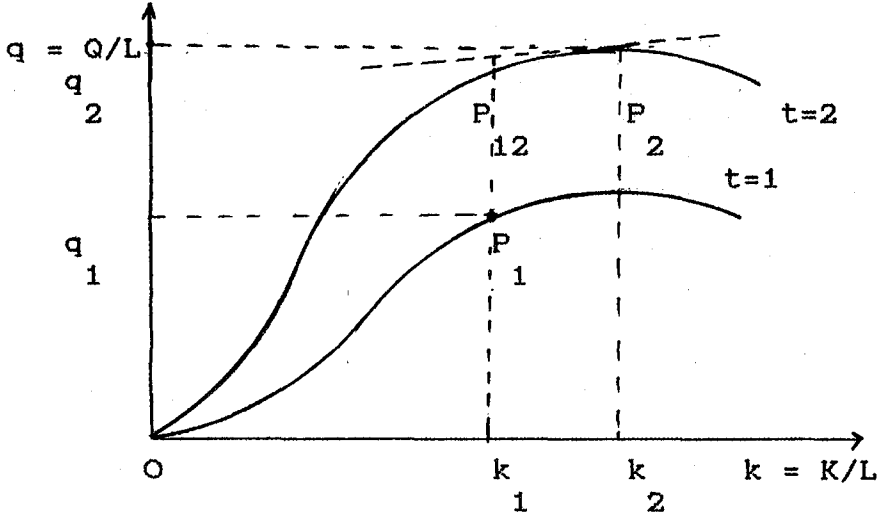
(II.11) nolu eşitlikten ise,

$$A^{\circ}/A = q^{\circ}/q - w \frac{k^{\circ}/k}{k} \quad \text{yada}$$

$$\Delta A/A = \Delta q/q - w \frac{\Delta k/k}{k} \quad (II.12)$$

Bu sonuç, üretim fonksiyonunun teknolojik değişme nedeniyle yukarıya kaymasını gösterir.

(1) \circ işareti değişkenlerin zamana göre türevlerini gösterir.



Grafik II.11. Üretim Fonksiyonları ve Solow-nötr Teknolojik Değişme

Grafik (II.11)'de sabit getirili üretim fonksiyonunda Solow-nötr teknolojik değişmeyi kolayca görebiliriz. Bu grafik ile q ve k 'ya göre üretim fonksiyonunun değişimi ifade edilmektedir. Burada dikkat edilecek nokta, k ve q düzleminde üretim fonksiyonunun zaman içindeki hareketinin aynı eğri boyunca olabileceği gibi, eğrinin tümüyle kayması şeklinde de olabileceğidir. $t=1$ ile gösterilen eğri nötr teknolojik değişmeyi veren faktörlerin etkisi ile $t=2$ egrisine kayar. P_1 ve P_2 noktalarına ait bilgilerden bu değişme tahmin edilebilir.

Burada teknolojik değişme $\Delta A/A$, yani grafikteki $P_1 P_2$ uzunluğunun q_1 'e oranıdır $(P_2 P_1 / q_1)$. $P_2 P_1$ uzunluğunu bulabilmek için $k_1 P_1$ uzunluğundan q_1 uzunluğunu çıkarmalıyız. Buna göre;

$$k_1 P_1 = q_1 - (dq/dk) \Delta k \quad (II.13)$$

$$\begin{aligned} \text{Buradan} \quad P_2 P_1 &= q_2 - q_1 - (dq/dk) \Delta k \\ &= \Delta q - (dq/dk) \Delta k \quad (II.14) \end{aligned}$$

Burada

$$\Delta q = q_2 - q_1$$

ve

$$\Delta A/A = (P_{12} P_1) / q_1$$

$$= [\Delta q - (dq/dk)\Delta k] / q \quad (II.15)$$

Burada $q_1 = q$

(II.15)'deki ifadeyi k ile çarpıp, k ile bölersek;

$$\Delta A/A = \Delta q/q - (dq/dk)(k/q)(\Delta k/k)$$

Burada $(dq/dk)(k/q) = w_k$

$$\Delta A/A = \Delta q/q - w_k \Delta k/k \quad (II.16)$$

elde edilir.

Nötr-olmayan teknolojik değişme, daha karmaşık bilgiler içermesine rağmen benzer şekilde açıklanabilir.

Solow bu modelinde sermayenin marjinal prodüktivitesine bağlı teknolojik değişimin önemini belirtmiştir.

Önceki kısımlarda faktör-artıran ve faktör-yoğun teknolojik değişme kavramlarını sık sık kullandık. Şimdi bu kavramların çalışmamızda hangi anlama geldiklerini açıklayalım. Bunun için önce faktör-artıran ve faktör-yoğun teknolojik değişme kavramları arasındaki farkı belirtip, daha sonra da bu konuyu gördüğümüz üç sınıflandırma türü için bir üretim fonksiyonu ile özetleyeceğiz.

Harrod ve Solow sınıflandırmada teknolojik değişme nötr olduğu zaman, bir yada öbür faktörü artıracaktır. Harrod-nötr

teknolojik değişme emek-artıran, Solow-nötr teknolojik değişme sermaye-artıran bir özelliğe sahiptir. Hicks-nötr teknolojik değişmede her iki faktör eşit olarak artar.

Buradaki artışın anlamı şudur; teknolojik değişme sonunda ortaya çıkan prodüktivite artışının, sanki faktörlerden birinin miktarındaki artıştan kaynaklandığı şeklindedir. Bu şekildeki yorumlama, teknolojik değişmenin model içindeki değişkenlerle ilişkilendirilmemiş olmasındandır. Bu ilişkilendirme yapılmayınca model içinde teknolojik değişmenin üretimde meydana getirdiği artışın nedeni suni bir etkene bağlanmaktadır.

Teknolojik değişmenin, bir faktörün gelirini artıracak biçimde sonuç vermesi faktör eğilimi (factor bias) diye adlandırılır. Faktör eğilimi ile faktör artırma olayları birbiriyle karıştırılmamalıdır. Teknolojik değişmenin nötrlükten ayrılması bir veya öbür faktörün eğilim kazanması ile mümkündür. Faktör-yoğun ve faktör-tasarruflu kavramları da nötrlükten ayrılmayı ifade ederler. Bir faktörden daha fazla kullanılırsa o faktörün geliri artacaktır. Teknolojik değişme sonunda faktörden tasarruf sağlanıyorsa o faktörün geliri azalacaktır. Bunun için teknolojik değişme bir faktörün daha fazla yada daha az kullanılması sonucunu doğuruyorsa bu tür teknolojik değişmenin faktör-eğilimini sağladığını anlayacağız.

Faktörartıran teknolojik değişmeyi temsil eden bir üretim fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$Q = f(a K, b L) \quad (II.17)$$

t t

Burada, teknolojik değişme; $a = 1$ ise Harrod-nötr (pür emek-
artıran), $b = 1$ ise Solow-nötr (pür sermaye-artıran) ve $a = b$
ise Hicks-nötr olacaktır(1).

Hicks eğilim ölçüsü

$$D = [(1/\sigma) - 1] [(b^0/b) - (a^0/a)] \quad (II.18)$$

dir. $D = 0$ olmasına göre teknolojik değişme Hicks sermaye-yoğun,
nötr ve emek-yoğun olur. Eğer $\sigma=1$ (Cobb-Douglas üretim
fonksiyonu) ise etkinlik terimlerinde (a ve b) değişmeler ne
olursa olsun $D = 0$ olur, bu durumda teknolojik değişme Hicks-
nötr'dür. Dikkat edileceği gibi $\sigma=1$ iken her üç teknolojik değişme
tipi de aynı sonucu verir. $\sigma \neq 1$ ise eğilim göstergeleri farklı
işaretlerde çıkacaktır. Eğer $\sigma < 1$ iken $b^0/b > a^0/a$ ise teknolojik
değişme Hicks sermaye-yoğun ($D > 0$), $b^0/b = a^0/a$ ise Hicks-nötr
($D = 0$) ve $b^0/b < a^0/a$ ise Hicks emek-yoğun ($D < 0$) olur. $\sigma > 1$
iken tersi durum söz konusu olacaktır.

$a^0/a = 0$ olduğunda Harrod tipi teknolojik değişmenin
göstergesi H elde edilir.

$$H = [(1/\sigma) - 1] (b^0/b) \quad (II.19)$$

$H > 0$ olduğunda teknolojik değişme Harrod emek-yoğun ve $H < 0$
oldüğunda Harrod sermaye-yoğun olur.

$b^0/b = 0$ olduğunda Solow tipi teknolojik değişmenin
göstergesi S;

$$S = [(1/\sigma) - 1] (a^0/a) \quad \text{dir.} \quad (II.20)$$

(1) N.Yıldırım, a.g.e., s.35-37.

$S > 0$ olduğunda Solow emek-yoğun ve $S < 0$ olduğunda ise Solow sermaye-yoğun teknolojik değişme sözkonusudur(1).

II.2.4. Uyarılmış Teknolojik Değişme

Buraya kadar teknolojik değişimin ekzojen biçimini ele aldık. Bu kısımda ise teknolojik değişimin endojen değişken olarak ele alınması üzerinde durulacaktır. Bu konu ile ilgili iki modele değinilecektir. Bunlar:

- (i) Arrow'un yaparak öğrenme modeli,
- (ii) Kaldor'un teknolojik gelişme fonksiyonu.

Teknolojik değişimin her zaman otonom bir özelliğe sahip olmadığı ve bazı durumlarda onun uyarılmış olacağı ampirik çalışmalarda ispatlanmıştır. Nitekim Hicks, teknolojik değişimleri otonom ve uyarılmış olarak ikiye ayırmakta ve ekonomik birimin faktör donatımını gözönüne almayan, beklenmedik değişmelere otonom teknolojik değişimler, ekonomik birimdeki faktör donatımının uyardığı teknolojik değişmelere de uyarılmış teknolojik değişimler demektedir.

İlk büyüme modellerinde teknolojik değişme, sistem dışında belirlenen, ekzojen bir zaman değişkeni gibi ve içerilmemiş olarak yer almıştı. Fakat daha sonra yapılan araştırmalar büyümenin en önemli faktörü olan teknolojik değişimin, ortaya çıkış nedenlerini modeller içinde endojen olarak açıklamaya çalışmıştır.

(1) Daha geniş bilgi için bkz. N.yıldırım,a.g.e.,s.93-109.

Teknolojik değişmeyi uyaran çeşitli etkenler vardır. Kaldor ve Arrow teknolojik değişmenin yatırımlar yoluyla uyarıldığı tezini kabul etmektedirler. Teknolojik değişmenin yatırımlar yoluyla uyarıldığı görüşü yanında eğitim, araştırma ve geliştirme süreçleriyle de belirlendiği tezleri savunulmuştur. Bu konuda çeşitli büyüme modelleri de geliştirilmiştir(1).

II.2.4.1. Yapararak Öğrenme Modeli

İlk defa Arrow tarafından ortaya atılan bu modelde, teknolojik değişme öğrenmeye dayanır. Öğrenme ise, deneyimin ürünüdür ve tekrarlamalar ile pekişir. Öyleyse teknolojik değişme üretim sürecindeki deneyimlere bağlı olarak ortaya çıkar ve artık ekzojen olmayıp ekonomik bir faaliyetin (deneyim) bir fonksiyonu olmaktadır. Yapararak öğrenme hipotezine göre deneyimin ölçüsü, kümülatif gayrisafi yatırımlardır. Bu modelin diğer varsayımları şöyledir; teknolojik değişme (deneyimden doğan öğrenme) üretim sürecine yeni yatırımlarda içerilerek girer. Yani yapılış yılı yaklaşımı geçerlidir. Ayrıca faktörlerarasında ikame yoktur. (Arrow'da ex ante ex post ikame ayrımı yoktur).

Arrow modelindeki üretim fonksiyonu ölçeğe göre artan getirilidir. Artan getiri söz konusu iken, $wL + rK = kQ$, $k > 1$ olduğundan (Euler Teoremi) w ve r emek ve sermayenin marjinal

(1) Bu konuda geniş bilgi için bkz. Hüsnü Erkan, "Die Modelle der Makroökonomischen Wachstumstheorie und die Theorie der Wirtschaftlichen Entwicklung," (Basılmamış Doktora Tezi, Freiburg i.Br., 1976), s.187'den, H. Erkan, "Genelleştirilmiş Bir Teknik İlerleme Fonksiyonu ve Ekonomik Büyüme," HÜİBF Dergisi, 1,1, (Haziran 1978), s.48-49.

prodüktivitelere esit degildir. Bu modelde emek marjinal sosyal ürüne esit miktarda ücret alırken, sermaye kendi sosyal marjinal ürününden daha az alır. Bu durumda yatırımların özel faydası (yatırımcının sağladığı fayda) sosyal faydadan daha azdır.

Modelin büyüme hızı $n/(1-\alpha)$ ile bulunur. Burada n , nüfus artış hızını, α ise üretim miktarı artıkcı maliyette meydana gelecek azalmayı gösterir ($0 < \alpha < 1$). Formülün ifade ettiği anlam şudur; devamlı büyüme için, kümülatif gayrisafi yatırımlar gibi toplam üretimin de aynı büyüme hızıyla büyümesi gerekir.

Arrow'un uyarılmış teknolojik değışmeyi açıklayan yaparak öğrenme modelinin (Learning by doing) diğer özellikleri; sabit katsayılı bir üretim fonksiyonunun varlığı, uyarılmış teknolojik değışmenin sermayeye içerilmiş ve emek-artıran etki yaptığıdır(1).

Bu bilgiler ışığında Arrow, katı teknolojinin geçerliliği yanında, uyarılmış ve emek-artıran teknolojik değışmenin varlığına dayalı bir sermaye yaşı modeli ortaya koymaktadır.

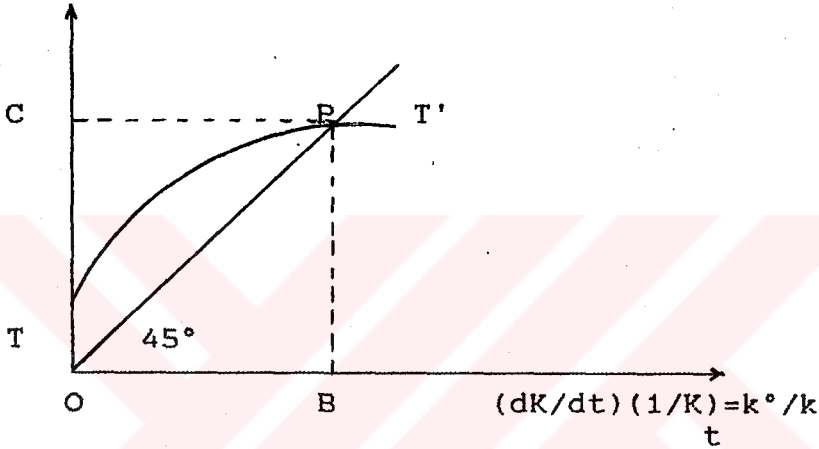
II.2.4.2. Teknolojik Gelişme Fonksiyonu

Kaldor, üretim fonksiyonundaki kaymalarla fonksiyon üzerindeki hareketin birbirinden ayırdedilmesinin güçlüğünden dolayı, üretim fonksiyonu yerine teknolojik gelişme fonksiyonunu

(1) Arrow'un üretim fonksiyonunun matematiksel formu için bkz. H.Erkan, "Uyarılmış Teknik İlerleme ve Ekonomik Büyüme:Yaparak Öğrenme ve Enfrastrüktür Yoluyla Teknik İlerlemenin Büyüme Modellerinde Analizi", HÜİİBF Dergisi, 1,2, (1979), s.66-68.

kullanmıştır. Kaldor ilk makalesinde içerilmemiş teknolojik değişme yaklaşımıyla teknolojik gelişme fonksiyonunu açıklamıştır(1). Şimdi bu fonksiyonun özelliklerini ve ne ifade ettiğini bir grafik yardımıyla açıklayalım:

$$(dq/dt)/(1/Q) = q^0/q$$



Grafik II.12. Teknolojik Gelişme Fonksiyonu

Teknolojik gelişme fonksiyonu, kişi başına üretim artış hızını (verimlilik artış hızı), kişi başına sermayedeki artış hızı (net sermaye birikim hızı) ile açıklayan bir fonksiyondur.

$$\text{Burada } q^0 = dq/dt \text{ , } k^0 = dk/dt$$

sırasıyla kişi başına üretimin zamana göre türevi ve kişi başına sermaye birikiminin zamana göre türevidir. Bu ifadeleri sırasıyla q ve k ile bölersek, q ve k 'nin zaman içindeki artış hızlarını elde ederiz. Aralarındaki fonksiyonel ilişki ise aşağıdaki gibidir:

$$q^0/q = f(k^0/k)$$

(1) N.Kaldor, "A Model of Economic Growth," *EJ*, 67, (Dec.1957), s.591-624; Başka teknolojik gelişme fonksiyonları için bkz., H.Erkan, (1978), a.g.e., s.49-55.

Grafik (II.12)'deki TT' eğrisi teknolojik gelişme fonksiyonunu gösterir(1). Bu fonksiyonun özellikleri şöyledir;

$$f_0 > 0$$

$$f' > 0$$

$$f'' < 0$$

$f_0 > 0$ olması, yani eğrinin dik eksenini pozitif olarak kesmesi, kişi başına sermaye miktarında bir artış olmasa bile, belli ölçüde bir teknolojik değişimin gerçekleşeceğini gösterir. $f' > 0$ olması, iki değişken arasındaki ilişkinin pozitif yönlü olduğunu $f'' < 0$ ise kişi başına sermayedeki artış hızının verimliliği artırma etkisinin azalan verimler kanununa uygunluğunu gösterir.

Grafik (II.12)'de görüldüğü gibi TT' fonksiyonu P noktasına kadar artarken, bu noktadan sonra hızı azalmaktadır. Yani sermaye birikimini artırmakla erişilebilecek maksimum bir teknolojik gelişme hızı vardır. Eğer kişi başına sermaye birikim hızı OB'den azsa, üretim artış hızı sermaye birikiminden daha büyük aksi durumda sermaye birikim hızı üretim artış hızından daha büyük olacaktır. P noktasında ise üretim artış hızı ile sermaye artış hızı birbirine esittir ($q^0/q = k^0/k$). Bu nokta bize teknolojik gelişme fonksiyonunun kararlı yolda olduğunu gösterir. Çünkü fonksiyon 45° lik açısı olan bir doğru ile kesilmiş ve kesişme noktasının eksenlerdeki izdüşüm noktaları C ve B, k ve q'nun aynı büyüme hızını gösterir. Öyle ise teknolojik gelişme hızı $m = q^0/q = k^0/k$ dır.

(1) O.Öner, a.g.e., s.239-241.; R.G.D.Allen(1975), a.g.e., s.252.

Teknolojik gelişme fonksiyonunun doğrusal olduğunu varsayarsak, bu fonksiyon teknolojik değişmeyi içeren ölçeğe göre sabit getirili Cobb-Douglas üretim fonksiyonunu verir(1).

Kaldor J.Mirrless ile yaptığı başka bir çalışmada içerilmiş teknolojik değişmeyi ele aldığı teknolojik gelişme fonksiyonunda, son makineler üzerinden elde edilen kişi başına üretim artış hızı q^0/q , kişi başına yatırım artış hızı $i/1$ tarafından açıklanmaktadır(2).

II.3. Üretim Fonksiyonlarının Ekonometrik Analizi

II.3.1. Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonunun Tanımlanması

Marshall tipi (3) üretim fonksiyonları içinde en fazla bilinip kullanılan Cobb-Douglas (C-D) üretim fonksiyonudur. Bu

(1) Teknolojik gelişme fonksiyonu doğrusal olarak $q^0/q = m + \beta(k^0/k)$ şeklinde yazılabilir. Bu denklem, logaritmik türev şeklinde $d/dt(\ln y - \beta \ln k) = m$ veya $d/dt(\ln y/k) = m$ olur. Bu ifadenin integrali $\ln y/k = mt$ dir. Antilogaritması ise $y/k = e^{\beta mt}$ buradan $y = k e^{\beta mt}$ bulunur. Burada $y = k e^{\beta mt}$ birinci dereceden homojen Cobb-Douglas üretim fonksiyonunu, $e^{\beta mt}$ ise, m hızı ile büyüyen teknolojik değişmeyi gösterir.

(2) N.Yıldırım, a.g.e., s.82.

(3) Üretim fonksiyonlarının belirlenmesinde kullanılan Marshall tipi yaklaşım, belirli girdi alt-setleri ile bunların üretime katkıları arasındaki ilişkileri inceleyen, yani katma değer yönünden ele alan görüşü benimser.

fonksiyon ismini araştırmalarının sonucunda, özelliklerini bulan ekonomist P.H.Douglas ve bu özelliklerin matematiksel form ile ifadesini veren matematikçi C.W.Cobb'dan almıştır(1).

Fonksiyonun genel formülü şoyledir:

$$Q(X) = A \prod_{i=1}^n X_i^{a_i}, \quad A > 0, \quad \sum_{i=1}^n a_i = 1 \quad (\text{II.21})$$

Burada Q = üretim miktarı,

X_i = üretim faktörleri,

A ve a_i sabit terimleri gösterir.

Douglas tarafından tahmin edilen orjinal fonksiyon;

$$Q = A K^\alpha L^{1-\alpha} \quad (\text{II.22})$$

Burada Q = üretim miktarı , L = emek, K = sermaye, A ve α sabit parametrelerdir.

Douglas bu fonksiyonu, ücretin toplam üretim içindeki payı üzerine yaptığı araştırmada bulmuştur. Burada emeğe yapılan toplam ücret ödemelerinin üretimin sabit bir oranı olduğu ortaya çıkmıştır.

$$wL = (1-\alpha) Q \quad \text{veya} \quad Q/L = [1/(1-\alpha)]w \quad (\text{II.23})$$

(1) Cobb-Douglas üretim fonksiyonu konusunda ekonomi literatüründe geniş kaynak mevcuttur. Örneğin; Derek L.Bosworth, *Production Functions: A Theoretical and Empirical Study*, Lexington: Lexington Books, 1976.; Leife Johansen, *Production Functions*, Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1972.; Michael D. Intriligator, *Econometric Models, Techniques and Application*, Englewood Cliffs: N.J. Prentice-Hall, 1978.; R.G.D.Allen (1975), a.g.e.; F.Heathfield (1971), a.g.e.; K.Sato (1975), a.g.e.; R.W.Shephard, a.g.e.; Z.Avrallıoğlu (1971), a.g.e.

Tam rekabet piyasasında karını maksimum kılmayı amaçlayan bir firma, ücretleri emeğin marjinal produktivitesine eşitlemeye çalışır ($w=dQ/dL$). Bundan dolayı (II.23)'teki eşitlik aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$dQ/dL = (1-\alpha)(Q/L) \quad (II.24)$$

Cobb'un bu ampirik çalışmaya katkısı $Q = A K^\alpha L^{1-\alpha}$ şeklindeki üretim fonksiyonunu önermek olmuştur. Bu fonksiyonun L'ye göre kısmi türevi alındığında bulunan ilişki (II.24)'teki ile aynıdır.

$$\begin{aligned} dQ/dL &= (1-\alpha) (A K^\alpha L^{\alpha(1-\alpha)-1}) \\ &= (1-\alpha)/L (A K^\alpha L^{\alpha(1-\alpha)}) \\ Q &= (A K^\alpha L^{\alpha(1-\alpha)}) \\ dQ/dL &= (1-\alpha) Q/L \end{aligned} \quad (II.25)$$

Bulduğumuz sonuçtan Cobb'un geliştirdiği fonksiyonun gözlenen ilişki ile uyumlu olduğunu söyleyebiliriz.

C-D üretim fonksiyonunun en fazla kullanılan şekli,

$$Q = A K^\alpha L^\beta \quad (II.26)$$

Burada $0 < \alpha < 1$, $0 < \beta < 1$ dir. Bu fonksiyon için de $dQ/dL = (1-\alpha) Q/L$ koşulu gerçekleşir ($1-\alpha = \beta$).

C-D fonksiyonunda üretim faktörlerinin marjinal produktiviteyi:

Sermayenin marjinal produktivitesi;

$$MP_K = dQ/dK = \alpha(AK^{\alpha-1} L^\beta) = \alpha(AK^{\alpha-1} L^\beta) K^{-1}$$

$$MP_K = \alpha(Q/K) = \alpha(AP_K) \quad (II.27)$$

Emeğin marjinal prodüktivitesi;

$$MP_L = dQ/dL = \beta(AK L^{\alpha-\beta} e^{\beta u}) = \beta(AK L^{\alpha-\beta} e^{\beta u})L^{-1}$$

$$MP_L = \beta(Q/L) = \beta(AP_L) \quad (II.28)$$

Görüldüğü gibi marjinal prodüktiviteler ilgili faktörün üstünde yer alan katsayı ile faktörün ortalama prodüktivitesinin (AP_K, AP_L) çarpımına eşit olmaktadır. Marjinal prodüktiviteler faktör kullanımı arttıkça, sürekli olarak azalmaktadır. C-D üretim fonksiyonunda tam rekabet şartları altında faktörlerin marjinal prodüktiviteleri fiyatlarına eşit olmaktadır. Ücret,

$$w = dQ/dL = \beta(Q/L) \quad (II.29)$$

sermayenin fiyatı,

$$r = dQ/dK = \alpha(Q/K) \quad \text{dır.} \quad (II.30)$$

Faktörlerin ikinci kısmi türevleri değişen faktöre göre azalan, artan ve sabit getirinin olup olmadığını gösterir.

$$\begin{aligned} d^2 Q/dK^2 &= \alpha(\alpha-1)(AK^{\alpha-2} L^{\beta} e^{\beta u}) \\ &= \alpha(\alpha-1)(Q/K)^2 \end{aligned} \quad (II.31)$$

$$\begin{aligned} d^2 Q/dL^2 &= \beta(\beta-1)(AK L^{\alpha-\beta-2} e^{\beta u}) \\ &= \beta(\beta-1)(Q/L)^2 \end{aligned} \quad (II.32)$$

Yukarıdaki eşitlik (II.31) sermayenin ikinci kısmi türevini,

(II.32) emeğin ikinci kısmi türevini göstermektedir. Azalan verimler yasasının geçerli olması için α ve β 'ni sıfır ile bir arasında olması gerekir. Ancak bu durumda ikinci kısmi türevler negatif değerli olacaktır.

C-D üretim fonksiyonu aşağıdaki koşulları tatmin etmektedir(1):

$$Q = f(K,L)$$

$$f(K,0) = f(0,L) = 0 \quad (\text{II.33})$$

$$dQ/dK \geq 0, \quad dQ/dL \geq 0 \quad (\text{II.34})$$

$$\frac{d^2 Q}{dK^2} \leq 0, \quad \frac{d^2 Q}{dL^2} \leq 0 \quad (\text{II.35})$$

$$[d^2 Q/dK^2] [d^2 Q/dL^2] - [d^2 Q/dKdL]^2 \geq 0$$

(II.33)'nolu eşitlik her iki faktörün çıktının üretimindeki gerekliliğini gösterir ($L > 0, K > 0$). (II.34)'nolu eşitlik marjinal produktivitelere negatif olamayacağını (II.35)'nolu eşitlik ise faktör miktarı artırıldığında üretimin azalan oranda artacağını gösterir. C-D üretim fonksiyonunun bu koşulları tatmin etmesi $\alpha < 1$ ve $\beta < 1$ olmasına bağlıdır. Bu koşullar altında C-D üretim fonksiyonu Neoklasik bir üretim fonksiyonudur.

C-D fonksiyonunda üretim (çıktı) elastikiyetleri:

Herhangi bir faktördeki değişimin çıktıda meydana getireceği değişmeyi üretim elastikiyetleri göstermektedir. C-D fonksiyonunda; α üretimin sermayeye göre β ise üretimin emeğe göre elastikiyet katsayılarıdır.

(1) Bkz. D.Intriligator, a.g.e., s.263.; F.Wynn and K. Holden, a.g.e., s.47-51.

$$\begin{aligned}
\text{Üretimin sermayeye göre elastikiyeti} &= \frac{dQ/Q}{dK/K} = (dQ/dK) (K/Q) \\
&= \alpha (Q/K) (K/Q) \\
&= \alpha \quad \quad \quad (\text{II.36})
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Üretimin emeğe göre elastikiyeti} &= \frac{dQ/Q}{dL/L} = (dQ/dL) (L/Q) \\
&= \beta (Q/L) (L/Q) \\
&= \beta \quad \quad \quad (\text{II.37})
\end{aligned}$$

Görüldüğü gibi elastikiyetler üretim faktörlerinin katsayılarına eşit çıkmaktadır. Bu yüzden C-D fonksiyonuna sabit elastikiyetli fonksiyon veya model denilmektedir.

C-D fonksiyonunda faktörlerin üstleri, üretim faktörlerinin üretim içindeki nisbi paylarını da gösterir.

$$\begin{aligned}
\text{Sermayenin üretim içindeki payı} &= rK/Q = \alpha(Q/K)(K/Q) \\
&= \alpha \quad \quad \quad (\text{II.38})
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Emeğin üretim içindeki payı} &= wL/Q = \beta(Q/L)(L/Q) \\
&= \beta \quad \quad \quad (\text{II.39})
\end{aligned}$$

(II.38) ve (II.39)'nolu eşitliklerde görüldüğü gibi, üretim faktörlerinin üretim içindeki nisbi payları sabittir. Bu modelde faktör paylarının değişebilmesi için, üretim fonksiyonunun kayması, yani teknolojik değişme olması gerekir.

C-D fonksiyonunda ölçeğe göre getiri:

Üretim faktörleri pozitif bir sabit olan λ oranında artırıldığında Q , $Q \lambda^{\alpha+\beta}$ şeklinde yazılabildiğinden, fonksiyon $\alpha+\beta$ dereceden homojendir.

$$\begin{aligned}
Q &= A K^\alpha L^\beta \\
Q_1 &= A (\lambda K)^\alpha (\lambda L)^\beta \\
Q_1 &= Q \lambda^{\alpha+\beta}
\end{aligned}
\tag{II.40}$$

$\alpha+\beta = 1$ ise ölçeğe göre sabit getiri,

$\alpha+\beta < 1$ ise ölçeğe göre azalan getiri,

$\alpha+\beta > 1$ ise ölçeğe göre artan getiri sözkonusudur.

(II.40)'nolu eşitlikten görüldüğü gibi C-D fonksiyonunda faktörlerin katsayılarının toplamı ölçeğe göre getiriye de göstermektedir.

C-D fonksiyonunda marjinal teknik ikame oranı:

$$MRS_{L.K} = - \frac{dK}{dL} = \frac{dQ/dL}{dQ/dK} = \frac{\beta(Q/L)}{\alpha(Q/K)} = \frac{\beta}{\alpha} \frac{K}{L}
\tag{II.41}$$

Bu oran, ikame ile faktörlerden birini bir ünite artırdığımızda, diğerini belirli bir miktar azaltmamız gerektiğinden daima negatif işaretlidir. MRS'nin değeri sermaye yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir. MRS'yi faktör fiyatları terimleri ile de ifade edebiliriz.

$$MRS_{L.K} = w/r
\tag{II.42}$$

C-D fonksiyonunda ikame elastikiyeti:

$$\sigma = \frac{\frac{d(K/L)}{(K/L)}}{\frac{d(dK/dL)}{(dK/dL)}} \quad \text{veya}$$

$$\sigma = \frac{\frac{d(K/L)}{(K/L)}}{\frac{d(w/r)}{(w/r)}} \quad (\text{II.43})$$

C-D üretim fonksiyonunda K ve L arasındaki ikame elastikiyet katsayısı bire eşittir (1). C-D fonksiyonu için σ önce Q sabit tutularak türevinin alınması ile elde edilir(2).

C-D fonksiyonunda faktör yoğunluğu:

C-D üretim fonksiyonunda faktör yoğunluğu α/β oranı ile ölçülür. Bu oranın değerinin artması daha sermaye yoğun azalması ise daha emek yoğun üretim teknolojisini ifade eder.

C-D fonksiyonunda etkinlik katsayısı:

C-D fonksiyonunda A parametresi etkinlik ve boyut katsayısıdır. Üretim, sermaye ve emek farklı teknik birimlerle

(1) F.Heathfield, a.g.e., s.35-36.; D.Intriligator, a.g.e., s.265.

$$\begin{aligned} (2) \quad \bar{Q} &= A K^{\alpha} L^{\beta} \\ 0 &= \alpha A K^{\alpha-1} L^{\beta} dK + \beta A K^{\alpha} L^{\beta-1} dL \\ &= \alpha(Q/K)dK + \beta(Q/L)dL \end{aligned}$$

$$dK/dL = - (\beta/\alpha)(K/L) \quad (1)$$

$$(dK/dL)/(K/L) = -\beta/\alpha \quad (2)$$

(1)'nolu eşitliğin (K/L)'ye göre türevi alınırsa,

$$d(dK/dL)/d(K/L) = -\beta/\alpha \quad (3)$$

(2) ve (3) nolu eşitlikler σ formülünde ikame edilirse,

$$\sigma = (-\beta/\alpha)/(-\beta/\alpha) = 1 \text{ olur.}$$

ölçüldüğü zaman A, bu birimler arasında kıyaslama olanağı vermektedir. Çok defa ampirik araştırmalarda bu değişkenler boyutsuz indeks sayıları şeklinde ifade edilmekte ve baz yolda $A=1$ olmaktadır. Üretim elastikiyetleri veri iken A ne kadar yüksek ise, belli bir faktör bileşiminden elde edilen üretim de o kadar yüksek olacağından A'daki değişmeler faktörün etkinliğinin değiştiğini gösterir, kısaca üretim fonksiyonunun kaymasına yol açar.

Daha önce bir üretim fonksiyonu ile teknolojik değişmeyi ölçmede, dört ögenin rol oynadığını belirtmiştik. C-D üretim fonksiyonunda bu dört ögenin değerleri aşağıdaki parametrelerle belirlenir:

- (i) Etkinlik parametresi: A
- (ii) Ölçeğe göre getiri derecesi: $\alpha+\beta$
- (iii) Sermaye-yoğunluğu: α/β
- (iv) Emek-sermaye ikame elastikiyeti: $\sigma=1$

C-D fonksiyonunun tahmini:

Doğrusal modeller bazı iktisadi ilişkileri açıklamada yetersiz kaldığından, doğrusal olmayan ilişkilere başvurulur(1).

(1) Bu konuda geniş bilgi için bkz. Y.İşyar - Ergün Kip, Basit ve Çoklu Regresyon Analizlerinin Zirai Ekonomi Problemlerine Uygulanması, Erzurum:AU Basımevi, 1976, s.3-9.; S. Ertas, "Ekonometrinin Teorisi Ders Notları," (Teksir, UÜİİBF, 1983), s.7.25-7.29.; Ö.Serper, a.g.e., s.330-335.; A.Koutsoyiannis, Theory of Econometrics, A Introductory Exposition of Econometric Methods, 2th.Ed., London:Macmillan Press Ltd., 1979, s.134-137.

Doğrusal olmayan iktisadi ilişkilerin bir ifade şekli de sabit elastikiyetli fonksiyonlarla verilir. C-D üretim fonksiyonunun da sabit elastikiyetli bir fonksiyon olduğuna değinmiştik. Bu tip fonksiyonlar, değişkenlerin uygun dönüşümleri yapılarak Olagan En Küçük Kareler (OEKK)(1) ve/veya Maksimum Olabilirlik Metodu(2) ile tahmin edilebilir.

Üretim faktörleri ile üretim arasındaki ilişki gerçek anlamda deterministik olmayıp stokastik bir ilişkidir. Bundan dolayı fonksiyona bir hata terimi eklenmektedir(3). Eger ilişki sabit elastikiyetli türdense,

$$Q = A K^{\alpha} L^{\beta} u \quad (\text{II.44})$$

hata terimi çarpım şeklindedir ve $E(u)=0$ varsayımı gerçekleşemez. Çünkü bu durumda fonksiyon (ortalama düzeyinde) kaybolacaktır. Bu nedenle sabit elastikiyetli fonksiyonu daha uygun olarak şu şekilde yazabiliriz:

$$Q = A K^{\alpha} L^{\beta} e^u \quad (\text{II.45})$$

Burada $e=2.718$, doğal logaritma tabanıdır. Ancak bu kalıpta, $E(u)=0$, $E(u_i^2) = \sigma^2$, $E(u_i, u_j) = 0$ ($i \neq j$ için) ve $E(u_i X_j) = 0$ şeklindeki geleneksel varsayımlar geçerli olacaktır.

Uygulama bölümünde C-D fonksiyonu tahmini yapılacağı için, eşitlik (II.45)'in tahmin prosedürünü açıklayalım. (II.45)'nolu

(1) Bkz. Ek 2.

(2) Metod için bkz. Y. İşyar-E. Kip, a.g.e., s.14-16.; S. Ertas (1983), a.g.e., s.18.1-18.47.

(3) Bkz. Ek 2.

eşitliğin tahmininde uygun dönüştürme, değişkenlerin (e tabanına göre) logaritmaları alınarak, bulunan logaritmik doğrusal fonksiyonla çalışmaktır.

$$\ln Q = \ln A + \alpha \ln K + \beta \ln L + u \quad (II.46)$$

$$\hat{Q} = \ln Q, \quad \hat{K} = \ln K, \quad \hat{L} = \ln L, \quad \hat{A} = \ln A$$

şeklinde tanımlayıp, aşağıdaki dönüştürülmüş doğrusal kalıba OEKK'yı uygulayabiliriz.

$$\hat{Q} = \hat{A} + \alpha \hat{K} + \beta \hat{L} + u \quad (II.47)$$

Burada $\hat{\alpha}$ ve $\hat{\beta}$ tahminleri eğilimsizdir. \hat{A} da eğilimsiz tahmin olduğu halde, logaritmik dönüşümü A parametresi için eğilimli fakat tutarlı bir tahmin verir(1).

(1) $A = \ln A$ olduğundan antilogaritması alınır, $A = e^{\hat{A}}$ bulunur.

Böylece A'nın tahmini $\hat{A} = e^{\hat{A}}$ olur. $E(\hat{A}) = A$ olmasına rağmen,

\hat{A} , A'nın eğilimsiz bir tahmin edicisi değildir.

$E(\hat{A}) \neq e^{E(\hat{A})} = e^A = A$. Bununla beraber $n \rightarrow \infty$ olduğunda eğilim ve varyans sıfıra yaklaşır, yani \hat{A} tutarlıdır. u ve K'nın (veya u ve L'nin) bağımsızlığı varsayımı $E(e^u)$ 'nin genellikle 1'den farklı olduğu anlamına gelir. Çünkü

$E(e^u) \neq e^{E(u)} = e^0 = 1$. Böylece sabit elastikiyet kalıbında $E(Q) \neq AKL$ dır. $E(uK) = 0$ (veya $E(uL) = 0$) varsayımı gereği

$E(e^u) = c$ dir. c, 1'den farklı bir sabittir. Bunun yerine gerçekte $E(Q) = \{A E(e^u)\} K L = (Ac) K L$ dır.

II.3.1.1. Teknolojik Değişme ve Cobb-Douglas

Üretim Fonksiyonu

C-D üretim fonksiyonundaki bir değişme zaman içinde mevcut üretim tekniklerindeki gelişmedir.

Üretim fonksiyonları eş-ürün eğrilerinin şekil ve konumlarını belirler. Bu yüzden bir teknolojik değişmeden üretim fonksiyonunun bir veya tüm parametreleri etkilenecektir. Ancak burada α ve β parametrelerinin zaman sürecinde sabit kaldığını varsayarsak, teknolojik değişimin etkisini etkinlik parametresi A yüklenecektir. Eş-ürün eğrilerinin orjin yönünde tam yatay veya dikey hareketleri iki ekstrem durumu gösterir. İlk durumda, belirli bir emek gücüyle belirli bir çıktı üretmek için giderek azalan sermaye kullanımı, ikinci durumda ise belirli bir miktar sermaye ile belirli bir miktar çıktı üretmek için giderek daha az emek kullanımı sözkonusu olmaktadır. Bu iki durumun bileşimi halinde aynı üretim giderek daha az kullanılan emek ve sermaye ile gerçekleşmekte, bu ise eş-ürün eğrilerinin orjine doğru diyagonal hareketini ifade etmektedir. Eş-ürün eğrisinin yatay, dikey ve diyagonal hareketleri teknolojik değişimin sırasıyla Harrod-nötr, Solow-nötr ve Hicks-nötr tanımlarına karşılık gelir.

Ölçeğe göre sabit getirili C-D fonksiyonunda teknolojik değişme:

Ölçeğe göre sabit getirili C-D üretim fonksiyonunu tek parametrelili olarak yazabiliriz;

$$Q = K^\alpha L^{1-\alpha} \quad (0 < \alpha < 1) \quad (\text{II.48})$$

Nötr teknolojik değimeyi yansıtan C-D üretim fonksiyonu

$$Q = A(t)K^\alpha L^{1-\alpha} \quad \text{şeklinde olacaktır.}$$

Burada A, üretim fonksiyonunun etkinlik katsayısı olduğundan zaman içinde sürekli olarak, sabit bir oranda artmaktadır. Bu oranı λ ile gösterirsek, fonksiyon:

$$Q = e^{\lambda t} K^\alpha L^{1-\alpha} \quad \text{(II.49)}$$

şeklinde yazılabilir. Burada $A(t) = e^{\lambda t}$ olarak tanımlanmaktadır. $t=0$ iken (başlangıç döneminde) $A(0)=1$ olduğu, yani Q,K ve L'nin indeks sayıları ile ifade edildiği varsayılmaktadır. t artıkça, belli bir faktör bileşiminden elde edilen üretim λ oranında artmaktadır(1). Öyle ise $e^{\lambda t}$, logaritmik e tabanına göre nötr teknolojik değismeyi verir. Burada λ teknolojik değisme oranıdır ve $\lambda > 0$ dır.

Şimdi üç tip teknolojik değismenin C-D üretim fonksiyonuyla analizini görelim(2):

Harrod-nötr teknolojik değisme için;

Teknolojik değisme oranı m olsun.

$$Q = K^\alpha \bar{L}^{1-\alpha} \quad \text{burada } \bar{L} = e^{\frac{mt}{L}}$$

(\bar{L} etkin emek birimleriyle ölçülmüş emeği ifade eder)

(1) Y.Akyüz, a.g.e., s.438.

(2) Bu konuda bkz. F.Heathfield, a.g.e., s.40-44.; R.G.D.Allen(1975) a.g.e., 248-252.; D.Intriligator, a.g.e., s.288-292.; N.Yıldırım, a.g.e., s.42-44.

$$Q = K^{\alpha} (e^{\lambda t} L)^{1-\alpha}$$

$$Q = e^{m(1-\alpha)t} K^{\alpha} L^{1-\alpha} \quad (\text{II.50})$$

olacaktır. Öyleyse $\lambda = m(1-\alpha)$ dır. Yani Harrod-nötr toplam teknolojik değişme miktarı (λ), emeğin prodüktivite elastikiyeti ($1-\alpha$), ile teknolojik değişme sonucu emekte etkinlik olarak meydana gelen artış hızı (m) çarpımıdır.

Solow-nötr teknolojik değişme için;

Yine teknolojik değişme oranı m olmak üzere,

$$Q = \bar{K}^{\alpha} L^{1-\alpha} \quad \text{burada } \bar{K} = e^{\lambda t} K$$

(\bar{K} etkin birimlerle ölçülmüş sermayeyi ifade eder)

$$Q = (e^{\lambda t} K)^{\alpha} L^{1-\alpha}$$

$$Q = e^{m\alpha t} K^{\alpha} L^{1-\alpha} \quad (\text{II.51})$$

olur. Öyleyse $\lambda = m\alpha$ dır. Yani Solow nötr teknolojik değişme miktarı (λ), sermayenin prodüktivite elastikiyeti (α), ile sermayede teknolojik değişme sonucu oluşan artış hızı (m) çarpımıdır.

Hicks-nötr teknolojik değişme için:

Teknolojik değişme oranı m olmak üzere,

$$Q = \bar{K}^{\alpha} \bar{L}^{1-\alpha} \quad \text{burada } \bar{K} = e^{\lambda t} K \quad \text{ve} \quad \bar{L} = e^{\lambda t} L$$

$$Q = (e^{\lambda t} K)^{\alpha} (e^{\lambda t} L)^{1-\alpha}$$

$$Q = e^{m\alpha t} K^{\alpha} L^{1-\alpha} \quad \text{bulunur.} \quad (\text{II.52})$$

Öyleyse $\lambda = m$ olur. Yani Hicks-nötr teknolojik değişme miktarı (λ), teknolojik değişme nedeniyle emek ve sermayenin etkinliklerinde meydana gelen artış hızına (m) eşittir.

Sonuç olarak $Q = e^{\lambda t} K^\alpha L^{1-\alpha}$ şeklindeki ölçeğe göre sabit getirili C-D üretim fonksiyonunda, aynı anda Harrod, Solow ve Hicks tipi nötr teknolojik değişmeyi görmek mümkündür(1). Burada;

$$\begin{aligned} \lambda &= m(1-\alpha) && \text{Harrod-nötr teknolojik değişme,} \\ \lambda &= m\alpha && \text{Solow-nötr teknolojik değişme,} \\ \lambda &= m && \text{Hicks-nötr teknolojik değişme.} \end{aligned}$$

Baska bir şekilde ifade edersek;

$$\begin{aligned} m &= \frac{\lambda}{1-\alpha} && \text{Harrod-nötr teknolojik değişme,} \\ m &= \frac{\lambda}{\alpha} && \text{Solow-nötr teknolojik değişme,} \\ m &= \lambda && \text{Hicks-nötr teknolojik değişme.} \end{aligned}$$

Ölçeğe göre değişen getirili C-D fonksiyonunda teknolojik değişme:

Ölçeğe göre değişen getirili C-D üretim fonksiyonu,

$$Q = A K^\alpha L^{1-\alpha} \quad \text{dır.} \quad \text{(II.53)}$$

Bu fonksiyon için üç tip teknolojik değişme aşağıdaki gibidir:

(1) M.Gökçen, a.g.e., s.184.; R.G.D.Allen (1975), a.g.e., s.251-252.

Harrod-nötr teknolojik değişme için;

Teknolojik değişme oranı m ise,

$$Q = K^\alpha (e^{mt} L)^\beta$$

$$Q = e^{m\beta t} K^\alpha L^\beta \quad \text{elde edilir.} \quad (\text{II.54})$$

Burada $\lambda = m\beta$.

Fonksiyonun logaritmik formu ise,

$$\ln Q = m\beta t + \alpha \ln K + \beta \ln L \quad \text{dir.} \quad (\text{II.55})$$

Bu fonksiyonun t 'ye göre kısmi türevi alınarak teknolojik değişme hızları bulunabilir.

$$(1/Q)(dQ/dt) = m\beta + \alpha(1/K)(dK/dt) + \beta(1/L)(dL/dt) \quad (\text{II.56})$$

Emeğin artış hızı sabit ve $n=dL/Ldt$, fonksiyonda ikame edilirse,

$$(1/Q)(dQ/dt) = m\beta + \alpha(1/K)(dK/dt) + \beta n \quad (\text{II.57})$$

Buradan,

$$(1/Q)(dQ/dt) = \beta(m+n) + \alpha(1/K)(dK/dt) \quad \text{bulunur.} \quad (\text{II.58})$$

(II.58)'nolu eşitlik, emek artış hızı (n) ve teknolojik değişme hızı (m) veri iken, üretim ve sermayenin artış hızları arasındaki doğrusal ilişkiyi gösterir. Bu ilişkiye göre sabit getiri halinde ($\alpha+\beta=1$),

$$(1/Q)(dQ/dt) = m+n \quad (\text{II.59})$$

artan getiri halinde ($\alpha + \beta > 1$),

$$(1/Q)(dQ/dt) > m+n \quad (\text{II.60})$$

ve azalan getiri halinde ($\alpha + \beta < 1$) ise,

$$(1/Q)(dQ/dt) < m+n \quad (\text{II.61})$$

olacaktır.

Solow-nötr teknolojik değişme için:

Değişen getiri durumundaki Solow-nötr teknolojik değişmeyi yansıtan C-D fonksiyonunu, teknolojik değişme oranı m iken,

$$Q = e^{mt} K^\alpha L^\beta$$

buradan $Q = e^{m\alpha t} K^\alpha L^\beta$ yazabiliriz. (II.62)

Burada $\lambda = m\alpha$ dır.

Bu fonksiyonun logaritmik formunu yazar ve zamana göre türevini alırsak:

$$\ln Q = m\alpha t + \alpha \ln K + \beta \ln L \quad (\text{II.63})$$

$$(1/Q)(dQ/dt) = m\alpha + \alpha(1/K)(dK/dt) + \beta(1/L)(dL/dt) \quad (\text{II.64})$$

olur. Sermayenin artış hızı sabit ve k olsun, $(1/K)(dK/dt) = k$. Bu ifadeyi (II.64)'te ikame edelim:

$$(1/Q)(dQ/dt) = m\alpha + \alpha k + \beta(1/L)(dL/dt) \quad (\text{II.65})$$

buradan

$$(1/Q)(dQ/dt) = \alpha(m+k) + \beta(1/L)(dL/dt) \quad \text{olur.} \quad (\text{II.66})$$

Bu sonuca göre, sabit getiri durumunda ($\alpha + \beta = 1$),

$$(1/Q)(dQ/dt) = m+k \quad \text{dır.} \quad (\text{II.67})$$

Yani teknolojik değişme m ve sermaye artış hızı k düzeyinde iken, ölçeğe göre sabit getiri durumunda üretim miktarındaki artış, $m+k$ oranında gerçekleşecektir.

Artan getiri durumunda ($\alpha + \beta > 1$),

$$(1/Q)(dQ/dt) > m+k \quad \text{dır.} \quad (\text{II.68})$$

Bu demektir ki üretim artış hızı, $m+k$ oranından büyüktür.

Azalan getiri durumunda ($\alpha + \beta < 1$) ise,

$$(1/Q)(dQ/dt) < m+k \quad \text{olur.} \quad (\text{II.69})$$

Yani üretimdeki artış hızı, $m+k$ 'dan düşüktür.

Hicks-nötr teknolojik değişme için:

Hicks-nötr teknolojik değişme ölçeğe göre sabit getiri durumu için daha uygundur. C-D tipi fonksiyonda $\alpha + \beta$ ölçeğe göre getirinin derecesini gösterdiğinden, ölçeğe göre getirinin nötr teknolojik değişme hızı üzerindeki etkisini gidermek için, $m/(\alpha + \beta)$, Hicks-nötr teknolojik değişmenin ölçüsü olarak alınmalıdır.

II.3.1.2. Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu ile Teknolojik Değişmeyi Tahmin Eden Modeller

C-D fonksiyonu ile teknolojik değişmeyi iki şekilde tahmin edeceğiz:

C-D Modeli I:

Bu model ölçeğe göre sabit getiriyi varsayar. Modelin logaritmik formu aşağıdaki gibidir:

$$\ln Q/L = \ln A + mt + \alpha \ln (K/L) + u \quad (\text{II.70})$$

burada $\ln A$: sabit,

m : Hicks-nötr teknolojik değişme,

m/α : Solow-nötr teknolojik değişme,

m/β : Harrod-nötr teknolojik değişme hızlarını

vermektedir.

C-D Modeli II:

Bu modelde ölçeğe göre sabit getiri varsayımı geçerli değildir. Modelin logaritmik formu aşağıdaki gibidir:

$$\ln Q = \ln A + mt + \beta \ln L + \alpha \ln K + u \quad (\text{II.71})$$

burada $\ln A$: sabit,

$m/(\alpha+\beta)$: Hicks-nötr teknolojik değişme,

m/α : Solow-nötr teknolojik değişme,

m/β : Harrod-nötr teknolojik değişme hızlarını

vermektedir. Ölçeğe göre getiri oranı $(\alpha+\beta)$ 'dir.

Yukarıda da görüldüğü gibi nötr teknolojik değişmeyi tahmin edeceğiz. Çünkü C-D üretim fonksiyonu ile nötr-olmayan teknolojik değişmeyi ölçmek güçtür. Nötr-olmayan teknolojik değişme, faktörlerin üretim elastikiyetlerindeki değişmedir. C-D üretim fonksiyonunda ikame elastikiyeti $\sigma=1$ olduğundan nötr-olmayan teknolojik değişmenin etkisini ölçemeyiz.

II.3.2. Sabit ikame Elastikiyetli Üretim Fonksiyonunun (CES) Tanımlanması

CES fonksiyonu, Marshall tipindeki ikinci önemli fonksiyondur. C-D üretim fonksiyonunun genelleştirilmesi ile ortaya çıkmıştır. Fonksiyonun ikame elastikiyeti sabittir. Fakat C-D fonksiyonundaki gibi $\sigma=1$ ile sınırlı değildir.

CES fonksiyonu da, emek payının gözlenmesi sonucu elde edilmiştir. K.J.Arrow, H.B.Chenery, B.S.Minhas ve R.M.Solow, ondokuz ülkede ,yirmidört imalat endüstrisi için yaptıkları bir çalışmada, emek verimliliği ile ücret oranları arasındaki tam logaritmik ilişkinin çözümlenmelerde çok iyi sonuç vermesi üzerine, bu fonksiyonu türetmişlerdir. Dolayısıyla fonksiyon yazarlarının isimlerinin ilk harfleri olan ACMS (veya SMAC) olarak da adlandırılır. Bu iktisatçılar, iktisat teorisinde ampirik çözümlere dayanmayan katı varsayımların yapıldığı ve bunların sürekli kullanıldığını belirtmişlerdir. Özellikle üretim faktörleri arasındaki ikame elastikiyetini sıfır (Leontief) ve bir (C-D) alan modellere yöneltileen eleştirilerden hareketle,daha genel nitelikte olan CES üretim fonksiyonunu ortaya çıkarmışlardır.

CES fonksiyonu orjinal şekli ile,

(i) Homojen,

(ii) Emek ve sermaye arasında sabit ikame elastikiyetinin olduğu,

(iii) Farklı endüstrilerde farklı ikame elastikiyetlerinin olabileceğini varsayan bir üretim fonksiyonudur(1).

CES üretim fonksiyonunun matematiksel formu aşağıdaki gibidir(2):

$$Q = \xi [\delta K^{-p} + (1-\delta)L^{-p}]^{-1/p} \quad (II.72)$$

Burada

Q = üretim miktarı veya katma değer,

K = sermaye,

L = emek,

ξ = etkinlik parametresi,

δ = bölüşüm parametresi,

p = ikame parametresini gösterir.

Ayrıca $\xi > 0$, $0 < \delta < 1$, $-1 \leq p \leq \infty$ dir.

C-D üretim fonksiyonunda ücret oranları, kişi başına üretimin sabit bir oranı, yani $Q/L = \alpha w$ dir. CES üretim fonksiyonunda ise kişi başına üretimin, ücret oranının değişen bir oranı yani,

$$Q/L = \alpha w^\lambda \quad (II.73)$$

(1) K. J. Arrow, H. B. Chenery, B. S. Minhas and R. M. Solow, "Capital-Labor Substitution and Economic Efficiency", *RESTAT*, 43, 3, (August 1961), s. 225-250.

(2) Bkz. D. Intriligator, a.g.e., s. 273-278.; F. Wynn and K. Holden, a.g.e., s. 54-57.; J. S. Cramer, *Empirical Econometrics*, Amsterdam: North-Holland Publishing Co., 1975, s. 247-253.

olduğu ampirik gözlemlere dayanarak elde edilir. $\lambda = 1$ durumunda bu iki fonksiyon aynı sonucu verirken, $\lambda > 1$ olduğunda, kişi başına üretim ücret oranının artan bir fonksiyonudur. (II.73)'nolu eşitliğin parametreleri (α , λ) fonksiyonun logaritmik formundan tahmin edilebilir:

$$\ln Q/L = \ln \alpha + \lambda \ln w + u \quad (\text{II.74})$$

Eğer λ 'nın tahmin edilen değeri, anlamlı bir şekilde bir'den farklı ise bir ile sınırlandırılması anlamsız olur. Burada $\lambda=0$ olur.

(II.73)'nolu eşitlikten geriye gidilerek, CES üretim fonksiyonu (II.72)'nolu eşitlik elde edilir(1).

CES üretim fonksiyonunun iki temel varsayımdan elde edildiği söylenebilir. Bu varsayımlar; ölçeğe göre sabit getiri ve tam rekabet piyasasında karını maksimum kılmaya çalışan firmanın varlığı ve $Q/L = \alpha w^\lambda$ gözlemidir.

Paroush, CES üretim fonksiyonunu v'inci dereceden bir fonksiyon haline getirmiştir. Ayrıca, Paroush CES üretim fonksiyonunu elde ederken tam rekabet varsayımına gerek olmadığını ortaya koymuştur(2). Paroush bu fonksiyonu elde ederken ACMS'nin kullandığı (II.74)'deki model yerine aynı amaçla,

-
- (1) CES üretim fonksiyonunun elde edilişi için bkz. F.Heathfield, a.g.e., s.47-69.; Mehmet Atalay, Planlı Dönemde Üretkenlik Gelişmelerinin Tesbiti için Bir Deneme (İmalat Sanayiinde), DPT Yayını, 1986, s.18-20.; Y.Akyüz, a.g.e., s.430-431.
- (2) J.Paroush, "A Note on the CES Production Function", *Econometrica*, (1964), s.213-214'den M.Atalay, a.g.e., s.21.

$$\ln Q = \ln a + b \ln w + c \ln L + u \quad (\text{II.75})$$

ilişkisini kullanmıştır. Bu durumda CES üretim fonksiyonu aşağıdaki gibidir:

$$Q = S [\delta K^{-p} + (1-\delta)L^{-p}]^{-v/p} \quad (\text{II.76})$$

burada v, homojenlik (ölçeğe göre getiri) derecesini gösterir.

CES fonksiyonunda üretim faktörlerinin marjinal produktivite:

Normal koşullarda CES üretim fonksiyonunda marjinal produktivite pozitif fakat azalmaktadır. Yani bu fonksiyon da faktörlerin marjinal produktivite ile ilgili genel Neoklasik ilkelere uymaktadır.

Sermayenin marjinal produktivite:

$$\begin{aligned} MP_K = \frac{dQ}{dK} &= (-v/p)S\delta^{-p-1}K^{-p} [\delta K^{-p} + (1-\delta)L^{-p}]^{-(v/p)-1} \\ &= \frac{\delta A Q^{1+p/v}}{K^{1+p}} \end{aligned} \quad (\text{II.77})$$

burada $A = v / (S \delta^{p/v})$

Emeğin marjinal produktivite:

$$\begin{aligned} MP_L = \frac{dQ}{dL} &= (-v/p)S(1-\delta)^{-p-1}L^{-p} [\delta K^{-p} + (1-\delta)L^{-p}]^{-(v/p)-1} \\ &= \frac{(1-\delta) A Q^{1+p/v}}{L^{1+p}} \end{aligned} \quad (\text{II.78})$$

Üretim faktörlerinin ikinci kısmi türevleri ise,

$$d^2Q/dK^2 = \delta A \frac{\{[(1+p/v)Q^{p/v} (dQ/dK)^{1+p} K] - [(1+p)K^p Q^{1+p/v}]\}}{K^{2+2p}} \quad (II.79)$$

$$d^2Q/dL^2 = (1-\delta)A \frac{\{[(1+p/v)Q^{p/v} (dQ/dL)^{1+p} L] - [(1+p)L^p Q^{1+p/v}]\}}{L^{2+2p}} \quad (II.80)$$

CES fonksiyonunda sermaye ve emeğin marjinal produktivite-leri (II.77) ve (II.78)'nolu eşitliklerdeki gibi bulunur. Görüldüğü gibi eşitlikler faktörlerin kullanım ve üretim miktarlarının bir fonksiyonudur. Bunların değerleri pozitif faktör kullanımları için pozitif sonuçlar verir. Faktörlerin kullanım miktarları sıfırdan sonsuza kadar artarken, marjinal produktivitelerin değeri de monotonik olarak azalır. Bu sonuç fonksiyonun ikinci kısmi türevlerinden yararlanılarak ta elde edilebilir.

CES fonksiyonunda marjinal teknik ikame oranı:

$$\begin{aligned} MRS_{L,K} &= - \frac{dK}{dL} = \frac{dQ/dL}{dQ/dK} \\ &= \frac{(1-\delta)v\delta^{-p/v} Q^{1+p/v} L^{-1-p}}{\delta v\delta^{-p/v} Q^{1+p/v} K^{-1-p}} \\ &= - \frac{(1-\delta)}{\delta} (K/L)^{1+p} \end{aligned} \quad (II.81)$$

Faktör fiyatları ile $MRS = w/r$ olacaktır.

CES fonksiyonunda ikame elastikiyeti:

$$\sigma = \frac{\frac{d(K/L)}{(K/L)}}{\frac{d(dK/dL)}{d(K/L)}}$$

formülünden sermaye-emek arasındaki ikame elastikiyeti

$$\sigma = \frac{1}{1+p} \quad (II.82)$$

olarak elde edilir(1). Burada p bir parametre olduğundan σ bir

(1)

$$\frac{dK}{dL} = - \frac{(1-\delta)}{\delta} (K/L)^{1+p} \text{ 'yi (II.81)' nolu eşitlikten}$$

elde etmiştik. Buradan

$$\frac{dK/dL}{K/L} = - \frac{(1-\delta)}{\delta} (K/L)^p \text{ buluruz.} \quad (1)$$

(II.81)'nolu eşitlikten (K/L) 'ye göre türev alırsak,

$$\frac{d(dK/dL)}{d(K/L)} = - (1+p) \frac{(1-\delta)}{\delta} (K/L)^p \text{ bulunur.} \quad (2)$$

(1) ve (2)'nolu eşitlikleri σ formülünde yerine koyarsak;

$$\sigma = \frac{- \frac{(1-\delta)}{\delta} (K/L)^p}{- (1+p) \frac{(1-\delta)}{\delta} (K/L)^p} = \frac{1}{1+p} \text{ bulunur.}$$

sabittir. (II.82)'nolu esitlikte p yerine $(1/\lambda)-1$ ikame edilirse,

$$\sigma = \frac{1}{1+p} = \frac{1}{1/\lambda} = \lambda \quad \text{bulunur.} \quad (\text{II.83})$$

Görüldüğü gibi ikame elastikiyeti $\sigma = \lambda$ dır. Dolayısıyla bu parametre doğrudan doğruya (II.74)'nolu fonksiyondan tahmin edilebilir. Değeri bir olduğunda üretim fonksiyonu, C-D tipi üretim fonksiyonuna dönüşecektir(1).

Buradan C-D ve Leontief üretim fonksiyonlarının CES üretim fonksiyonunun özel bir hali olduğunu söyleyebiliriz. Nitekim CES fonksiyonunun $p=0$ ($\sigma=1$) olduğunda C-D ve $p=\infty$ ($\sigma=0$) olduğunda da sabit katsayılı üretim fonksiyonuna (Leontief) dönüşeceği gösterilebilir(2).

CES fonksiyonunda ölçeğe göre getiri:

Üretim faktörlerini sabit bir λ oranında artırdığımızda $Q = \lambda^v Q$ şeklinde yazabiliriz:

$$Q = \S [\delta K^{-p} + (1-\delta)L^{-p}]^{-v/p}$$

$$Q = \S [\delta K^{-p} \lambda^{-p} + (1-\delta)L^{-p} \lambda^{-p}]^{-v/p}$$

$$Q = \S [\delta K^{-p} + (1-\delta)L^{-p}]^{-v/p} \lambda^v$$

$$Q = \lambda^v Q \quad (\text{II.84})$$

(1) F.Heathfield,a.g.e.,s.54-57.

(2) Bu konuda bkz. Z.Avrallıoğlu,a.g.e.,s.44.;Leontief Üretim Fonksiyonu ile ilgili olarak bkz. Ahmet Öztürk,Leontief Modeli ve Doğrusal Programlama,Gen.2B,Bursa:Örnek Kitabevi, 1986.

- v = 1 ise ölçeğe göre sabit getiri,
- v < 1 ise ölçeğe göre azalan getiri,
- v > 1 ise ölçeğe göre artan getiri gerçekleşir.

Dolayısıyla v ölçeğe göre getiri parametresidir.

CES fonksiyonunda üretim faktörlerinin üretim içindeki nisbi payları:

$$\frac{wL}{rK} = \frac{1}{(\beta/\alpha)(K/L)^A} \quad (II.85)$$

Burada

$$\beta = \delta \S^{-p}$$

$$\alpha = (1-\delta) \S^{-p}$$

$$A = (b-1)/b$$

$$b = 1/(1+p) \quad (\text{ikame elastikiyet katsayısı}).$$

Parametrelerin yukarıda verilen ifadeleri (II.85)'nolu denklemde yerine konursa;

$$\begin{aligned} (wL)/(rK) &= (1-\delta) \delta^{-1} \S^{p-1} (K/L)^p \\ &= \frac{(1-\delta)}{\delta} (K/L)^p \quad \text{elde edilir.} \quad (II.86) \end{aligned}$$

Görüldüğü gibi p > 0 olduğunda K/L oranı artarsa emeğin payı da artar. Eğer p < 0 ise K/L oranı artınca emeğin payı azalır. p = 0 olursa CES fonksiyonu, C-D fonksiyonuna dönüşeceğinden paylar sabit olacaktır.

CES fonksiyonunda etkinlik katsayısı:

ξ , C-D üretim fonksiyonundaki A gibi, belli bir faktör bileşiminden elde edilecek üretim miktarını belirler. Bu parametredeki değişme etkinlikteki değişimin bir ölçüsüdür.

CES üretim fonksiyonunda teknolojik değişmeyi ölçmede kullanılan dört parametre şunlardır:

- (i) Etkinlik parametresi: ξ
- (ii) Ölçeğe göre getiri derecesi: v
- (iii) Sermaye-yoğunluğu: δ
- (iv) Emek-sermaye ikame elastikiyeti: $\sigma=1/(1+p) \geq 0$

CES üretim fonksiyonunun tahmin prosedürü, kısım (II.3.2.2)'de ele alınacağından, burada değinilmeyecektir.

II.3.2.1. Teknolojik Değişme ve CES Üretim Fonksiyonu

CES üretim fonksiyonunda emek ve sermaye arasındaki ikame elastikiyetinin değerini (σ) üretimin teknolojik koşulları belirler. Yani CES üretim fonksiyonunda ikame elastikiyetine önceden (a priori) herhangi bir değer atfedilmemektedir. ikame elastikiyetinin değeri, teknoloji tarafından belirlenmekte ve dolayısıyla üretim teknolojisindeki değişme ile değişmektedir. Mevcut teknoloji çerçevesinde faktör oranlarındaki ve fiyatlarındaki değişmeler karşısında sabit kalmaktadır.

(II.81)'nolu eşitlikte de görüldüğü gibi, ξ ve v

parametrelerindeki değişmeler Hicks-nötr teknolojik değişmeyi yansıtır(1). Çünkü bu parameterlerin değişmesi marjinal ikame oranını değiştirmemektedir. Aksine δ ve σ (dolayısıyla p) MRS'yi etkileyerek emek veya sermaye tasarruflu teknolojik değişmeyi sağlar. Dolayısıyla bu parametrelerdeki değişmeler nötr-olmayan teknolojik değişmeyi gösterir.

Örneğin, δ 'daki bir yükselme K/L sabitken sermayenin marjinal prodüktivitesini artırarak, Hicks sermaye-yoğun teknolojik değişmeyi verir. δ 'daki düşüş ise emeğin marjinal prodüktivitesini yükselteceğinden teknolojik değişme Hicks emek-yoğun olacaktır.

σ 'daki değişmelerin nötr-olmayan teknolojik değişmelere olan etkisini bulmak için, MRS'nin σ 'ya göre logaritmik kısmi türevi alınır(2):

$$dMRS/d\sigma = - (MRS/\sigma^2) \ln (K/L) \quad \text{bulunur.} \quad (II.87)$$

Burada K ve L'nin indeks olarak ölçüldüğünü varsayarsak, emeğin sermayeden daha hızlı arttığı durumda ($\ln (K/L) > 0$), σ 'daki bir yükselme MRS'yi azaltacak ($dMRS/d\sigma < 0$) ve teknolojik değişme Hicks emek-yoğun olacaktır. Aksine sermaye emekten daha hızlı artarsa ($\ln (K/L) < 0$), σ 'daki yükselişler MRS'yi arttıracaktır ($dMRS/d\sigma > 0$). Bu da Hicks sermaye-yoğun teknolojik değişmeyi verir. K ve L aynı hızla artarsa, σ 'daki değişmelerin MRS'yi etkilemeyeceği açıktır.

(1) Bkz. F.Heathfield,a.g.e.,s.64-67.;M.Atalay,a.g.e.,s.21-22.; Y.Akyüz,a.g.e.,s.443-446.

(2) Bkz.,N.Yıldırım,a.g.e.,s.46-47.

σ 'nun yükselmesi daha ucuz üretim faktörünün diğerine ikame edilmesini kolaylaştıracaktır. Ancak gerek δ ve gerekse σ parametrelerindeki yükselmeler, üretim faktörlerinden birisi daha fazla artıyorsa üretimde olumlu katkı sağlar. δ yükselirken, K artıyorsa üretimde olumlu etki aksine L artıyorsa olumsuz etki söz konusudur(1).

CES üretim fonksiyonu ile üç tip teknolojik değişmeyi aşağıdaki gibi yazabiliriz:

Hicks-nötr teknolojik değişme için;

Üretim faktörleri etkin birimlerle ölçüldüğünde fonksiyon,

$$Q = S^{-p} [\delta \bar{K}^{-p} + (1-\delta) \bar{L}^{-p}] \quad (II.88)$$

şeklinde yazılır.

Eğer faktörlerin verimlilikleri zaman boyunca aynı oranda artıyorsa, bu S parametresindeki değişimle ifade edilir. Bu da Hicks-nötr teknolojik değişmeyi verir.

$$\bar{K} = e^{\lambda t} K$$

$$\bar{L} = e^{\lambda t} L$$

\bar{K} ve \bar{L} (II.88)'de ikame edilirse,

$$Q = S^{-p} [\delta e^{-\lambda t p} K^{-p} + (1-\delta) e^{-\lambda t p} L^{-p}]$$

$$Q = S^{-p} e^{-\lambda t p} [\delta K^{-p} + (1-\delta) L^{-p}]$$

(1) Bu konuda bkz. N.Yıldırım, a.g.e., 46.

veya

$$Q = \xi e^{\lambda t} [\delta K^{-p} + (1-\delta)L^{-p}]^{-1/p} \quad (\text{II.89})$$

$$\xi = \xi e^{\lambda t} \quad \text{olur.}$$

Harrod-nötr teknolojik değişme için;

CES üretim fonksiyonunun şekli aşağıdaki gibi olur:

$$Q = \xi [\delta K^{-p} + (1-\delta)(e^{\lambda t} L)^{-p}]^{-1/p} \quad (\text{II.90})$$

Ölçeğe göre sabit getirili CES üretim fonksiyonunda, Hicks-nötr ve Harrod-nötr teknolojik değişme ayrımı yapılamamakta ve iki teknolojik değişme oranı birbirine eşit olmaktadır(1).

Solow-nötr teknolojik değişme için;

CES üretim fonksiyonu aşağıdaki gibidir:

$$Q = \xi [\delta(e^{\lambda t} K)^{-p} + (1-\delta)L^{-p}]^{-1/p} \quad (\text{II.91})$$

Buraya kadar verdiğimiz modeller ölçeğe göre sabit getirili CES üretim fonksiyonu ile ilgiliydi. Şimdi v'inci dereceden homojen CES üretim fonksiyonu için teknolojik değişmeyi içeren modelleri verelim:

Hicks-nötr teknolojik değişme için;

$$Q = \xi e^{\lambda t} [\delta K^{-p} + (1-\delta)L^{-p}]^{-v/p} \quad (\text{II.92})$$

Harrod-nötr teknolojik değişme için;

$$Q = \xi [\delta K^{-p} + (1-\delta)(e^{\lambda t} L)^{-p}]^{-v/p} \quad (\text{II.93})$$

(1) Y.Akyüz, a.g.e., s.443.

Solow-nötr teknolojik değişme için;

$$Q = \delta [\delta (e^{\lambda t} K)^{-p} + (1-\delta)L^{-p}]^{-v/p} \quad (II.94)$$

II.3.2.2. CES Üretim Fonksiyonu ile Teknolojik Değişmeyi Tahmin Eden Modeller

CES üretim fonksiyonu, C-D fonksiyonu gibi logaritması alınarak parametreleri cinsinden doğrusallaştırılamaz. Bu yüzden OEKK metoduyla doğrudan tahmini imkansızdır. CES üretim fonksiyonu ve buna bağlı olarak teknolojik değişimin tahmini için bir çok tahmin yöntemi kullanılmaktadır.

Uygulama bölümünde iki yöntem denenecektir. Şimdi sözkonusu yöntemleri açıklayalım:

Kmenta Yöntemi:

Bu yöntem Kmenta tarafından 1967 yılında uygulanmıştır(1). CES üretim fonksiyonunun logaritmik şekli şöyledir:

$$\ln Q = \ln \delta - v/p \ln [\delta K^{-p} + (1-\delta)L^{-p}] + u \quad (II.95)$$

Kmenta yukarıdaki fonksiyonun,

$$\ln [\delta K^{-p} + (1-\delta)L^{-p}] \text{ kısmına } p=0 \text{ etrafında Taylor}$$

açılımını uygulamıştır. p ve daha yüksek dereceden p değerleri ihmal edilerek fonksiyon aşağıdaki şekle dönüşmüştür(2):

(1) J.Kmenta, "On Estimation of the CES Production Function", IER,8,2,(June 1967),s.180-189.

(2) Geniş bilgi için bkz.Z.Avratioğlu,a.g.e.,s.46-47.;F.Wynn and K.Holden,a.g.e.,s.64-65.

$$\ln Q = \ln \xi + v\delta \ln K + v(1-\delta) \ln L - 1/2 p v \delta (1-\delta) (\ln K - \ln L)^2 + u$$

Bu eşitliği parametrelerin tahmininde kolaylık sağlaması açısından şu şekilde de yazabiliriz:

$$\ln Q = \ln \xi + v\delta \ln (K/L) + v \ln L - 1/2 p v \delta (1-\delta) [\ln (K/L)]^2 + u \quad (\text{II.96})$$

(II.96)'nolu eşitlikte eğer $p=0$ ise ($\sigma=1$), son terim ortadan kalkar ve fonksiyon C-D tipi fonksiyona dönüşür.

CES üretim fonksiyonunda teknolojik değişme, fonksiyona üstel bir zaman trendi ekleyerek gösterilmektedir. Böylece tahmin edeceğimiz Kmenta Modeli şu şekilde yazılabilir:

$$\ln Q = b_0 + b_1 \ln (K/L) + b_2 \ln L + b_3 [\ln (K/L)]^2 + b_4 t + u \quad (\text{II.97})$$

Burada $b_0 = \ln \xi$,

$$b_1 = v\delta$$

$$b_2 = v$$

$$b_3 = -1/2 p v \delta (1-\delta)$$

$$b_4 = \lambda \quad (\text{içerilmemiş teknolojik değişme oranı})$$

$u = \text{hata terimi}$

ayrıca $\sigma = 1 / (1 + p)$ olmaktadır.

Bu modelde ölçeğe göre sabit getiri varsayımı yoktur.

Ferguson Yöntemi I:

Ferguson sabit getirili CES üretim fonksiyonuna üstel bir zaman trendi eklemiştir. Bu model için ölçeğe göre sabit getiri geçerlidir(1). (II.89)'nolu modelden (Hicks-nötr), rekabetçi denge varsayımı altında $dQ/dL = w$ olduğundan fonksiyon,

$$dQ/dL = (1-\delta) (e^{\lambda t})^{-\sigma} (Q/L)^{1/\sigma}$$

şeklinde yazılabilir. Buradan da

$$Q/L = (1-\delta)^{-\sigma} e^{(1-\sigma)\lambda t} w^{\sigma} \text{ veya logaritması alınarak}$$
$$\ln(Q/L) = -\sigma \ln(1-\delta) + \sigma \ln w + (1-\sigma)\lambda t + u \quad (\text{II.98})$$

bulunur(2). Burada λ Hicks-nötr ve aynı zamanda Harrod-nötr teknolojik değişmeyi gösterir. Yani (II.92) ve (II.93)'teki fonksiyonlarda $\lambda = \alpha$ olmaktadır.

Tahmin edeceğimiz Ferguson I Modeli aşağıdaki gibidir:

$$\ln(Q/L) = b_0 + b_1 \ln(W/L) + b_2 t + u \quad (\text{II.99})$$

Burada $b_0 = -\sigma \ln(1-\delta)$,

$$b_1 = \sigma$$

$$b_2 = (1-\sigma) \lambda \quad \text{buradan,}$$

$$\lambda = \alpha = b_2 / (1-b_1) \quad \text{Hicks-nötr} = \text{Harrod-nötr teknolojik}$$

değişme oranı elde edilir.

- (1) C.E.Ferguson, "Substitution, Technical Progress, And Returns to Scale", AER, 55, 2, (May 1965), s.296-305.; A. ilkin Baray, Nevzat Güran, "Üretimde Faktörlerarası İkame Olanaklarının Belirlenmesi (Türk Özel İmalat Sanayi Örneği:1970-1983)", DEÜİİBF Dergisi, 1, 1, (1986), s.20-47.
- (2) Hasan Ersel, "Verdorn Etkisi, Türkiye'de Kamu Kesimi İmalat Sanayiinde Verimlilik ve İlgücü Kullanımı (1939-1963)", AUSBF Dergisi, 26, 3, (Eylül 1971), s.163-179.

Ferguson Yöntemi II:

Ferguson yöntemi ile sabit getiri kısıtlamasının olmadığı bir CES üretim fonksiyonunun tahmini de yapılabilir. Bu şekilde modelden Hicks ve Harrod-nötr teknolojik değişme oranları birbirinden farklı olarak elde edilir(1).

Ferguson II Modeli ile sabit getirili olmayan CES üretim fonksiyonunda, teknolojik değişmeyi aşağıdaki fonksiyondan tahmin edebiliriz:

$$\ln Q = b_0 + b_1 \ln (W/L) + b_2 \ln L + b_3 t + u \quad (\text{II.100})$$

Burada, $\sigma = b_1 / b_2$

$$v = (b_2 - b_1) / (1 - b_1)$$

$$\lambda = b_3 / (1 - b_2) \quad (\text{Hicks-nötr teknolojik değişme oranı})$$

$$\alpha = b_3 / (b_2 - b_1) \quad (\text{Harrod-nötr teknolojik değişme oranı})$$

Burada λ Hicks-nötr teknolojik değişmeyi, α ise Harrod-nötr teknolojik değişmeyi gösterir. Yani (II.92) ve (II.93)'teki fonksiyonlarda $\lambda \neq \alpha$ olmaktadır.

Bu modelin Kmenta modeline göre üstünlüğü sermaye değişkeni ile ilgili bilgiye ihtiyaç göstermemesidir.

CES üretim fonksiyonu ile içerilmiş teknolojik değişmenin

(1) C.E.Ferguson, a.g.e., s.296-305.

ele alındığı modellere burada değinilmeyecektir(1). C-D modellerinde de bu konu ele alınmamıştır. Çünkü, çalışmamızda içerilmemiş teknolojik değişme incelenmektedir. Ayrıca nötr teknolojik değişmenin tahminine ağırlık verilmektedir. İçerilmiş teknolojik değişme modelleri, firmada henüz sağlıklı bir biçimde bulunmayan sermaye stoğu ve sermaye stoğunun yaş dağılımı ile ilgili bilgileri gerektirmektedir. Bu tür modellerin sözkonusu verileri kullanarak tutarlı sonuçlar verecek bir biçimde tahmin olanağı görülmediğinden, içerilmemiş teknolojik değişmeyi yansıtan model tahminleri yapılmıştır.

(1) CES üretim fonksiyonu ve içerilmiş teknolojik değişmenin ele alındığı modeller için bkz., N.Yıldırım, a.g.e., s.140-142.

BÖLÜM III

TEKNOLOJİK DEĞİŞMEYİ YANSITAN ÜRETİM FONKSİYONLARININ ASIL ÇELİK A.Ş.'NİN BİR ÜRETİM BÖLÜMÜNE UYGULANMASI

III.1. Asil Çelik A.Ş.'ni Tanıtıcı Bilgiler

Asil Çelik A.Ş., ülkemiz ağır sanayinin ihtiyac duyduğu kaliteli çeligi üretmek amacıyla, 1977 yılında tesislerin yapımına başlanmış ve 1979 yılında da üretime geçmiştir.

Firma, Marmara Bölgesi Orhangazi yöresinde toplam 433.000 m² lik alan üzerine kurulmuştur. Tesis üniteleri 100.000 m² kapalı ve 42.000 m² açık alanı kapsamaktadır. Tesisin kurulu kapasitesi 200.000 ton/yıl ingottur.

Firmanın faaliyet konusu, kısaca kaliteli çelik diye nitelendirilen, yüksek vasıflı ve alaşımlı çelik hadde mamülleri üretmektir. Bu mamüller arasında kütle ve kalite çelikleri, otomat çelikleri, yay çelikleri ve alaşımsız ve alaşımlı makina yapı çelikleri önemli yer tutar. Asil Çelik A.Ş. sözkonusu alaşımsız ve alaşımlı takım çelikleri ile, başta Silah Sanayi, Uçak Sanayi, Tarım ve Taşıt Araçları Sanayi, Makina ve Teçhizat Sanayi, Motor Sanayi, Takım Tezgahları Sanayi, Elektromekanik Sanayi olmak üzere ülkemiz sanayinin büyük bir kesimine hitap etmektedir(1).

(1) Asil Çelik Sanayi ve Ticaret A.Ş., Asil Çelik Faaliyet Raporu 1988, Haziran 1989, s.5.

Türkiye'de kaliteli çelik üretimi Asil Çelik A.Ş. dışında, Türkiye Makina Kimya Endüstrisi Kurumu (M.K.E.K.) ve bir kısım özel sektör firmalarınca yapılmaktadır. Grafik (III.1)'de 1988 yılı sonu itibariyle Türkiye kaliteli çelik üretimi içinde Asil Çelik A.Ş., M.K.E.K. ve özel sektörün üretimleri (ton hadde mamül olarak) verilmektedir. Grafik (III.1)'den de anlaşıldığı gibi Asil Çelik A.Ş. Türkiye kaliteli çelik üretiminin yaklaşık % 70'lik bölümünü gerçekleştirmektedir.

Asil Çelik A.Ş. ayrıca son yıllarda iç talebin azalması nedeniyle üretiminin yaklaşık % 50'lik bölümünü ihraç etmektedir. Böylece Türkiye ekonomisine önemli katkılar sağlayan firma, kullandığı ithal hurdadan dolayı ülke dışına giden döviz, fazlasıyla tekrar ülkemize kazandırmaktadır. Firmanın 1982-1989 yılları arasındaki ihracat miktarları Grafik (III.2)'de ve ihracat gelirleri de Grafik (III.3)'de verilmiştir.

Asil Çelik A.Ş. gerçekleştirdiği bu üretim faaliyetiyle 1988 yılında 78.896 milyon TL. Gayri Safi Milli Hasılaya katkıda bulunmuştur(1).

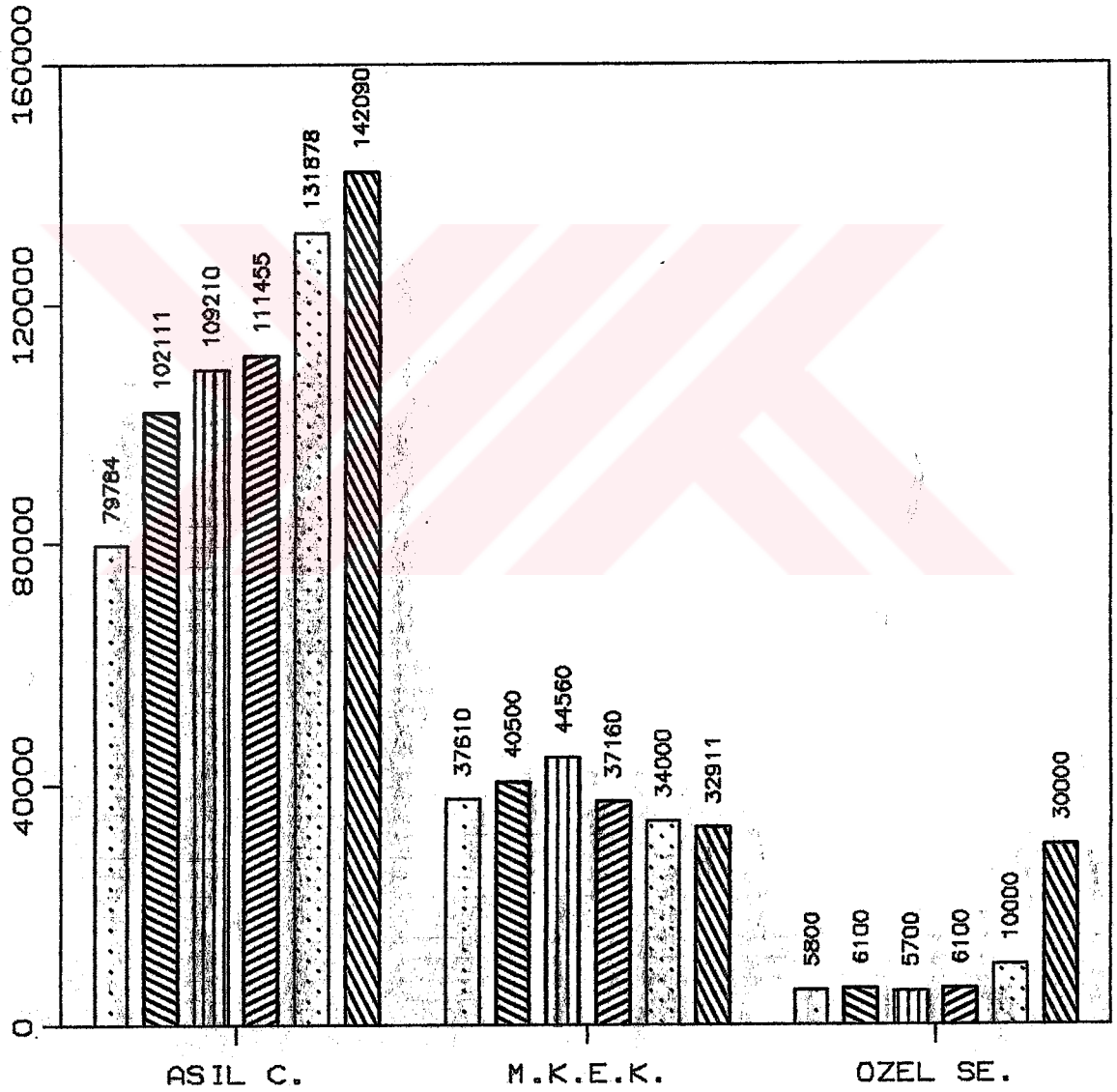
Firma, 1000 kişiye yakın personel sayısı ile önemli bir istihdam potansiyeli oluşturmaktadır.

Türkiye 1988 yılında, ham çelik üretiminde 8 milyon ton ile dünya sıralamasında 21'ci durumdadır (Tablo III.1). Ancak dünyada 1989 yılında meydana gelen hızlı siyasi ve ekonomik değişiklikler

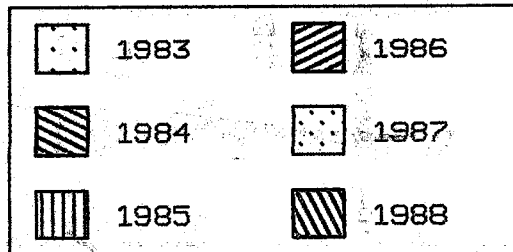
(1) Asil Çelik Faaliyet Raporu 1988, s.31.

TURKIYE KALITELI CELIK

URETİMİ

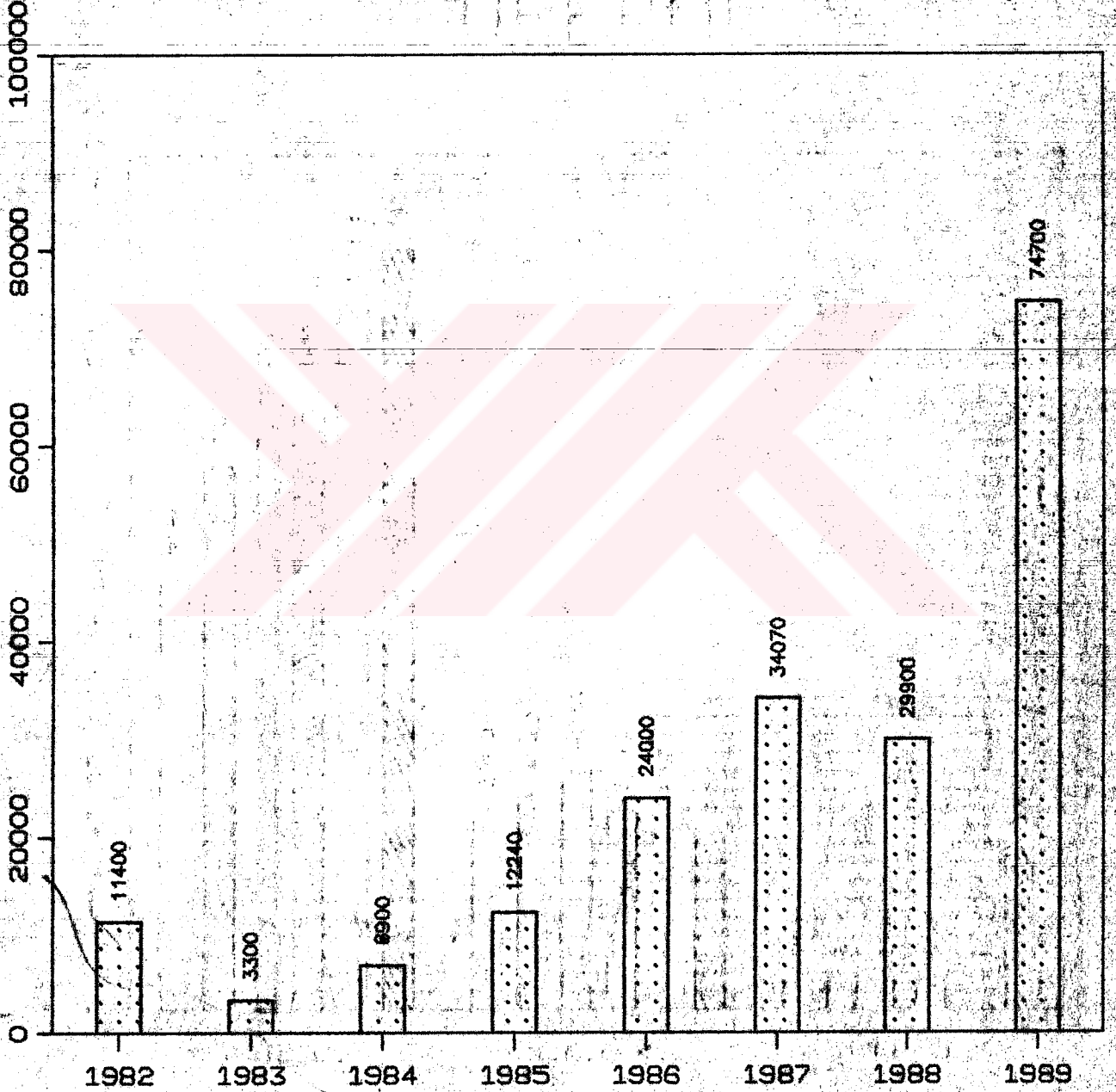


Grafik III.1.



TASIL CELIKI IHRACATI

IHRACAT (TON)



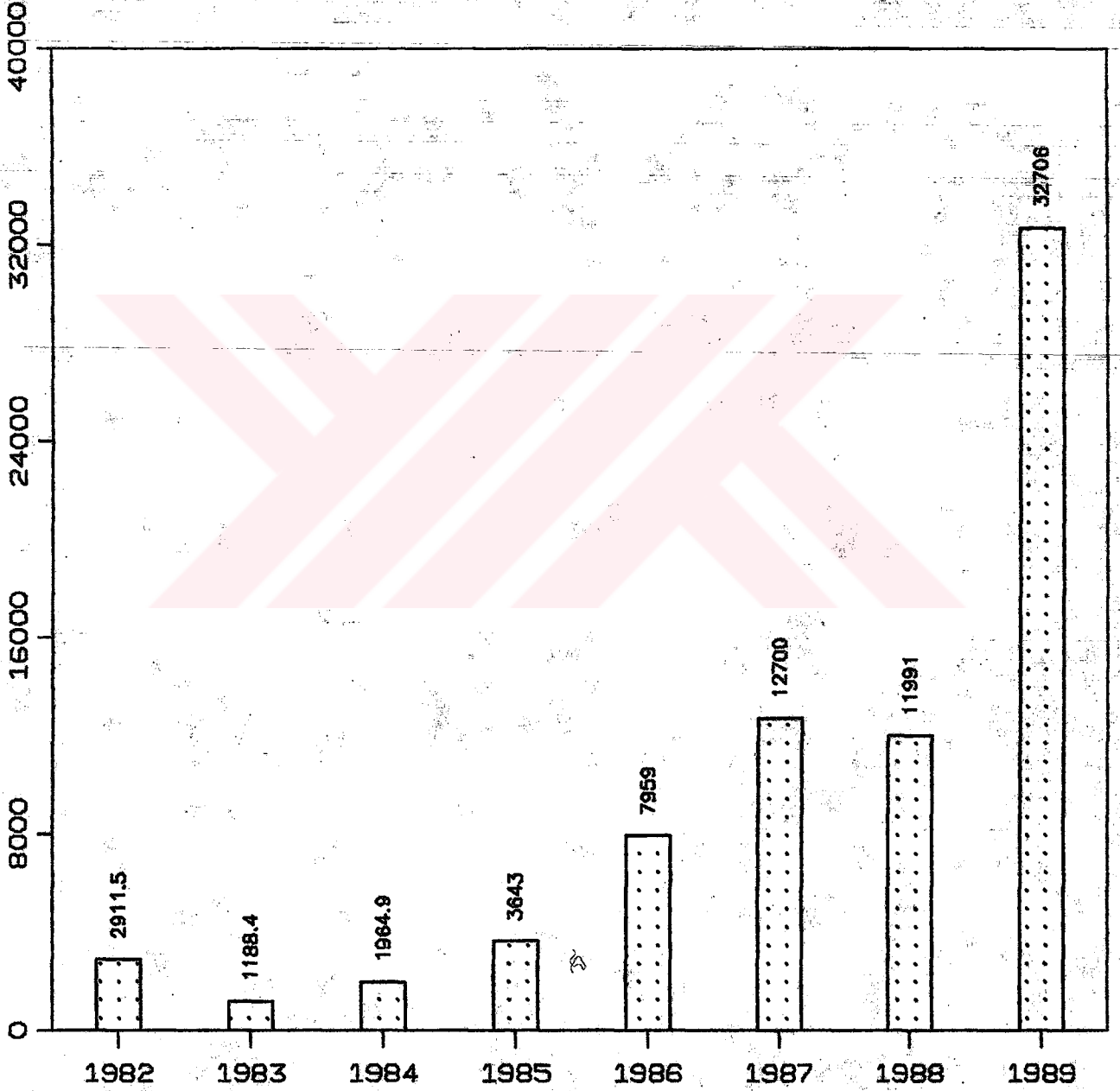
Grafik III.2.

YILLAR

IHRACAT (TON)

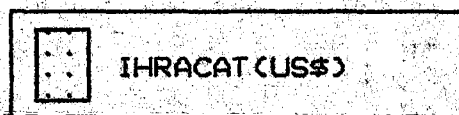
ASIL CELIK IHRACATI

IHRACAT (1000 US\$)



Grafik III.3.

YILL



Tablo III. 1.

DÜNYA ÇELİK ÜRETİMİ
1988

E.	1988	1987	1986	1985	1984	1983	1982	1988/87(%)
Sovyetler Birliği	164.0 Y	161.9	160.5	154.7	154.2	152.5	147.2	1.3
Japonya	105.7	98.5	98.3	105.3	105.6	97.2	99.5	7.3
Amerika	90.8	80.9	74.0	80.1	83.9	76.8	67.7	12.2
Çin	59.0 Y	56.0	51.9	46.7	43.3	40.0	37.2	5.3
B. Almanya	41.0	36.2	37.1	40.5	39.4	35.7	35.9	13.1
Brezilya	24.6	22.2	21.2	20.5	18.4	14.7	13.0	10.7
İtalya	23.7	22.8	23.0	23.9	24.1	21.8	24.0	3.7
Kore Cumh.	19.1	16.8	14.6	13.5	13.0	11.9	11.8	13.9
İngiltere	19.0	17.4	14.7	15.7	13.5	15.0	13.7	9.1
Fransa	19.0	17.7	17.9	18.8	19.0	17.6	18.4	7.4
Polonya	17.0 Y	17.1	17.1	16.1	16.5	16.2	14.8	-0.8
Çekoslovakya	15.4 Y	15.4	15.1	15.0	14.8	15.0	15.0	-0.1
Kanada	15.2	14.7	14.1	14.6	14.7	12.8	11.9	3.0
Romanya	15.0 Y	15.0	14.3	13.8	14.4	12.6	13.1	0.3
Hindistan	14.2	13.1	12.2	11.9	10.5	10.2	11.0	8.4
İspanya	11.7	11.8	11.9	14.2	13.5	13.0	13.2	-1.1
Belçika	11.2	9.8	9.7	10.7	11.3	10.2	10.0	14.4
G. Afrika	8.8	8.7	8.9	8.5	7.7	7.2	8.3	0.3
Tayvan	8.3 Y	5.8	5.5	5.2	5.0	5.0	4.2	43.6
D. Almanya	8.3 Y	8.2	8.0	7.9	7.6	7.2	7.2	0.1
Türkiye	8.0	7.0	5.9	4.9	4.3	3.8	3.2	13.7
Meksika	7.8	7.6	7.2	7.3	7.5	6.9	7.1	2.9
G. Kore Y	6.8 Y	6.7	6.6	6.5	6.5	6.1	5.8	0.3
Avustralya	6.3	6.1	6.7	6.6	6.3	5.7	6.4	3.3
Hollanda	5.5	5.1	5.3	5.5	5.7	4.5	4.4	9.1
İsveç	4.8	4.6	4.7	4.8	4.7	4.2	3.9	4.0
Avusturya	4.6 Y	4.3	4.3	4.7	4.9	4.4	4.3	6.2
Yugoslavya	4.5 Y	4.4	4.5	4.5	4.2	4.1	3.8	2.4
Lüksemburg	3.7	3.3	3.7	3.9	4.0	3.3	3.5	10.8
Arjantin	3.6	3.6	3.2	2.9	2.6	2.9	2.9	0.3
Venezuela	3.6 Y	3.7	3.4	3.1	2.8	2.3	2.3	-3.0
Macaristan	3.5 Y	3.6	3.7	3.7	3.8	3.6	3.7	-3.4
Bulgaristan	3.0 Y	3.0	2.9	2.9	2.9	2.8	2.6	-1.4
Finlandiya	2.8	2.7	2.6	2.5	2.6	2.4	2.4	4.7
Diğer Ülkeler	20.7	19.9	18.3	17.5	17.5	14.2	12.9	4.3
NYA TOPLAM	780.0	735.9	713.1	719.0	711.0	664.1	645.8	6.0

YNAK: International Steel Institute Raporları (Ocak 1989)

Tahmini değer

(siyasi bloklar arasındaki yumuşama süreci ve silah üretiminin düşmesi, Türkiye'de gümrük duvarlarının zayıflatılması) çelik talebinin daralmasına yol açmıştır. Bu daralmanın etkilerinin 1990 yılında da sürmesi beklenmektedir. Dünya kaliteli çelik üretimi de 100 milyon tonu aşmış durumdadır. Aynı ekonomik gelişmelerden kaliteli çelik üretiminin de etkilenmesi beklenmektedir. Bu durumda Asil Çelik A.Ş.'nin üretimi de etkilenecektir.

III.1.1. Asil Çelik A.Ş.'nin Üretim Akışı

Asil Çelik A.Ş. hurda hammaddesinden çelik üretmektedir. Üretim iki adet Elektrikli Ark Ocağı ile gerçekleştirilmektedir. Bu ark ocaklarından biri 15 ton'luk, diğeri 50 ton'luk olmak üzere döküm başına üretim kapasitesine sahiptir. Bu kapasite yıllık 200.000 ton'luk çelikhane üretim kapasitesini ifade etmektedir.

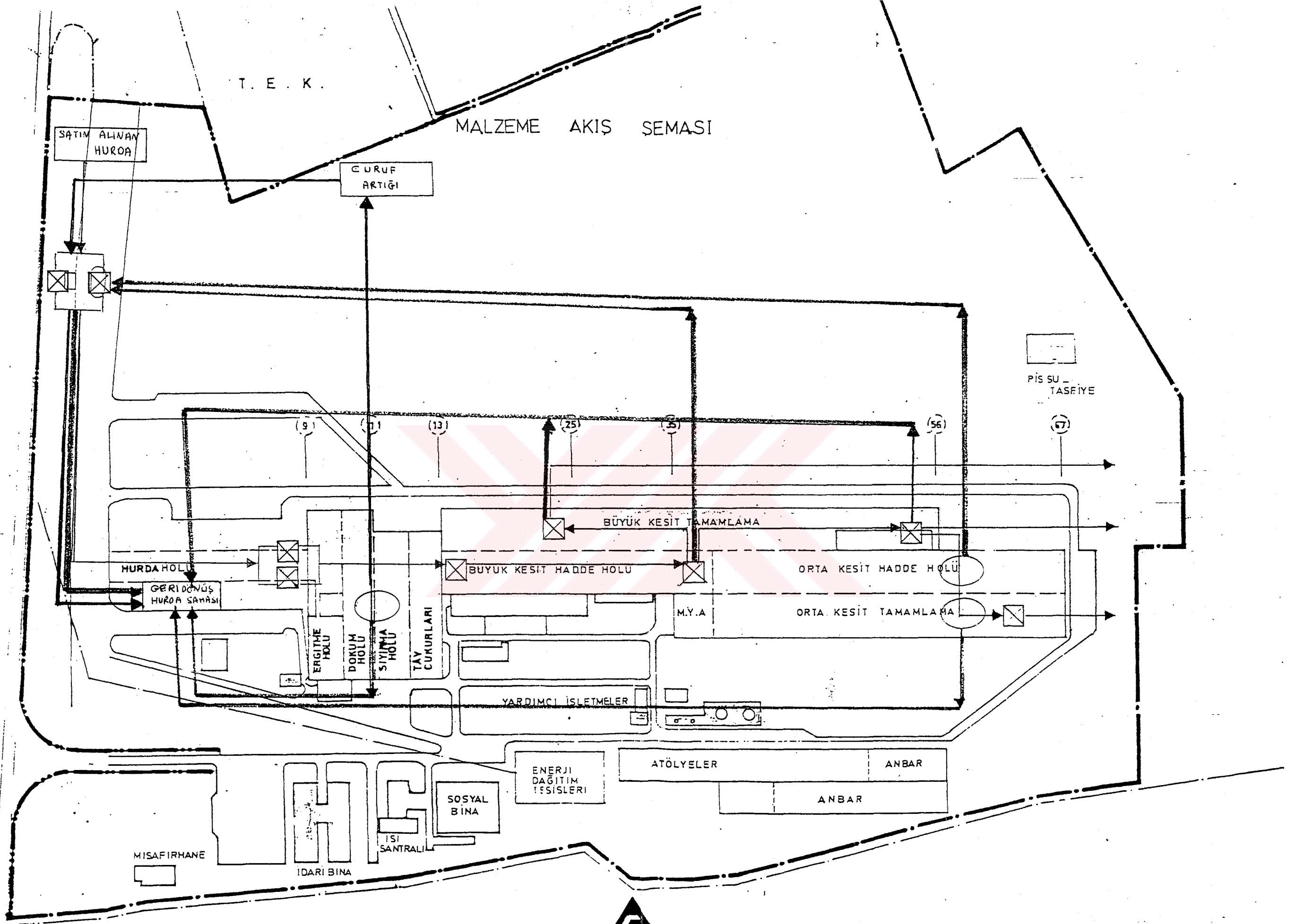
Üretimin gerçekleştirildiği tesisler ve yerleşim planı Sema (III.1)'de verilmektedir. Burada üretim bölümleri ve malzeme akışı gösterilmektedir(1).

Satın alınan yerli ve yabancı hurda, Hurda Sahası'nda stoklanır. Hurda Sahası'ndan, Hurda Holü'ne transfer edilen hammadde, vinç ile hurda arabalarına yüklenen hurda, Çelikhane Ergitme Holü'ne alınır. Daha sonra ön ısıtmaya alınan hurda, Hurda Vinci ile Hurda Sepetlerinden Ark Ocaklarına boşaltılır.

(1) Asil Çelik A.Ş. Endüstri Mühendisliği Bölümü

T. E. K.

MALZEME AKIŞ SEMASI



ASIL ÇELİK

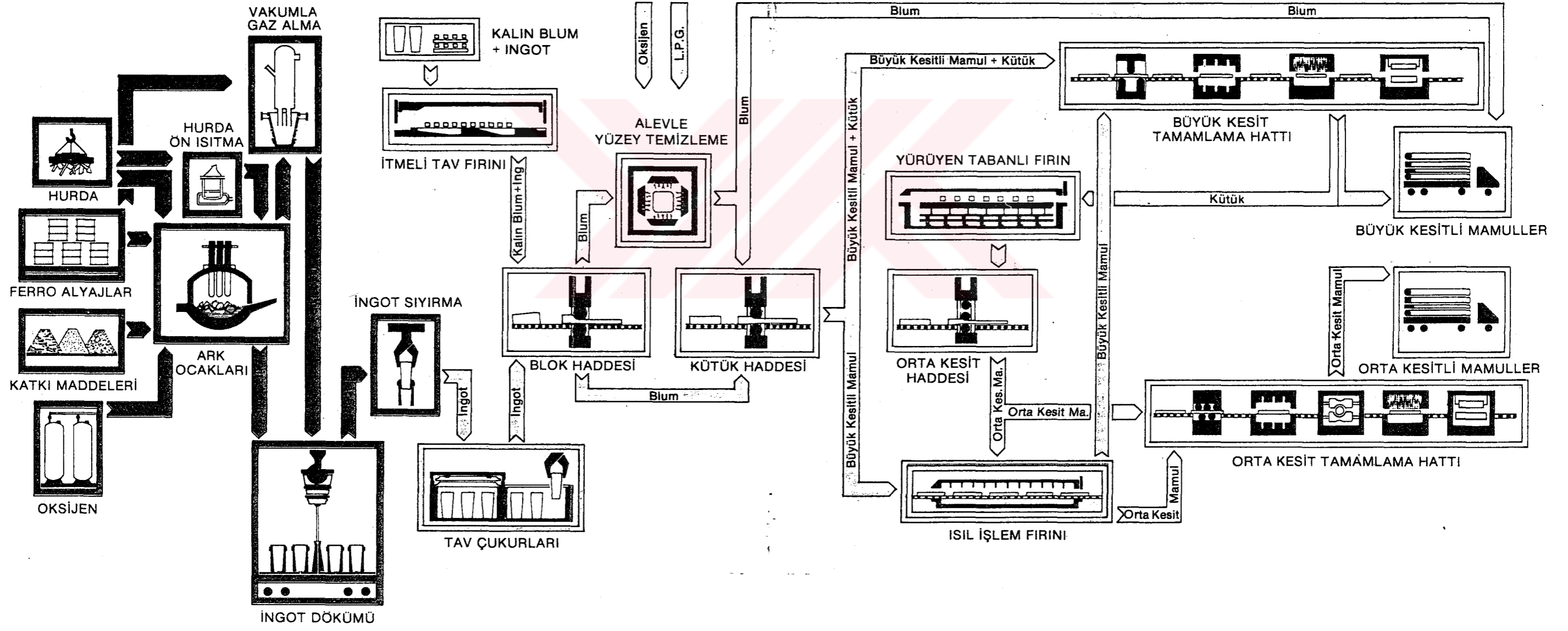
Hurda ergitilerek ham çelik elde edilir. Ocaktan potaya alınan sıvı çelığe LF/VD (1) sistemiyle kaliteye göre gerekli alaşımlar ilave edilir. Bundan sonra eğer gerekiyorsa kaliteye göre sıvı çelik Vakumla Gaz Alma (VGA) işleminden geçirilir. Döküm haline gelen sıvı çelik tabandan döküm sistemiyle ingot kalıplara dökülür. Sıyırma Holü'nde vinç tarafından sıyırılan ingotlar, Tav Çukurlarında gerekli ısıda haddelenmek üzere tavlanırlar. Buradan Büyük Kesit Haddehanesi'ne (BKHH) gelen ingotlar önce Blok Haddesi'nde daha sonra Kütük Haddesi'nde haddelenerek istenilen kesitte, yuvarlak (65-220 mm) ve kare (46-225 mm) mamül olarak üretilirler.

Sema (III.2)'de Asil Çelik Proses Akışı verilmektedir. BKHH'de ayrıca çeşitli nedenlerle yarı mamül stoklarında bulunan ingot veya blumlar itmeli Tav Fırınında tavlanmak suretiyle haddelenmeye verilir. BKHH'den çıkan blumların bir kısmı Alevle Yüzey Temizleme cihazından geçirilerek yüzeylerindeki tufal temizlenir. BKHH'den çıkan mamülün bir kısmı tamamlayıcı işlem görmeden sevkiyata gidebilir. Veya bazı tamamlayıcı işlemler görmek üzere Büyük Kesit Tamamlama Hattı'na (BKTH) gelebilir. Burada doğrultma, çelik püskürtme, ultrasonik test, yüzey çatlak test, taşlama ve kesme işlemlerinden geçen mamüller ya sevkiyata yada daha ince kesitlere haddelenmek üzere Orta Kesit Haddehane'ye (OKHH) gönderilir.

OKHH'de, Yürüyen Tabanlı Fırın'da tavlanan büyük kesit

(1) Bkz. III.1.2.

ASİL ÇELİK PROSES AKIŞI



Şema III.2.

mamüller, 22 - 64 mm yuvarlak, 50 - 120 mm genişlik x 6-40 mm kalınlığında lama, 23.5-47.5 mm altıköşe, 24-50 mm kare ve özel profiller olarak üretilmektedir. Büyük ve Orta Kesit Haddelerinden çıkan mamüller, eğer kalitesi gerektiriyorsa Isıl İşlem Fırını'nda ısıl işleme tabi tutulur. Orta Kesit Haddesinden geçen mamüller bazı tamamlayıcı işlemlerden sonra sevkiyata gönderilir. Bu üretim sürecinin her aşamasında mamüller ayrı kontrol işlemlerine tabi tutularak yüksek kaliteli mamüllerin üretimi sağlanır.

Üretim işleminin gerçekleştiği çeşitli aşamalarda malzeme kayıpları ve geri dönüş hurdaları meydana gelmektedir. Bu kayıplar ve geri dönüş hurdaları Şema (III.1)'de işaretlenmiştir.

Asil Çelik A.Ş.'nin ana ekipmanlarından olan (Ark Ocaklarından sonra), BKHH 210.000 ton/yıl kapasiteli iken, OKHH 60.000 ton/yıl kapasitelidir.

Çalışmamızın asıl konusu olan Çelikhane Bölümü aşağıda genel olarak tanıtılacaktır.

III.1.2. Asil Çelik A.Ş. Çelikhane Üretim Bölümünün Tanıtımı ve Üretim Akışı

Çelikhane Üretim Bölümü çelik üretiminin yapıldığı ilk üretim aşamasıdır. Asil Çelik Proses Akışı (Şema III.2) tanıtılırken Çelikhane Üretim Bölümünün üretim akışına da değinilmişti.

Bu üretim bölümünde, hammadde olan hurda demir, kaliteli

çelik haline getirilmektedir. Çelikhane üretimi, firma çelik üretiminin en temel aşamasını oluşturur (Şema III.3).

Çelikhane Üretim Bölümü'ndeki başlıca kısımlar; Hurda Sahası, Şarj Holü, LF/VD Holü, Döküm ve Sıyırma Holü'dür (1).

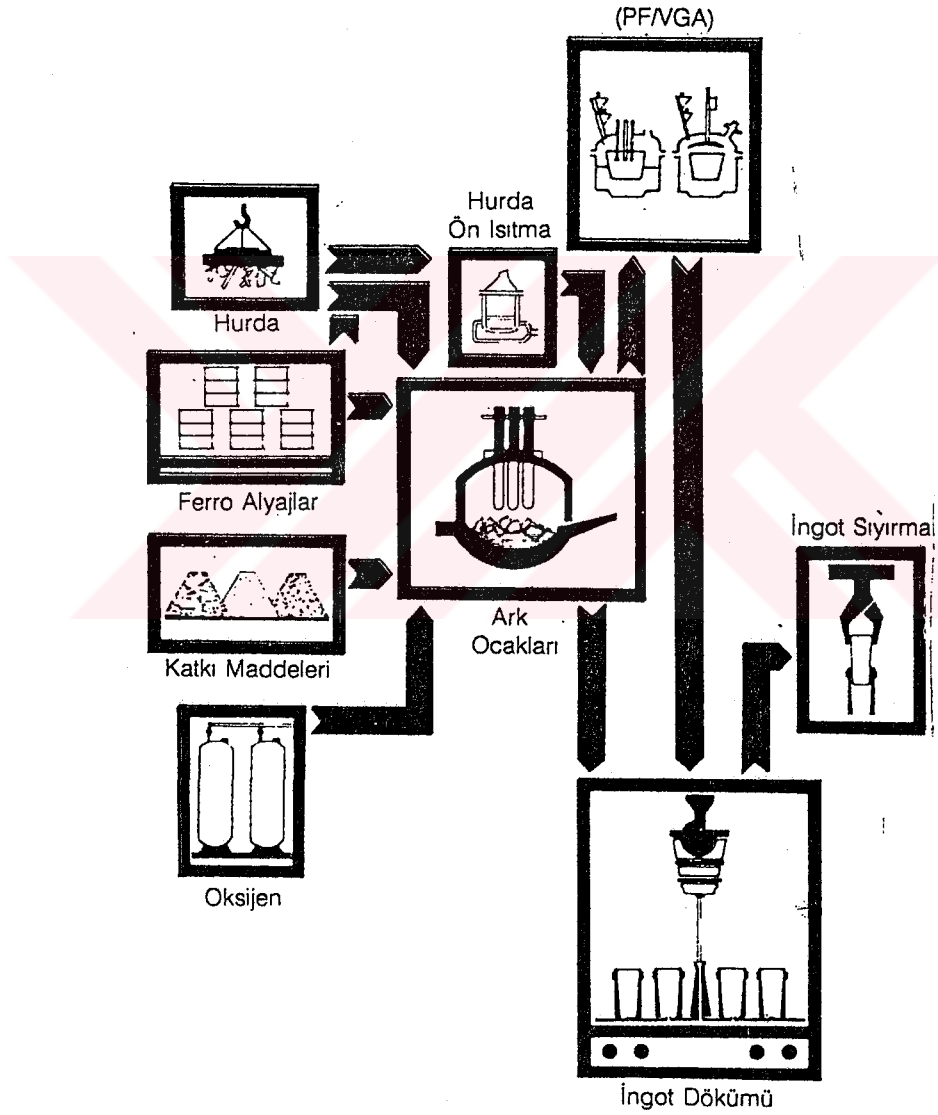
Üretim akışı sözkonusu kısımlardaki işlemlerden sonra gerçekleşir. Hurda Sahası hammadde hazırlama bölümünde yer alır. Bu kısım çelikhaneenin ihtiyacı olan hurda, refrakter (ısıya dayanıklı tuğla) elektrod ve alaşımlar gibi tüm hammaddenin Çelikhaneeye zamanında sevk edilmesini sağlar. Bu kısmın mevcut teçizatı, iki adet Hurda Vinci (10 ton) ile iki adet Hurda Aktarma Arabası'dır (40 ton).

Ocaklarda hurdanın ergitilmesi ve uygun sıcaklığa getirildikten sonra ham sıvı çelik halinde potaya alınması için gerekli tüm işlemler Şarj Holü'nde tamamlanır. Bu kısmın mevcut teçizatı içinde en önemlileri, Hurda Ön Isıtma sistemi, 50 ton'luk Elektrik Ark Ocağı, Jet Burner'ler, 15 ton'luk Elektrik Ark Ocağı, üç adet Hurda Sepeti, Hammadde Bunkerleri'dir.

Potadaki sıvı çelik standartlara göre Pota Fırın ve Vakumla Gaz Alma işleminden geçirilir. LF/VD şeklinde kısaltılan bu sistem ile alaşımlandırma işlemi yapılmaktadır. Bu kısmın önemli teçizatları, Pota Fırını, Vakum Kazanı, RH tipi Eski Vakum Gaz Alma Tesisi'dir. Potada bulunan sıvı çelik tabandan döküm sistemiyle 2600, 2210, 1850 kg'lık ingot kalıplara döküm yapılmaktadır.

(1) Bu konuda geniş bilgi için bkz. Asil Çelik Sanayi ve Ticaret A.Ş., Ekipman El Kitabı, Ocak 1990, s.5-16.

Çelikhane Proses Akışı



Şema III, 3,

Kalıplarda katılaşmakta olan ingotlar, bir süre soğutma için bekletildikten sonra sıyrılmak üzere Sıyırma Hölü'ne transfer edilir. Bu kısmın önemli teçhizatları, iki adet Döküm Vinci, iki adet Sıyırma Vinci, sekiz adet 55 ton'luk Pota, dört adet 20 ton'luk Pota ve Kalıp Soğutma Izgaraları'dır.

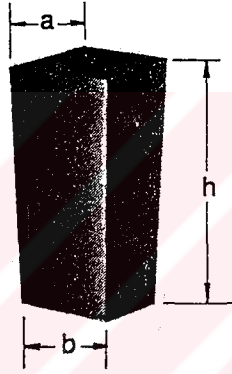
Çelikhane üretimi gerçekleşen ingot kalıplar, ingot olarak satışa sunulabileceği gibi, Haddehane'de istenilen kesitlere haddelenip tamamlayıcı işlemlerden geçirildikten sonra da satışa sunulabilir. Ingotun şekli ve ölçüleri Tablo (III.2)'de verilmiştir.

Asil Çelik Çelikhane modernizasyonu 1984 yılında Jet Burner ve Su Soğutma Panellerinin yerleştirilmesi ile devam etmiş, LF/VD Alaşımlandırma Sistemi 1987 yılında, Elektrod Soğutma Sistemi de 1989 yılında kurulmuştur. Çeşitli dönemlerde yapılan yatırımlarla Çelikhane kapasitesi 1980 yılında 120.000 ton/yıl iken , 1989 yılında 200.000 ton/yıl kapasiteye ulaşmıştır. Grafik (III.4)'de yıllara göre Çelikhane üretimleri, Grafik (III.5)'de ise yıllara göre kapasite kullanım oranları verilmektedir.

Çelikhane için planlanan en önemli yatırım sürekli döküm ünitesidir. Bu yatırım gerçekleştiği takdirde, firma tam kapasite 300.000 ton/yıl üretimi gerçekleştirebilecektir.

Çalışmamızda Çelikhane üretim fonksiyonu ile ilgilenmemizin bir nedeni, bu bölümün üretimin temel aşamasını oluşturmasıdır. Diğer bir nedeni ise, teknolojik değişimin en yoğun olarak gerçekleştiği bir üretim bölümü olmasındandır.

Tablo III.2.
İngot Şekli ve Ölçüleri



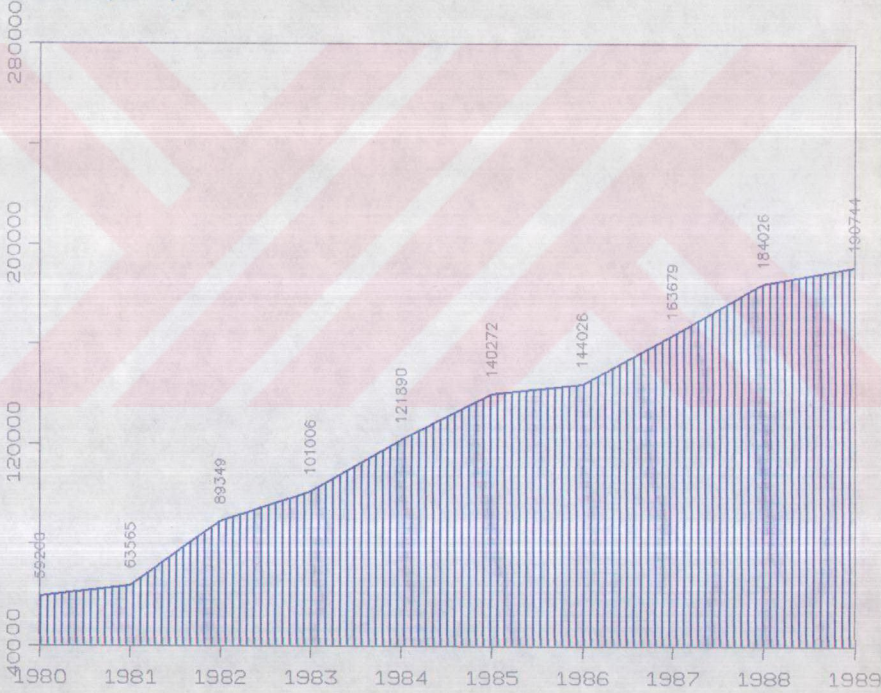
İngot Ölçüleri (mm)

	a	b	h	Ağırlık (Kg)
530'luk ingot	530	440	1030	2600
480'lik İngot	480	430	1510	2210
460'lık İngot	460	380	1300	1850

ASIL CELIK CELIKHANE

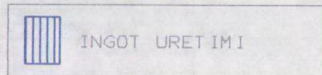
URETİMİ

URETİM (TON)



YILLAR

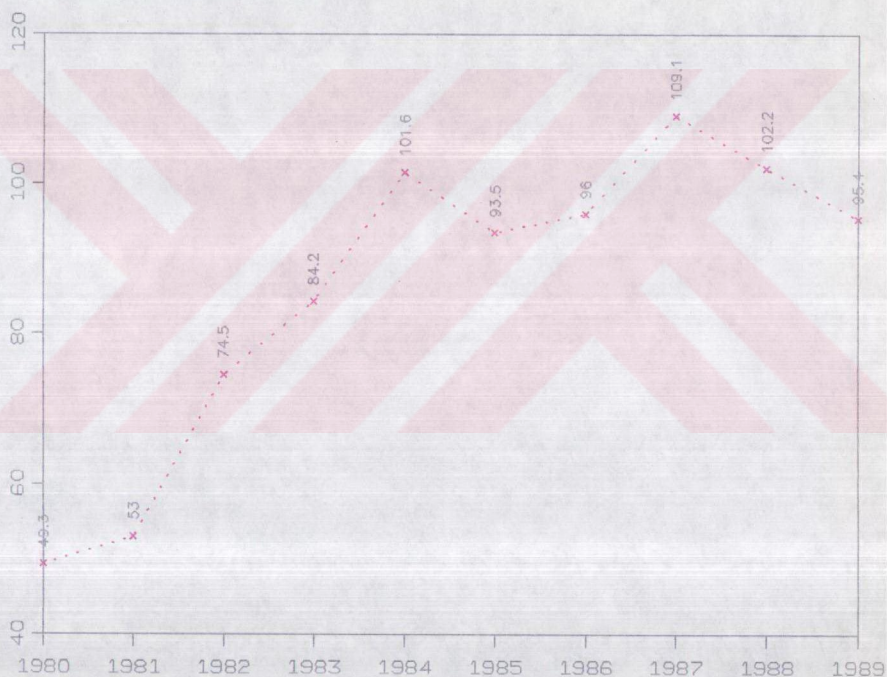
Grafik III.4.



CELİKHANE KAPASİTE

KULLANIM ORANI

KAPASİTE KULLANIMI %



YILLAR

Grafik III.5.

· · · x · · · KAPASİTE KULLANIMI %

Firmanın genel üretim fonksiyonunun tahmini için, bir üretim bölümünün çıktısının diğer bir üretim bölümünün girdisi olduğu, zincirleme ara girdilerden nihai çıktının elde edildiği üretim fonksiyonlarına başvurulabilir(1). Bu da çalışmanın kapsamını genişleteceğinden başka bir araştırma konusu olarak ele alınabilir.

III.2. Uygulamanın Kapsamı

Çalışmamızda Asil Çelik Ticaret ve Sanayi A.S.'nin Çelikhane Üretim Bölümü'nde neo-klasik üretim fonksiyonları aracılığı ile üretim ilişkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Üretim fonksiyonları üretim faaliyeti ile ilgili önemli bilgiler sağlamaktadır. Bu nedenle Çelikhane Üretim Bölümü'nün üretim yapısını, teknolojik değişme potansiyelini belirlemek amacıyla dört farklı modelden yararlanılmıştır.

Bu modellerden ilgili üretim bölümünde kullanılan emek ve sermaye faktörlerinin üretim elastikyetleri, ölçeğe göre getiri oranı ve faktör yoğunlukları tahmin edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca model tahminlerinden elde ettiğimiz diğer önemli bir bilgi ise faktörlerarası ikame elastikyetidir. İkame elastikyeti firma için, üretim, istihdam ve faktör paylarının nasıl ve ne yönde değişeceği konularında bilgi sağlamaktadır.

(1) John M. Antle and Stephen A. Hatchett, "Dynamic Input Decisions in Econometric Production Models", AJAE, 68, 4, (November 1986), s. 939-948.

Ülkemiz sanayileşme süreci içine girdikten sonra, sanayi malları üretiminde önemli miktarda artışlar gözlenmektedir. Sanayi malları üretimindeki bu artış, yeni teknolojilere, sermaye yoğunluğuna ve artan üretim kapasitesine bağlanabilir. Teknolojik değişimin üretim miktarında sağladığı artışlar, faktör verimindeki yükselme ve aynı reel üretim maliyeti ile daha çok miktarda ürün sağlaması şeklinde açıklanabilir. Bu yönü ile teknolojik değişimin tahmini üretim fonksiyonları aracılığı ile gerçekleştirilebilir.

Uygulamamızda, teori bölümünde tanımladığımız teknolojik değişme oranları tahmin edilerek, Çelikhane Üretim Bölümü için teknoloji yoğunluğu belirlenmeye çalışılmıştır.

Böylece iktisadi ilişkilerin bireysel parametre tahminlerine dayanarak, üretim teorisinin üretim bölümünün gerçek verilerine uyumu incelenmiştir. Çelikhane Üretim Bölümü ile ilgili parametre tahminlerinden elde edilen bilgilerin firma üretim kararlarında yardımcı olacağı kanısındayız.

III.3. Ekonometrik Modelin Değişkenlerinin Tanımlanması ve Verilerin Elde Edilmesi

Üretim fonksiyonlarının ampirik analizlerinde zaman serisi verileri kullanılmıştır. 1982 Ocak - 1989 Aralık dönemini kapsayan 96 adet aylık veriler ile model tahminleri gerçekleştirilmiştir. Kısım (II.3)'de C-D ve CES üretim fonksiyonları için teknolojik değişmeyi tahmin eden modellerin tanımlanması (spesifikasyon) verilmişti. Bu modellerde yer alan değişkenler farklı ölçü birimleri ile ölçülmüştür. Farklı ölçü birimleri ile elde edilen değişkenler birden fazla model tahminlerini oluşturmuşlardır. Dolayısıyla iki üretim fonksiyonuna ait 80'e yakın model tahmini denenmiştir. Bunların içinden, firma için üretim kararlarında kullanılabilecek düzeyde anlamlı modeller bu bölümde yer almaktadır.

Şimdi Çelikhane Üretim Bölümüne ait uygulamamızda yer alan değişkenleri tanımlayalım. İlk önce, sırasıyla değişkenlere ait semboller daha sonra da bu değişkenlerin tanımları ve veri kaynakları verilecektir.

Orjinal değişkenler aşağıdaki sembollerle ifade edilmektedir:

- Q : Üretim miktarı
- V : Katma değer
- AV : Amortismanlı katma değer
- MUZ : Makina üretim zamanı
- L : Emek saati

IIM : Emek sayısı

W : Ücretler

t : Zaman

IND : Indeks

Bu değişkenlere ait veriler Ek 3'e dahil edilmiştir.

Logaritmaları alınarak doğrusallaştırılan ve dönüştürülmüş değişkenlerin sembolleri aşağıdaki gibidir:

$$LQ = \ln Q$$

$$QBL = \ln (Q/L)$$

$$QBIIM = \ln (Q/IIM)$$

$$DEF = IND/100$$

$$RV = V/DEF$$

$$LRV = \ln RV$$

$$RVBL = \ln (RV/L)$$

$$RVBIIM = \ln (RV/IIM)$$

$$RAV = AV/DEF$$

$$LRAV = \ln RAV$$

$$RAVBL = \ln (RAV/L)$$

$$RAVBIIM = \ln (RAV/IIM)$$

$$LMUZ = \ln MUZ$$

$$MUZBL = \ln (MUZ/L)$$

$$MUZBL2 = [\ln (MUZ/L)]^2$$

$$MUZBIIM = \ln (MUZ/IIM)$$

$$MUZBIIM2 = [\ln (MUZ/IIM)]^2$$

$$LL = \ln L$$

$$LIIM = \ln IIM$$

$$RW = W/DEF$$

$$RWBL = \ln (RW/L)$$

$$RWBIIM = \ln (RW/IIM)$$

Kullandığımız değişkenlerin tanımları ve veri kaynakları aşağıdaki gibidir:

Üretim miktarı (Q) : Çelikhane Üretim Bölümünde hammadde olarak hurda ve alarımların kullanılması ile elde edilen ham çelik (ingot kalıp) aylık üretim miktarıdır. Bu değişken ton/ay olarak ölçülmüştür.

Katma değer (V) : Katma değer, üretim miktarı değerlerinden girdi değerlerinin çıkarılması ile elde edilir. Bu tanımda Q'nun parasal olarak ifadesi ile girdi değerlerinin toplamı (toplam sınaı maliyet) birbirine eşittir. Çünkü ingot bir ara mamüldür. Yani diğer üretim bölümünde hammadde olarak kullanılır. Fakat daha önce de değindigimiz gibi ingot kalıp olarak ta satış yapılabilir. Çalışmamızda Çelikhane Üretim Bölümünü ele aldığımızdan, ingot bu bölümün nihai çıktısı olmaktadır. Çelikhane Üretim Bölümünün nihai çıktı değeri (Q'nun parasal değeri) ile bu bölümün toplam sınaı maliyeti eşit olup, katma değeri vermektedir. Katma değerin içine hammadde maliyeti, ücretler ve diğer imalat giderleri dahil edilmiştir. Bu değişken aylık nominal değerler olarak ölçülmüştür.

Amortismanlı katma değer (AV) : Zaman içinde ortaya çıkan Çelikhane amortisman değerleri üretim maliyetini artıran bir unsur olduğundan katma değere dahil edilmiştir. Burada yıllık amortisman değerleri, toplam yıllık üretim içindeki aylık üretimin aldığı pay oranında ilgili aylara dağıtılmıştır. Bu değişken aylık nominal değerlerle ölçülmüştür.

Makina üretim zamanı (MUZ) : Sermaye ölçüsü olarak, genellikle sermaye birimleri sayısı (hastanedeki yatak sayısı gibi) veya sermayenin kullanılması (makina saati gibi) ele alınmaktadır. Çalışmamızda bu değişken Çelikhane'deki 15 ve 50 ton'luk elektrikli ark ocaklarının aylık fiili çalışma süreleri toplamından oluşmaktadır. Değişken makina saat olarak ölçülmüştür. 15 tonluk elektrikli ark ocagının ele alınan dönemde üretimi çok az olduğundan, makina üretim zamanı değişkenini homojen olarak kabul edebiliriz.

Ayrıca sermaye değişkeni gayri safi sermaye stoğu ve net sermaye stoğu ölçüleri ile tanımlanarak modellere dahil edilmiştir. Sermaye değişkeninin ayrı bir ölçüsü de işletme sermayesi olarak ele alınmıştır. İşletme sermayesi içine döner sermaye olarak, işçilik hariç tüm girdiler, duran sermaye olarak ta sermaye mallarının amortisman değerleri dahil edilmiştir. Fakat bu üç ölçü birimi ile ölçülen sermaye değişkeni, model tahminlerinde anlamlı çıkmadığından elenmiştir.

Emek saati (L) : Çelikhane Üretim Bölümünde çalışan işçi ve memurların aylık çalışma süreleri toplamıdır. Bu toplama fazla mesailer dahil edilmiştir. Ancak bakım işçilerinin çalışma süreleri dahil edilmemiştir. Değişken emek saat olarak ölçülmüştür.

Emek sayısı (IIM) : Çelikhane Üretim Bölümünde çalışan aylık işçi ve memur sayıları toplamıdır. Bu toplama bakım işçileri dahil edilmemiştir. Bu değişken direkt üretimle ilgili personel sayısı olarak ölçülmüştür.

Ancak Çelikhane Üretim Bölümünde çalışan personel sayısının pek fazla değişkenlik göstermemesi nedeniyle, emek ölçümünde bu değişkenin kullanılması, bazı model tahminlerinde sağlıklı parametre tahminleri elde edilmesine yol açmıştır.

Emek değişkeninin ölçümünde görülen sakınca, farklı nitelikteki emeğin standart bir emek cinsinden ifade edilememesidir. Emek değişkeninin içine sadece işçinin dahil edilmesi halinde, memurun üretimdeki etkinliği hesaba katılmamış olacaktır. Fakat Çelikhane Üretim Bölümünün yaklaşık % 90'nı işçiden geriye kalanı ise memur olarak tanımladığımız formen ve ustabaşılardan oluşmaktadır. Bu yüzden emek değişkenini homojen olarak varsayabiliriz. Ayrıca içerilmemiş teknolojik değişme yaklaşımında emek ve sermaye homojen varsayılmakta idi(1).

Emeğin homojen olarak ifade edilmesinde (örneğin basit işçi gibi) dönüşüm katsayıları kullanılabilir. Nitelikleri yönünden çok karmaşık olan emeğin tek tipe indirgenmesi, gelişmekte olan ülkelerde çok zordur. Emek piyasasının mükemelliği oranında ücret hadleri, sözü edilen basite indirgemede kullanılabilir. W_0 , basit işçiye ödenen ücret; $W_1(i)$ 'nci nitelikteki emeğe ödenen ücret olduğunda $d_i = W_1/W_0 =$ dönüşüm katsayısı olur(2). Fakat gelişmekte olan ülkelerde ücret hadlerinden yararlanmak sağlıklı tahminlere neden olabilir.

(1) Bkz. Kısım II.2.2.

(2) Çetin Tokcan, Turan Güneş ve Tefik Çavdar, Sanayi , Tarım ve Hizmet Sektörlerinde Prodüktivite Ölçülmesi, Ankara: MPM Yayını, 1967,s.93.

Ücretler (W) : Bu değişkenin içine Çelikhane Üretim Bölümüne ait işçi ücretleri, memur maaşları, fazla mesai ücretleri ve diğer personel sosyal masrafları dahil edilmiştir. Değişken nominal olarak ve aylık toplam ücretlerle ölçülmüştür.

Şimdi buraya kadar olan değişkenler ile ilgili verilerin nerelerden elde edildiğine değinelim. Emek değişkenine (L ve IIM) ait veriler Asil Çelik A.Ş. Personel Bölümü'nden, Üretim miktarı (Q) ve makina üretim zamanı (MUZ) ile ilgili veriler Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden, katma değer (V ve AV) ve ücretlere (W) ilişkin veriler ise Muhasebe Bölümü'nden ilgili rapor, tablo ve kayıtlardan elde edilmiştir.

Zaman (t) : Bu değişken zaman içindeki teknolojik değişmeyi yansıtmaktadır. Tahmin döneminin başlangıcından sonuna kadar olan gözlem dönemleri sayısı ile ölçülmüştür. Yani 1982.01 için 1 değerini, 1989.12 için 96 değerini almaktadır. Zaman değişkeni, diğer değişkenler tarafından açıklanamayan teknolojik değişmeden kaynaklanan üretim artışının bir ölçüsü olmaktadır.

İndeks (IND) : Bu değişken T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, toptan eşya fiyatları indeks rakamlarından oluşmaktadır. İndeks hesaplanmasında 1981 = 100 baz kabul edilmiştir. Tahmin dönemine ait (1982.01-1989.12) aylık indeks rakamları deflate işlemi için kullanılmaktadır. Bu değişken ile ilgili veriler Bursa Devlet İstatistik Enstitüsü Müdürlüğü'nden elde edilmiştir.

Orjinal değişkenlerden V, AV ve W nominal olarak ölçülmüşlerdi. Hızlı fiyat artışlarının olduğu bir dönemde bunu dikkate almadan yapılan model tahminleri sağlıklı olmayacağından, ilgili değişkenler indeks değişkeni kullanılarak deflate edilmiştir. Elde edilen reel değişkenler model tahminlerinde yer almaktadır.

III.4. Çelikhane Üretim Bölümü için Üretim Fonksiyonlarının Ampirik Analizi

Bu kısımda, kısım (II.3)'de kalıpları verilen modellerin Çelikhane Üretim Bölümü verileri kullanılarak elde edilen regresyon analizi sonuçları verilecektir.

Cobb-Douglas I Modeli:

Ölçeğe göre sabit getiriyi varsayan, Cobb-Douglas I Modelinin $(\ln(Q/L) = \ln A + mt + \alpha \ln(K/L) + u)$ regresyon analizi sonuçları aşağıda verilmektedir:

$$\widehat{RAVBL}^* = 12.5203 + 0.0115 t + 0.8485 MUZBL \quad (III.1)$$

t (8.85) (23.27)

$$R^2 = 0.944 \quad \bar{R}^2 = 0.942 \quad F^* = 507.10 \quad d^* = 2.07 \quad p = 0.779 (2)$$

$$\widehat{RAVBIIM}^* = 13.3029 + 0.0115 t + 0.8814 MUZBIIM \quad (III.2)$$

t (8.65) (32.04)

$$R^2 = 0.954 \quad \bar{R}^2 = 0.952 \quad F^* = 626.23 \quad d^* = 2.10 \quad p = 0.779 (2)$$

$$\widehat{QBL}^* = 2.7076 + 0.0102 t + 1.0373 \text{ MUZBL} \quad (\text{III.3})$$

t (18.49) (36.02)

$$R^2 = 0.965 \quad \bar{R}^2 = 0.964 \quad F^* = 828.89 \quad d^* = 2.31 \quad p = 0.615 \quad (2)$$

$$\widehat{QBIIM}^* = 2.5278 + 0.0101 t + 1.0195 \text{ MUZBIIM} \quad (\text{III.4})$$

t (18.83) (48.21)

$$R^2 = 0.975 \quad \bar{R}^2 = 0.975 \quad F^* = 1200.41 \quad d^* = 2.31 \quad p = 0.605 \quad (2)$$

Yukarıdaki modellerde yer alan parametreler t testine göre (çift taraflı) 0.01 önem seviyelerinde istatistiki olarak anlamlıdır(1). Parametre tahminlerinin altındaki parantez içindeki değerler t hesaplanmış değerlerini (t) göstermektedir. Parametrelerin bireysel olarak anlamlılıkları yanında, F hesaplanmış değerinin (F) F tablo değerinden 0.01 önem seviyesinde oldukça büyük çıkması modellerin genel olarak anlamlı olduğunu belirtmektedir. Modeller için R^2 değerleri bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama gücünün çok yüksek olduğunu göstermektedir. Ayrıca modeller için R^2 düzeltilmiş değerleri \bar{R}^2 ile verilmektedir.

Elde edilen bu modellerin ilk tahminlerinde birinci dereceden otoregresif yapı ile karşılaşılmıştır. Otokorelasyon problemini gidermek için Cochrane-Orcutt iterasyon metodu kullanılmıştır(2). İki iterasyondan sonra tahmin edilen

(1) Modellerde geçen test istatistikleri Ek 2'ye dahil edilmiştir.
(2) Y. İsyar "Ekonometrik Metodlar I-II", (Basılmamış Ders Notları, UÜ. İİBF, 1989), s.70-71.

otokorelasyon parametresi ρ ve iterasyon sayısı modellerde verilmektedir. d^* hesaplanmış değeri 0.01 önem seviyesinde d tablo değeri ile karşılaştırıldığında otokorelasyonun ortadan kalktığı görülür. Yukarıda sunulan modeller otokorelasyon problemi düzeltilmiş modellerdir.

Modellerin iktisadi kriterlere göre değerlendirmesine gelince; bu modellerde parametrelerin işaretleri iktisadi beklentilerimize uygun olarak çıkmıştır. Büyüklük olarak C-D I Modeli ölçeğe göre sabit getiriyi varsaydığından $\alpha + \beta = 1$ olması gerekmektedir. Nitekim (III.1)'nolu model için $\hat{\alpha} = 0.8485$, $\hat{\beta} = 0.1515$; (III.2)'nolu model için $\hat{\alpha} = 0.8814$, $\hat{\beta} = 0.1186$; (III.3)'nolu model için $\hat{\alpha} = 1.0373$, $\hat{\beta} = - 0.0373$; (III.4)'nolu model için ise $\hat{\alpha} = 1.0195$, $\hat{\beta} = - 0.0195$ tahmin değerleri elde edilmiştir.

Bilindiği gibi bu parametreler ilgili faktörün üretim elastikiyetlerini ve üretim içindeki nispi paylarını vermektedir. (III.1)'nolu modelde, diğer faktörler sabitken; sermaye faktöründeki % 1 oranındaki bir artış (azalış) katma değerde % 0.8485, emek faktöründeki % 1'lik bir artış (azalış) katma değerde % 0.1515 oranında bir artışa (azalışa) yol açmaktadır. (III.2)'nolu model de benzer şekilde yorumlanabilir.

(III.3)'nolu modelde diğer faktörler sabitken, sermayedeki % 1 oranında bir artış (azalış), üretim miktarında % 1.0373 oranında artışa (azalışa) neden olacaktır. Öte yandan diğer

faktörler sabitken emekteki % 1'lik bir artış (azalış) üretim miktarında % 0.0373'lük bir azalışı (artışı) verecektir. Yani emekteki artış üretim miktarını azaltmaktadır. Burada azalan verimler yasasına göre üretim III.aşamada gerçekleşmektedir. Firma üretim miktarını azalttığından dolayı emek faktörünü artırmamalıdır. Ancak firma sermaye faktörüne yapacağı yatırımın getirisi, maliyetinden büyük olması koşuluyla sermaye faktörünü artırabilir. O zaman sermayedeki yüzde artış üretim miktarını daha büyük oranda artırmaktadır.

Teknolojik değişme parametrelerinin yorumlarını yapabilmek için, C-D I Modeli ile tahmin edilen Hicks-nötr teknolojik değişme parametrelerinden Solow-nötr ve Harrod-nötr teknolojik değişme parametreleri tahminleri elde edilmiştir. Bu üç teknolojik değişme oranları her bir model için Tablo (III.3)'de yer almaktadır.

Tablo III.3.

C-D I Modeli Teknolojik Değişme Parametre Tahminleri

Model No	Hicks-nötr	Solow-nötr	Harrod-nötr
(III.1)	0.0115	0.0136	0.0759
(III.2)	0.0115	0.0130	0.0970
(III.3)	0.0102	0.0098	- 0.2734
(III.4)	0.0101	0.0099	- 0.5179

(III.1)'nolu modelde diğer faktörler sabitken, Hicks-nötr teknolojik değişme katma değerinde aylık % 1.15, Solow-nötr teknolojik değişme % 1.36 ve Harrod-nötr teknolojik değişme % 7.59 oranında bir artış sağlar. Bu modelde Harrod-nötr teknolojik değişme oranı diğer teknolojik değişme oranlarına göre katma değerinde daha yüksek değişmeye neden olmaktadır. Bu da teknolojik değişimin emek-tasarruflu yani sermaye-yoğun teknolojik değişimin geçerli olduğunu göstermektedir(1). Sermaye yoğunluğu parametresi (α/β)'nin yüksek çıkması bu sonucu doğrulamaktadır. (III.2)'nolu model için de benzer yorumlar geçerlidir. Bu modelin teknolojik değişme oranları (III.1)'nolu modelin teknolojik değişme oranlarına çok yakındır.

(III.3)'nolu modelde Hicks-nötr teknolojik değişme, diğer faktörler sabitken üretim miktarında aylık % 1.02, Solow-nötr teknolojik değişme % 0.98 oranında bir artışa neden olmaktadır. Tablo (III.3)'den görüldüğü gibi (III.3) ve (III.4)'nolu modeller için Harrod-nötr teknolojik değişme oranı negatif çıkmıştır. Oldukça yüksek olan bu oran, iktisadi olarak kabul edilebilir bir oran değildir. Bu modellerde Harrod-nötr teknolojik değişme, emek verimliliğinin azalması sonucu, üretim miktarındaki azalışı ifade eder. Emegin verimliliğinin azaldığı durumda emek faktörünün artırılması üretimi düşüreceğinden, katma değer artmasına neden olur. Çünkü katma değer tanımı ara mamül ile çalışıldığı için girdi maliyetlerine eşittir(2). Bu sonuç da (III.1) ve

(1) Bkz. Kısım II.2.3.3.

(2) Bkz. Kısım III.3.

(III.2)'nolu modellerle uyumludur.

Cobb-Douglas II Modeli:

Ölçeğe göre değişir getiriye varsayan, Cobb-Douglas II Modelinin ($\ln Q = \ln A + \alpha t + \beta \ln L + \alpha \ln K + u$) regresyon analizi sonuçları aşağıda verilmektedir:

$$\widehat{LRAV}^* = 13.8923 + 0.0116 t + 0.0048 LL + 0.8728 LMUZ \quad (III.5)$$

t (8.81) (0.07) (23.6)

$$R^2 = 0.962 \quad \bar{R}^2 = 0.961 \quad F^* = 575.17 \quad d^* = 2.09 \quad p = 0.7865 \quad (2)$$

$$\widehat{LRAV}^* = 4.5235 + 0.0099 t + 1.916 LIIM + 0.8655 LMUZ \quad (III.6)$$

t (7.79) (2.85) (33.89)

$$R^2 = 0.965 \quad \bar{R}^2 = 0.964 \quad F^* = 628.19 \quad d^* = 2.13 \quad p = 0.7640 \quad (2)$$

$$\widehat{LQ}^* = 2.7204 + 0.0102 t - 0.0386 LL + 1.0374 LMUZ \quad (III.7)$$

t (18.26) (-0.67) (34.56)

$$R^2 = 0.978 \quad \bar{R}^2 = 0.977 \quad F^* = 999.14 \quad d^* = 2.31 \quad p = 0.6148 \quad (2)$$

$$\widehat{LQ}^* = -5.3594 + 0.0087 t + 1.5830 LIIM + 1.0157 LMUZ \quad (III.8)$$

t (15.32) (3.93) (50.59)

$$d = 0.981 \quad \bar{R}^2 = 0.980 \quad F^* = 1162.01 \quad d^* = 2.35 \quad p = 0.5489 \quad (2)$$

Yukarıdaki (III.5), (III.6) ve (III.7)'nolu modellerde \hat{m} ve \hat{a} parametreleri t testine göre (çift taraflı) 0.01 önem

seviyesinde istatistiki olarak anlamlıdır. $\hat{\beta}$ parametresi ise 0.01 önem seviyesinde istatistiki olarak anlamlı değildir (yani sıfırdan farklı değildir). (III.8)'nolu modelin tüm parametreleri t testine göre (çift taraflı) 0.01 önem seviyesinde istatistiki olarak anlamlıdır.

Modellerin tümünde F^* değerinin F tablo değerinden çok yüksek çıkması bağımsız değişkenlerin toplam olarak bağımlı değişkeni açıklamada önemli olduğunu göstermektedir. R^2 değerlerinin çok yüksek çıkması da bu sonucu doğrulamaktadır. C-D II Modellerinin de ilk tahminlerinde birinci dereceden otoregresif yapı ile karşılaşılmıştır. Cochrane-Orcutt metodu ile iki iterasyondan sonra elde edilen otokorelasyon parametresi ρ ve iterasyon sayısı yukarıdaki modellerde verilmektedir. d hesaplanmış değeri (d^*) 0.01 önem seviyesinde d tablo değeri ile karşılaştırıldığında otokorelasyonun ortadan kalktığı görülür.

Bireysel parametre tahminlerinin istatistiki olarak anlamsız, F^* ve R^2 değerlerinin çok yüksek çıkması Çoklu Doğrusal Bağlantı (ÇDB) problemi şüphesi uyandırmıştır. ÇDB probleminin varlığının ve şiddetinin tesbiti için Farrar-Glauber'in X^2 testi uygulanmıştır(1). (III.5) ve (III.7)'nolu modellerdeki bağımsız değişkenler aynı olduğu için Farrar-Glauber X^{*2} değeri 92.77 dir. Bu değer 0.01 önem seviyesinde tablo değerinden çok yüksektir. Buradan ÇDB'nin varlığını ve önemli olduğunu kabul edebiliriz. (III.6) ve (III.8)'nolu modeller için X^{*2} değeri 72.77 dir. Bu

(1) Bu test için bkz. Ek 2.

modellerde de CDB problemi önemlidir. CDB problemine neden olan değişkenler (III.5) ve (III.7)'nolu modellerde LL (emek saat) ve LMUZ (makina saat), (III.6) ve (III.8)'nolu modellerde ise LIIM (emek sayısı) ve t (zaman değişkeni) dir. Bu sonuca Frisch'in Birleştirme Analizi ile varılmıştır(1).

Şimdi C-D II Modelinin iktisadi kriterlere göre değerlendirilmesini ele alalım. C-D II modeli ölçeğe göre değişir getiriyi varsaymaktadır. (III.5)'nolu modelde ölçeğe göre getiri (ÖGG) 0.90, (III.7)'nolu modelde ÖGG = 1 olarak elde edilmiştir. Bu modeller için ölçeğe göre sabit getiriyi kabul edebiliriz. (III.6)'nolu modelde ÖGG = 2.80 , (III.8)'nolu modelde ÖGG = 2.60 olarak ölçeğe göre artan getiri sözkonusudur. (III.6) ve (III.8)'nolu modellerde ölçeğe göre artan getirinin çıkmasının nedeni emek faktörünün ölçümünden kaynaklanmaktadır. Çünkü emek sayısı zaman içinde çok fazla değişkenlik göstermemektedir. Gerçekte ölçeğe göre artan getiri sözkonusu değildir. Emek değişkeninin emek saati ile ölçüldüğü (III.5) ve (III.7)'nolu modellerde ölçeğe göre sabit getiri çıkmaktadır.

C-D II Modellerindeki CDB probleminin çözümü için dışsal bilgi kaynağı olarak firma Endüstri mühendisliği bölümünden ölçeğe göre sabit getirinin (hammadde ve yardımcı madde yüzde 90 verimle kullanılması) geçerli olduğu bilgisi elde edilmiştir(2).

(1) A. Koutsoyiannis (1979), a.g.e., s.238-242.

(2) Çelikhane Üretim Bölümünün 1989 aylık verim tablosu Ek 4'te verilmektedir. Bu tablodan görüldüğü gibi Aralık ayı metalik şarja göre % 90, sıvı çeliğe göre de % 99 verim gerçekleşmiştir.

Ayrıca bu dışsal bilginin doğruluğunu test etmek için ekonometrik kriterler kullanılabilir(1). Buradan ölçeğe göre sabit getiri varsayımını kullanarak Sınırlandırılmış En Küçük Kareler Metodunun uygulandığı C-D I modellerine ulaşılır.

Teknolojik değişme parametrelerinin yorumlarını yapabilmek için, C-D II Modeli ile tahmin edilen Hicks-nötr teknolojik değişme parametrelerinden diğer teknolojik değişme parametrelerinin tahminleri her bir model için Tablo (III.4)'de verilmektedir.

- (1) Tintner parametreler üzerine konan sınırlamalar için F testini öğretmektedir(G.Tintner, *Econometrics*, New York: Wiley,1952,s.90-91'den S.Ertas (1983),a.g.e.,s.8.43-8.46). Çalışmamızda söz konusu dışsal bilginin doğruluğunu sınamak için bu testi kullandık. Hipotezler:
 $H_0 : \alpha + \beta = 1$ ve $H_1 : \alpha + \beta \neq 1$ dir. Test istatistiği:

$$F = \frac{\left(\sum_{R}^2 e - \sum_{e}^2 \right) / c}{\sum_{e}^2 / (n-k)}$$

burada

c: sınırlandırma sayısı, n: gözlem sayısı, k: sınırlandırılmamış fonksiyonun açıklayıcı değişken sayısı.

$\sum_{R}^2 e$: sınırlandırılmış fonksiyondan elde edilen kalıntıların kareleri toplamı, \sum_{e}^2 : sınırlandırılmamış fonksiyondan elde edilen kalıntıların kareleri toplamı. F tablo değeri $v_1 = c$ ve $v_2 = n-k$ serbestlik derecesinden bulunur.

Sınırlandırılmamış fonksiyonun kalıbı: $Q = A K^{\alpha} L^{\beta} e^u$

Sınırlandırılmış fonksiyonun kalıbı : $Q/L = A (K/L)^{\alpha} e^u$
 Bağımlı değişkenin RAV,bağımsız değişkenlerin LL ve LMUZ olarak alındığı modeller için;

$$F = \frac{(0.5919 - 0.5680) / 1}{0.5680 / 93} = 3.9132$$

0.01 önem seviyesinde F tablo değeri 6.91 dir. $F < F_{tablo}$ olduğu için H_0 kabul edilir. Bu durumda ölçeğe göre sabit

getiri sınırlandırması firma için geçerli bir varsayım olarak alınabilir.

Tablo III.4.

C-D II Modeli Teknolojik Değişme Parametre Tahminleri

Model No	Hicks-nötr	Solow-nötr	Harrod-nötr
(III.5)	0.0132	0.0133	2.4166
(III.6)	0.0035	0.0114	0.0052
(III.7)	0.0102	0.0098	- 0.2642
(III.8)	0.0033	0.0086	0.0055

C-D II Modelleri içinde, β parametresinin istatistiki olarak anlamlı çıkmadığı modellerin teknolojik değişme oranları da sağlıklı bir şekilde tahmin edilememiştir. Öte yandan ölçeğe göre sabit getiriye yakın ve α parametresinin anlamlı bir şekilde tahmin edildiği (C-D I Modelindeki α parametresine yakın) (III.5) ve (III.7)'nolu modeller C-D I Modelindeki teknolojik değişme oranlarına yakın değerler vermektedir. Ölçeğe göre sabit getirinin geçerli olmadığı, fakat α parametresinin anlamlı bir şekilde tahmin edildiği (III.6) ve (III.8)'nolu modellerde Solow-nötr teknolojik değişme oranları, C-D I modelindeki (III.2) ve (III.4)'nolu modellerdeki Solow-nötr teknolojik değişme oranları ile uyumludur.

Bütün bu sonuçlar bizi teknolojik değişme oranları açısından da sermaye-yoğun ve ölçeğe göre sabit getirili C-D I modellerine götürmektedir.

Kmenta Modeli:

Ölçeğe göre değişir getiriye varsayan, CES üretim fonksiyonu Kmenta Modeli ($\ln Q = b_0 + b_1 \ln (K/L) + b_2 \ln L + b_3 [\ln (K/L)]^2 + b_4 t + u$) regresyon analizi sonuçları aşağıda verilmektedir:

(III.9)

$$\begin{aligned} \widehat{LRAV} = & 11.7979 + 0.0116 t + 0.8872 LL - 0.0317 MUZBL - 0.1018 MUZBL2 \\ & * \\ & t \quad (8.84) \quad (16.97) \quad (-0.04) \quad (-1.07) \\ R = & 0.963 \quad \bar{R} = 0.961 \quad F = 461.04 \quad d = 2.11 \quad p = 0.7836 (2) \end{aligned}$$

(III.10)

$$\begin{aligned} \widehat{LRAV} = & 4.7039 + 0.0099 t + 2.7367 LIIM + 0.9803 MUZBIIM - 0.0589 \\ & * \\ & MUZBIIM2 \\ & t \quad (7.84) \quad (4.08) \quad (7.16) \quad (-0.85) \\ R = & 0.966 \quad \bar{R} = 0.964 \quad F = 501.17 \quad d = 2.15 \quad p = 0.7599 (3) \end{aligned}$$

(III.11)

$$\begin{aligned} \widehat{LQ} = & 3.4272 + 0.0102 t + 0.995 LL + 1.3396 MUZBL + 0.0339 MUZBL2 \\ & * \\ & t \quad (17.68) \quad (23.40) \quad (1.96) \quad (0.44) \\ R = & 0.978 \quad \bar{R} = 0.977 \quad F = 792.19 \quad d = 2.30 \quad p = 0.6237 (3) \end{aligned}$$

(III.12)

$$\begin{aligned} \widehat{LQ} = & -5.4563 + 0.0087 t + 2.6217 LIIM + 0.9694 MUZBIIM + 0.0237 \\ & * \\ & MUZBIIM2 \\ & t \quad (15.09) \quad (6.40) \quad (8.86) \quad (0.43) \\ R = & 0.981 \quad \bar{R} = 0.980 \quad F = 921.17 \quad d = 2.34 \quad p = 0.5582 (3) \end{aligned}$$

(III.9)'nolu modelde \hat{b}_2 ve \hat{b}_4 parametreleri t testine göre (çift taraflı) 0.01 önem seviyesinde istatistiki olarak anlamlı fakat \hat{b}_1 ve \hat{b}_3 parametreleri 0.01 önem seviyesinde istatistiki olarak anlamlı değildir. (III.11)'nolu modelde \hat{b}_1 , \hat{b}_2 ve \hat{b}_4 parametreleri t testine göre 0.01 önem seviyesinde istatistiki olarak sıfırdan farklıdır. Fakat \hat{b}_3 parametresi 0.01 önem seviyesinde istatistiki olarak sıfırdan farklı değildir.

(III.10) ve (III.12)'nolu modellerde \hat{b}_1 , \hat{b}_2 ve \hat{b}_4 0.01 önem seviyesinde istatistiki olarak sıfırdan farklıdır. Ancak yine \hat{b}_3 parametresi 0.01 önem seviyesinde istatistiki olarak sıfırdan farklı değildir.

Modellerin F istatistiğine göre genel olarak anlamlı olduğu ve R^2 'lerin oldukça yüksek çıktığı görülmektedir. Nitekim 0.01 önem seviyesinde F^* değerleri tablo değerinin çok üstündedir. Bu modellerin ilk tahminlerinde yine pozitif otokorelasyon ile karşılaşmıştır. Birinci dereceden otoregresif yapı için Cochrane-Orcutt iterasyon metodu ile otokorelasyon problemi düzeltilmiştir. (III.9)'nolu modelde 2 iterasyondan sonra (III.10), (III.11) ve (III.12)'nolu modellerde 3 iterasyondan sonra ρ parametreleri tahmin edilmiştir. d^* değeri 0.01 önem seviyesinde tablo değeri ile karşılaştırıldığında otokorelasyon probleminin ortadan kalktığı görülmektedir.

Yukarıdaki istatistiki yorumlara bakıldığında \hat{b}_3 parametresinin istatistiki olarak sıfırdan farksız çıkması CES üretim fonksiyonunu C-D II Modeline dönüştürür.

Modelin iktisadi kriterlere göre değerlendirilebilmesi ve C-D II Modeli ile karşılaştırılabilmesi için, Kmenta Modeli ile tahmin edilen CES üretim fonksiyonunun parametreleri Tablo (III.5)'te verilmektedir.

Tablo III.5.

Kmenta Modelinin CES Parametre Tahminleri

Model No	Sabit	v	λ	δ	σ
(III.9)	11.7979	0.8872	0.0116	-0.0357	-0.1921
(III.10)	4.7039	2.7367	0.0099	0.3582	0.8423
(III.11)	3.4272	0.995	0.0102	1.3463	0.8724
(III.12)	-5.4563	2.6217	0.0087	0.3697	1.0840

Tablo (III.5)'de v ölçek parametresini, λ ise içerilmemiş teknolojik değişme (Hicks-nötr) parametresini vermektedir. Bunlar tahmin edilen modeldeki \hat{b}_2 ve \hat{b}_4 parametrelerine karşılık gelir. Bu parametrelerin istatistiki olarak anlamlı olduklarına değinilmisti. Ayrıca iktisadi olarak ta bekleyişlerimize uygundurlar.

Kmenta Modelinin C-D II Modeline dönüşeceğini belirtmiştik. Şimdi bu iki modelin parametrelerini karşılaştırarak uygunluğunu görelim. Bu amaçla Tablo (III.6) aşağıda verilmektedir.

Tablo III.6.

Kmenta Modeli ile C-D II Modelinin Karşılaştırılması

Model Tipi Model No	Sabit	v	λ	σ
CES (III.9)	11.7979	0.8872	0.0116	-0.1921
C-D II (III.5)	13.8923	0.8776	0.0132	1.0000
CES (III.10)	4.7039	2.7367	0.0099	0.8423
C-D II (III.6)	4.5235	2.7815	0.0035	1.0000
CES (III.11)	3.4272	0.9950	0.0102	0.8724
C-D II (III.7)	2.7204	0.9988	0.0102	1.0000
CES (III.12)	-5.4563	2.6217	0.0087	1.0840
C-D II (III.8)	-5.3594	2.5987	0.0033	1.0000

Tablo (III.6)'da görüldüğü gibi, (III.5) ile (III.9) ve (III.7) ile (III.11)'nolu modellerde ölçeğe göre getiri ve teknolojik değişme oranları uyumludur. (III.9)'nolu model dışındaki Kmenta Modellerinin σ parametresi genel olarak 1'den farklı fakat bire yakın tahmin edilmiştir. Etkinlik parametreleri (sabit) karşılıklı modeller bazında uyumludur. (III.9)'nolu modelde σ negatif tahmin edilmiştir. Bunun nedeni, modeldeki MUZBL ve MUZBL2 değişkenleri arasındaki ÇDB probleminden kaynaklanmaktadır. ÇDB'ya neden olan ve istatistiki olarak sıfırdan farklı tahmin edilmeyen b_3 parametresi MUZBL2 değişkeninin modelden düşülmesine neden olmuştur. Modeli MUZBL2 değişkeni düşülerek yeniden tahmin ettiğimizde, MUZBL'nin parametresi ve

diğer parametreler istatistikî olarak anlamlı çıkmıştır. Bu durumda (III.9)'nolu model için de $\sigma \approx 1$ olmaktadır. Bazen CDB problemi olan üretim fonksiyonlarında, emek ve sermaye değişkine ait parametreler sağlıklı olarak tahmin edilmeseler dahi model kullanılabilir(1). Örneğin, ölçeğe göre getiri ve teknolojik değişme oranları hakkında güvenilir bilgi elde edilebilir.

(III.10) ile (III.12)'nolu modellerde Tablo (III.6)'da görüldüğü gibi ölçeğe göre artan getiri tahmin edilmiştir. CES üretim fonksiyonundaki bu durum, C-D II Modelinin emek faktörünün emek sayısı ile ölçüldüğü (III.6) ve (III.8)'nolu modellerle uyumludur. Emek faktörünün ölçümünden kaynaklanan bu sonuç CES üretim fonksiyonu için de, gerçekte ölçeğe göre artan getiriyi göstermemektedir.

C-D Modelleri ile CES Kımeta Modelinin bu değerlendirmelerinden, C-D I Modelinin Asil Çelik Çelikhane Üretim Bölümü'nün üretim yapısını ve teknolojik değişme yönünü yansıtan bir model olabileceği sonucuna varılabilir.

Ferguson I Modeli:

Ölçeğe göre sabit getiriyi varsayan Ferguson I Modelinin ($\ln (Q/L) = b_0 + b_1 \ln (W/L) + b_2 t + u$) regresyon analizi sonuçları aşağıda verilmektedir:

(1) S.Ertas (1987), a.g.e., s.195.

$$\widehat{RAVBL}^* = 8.6740 + 0.0095 t + 0.0717 RWBL \quad (III.13)$$

t (14.68) (0.79)

$$R^2 = 0.733 \quad \bar{R}^2 = 0.730 \quad F^* = 127.45 \quad d^* = 1.75$$

$$\widehat{RAVBIIM}^* = 9.6244 + 0.0086 t + 0.4504 RWBIIM \quad (III.14)$$

t (7.59) (3.14)

$$R^2 = 0.6265 \quad \bar{R}^2 = 0.623 \quad F^* = 50.89 \quad d^* = 1.94 \quad p = 0.2230 \quad (2)$$

$$\widehat{RVBL}^* = 8.3312 + 0.0098 t + 0.1219 RWBL \quad (III.15)$$

t (11.91) (1.30)

$$R^2 = 0.741 \quad \bar{R}^2 = 0.732 \quad F^* = 86.72 \quad d^* = 1.99 \quad p = 0.1984 \quad (2)$$

$$\widehat{RAVBIIM}^* = 9.5474 + 0.0090 t + 0.4515 RWBIIM \quad (III.16)$$

t (7.91) (3.20)

$$R^2 = 0.649 \quad \bar{R}^2 = 0.638 \quad F^* = 56.32 \quad d^* = 1.95 \quad p = 0.2869 \quad (1)$$

(III.13)'nolu modelde \hat{b}_2 parametresi t testine göre (çift taraflı) 0.01 önem seviyesinde istatistiki olarak anlamlıdır. \hat{b}_1 parametresi ise 0.01 önem seviyesinde istatistiki olarak sıfırdan farklı değildir. R^2 ve F^* değerleri 0.01 önem seviyesinde, modelin genel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Ayrıca bu modelde otokorelasyona rastlanmamıştır. Aynı bağımsız değişkenlerle ifade edilen fakat bağımlı değişkeni RVBL (amortisman dahil edilmeyen reel katma değer) olarak tahmin

edildiği (III.15)'nolu modelde, yine \hat{b}_1 parametresi 0.01 önem seviyesinde t testini geçememiştir. (III.15)'nolu modelin diğer tahmin değerleri (III.13)'nolu modelin tahmin değerlerine yakındır. (III.15)'nolu modelde pozitif otokorelasyon ile karşılaşılması ve Cochrane-Orcutt iterasyon metodu kullanılarak, iki iterasyondan sonra bu problem giderilmiştir. Otokorelasyon parametresi ρ ve d^* düzeltilmiş test değeri modelde verilmektedir.

(III.14)'nolu modelde tüm parametreler t testine göre (çift taraflı) 0.01 önem seviyesinde istatistiki olarak anlamlıdır. F istatistikine göre model (0.01 önem seviyesinde) genel olarak anlamlıdır. Teknolojik değişme ve ücretler (kişi başına ücret) emek verimliliğindeki değişmelerin % 63'ünü açıklamaktadır. Bu modelde de ortaya çıkan otokorelasyon iki iterasyon ile düzeltilmiştir. RVBIIM bağımlı değişken alınarak (III.14)'nolu model yeniden tahmin edildiğinde (III.16)'nolu modele ulaşılır. (III.16)'nolu modelde tüm test istatistikleri 0.01 önem seviyesinde anlamlıdır.

Yukarıdaki Ferguson I Modeli tahminlerinden yararlanarak CES üretim fonksiyonu parametre tahminlerini elde edelim. Bu parametre tahminleri Tablo (III.7)'de verilmektedir.

Tablo (III.7)'de Hicks-nötr ve Harrod-nötr, teknolojik değişme oranları birbirine eşit olup ($\lambda = \alpha$), (III.13) ve (III.15) nolu modeller için yaklaşık % 1.1 tahmin edilmiştir. Bu,

ilgili teknolojik değişme oranlarının emek verimliliğine katkısının aylık % 1.1 olduğunu gösterir. İstatistiki olarak anlamlı çıkmayan σ ($=b_1$) iktisadi büyüklük olarak ta beklentilerimize uygun değildir. Ücretlerde (saat başına ücret) % 1'lik bir artış (azalış) diğer faktörler sabitken emek verimliliğini sadece % 7 oranında artırmaktadır (azaltmaktadır).

Tablo III.7.

Ferguson I Modelinin CES Parametre Tahminleri

Model No	Sabit	$\lambda = \alpha$	σ
(III.13)	8.6740	0.0102	0.0717
(III.14)	9.6244	0.0156	0.4504
(III.15)	8.3312	0.0111	0.1219
(III.16)	9.5474	0.0164	0.4515

Tablo (III.7)'de yer alan (III.14) ve (III.16)'nolu modellerde de Hicks-nötr (= Harrod-nötr) teknolojik değişme emek verimliliğini yaklaşık aylık % 1.6 artırmaktadır. Bu modellerde ücret değişkeni kişi sayısına bölünerek oluşturulmuştur. Kişi sayısı zaman içinde fazla değişmediğinden emek verimliliğindeki artış daha fazla tahmin edilmiştir.

(III.14) ve (III.16)'nolu modellerde σ parametresi istatistiki ve iktisadi olarak anlamlıdır. Emek verimliliğinin

Ücrete göre elastikiyetini gösteren σ , yaklaşık 0.45 tahmin edilmiştir. Bu değer aynı zamanda emek ve sermaye arasındaki ikame elastikiyetini de gösterir. $0 < \sigma < 1$ olduğundan bu iki faktör arasındaki ikamenin zor olduğu görülmektedir.

Ölçeğe göre sabit getiri varsayan Ferguson I Modeli kalıbında tahmin ettiğimiz modelleri karşılaştırdığımızda şu sonuca varabiliriz. Emek verimliliği ile ücret arasındaki ilişkiyi belirlemede, çalışılan saat başına ücrete göre, kişi başına ücret bireysel olarak (t testine göre) daha anlamlı olurken, genel anlamlılıkta (F testine göre) tersi durum geçerlidir.

Ferguson II Modeli:

Ölçeğe göre değişir getiriye varsayan Ferguson II Modelinin $(\ln Q = b_0 + b_1 \ln (W/L) + b_2 \ln L + b_3 t + u)$ regresyon analizi sonuçları aşağıda verilmektedir:

$$\widehat{\text{LRAV}}^* = 2.4401 + 0.0086 t + 1.5071 \text{ LL} + 0.2473 \text{ RWBL} \quad (\text{III.17})$$

t
(12.72)
(10.44)
(2.51)

$$R^2 = 0.836 \quad \bar{R}^2 = 0.831 \quad F^* = 156.82 \quad d^* = 1.77$$

$$\widehat{\text{LRAV}}^* = 1.7725 + 0.0072 t + 2.5597 \text{ LIIM} + 0.4641 \text{ RWBIIM} \quad (\text{III.18})$$

t
(4.73)
(2.21)
(3.32)

$$R^2 = 0.685 \quad \bar{R}^2 = 0.672 \quad F^* = 49.05 \quad d^* = 1.95 \quad \rho = 0.2131 \quad (2)$$

$$\widehat{LRV}_* = 2.0079 + 0.0088 t + 1.5111 LL + 0.3062 RWEL \quad (III.19)$$

$t \quad (10.68) \quad (9.95) \quad (2.94)$

$$R^2 = 0.837 \quad \bar{R}^2 = 0.830 \quad F = 115.86 \quad d = 2.03 \quad p = 0.1883 \quad (2)$$

$$\widehat{LRV}_* = -1.7329 + 0.0069 t + 3.2632 LIIM + 0.4611 RWBIIM \quad (III.20)$$

$t \quad (4.53) \quad (2.82) \quad (3.32)$

$$R^2 = 0.703 \quad \bar{R}^2 = 0.690 \quad F = 53.28 \quad d = 1.96 \quad p = 0.2173 \quad (1)$$

(III.17)'nolu modelde t testine göre (çift taraflı) \hat{b}_2 ve \hat{b}_3 parametreleri istatistiki olarak 0.01 önem seviyesinde sıfırdan farklıdır. \hat{b}_1 parametresi ise, 0.02 önem seviyesinde istatistiki olarak anlamlıdır. R^2 oldukça yüksek tahmin edilmiştir. F^* değeri 0.01 önem seviyesinde tablo değerinin çok üstündedir. Bu modelin ilk tahmininde otokorelasyon problemi ile karşılaşılma-
mıştır. Aynı bağımsız değişkenler ile fakat bağımlı değişkenin LRV (amortisman dahil edilmeyen reel katma değer) alındığı (III.19)'nolu model tahmininde tüm parametreler t testine göre 0.01 önem seviyesinde anlamlı çıkmıştır. (III.19)'nolu model otokorelasyon problemi düzeltilmiş olarak verilmektedir.

(III.18)'nolu modelde yer alan \hat{b}_1 ve \hat{b}_3 parametreleri t testine göre (çift taraflı) 0.01 önem seviyesinde, \hat{b}_2 ise 0.03 önem seviyesinde istatistiki olarak anlamlıdır. Model F testine göre genel olarak anlamlıdır. Bu model için de Cochane-Orcutt iterasyon metodu ile otokorelasyon için düzeltme prosedürü uygulanmıştır. Bağımsız değişkenlerin aynı, bağımlı değişkenin LRV

olarak yer aldığı (III.20)'nolu modelde tüm parametreler 0.01 önem seviyesinde anlamlıdır. R^2 ve F^* modelin genel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. (III.20)'nolu model de otokorelasyon problemi düzeltilmiş haliyle verilmektedir. Ayrıca Ferguson II Modellerinde ÇDB problemi ile karşılaşılmamıştır.

Ferguson II Modelinde de , Ferguson I Modelinde gözlemlendiği gibi katma değeri belirlemede, çalışılan saat başına ücret kişi başına ücrete göre daha etkilidir. Yani genel anlamlılıkta çalışılan saat başına ücret, bireysel anlamlılıkta kişi başına ücret önem kazanmaktadır.

(III.17)'nolu modelde çalışılan saat başına ücretlerdeki % 1'lik bir artış (azalış) katma değerinde % 0.2473 oranında bir artışa (azalışa) neden olmaktadır. (III.18)'nolu modelde kişi başına ücretlerde % 1'lik artış (azalış) katma değerinde % 0.4641 oranında bir artışı (azalışı) sağlamaktadır.

(III.17)'nolu modelde toplam emek saatindeki % 1 oranında bir artış katma değerinde % 1.5071 oranında bir artışa, (III.18)'nolu modelde ise toplam emek sayısındaki % 1'lik bir artış katma değerinde % 2.5597 oranında bir artışa neden olmaktadır. Bağımlı değişkenin LRV olarak alındığı (III.19) ve (III.20)'nolu modeller için de benzer yorumlar yapılabilir.

Şimdi Ferguson II Modelinin tahminlerinden yararlanarak CES üretim fonksiyonu parametre tahminlerini elde edelim. Bu parametre tahminleri Tablo (III.8)'de yer almaktadır.

Tablo III.8.

Ferguson II Modelinin CES Parametre Tahminleri

Model No	Sabit	v	λ	α	σ
(III.17)	2.4401	1.6737	-0.0169	0.0068	0.1640
(III.18)	1.7725	3.9104	-0.0046	0.0034	0.1813
(III.19)	2.0079	1.7366	-0.0172	0.0073	0.2026
(III.20)	-1.7329	5.2000	-0.0030	0.0025	0.1413

Tablo (III.8)'de, ölçeğe göre getiriye gösteren v parametresinin değeri, tüm modeller için 1'den büyük tahmin edilmiştir. İkame elastikiyeti σ ise 1'den küçük tahmin edilmiştir. Ferguson II Modelinin, C-D ve CES Kmenta Modellerine göre farklılığı sermaye değişkenine yer vermemesidir. Sermaye değişkeninin ihmal edilmesi, Ferguson Modellerinde eğilimli parametre tahminlerine neden olabilir.

Emek ve sermayenin marjinal verimliliklerini aynı oranda artırdığı varsayılan, Hicks-nötr teknolojik değişme parametresi λ , ele alınan tüm modeller için negatif işaretli aylık % 0.3 ile % 1.7 oranında tahmin edilmiştir. Oysa Ferguson Modelleri sermaye değişkenine yer vermediği için bu parametrenin de eğilimli olabileceği düşünülebilir. Fakat emeğe ağırlık veren bu modellerde, emeğin etkinliğini artıran teknolojik değişme (Harrod-nötr) parametresi α , tüm modeller için pozitif ve aylık % 0.2 ile % 0.7 arasında tahmin edilmiştir. Bu sonuç emek-tasarruflu (sermaye-yoğun) teknolojik değişmeyi verir.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Asil Çelik A.Ş.'de Çelikhane Üretim Bölümünün üretim ilişkileri ve teknolojik değişme tahminine yönelik yapılan bu çalışmada, iki ayrı tip üretim fonksiyonu tahmini denenmiştir. Bunlardan biri faktörlerarası ikame elastikiyetini bir ile sınırlandıran Cobb-Douglas üretim fonksiyonu, diğeri ise üretim elastikiyeti sabit fakat bir ile sınırlandırmayan CES (Sabit ikame Elastikiyetli) üretim fonksiyonudur. Bu üretim fonksiyonu modelleri tahminlerinin, ne derece geçerli sonuçlar verdiği, istatistiki ve ekonometrik açıdan test edilmeye çalışılmıştır.

Çalışmada tahmin edilen modellerdeki tüm testler 0.01 önem seviyesinde değerlendirilmiştir. Bu testlerin hesaplanmış değerleri (t^* , F^* , d^*), modellerin determinasyon katsayıları (R^2) ve düzeltilmiş determinasyon katsayıları (\bar{R}^2) ile düzeltilmiş otokorelasyon parametresi (ρ), model tahminleri ile birlikte verilmektedir.

Üretim fonksiyonu modellerinin tahminlerinde, otokorelasyon ve çoklu doğrusal bağıntı problemleri ile karşılaşmıştır. Bu tür ekonometrik problemler zaman serisi verileri ile yapılan çalışmalarda, ekonomik büyüme ve değişkenlerin birlikte değişmesi (üretim fonksiyonlarında emek ve sermayenin birlikte artması gibi) sonucu ortaya çıkmaktadır.

Otokorelasyonun sınanmasında, birinci dereceden otoregresif yapı için en etkin test olan Durbin-Watson testi kullanılmıştır.

Otokorelasyon problemini düzeltmek için Cochrane-Orcutt iterasyon metodu uygulanmıştır. Model tahminleri, otokorelasyon problemleri düzeltilmiş şekli ile verilmektedir.

Çalışmada karşılaşılan ÇDB probleminin varlığını ve şiddetini sınamak için Farrar-Glauber'in X^2 testi kullanılmıştır. ÇDB'ye neden olan bağımsız değişkenleri belirlemek için, Frisch'in Birleştirme Analizinden yararlanılmıştır. Model tahminlerinde ÇDB problemi olsa dahi, bazı parametre tahminleri kullanılabilir. Öte yandan ÇDB problemini düzeltmek için dışsal bilgi kaynağına dayanan Sınırlandırılmış En Küçük Kareler Metodu uygulanarak C-D I Modeli tahmin edilmiştir.

C-D I fonksiyonunun, CES üretim fonksiyonunun özel bir hali olduğuna değinmistik. Çalışmada yapılan CES üretim fonksiyonu tahminleri, C-D üretim fonksiyonu yapısını vermektedir. İstatistikî ve ekonometrik kriterleri de tatmin eden, ölçeğe göre sabit getirili C-D I Modeli, Asil Çelik Çelikhane Üretim Bölümünün üretim fonksiyonunu oluşturmaktadır.

Bundan önceki kısımda (Kısım III.4.) C-D I Modeli tahminleri ele alınmıştır. Bu model tahminlerinde emek faktörünün emek saati ile ölçüldüğü ve bağımlı değişkenin reel amortismanlı katma değer (RAV) olarak yer aldığı model (III.1), iktisadî, istatistikî ve ekonometrik kriterlere göre en başarılı modeldir. Bu modeli açık olarak tekrar yazarsak;

$$\widehat{RAV} = 273840.2 \text{ MUZ}^{0.8485} L^{0.1515} e^{0.0115t}$$

olmaktadır.

Çelikhane Üretim Bölümü için seçilen bu üretim fonksiyonu modelinin, teknolojik değişme ve tüm iktisadi parametre tahminlerini şu şekilde yorumlayabiliriz:

(III.1)'nolu modelde Hicks-nötr (içerilmemiş) teknolojik değişme aylık % 1.15 tahmin edilmiştir. Öte yandan ölçeğe göre sabit getiriyi varsayan diğer modellerde de Hicks-nötr teknolojik değişme oranı aylık % 1.1 tahmin edilmiştir.

Aylık bazda verilerle yapılan bu çalışmada, teknolojik değişme oranı da aylık yüzde değişme olarak tahmin edilmiştir. Ancak teknolojik değişme oranını yıllık bazda değerlendirmek daha anlamlı olmaktadır. Yıllık teknolojik değişme oranını tahmin edebilmek için, yıllık bazda veriler kullanılabilir. Yıllık bazdaki veriler, aylık verilerin toplamı veya ortalamasından oluşturulur. Bu işlem ekonometride bütünleştirme hatalarına neden olmaktadır. Model yıllık bazda verilerle tahmin edilirse, sekiz yıllık gözlem değerine sahip olunur. Bu da diğer bir ekonometrik problem olan serbestlik derecesi kaybına neden olmaktadır. Öte yandan tahmin edilen aylık teknolojik değişme oranını 12 ile çarparak yıllık teknolojik değişme oranına ulaşılabilir. Bu durum da bütünleştirme hatalarına neden olmaktadır. Ancak yıllık verilerle çalışıldığında meydana gelecek sakıncalar yanında bu işlem daha makul karşılanabilir.

Bu durumda (III.1)'nolu modelden Çelikhane Üretim Bölümü için yıllık teknolojik değişme oranı % 13.8 olarak tahmin edilmektedir.

Çelikhane Üretim Bölümünde sermayenin nisbi payı (veya üretimin sermayeye göre elastikiyeti) % 85, emeğinki ise % 15 olarak tahmin edilmiştir. Faktörlerin nisbi paylarından yararlanarak sermaye yoğunluğu (α/β) 5.6 olarak elde edilmiştir. Bu katsayının 1'den büyük çıkması, Çelikhane Üretim Bölümünde sermaye-yoğun teknolojinin kullanıldığını göstermektedir. Aynı sonuç, emek tasarrufunu gösteren Harrod-nötr teknolojik değişme oranından da tahmin edilebilir. (III.1)'nolu modelde Harrod-nötr teknolojik değişme oranı aylık % 7.5 ve yıllık % 90 tahmin edilmektedir. Bu da teknolojik değişme sonucu, emek faktörünün prodüktivitesinde yıllık %90 artışı ve sermaye yoğun teknolojinin kullanımını göstermektedir.

Çelikhane Üretim Bölümünde marjinal prodüktiviteler, sermaye faktörü için 812536, emek faktörü için 2198 tahmin edilmiştir. Diğer faktörler sabitken, sermayedeki ilave bir birimin reel katma değerinde yapacağı değişme 812536 TL. olmaktadır. Bu değer nominal olarak 1989 Aralık ayı fiyatları ile 17394771 TL. olmaktadır. Emek faktöründeki ilave bir birimlik değişme, diğer faktörler sabitken reel katma değerinde 2198 TL değişmeye neden olmaktadır. Bu değer nominal olarak 1989 Aralık ayı fiyatları ile 47054 TL. olmaktadır.

Çelikhane Üretim Bölümünün sermaye ve emek faktörleri arasındaki ikame edilebilirliğin ölçüsü MRS (Marjinal Teknik İkame Oranı) 0.0027 olarak tahmin edilmiştir. Bu oran emeğin sermaye yerine ikame oranı olup, çok düşük çıkmıştır.

(III.1)'nolu model için ÖGG (ölçeğe göre getiri) ve σ (faktörlerarası ikame elastikiyeti) bire eşittir. Bu durum C-D I Modelinin spesifikasyonundan kaynaklanmaktadır. Modelin etkinlik parametresi 273840 olarak tahmin edilmiştir. Bu parametre, diğer faktörler sabitken etkinliği belirlemektedir.

Yapısal analiz için kullanılan yukardaki modelin ayrıca önraporlama başarısı test edilmiştir. Ek 5'de modelin ex post tahmin dönemi önraporu, Ek 6'da ise ex post gelecek önraporu verilmektedir. Tahmin dönemi ve geleceğe ait ex post önraporların başarısını test etmede Theil'in eşitsizlik katsayısından (U) yararlanılmıştır(1). Tahmin dönemi için $U=0.3588$, ex post gelecek için $U=0.440$ elde edilmiştir. U katsayısı 0 ile 1 arasında değerler almaktadır. $U=0$ olduğunda tam önraporlama, $U=1$ olduğunda başarısız önraporlama söz konusudur. Bu durumda tahmin dönemi için modelin önraporlama başarısı oldukça iyidir. Ex post gelecek için modelin önraporlama başarısı azalmıştır. Theil'in m istatistiğinden tahmin dönemi için $m=0.90$, ex post gelecek için $m=1.3$ elde edilmiştir. Eğer $m=1$ ise tam önraporlama $0 < m < 1$ olduğundan az önraporlama, $m > 1$ olduğundan çok önraporlama, $m < 0$ dönme noktası hatasını ifade etmektedir. Buradan modelimizin ex post tahmin dönemi önraporlama başarısının iyi, ex post gelecek önraporlama başarısının ise olduğundan çok önraporlama verdiği sonucu elde edilmektedir.

(1) Önrapor değerlendirme kriterleri için bkz. Süleyman Özmucur, **Geleceği Tahmin Yöntemleri**, İstanbul: İstanbul Sanayi Odası, s.31-38.; Mustafa Sevüktekin, "Ekonometrik Modeller ile Önraporlama," (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, UÜSBE, Bursa, 1984), s.101-127.

Modelin gelecek dönemine ait gözlenen katma değer verilerine amortisman paylarının dahil edilmemesi (amortisman paylarının yıl sonunda hesaplanması) önrapor değerlerinin olduğundan fazla tahmin edilmesine neden olmuştur.

Ayrıca burada hata teriminin sabit varyans (Homoskedastisite) varsayımının birçok ekonometrik uygulamada geçerli olmayacağını eklemek makul görünmektedir. Bu ekonometrik problem çapraz kesit verilerine dayanan modellerde daha çok görünmesine rağmen, sadece seçilen model için bu varsayımın geçerliliği test edilmiştir. Bunun için Spearman-Sıra Korelasyon ve Glejser testleri uygulanmıştır(1). Her bir bağımsız değişken için sıra korelasyon katsayısı aşağıda verilmektedir:

$$r'e.LMUZ = - 0.171$$

$$r'e.LL = 0.068$$

$$r'e.t = 0.177$$

Düşük çıkan sıra korelasyon katsayıları Z testine göre (çift taraflı) 0.01 önem seviyesinde istatistiki olarak sıfırdan farklı değildir. Glejser testinde regresyon parametreleri t testine göre (çift taraflı) 0.01 önem seviyesinde istatistiki olarak anlamlı çıkmamıştır. Her iki test de model için sabit varyans varsayımının geçerliliğini göstermektedir.

(1) Bu konuda bkz. Ek 2.

Buraya kadar secilen model ile ilgili sonuclari degerlendirdik. Calismanin amaci uretim fonksiyonlarini, teknolojik degismeyi ve uretim yapisini belirlemede bir arac olarak kullanmakti. Bu amacla Asil Celik Celikhane Uretim Bolumu ele alinarak ekonometrik bir uygulama gerceklestirilmistir. Celikhane Uretim Bolumu icin secilen uretim fonksiyonu modeli ile bu amaclara ulasilmistir.

Calismanin birinci bolumunde, genel olarak uretim fonksiyonu teorisi ele alinmistir. ikinci bolumde, teknolojik degismenin tanimi ve siniflandirilmesi anlatilmaya calisilmistir. Ayrica, bu bolumde uretim fonksiyonu modellerinin tanimlanmasi (spesifikasyonu) ve teknolojik degismeyi tahmin eden model kaliplari verilmiştir. Uçuncü bölümde ise, ikinci bölümde kaliplari verilen uretim fonksiyonu modelleri, Bursa Orhangazi yoresindeki Asil Celik Ticaret ve Sanayi A.S.'ne uygulanmaya calisilmistir.

Uygulamanin gerceklestirilmesinde karšilasilan en önemli guclük sermayenin ve emegin ölçülmesi olmuştur. En uyumlu tahminleri veren ölçüler, sermaye için makina uretim zamanı, emek için ise çalışilan emek saat olarak belirlenmiştir. 1979 yılında uretim faaliyetlerine başlayan Asil Celik A.S.'de, model tahminlerinde kullanilabilecek uygun veriler 1982 yılından itibaren elde edilmiştir. Dolayisiyle sekiz yıllık veri ile calismanin ekonometrik sakıncalari nedeniyle, daha duyarlı tahmin saglayan aylık verilerle çalışma yoluna gidilmiştir. Calismada

İçerilmemiş (nötr) teknolojik değişme incelenmiştir. Çünkü içerilmiş teknolojik değişme modelleri, firmada henüz sağlıklı bir biçimde bulunmayan sermaye stoğu ve sermaye stoğunun yaş dağılımı ile ilgili bilgileri gerektirmektedir. Bu tür modellerin sözkonusu verileri kullanarak tutarlı sonuçlar verecek bir biçimde tahmin olanakları görülmediğinden, içerilmiş teknolojik değişmeyi yansıtan model tahminleri yapılamamıştır.

Çalışmada ele alınan üretim fonksiyonu modelleri karar vermeye yönelik modellerden sadece biridir. Bu modellerden, üretim teknolojisinin seçiminde, faktörlerarasındaki ikame olanaklarının, üretim faktörlerinin üretim içindeki nisbi paylarının ve firma ölçeğinin belirlenmesinde yararlanılabilir. Ayrıca teknolojik değişme oranları, firmanın yatırım kararlarında kullanılacak etkin bir ölçü birimidir. Firma istihdam ve ücret politikasını belirlemek için de elde edilen model tahminlerinden yararlanabilir.

Sonuç olarak, üretim fonksiyonu modellerinin, yukarıda belirtilen firma kararlarında etkin bir araç olarak kullanılacağı söylenebilir.

EK 1

KISITLAMALI KAR MAKSİMİZASYONU

A. Kısıtlı Üretim Maksimizasyonu

Firma belirli bir bütçe ile elde edebileceği üretim miktarını maksimum kılmayı amaçlar. Kısıtlı amaç fonksiyonu aşağıdaki şekildedir:

$$V = f(K,L) + \lambda (\bar{C} - wL - rK - b)$$

burada $\lambda \neq 0$ belirlenmemiş Lagrange Çarpanıdır. Bu fonksiyonun K, L ve λ 'ya göre kısmi türevlerini sıfıra eşitleyelim.

$$dV/dL = f_L - \lambda w = 0$$

$$dV/dK = f_K - \lambda r = 0$$

$$dV/d\lambda = \bar{C} - wL - rK - b = 0$$

ilk iki terimin λ için çözümlenmesi ile

$$f_L = \lambda w \quad \text{veya} \quad \lambda = f_L/w = MP_L/w$$

$$f_K = \lambda r \quad \text{veya} \quad \lambda = f_K/r = MP_K/r$$

elde edilir. ilk iki terim birbirine esittir. Dolayısıyla

$$f_L/w = f_K/r \quad \text{veya} \quad MP_L/MP_K = w/r = MRS \text{ olur.}$$

Yani firmanın dengeye ulaşabilmesi için, birinci mertebeye koşul faktör marjinal produktivite oranının faktör fiyatları oranına eşitlenmesidir. İkinci mertebeye koşul, ilgili Hessian determinantının

pozitif olmasını gerektirir.

$$\begin{vmatrix} f_{LL} & f_{LK} & -w \\ f_{KL} & f_{KK} & -r \\ -w & -r & 0 \end{vmatrix} > 0$$

ikinci mertebe koşuldan yararlanarak eş-maliyet doğrusuyla eş-ürün eğrisinin birbirine teget oldukları noktada, tegetin eğiminin değişme hızının pozitif ($d^2K/dL^2 > 0$) olması gerektiği gösterilebilir(1).

B. Kısıtlı Maliyet Minimizasyonu

Firma belirli bir miktardaki üretimi gerçekleştirmek için, maliyetini minimum kılmayı amaçlayabilir. Kısıtlı amaç fonksiyonu aşağıdaki gibidir:

$$Z = wL + rK + b + \lambda [\bar{Q} - f(K,L)]$$

Bu fonksiyonun L, K ve λ 'ya göre kısmi türevleri sıfıra eşitlenirse,

$$dZ/dL = w - \lambda f_L = 0$$

$$dZ/dK = r - \lambda f_K = 0$$

$$dZ/d\lambda = \bar{Q} - f(K,L) = 0 \quad \text{elde edilir.}$$

(1) Bu ispat için bkz. Henderson and Quandt, a.g.e., s.14.

ilk iki denklemin fiyat terimleri eşitliğin sağına alınır ve birinci denklem ikinci denkleme bölünürse:

$$\lambda f_L = w \quad \text{ve} \quad \lambda f_K = r$$

$$\lambda = f_L/w \quad ; \quad \lambda = f_K/r$$

$$f_L/w = f_K/r \quad \text{veya} \quad f_L/f_K = w/r = \text{MRS}$$

Görüldüğü gibi belirli bir üretim kısıtlaması altında maliyet minimizasyonu ve maliyet kısıtlaması altında üretim maksimizasyonu problemlerine ait birinci mertebeye koşullar aynıdır. İkinci mertebeye koşul ise ilgili Hessian determinantının negatif olmasını gerektirir.

$$\begin{vmatrix} -\lambda f_{LL} & -\lambda f_{LK} & -f_L \\ -\lambda f_{KL} & -\lambda f_{KK} & -f_K \\ -f_L & -f_K & 0 \end{vmatrix} < 0$$

$-f_L = -w / \lambda$ ve $-f_K = -r / \lambda$ değerleri yerine konur ve ilk iki sütun $-1 / \lambda$, üçüncü sütun λ ve üçüncü sıra $-\lambda^2$ ile çarpılırsa;

$$\begin{vmatrix} -\lambda f_{LL} & -\lambda f_{LK} & -w/\lambda \\ -\lambda f_{KL} & -\lambda f_{KK} & -r/\lambda \\ -w/\lambda & -r/\lambda & 0 \end{vmatrix} = \lambda^2$$

$$\begin{vmatrix} f & f & -w \\ LL & LK & \\ f & f & -r \\ KL & KK & \\ -w & -r & 0 \end{vmatrix} < 0$$

$$\begin{vmatrix} -\lambda f & -\lambda f & -w/\lambda \\ LL & LK & \\ -\lambda f & -\lambda f & -r/\lambda \\ KL & KK & \\ -w/\lambda^2 & -r/\lambda^2 & 0 \end{vmatrix} = -1/\lambda$$

$\lambda > 0$ olduğuna göre

$$\begin{vmatrix} f & f & -w \\ LL & LK & \\ f & f & -r \\ KL & KK & \\ -w & -r & 0 \end{vmatrix} > 0$$

Görülüyor ki, bu probleme ait ikinci mertebe koşul kısıtlanmalı üretim maksimizasyonuna ait ikinci mertebe koşulun aynısıdır.

Burada üretim fonksiyonunun tek ürün üretildiği ve tek denklem olduğu durumlardaki optimizasyona değindik. Üretim fonksiyonu denklem sistemleri şeklinde de ifade edilir. Buradan doğrusal ve doğrusal olmayan programlama modellerine(1) geçilir. Eger amaç fonksiyonu ve denklem sistemleri (kısıtlayıcılar)

(1) Basri Bahtiyar, "Doğrusal Olmayan Programlama Modellerinden Quadratik Programlamanın Süt ve Süt Ürünlerinin Üretim Planlamasında Uygulanması", (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, ÜÜSBE, 1989).

doğrusal ise ve firma birden çok ürün üretiyorsa bu tür modellerin optimizasyonunda doğrusal programlama metodu, amac fonksiyonu doğrusal olmadığında ise doğrusal olmayan programlama metodları kullanılır.



EK 2

OLAGAN EN KÜÇÜK KARELER (OEKK) TAHMİN METODU

VE TEST İSTATİSTİKLERİ

OEKK metodu, doğrusal stokastik regresyon modelinin varsayımları altında, tahmin edicilerin hesaplanmasında hata terimlerinin kareleri toplamını en küçük kılan matematiksel bir metottur.

X ve Y değişkenleri arasındaki gerçek kesin doğrusal ilişki $Y_i = \alpha + \beta X_i$, gerçek olasılıklı doğrusal ilişki $Y_i = \alpha + \beta X_i + u_i$ ile gösterilir. X ve Y için ikili gözlemler halinde veriler toplandığında bunlar bir örneklem (numune) oluştururlar. Bu örneklem ile α ve β (ana kütle parametreleri) değerlerinin tahmin değerleri olan $\hat{\alpha}$ ve $\hat{\beta}$ değerleri elde edilir. Örneklem için kesin doğrusal ilişki $\hat{Y}_i = \hat{\alpha} + \hat{\beta} X_i$ ve olasılıklı doğrusal ilişki $Y_i = \hat{\alpha} + \hat{\beta} X_i + e_i$ ($i=1,2,\dots,n$) olduğunda $e_i = Y_i - (\hat{\alpha} + \hat{\beta} X_i) = Y_i - \hat{Y}_i$ olmaktadır. Burada e_i , X_i değeri için Y_i 'nin gözlem değeri ile tahmin edilen değeri arasındaki farkı göstermektedir. OEKK metodu ile hata terimlerinin (e_i) kareleri toplamı en küçük olacak şekilde $\hat{\alpha}$ ve $\hat{\beta}$ tahmin edicileri elde edilir. Bu işlem için gerekli matematiksel form şu şekilde tanımlanabilir:

$$\sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n [Y_i - (\hat{\alpha} + \hat{\beta} X_i)]^2$$

Bu ifadenin $\hat{\alpha}$ ve $\hat{\beta}$ 'ya göre kısmi türevleri alınıp sıfıra eşitlendiğinde;

$$\left(\frac{d \sum_{i=1}^n e_i^2}{d \hat{\alpha}} \right) = 2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{\alpha} - \hat{\beta} X_i) (-1) = 0$$

$$\left(\frac{d \sum_{i=1}^n e_i^2}{d \hat{\beta}} \right) = 2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{\alpha} - \hat{\beta} X_i) (-X_i) = 0 \quad \text{elde edilir.}$$

Bu ifadeler düzenlendiğinde;

$$\sum_{i=1}^n Y_i = n \hat{\alpha} + \hat{\beta} \sum_{i=1}^n X_i$$

$$\sum_{i=1}^n Y_i X_i = \hat{\alpha} \sum_{i=1}^n X_i + \hat{\beta} \sum_{i=1}^n X_i^2$$

OEKK'nın normal denklemleri elde edilir. Normal denklemler $\hat{\alpha}$ ve $\hat{\beta}$ için çözüldüğünde OEKK tahmin edicileri elde edilir. OEKK metodu burada basit doğrusal regresyon analizi için açıklanmıştır. Bu metod aynı şekilde çoklu doğrusal regresyon analizi için de genişletilebilir.

Yukarıda açıklanan OEKK metodu şu varsayımlara dayanır:

- (1) u_i bir tesadüfi reel değişkendir.
- (2) $E(u_i) = 0$; gerçek hata terimi u_i her X_i değeri için sıfır ortalamaya sahiptir.
- (3) $E(u_i^2) = \sigma_u^2$ (sabit); u_i 'nin ortalama civarındaki varyansı tüm X_i değerleri için sabittir. Buna sabit varyans (homoscedasticity) varsayımı da denir.

(4) $u_i \sim N(0, \sigma^2)$; hata terimi u_i değerleri her X_i değeri için sıfır ortalama civarında çan eğrisi şeklindeki simetrik bir dağılıma (normal dağılım) sahiptir.

(5) $E(u_i u_j) = 0$, $i \neq j$ ve $i, j = 1, 2, \dots, n$; bağımlı değişkenin i 'nci değerinin hatası (u_i) ile j 'nci değerinin hatası (u_j) arasındaki kovaryans sıfırdır. Başka bir değişle bu, zaman serisi verileri ile hataların korelasyonlu olmadığı varsayımdır. Ekonometrik çalışmalarda bu varsayımın ihlali otokorelasyon problemini doğurur.

(6) $E(u_i X_i) = 0$; hata terimi (u_i) ile bağımsız değişkenler (X_i) arasında korelasyon yoktur. Ayrıca X_i 'lerin tüm hayali örneklemelerde bir sabit sayılar kümesi olduğu varsayılır.

(7) Bağımsız değişkenlere ait gözlemlerde ölçme hatası yoktur.

(8) Bağımsız değişkenler arasında tam doğrusal bir korelasyon yoktur. Ekonometrik çalışmalarda bu varsayımın ihlali çoklu doğrusal bağıntı problemini oluşturur.

(9) Makro değişkenler doğru bir şekilde derlenmiştir. Bu değişkenler elde edilirken uygun toplama ve kümeleme yöntemlerinin benimsendiği varsayılmaktadır.

(10) Tahmin edilen ilişki tanımlanmıştır. Parametreleri tahmin edilmek istenen ilişkinin tek bir matematiksel kalıba sahip olduğu varsayılmaktadır.

(11) Modelde hiç bir spesifikasyon hatasının olmadığı kabul edilir. Model içine tüm önemli bağımsız değişkenlerin dahil edildiği ve modelin matematiksel kalıbının doğru olarak

tanımlandığı varsayılmaktadır.

Yukarıda sıralanan varsayımlar gerçekleştiği takdirde OEKK tahmin edicileri şu özelliklere sahiptir:

(1) Eğilimsizlik: Eğer bir tahmin edicinin, beklenen değeri ana kütle parametresine eşitse tahmin edici eğilimsizdir. $E(\hat{\beta}) = \beta$.

(2) En küçük varyans: Bir tahmin edici diğer ekonometrik metodlardan elde edilen başka bir tahmin ediciye göre en küçük varyansa sahip olduğunda en iyi tahmin edicidir.

$$E [\hat{\beta} - E(\hat{\beta})]^2 < E [\tilde{\beta} - E(\tilde{\beta})]^2$$
$$\text{Var} (\hat{\beta}) < \text{Var} (\tilde{\beta})$$

(3) Etkinlik: Tahmin edici yukarıdaki özelliklerin her ikisini birlikte sağladığında etkindir.

(4) Doğrusallık: Tahmin edici, örneklem gözlemlerinin doğrusal bir kombinasyonu ile belirleniyorsa, sözkonusu tahmin edici parametrelerine göre doğrusaldır.

(5) En iyi doğrusal eğilimsiz tahmin edici (EDET): Eğer bir tahmin edici, doğrusal, eğilimsiz ve ana kütle parametresinin diğer tüm doğrusal eğilimsiz tahmin edicilerine kıyasla en küçük varyansa sahipse, sözkonusu tahmin edici EDET olur.

(6) Ortalama kare hata (OKH) kriteri: Küçük eğilim ve en küçük varyans karşılaştırması OKH kriteri ile yapılmaktadır. OKH tahmin edicinin gerçek ana kütle parametresi β etrafındaki farklarının karesinin beklenen değeri olarak tanımlanmaktadır:

$$\text{OKH}(\hat{\beta}) = E(\hat{\beta} - \beta)^2$$

(7) Yeterlilik: Bir örneklemin ana kütle parametresi

hakkında içerdigi tüm bilgilerden yararlanan bir tahmin edici yeterli bir tahmin edicidir.

Çalışmadaki modellerde kullanılan test istatistikleri aşağıda verilmektedir:

t Testi:

$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + u$ formundaki genel doğrusal ilişkide regresyon parametrelerinden β_i 'nin bağımlı değişken Y'deki toplam değişmeyi açıklamada önemli (yani sıfırdan farklı), bir rol oynayıp oynamadığını test etmek için t istatistiğinden yararlanılır. Bu test için sınanan hipotezler;

$$H_0 : \beta_i = 0$$

$$H_1 : \beta_i \neq 0$$

$$t = \frac{\hat{\beta}_i - \beta_i}{s(\hat{\beta}_i)}$$

Burada $\hat{\beta}_i = \beta_i$ 'nin OEKK tahmin edicisi,

β_i = bilinmeyen ana kütle parametresi,

$s(\hat{\beta}_i) = \hat{\beta}_i$ 'nin tahmini standart hatası.

Hesaplanan t değeri, t^* , seçilen önem seviyeleri ile $v=n-k$ (n, örneklem büyüklüğü ve k, tahmin edilen parametrelerin toplam sayısı) serbestlik derecesinde t tablo değeri ile karşılaştırılarak H_0 hipotezi hakkında karar verilir. t^* değeri

t tablo değerinden büyükse β_1 'nin istatistiki olarak anlamlı olduğuna karar verilir. t^* değeri t tablo değerinden kkse β_1 istatistiki olarak sıfırdan farklı değildir.

F Testi:

Regresyonun genel anlamlılığını, yani bağımsız değişkenlerin teker teker değil de hep birlikte bağımlı değişkendeki toplam değişmeyi önemli derecede (yani sıfırdan farklı) açıklayıp aıklamadıklarını test etmek için F testinden yararlanılır. F istatistiği R^2 'nin anlamlılığının bir testidir. Hipotezler:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$$

$$H_1 : \beta_i \text{ lerin hepsi birden sıfıra eşit değildir.}$$

$$F^* = [R^2 / (k-1)] / [1-R^2 / (n-k)]$$

Burada R^2 oklu determinasyon katsayısı veya çoklu korelasyon katsayısıdır ($0 < R^2 < 1$). R^2 değeri ne kadar yüksekse Y'deki toplam değişmelerin regresyon düzlemi tarafından açıklanma yüzdesi o kadar büyüktür. ilave bağımsız değişkenler R^2 'nin değerini yükseltir. Bu kusuru ortadan kaldırmak için serbestlik derecesini dikkate alan düzeltmiş R^2 , \bar{R}^2 , kullanılır.

$$\bar{R}^2 = 1 - (1-R^2) [(n-1)/(n-k)]$$

Eğer n büyük ise \bar{R}^2 ve R^2 birbirine yakın çıkar. Hesaplanan F değeri F^* seçilen önem seviyeleri ile $v_1 = k-1$ ve $v_2 = n-k$ serbestlik derecesinde F tablo değeri ile karşılaştırılarak H_0 hipotezi

hakkında karar verilir. F^* değeri F tablo değerinden büyük ise regresyonun genel olarak anlamlı olduğu kabul edilir. Aksi durumda regresyon genel olarak anlamlı değildir.

Durbin-Watson Testi:

Durbin-Watson testi ile otokorelasyonun (herhangi bir dönemdeki u 'nun değeri ile daha önceki değerleri arasındaki korelasyon) var olup olmadığı sınılanır. Bu test birinci dereceden otoregresif yapı ($e_t = \rho e_{t-1}$) için kullanılır. Hipotezler:

$$H_0 : \rho=0$$

$$H_1 : \rho \neq 0$$

Otokorelasyonun olmadığı durumu gösteren H_0 hipotezinin sınılanmasında test istatistiği şöyle tanımlanır:

$$d^* = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2}$$

Hesaplanan d değeri, d^* , seçilen önem seviyelerinde n ve k (k , bağımsız değişken sayısı) değerleri için d_L alt ve d_U üst sınırlarına göre bulunan d tablo değeri ile karşılaştırılır. d^* istatistiği sıfır ile dört arasında yer almaktadır. Eğer $d^* < d_L$ ise birinci dereceden pozitif otokorelasyon, $d^* < 4-d_L$ ise birinci dereceden negatif otokorelasyon vardır. Eğer $d_U < d^* < 4-d_U$ ise otokorelasyonun olmadığı H_0 hipotezi kabul

edilir. $d_L < d^* < d_U$ yada $4-d_U < d^* < 4-d_L$ ise sinama sonuçsuz kalır.

Farrar-Glauber'in X^2 Testi:

Farrar-Glauber'in X^2 testi ile birden fazla bağımsız değişkenin yer aldığı modellerde çoklu doğrusal bağıntının (bağımsız değişkenler arasındaki doğrusal korelasyon) var olup olmadığını, varsa şiddetini sınarız. Hipotezler:

H_0 : X'ler ortogonaldır(1).

H_1 : X'ler ortogonal değildir.

$$X^2 = - [n - 1 - 1/6 (2k+5)] \ln \left(\frac{\text{korelasyon determinantının değeri}}{\text{determinantının değeri}} \right)$$

Buradaki korelasyon determinanti $|r|$, ana diyagonal elamanları bire eşit olan, diyagonal dışı elamanları bağımsız değişkenler arasındaki basit korelasyon katsayılarından oluşan bir determinanttır. Tam çoklu doğrusal bağıntı halinde $|r|$ 'nin değeri sıfıra eşittir. Bağımsız değişkenler arasında hiç korelasyon bulunmadığı durumda (X'lerin ortogonallığı hali) $|r|$ 'in değeri bire eşittir. Öyle ise $0 < |r| < 1$ arasında bir değer belirli bir derecede çoklu doğrusal bağıntının varlığını gösterir. Ortogonallikten ayrılma ne kadar çok ise, çoklu doğrusal bağıntı o kadar fazladır.

(1) $xy = yx = 0$ ise x ve y vektörleri ortogonaldır.

Hesaplanan X^{*2} değeri seçilen önem seviyelerinde $v=(1/2)k(k-1)$ (k, açıklayıcı değişken sayısı) serbestlik derecesinde X^2 tablo değeri ile karşılaştırılarak H_0 hakkında karar verilir. X^{*2} tablo değerinden büyükse çoklu doğrusal bağıntı vardır ve önemlidir. Eğer X^{*2} tablo değerinden küçükse çoklu doğrusal bağıntının problem teşkil etmediğini ifade eder.

Spearman-Sıra Korelasyon Testi:

Doğrusal regresyon modelinin üçüncü varsayımı hata teriminin (u_i) varyansının, bağımsız değişkenin (X_i) tüm değerleri için sabit kaldığıdır. Bu durumda model homoskedastiktir. Bu varsayımın gerçekleşmediği yani u_i 'nin varyansları gözlemden gözleme değişirse ortaya heteroskedastisite durumu çıkar. Heteroskedastisite durumunun var olup olmadığını belirlemek için Spearman-Sıra Korelasyon testi uygulanabilir.

$$\ln \hat{Y}_i = \ln \hat{b}_0 + \hat{b}_1 \ln X_1 + \hat{b}_2 \ln X_2 + \dots + \hat{b}_m \ln X_m + e_i$$

modeli için

$$r'_{e.\ln X_k} = 1 - \frac{6 \sum D_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad \text{sıra korelasyon katsayısı}$$

hesaplanır. Burada $k = 1, 2, \dots, m$, D_i : birbirine karşılık gelen X ve e çiftlerinin sıraları arasındaki fark, n = örnekteki gözlem sayısını göstermektedir. r' nin istatistiki olarak anlamlılığını Z testi ile sınavabiliriz. Hipotezler: $H_0: \rho = 0$, $H_1: \rho \neq 0$;

Test istatistiği $Z^* = r' \sqrt{n-1}$ dir. Yüksek bir sıra korelasyon katsayısı Heteroskedastisite durumunu ifade etmektedir.

Glejser Testi:

Homoskedastisite varsayımının gerçekleşip gerçekleşmediğini belirlemek için Glejser Testi kullanılabilir.

$$\ln \hat{Y} = \ln \hat{b}_0 + \hat{b}_1 \ln X_1 + \hat{b}_2 \ln X_2 + e_i$$

modelinde $\ln \hat{b}_0 = \hat{b}_0^*$, $Y = \ln \hat{Y}$, $X_1 = \ln X_1$, $X_2 = \ln X_2$ olarak

tanımlanıp fonksiyon aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$Y^* = \hat{b}_0^* + \hat{b}_1^* X_1^* + \hat{b}_2^* X_2^* + e_i^*$$

$|e_i^*|$ ile X_1^* ve X_2^* arasındaki ilişki,

$$|e_i^*| = a_0 + a_1 X_1^* + a_2 X_2^* \text{ dir. Bu ilişkide } a_0, a_1 \text{ ve } a_2$$

regresyon katsayıları t testine göre anlamlı bulunmazlarsa u_i 'lerin Homoskedastiklik varsayımı rededilemez(1).

(1) Ek 2 de yer alan OEKK ve testler için bkz. A. Koutsoyiannis, **Ekonometri Kuramı: Ekonometri Yöntemlerinin Tanıtımına Giriş**, Çev.Umit Senesen ve Gülay Günlük Senesen, Ankara: Verso Yayıncılık, Ekim 1989.; Y.İsyar (1988),a.g.e.,s.49-50.; S.Ertaş (1983),a.g.e.,s.9.9.-9.13.

ASİL ÇELİK A.Ş. ÇELİKHANE ÜRETİM BÖLÜMÜNÜN ORJİNAL VERİLERİ

	Q	MUZ	L	IIM	AV (000)
1	6995.60	428.80	31340.00	135	349358
2	7319.30	448.10	30887.00	136	355875
3	8115.30	552.20	34328.00	137	440301
4	7890.80	529.00	33299.00	138	427179
5	6784.00	493.00	32699.00	138	422335
6	8680.00	629.60	33071.00	137	485116
7	8618.60	607.20	33009.00	140	487247
8	3043.40	205.20	23799.00	139	205951
9	5509.00	394.30	31952.00	139	374804
10	7679.30	475.80	34326.00	140	459972
11	8787.50	581.20	36908.00	142	554381
12	9925.90	618.50	37619.00	144	547201
13	6675.70	488.40	35181.00	138	401846
14	8635.70	594.60	34888.00	140	529712
15	8785.90	629.30	38834.00	140	567505
16	9030.20	619.10	35669.00	143	581515
17	9052.80	594.60	36573.00	144	571288
18	9360.40	635.00	36974.00	143	543997
19	3718.30	248.60	20488.00	143	268641
20	6947.50	470.90	32792.00	143	510408
21	9120.10	615.10	35204.00	143	577880
22	8466.40	586.90	33358.00	143	570714
23	9810.00	621.30	35806.00	143	690661
24	11403.50	701.80	36263.00	143	829809
25	10240.40	634.80	35022.00	143	750294
26	10191.30	601.40	35262.00	143	782876
27	10475.60	658.60	38445.00	143	878035
28	10816.30	640.60	34504.00	143	956330
29	10309.40	629.30	36908.00	143	1019141
30	9353.00	594.00	34606.00	143	929674
31	10552.10	679.20	35138.00	143	1025592
32	3331.30	212.00	25151.00	143	390292
33	9590.80	511.10	34143.00	143	997753
34	12772.30	609.40	37806.00	150	1369971
35	11435.30	591.60	38423.00	150	1326712
36	12822.00	597.80	37312.00	150	1570266
37	13279.00	621.10	37580.00	150	1664658
38	12031.10	569.50	36935.00	150	1607042
39	12270.60	601.20	37303.00	150	1786403
40	12708.60	597.00	37109.00	149	1884961
41	14155.10	623.40	39351.00	150	2075361
42	7013.60	348.20	24477.00	150	1200964
43	6980.30	362.30	35809.00	149	1195549
44	11296.60	538.90	29371.00	149	1696506
45	12220.60	572.80	38862.00	148	1866581
46	13356.00	615.90	37530.00	148	2102493
47	13087.00	613.00	41617.00	148	1996703
48	11874.20	595.60	38829.00	148	1996894

DEVAM 1

	Q	MUZ	I.	IIM	AV (000)
49	13483.00	633.00	37752.00	147	2294578
50	12347.00	572.00	37041.00	147	2274849
51	11342.00	557.00	38563.00	146	2148304
52	14038.00	664.00	39306.00	145	2560518
53	13221.00	687.00	39663.00	144	2499441
54	11219.00	506.00	31413.00	144	2272784
55	8208.00	388.00	30370.00	143	1827281
56	5953.00	288.00	24407.00	142	1324441
57	14501.00	613.00	39153.00	143	2866379
58	15115.00	625.00	36276.00	143	3029933
59	12529.00	549.00	37587.00	144	3083631
60	12071.00	545.00	36213.00	142	2725634
61	14469.00	600.00	36173.00	143	3464515
62	13468.00	548.00	33670.00	141	3180123
63	14326.00	615.00	35815.00	141	3366885
64	13728.00	581.00	35693.00	141	3402984
65	13029.00	531.00	31270.00	140	3019366
66	14293.00	640.00	34303.00	140	3481821
67	14759.00	647.00	36898.00	140	3668419
68	9237.00	407.00	29558.00	142	2448943
69	9570.00	390.00	31581.00	142	2536912
70	15216.00	622.00	36518.00	142	4010099
71	14301.00	570.00	37183.00	150	4076369
72	17334.00	642.00	36401.00	149	5054182
73	14409.00	597.00	37464.00	149	5244826
74	15351.00	602.00	38378.00	149	5623714
75	17004.00	662.00	39109.00	149	6360629
76	17117.00	572.00	42793.00	150	6614383
77	15736.00	531.00	40914.00	150	7101521
78	16363.00	547.00	35999.00	153	7385152
79	13267.00	458.00	38474.00	151	7734985
80	8593.00	265.00	24920.00	151	5009346
81	17047.00	555.00	37503.00	151	9092121
82	14689.00	466.00	36723.00	153	8428769
83	17635.00	560.00	37034.00	153	11471774
84	16815.00	537.00	38675.00	153	11941292
85	13055.00	443.00	40471.00	154	8137833
86	15824.00	506.00	36395.00	154	11099626
87	19190.00	579.00	36461.00	156	13625001
88	15689.00	486.00	39223.00	154	12383208
89	16211.00	492.00	34043.00	154	12894806
90	17997.00	563.00	37794.00	154	14884848
91	6353.00	201.00	34306.00	152	6556613
92	11012.00	348.00	24226.00	153	11363901
93	17795.00	528.00	37370.00	152	18590510
94	19275.00	563.00	38550.00	153	17062442
95	18252.00	539.00	38329.00	153	15624759
96	20091.00	590.00	40182.00	153	16575071

DEVAM 2

	JND	V (000)	T	W (000)
1	112.80	337606	1	8383
2	117.00	343671	2	8076
3	120.90	426591	3	8959
4	123.20	413921	4	8801
5	124.80	411035	5	9998
6	126.50	470502	6	10457
7	129.00	472783	7	10167
8	131.50	200828	8	10886
9	133.00	365463	9	12179
10	134.00	447015	10	11967
11	135.40	539616	11	12025
12	136.20	530477	12	12776
13	149.20	381130	13	12051
14	152.80	503032	14	12209
15	155.20	540197	15	14512
16	157.40	553579	16	13399
17	160.00	543352	17	13959
18	162.10	514806	18	11279
19	164.00	257027	19	12478
20	167.40	488750	20	13220
21	170.90	549630	21	17473
22	175.60	544348	22	15675
23	182.80	660214	23	16360
24	190.80	794654	24	18698
25	198.20	696485	25	16580
26	204.90	729067	26	17694
27	211.60	822945	27	19413
28	229.10	899318	28	18665
29	244.90	965332	29	19751
30	256.40	880349	30	19322
31	254.60	970502	31	20075
32	262.70	372996	32	19204
33	268.80	947788	33	20393
34	277.60	1302710	34	19342
35	287.90	1266497	35	19661
36	292.90	1503005	36	28725
37	307.00	1542948	37	29547
38	321.50	1496862	38	28792
39	338.70	1674942	39	29393
40	346.60	1769656	40	29741
41	354.10	1947245	41	29885
42	349.60	1136906	42	28344
43	351.30	1131491	43	28215
44	357.50	1594013	44	29828
45	367.30	1755120	45	37218
46	385.60	1980783	46	34366
47	397.40	1877555	47	36343
48	404.90	1887995	48	35951

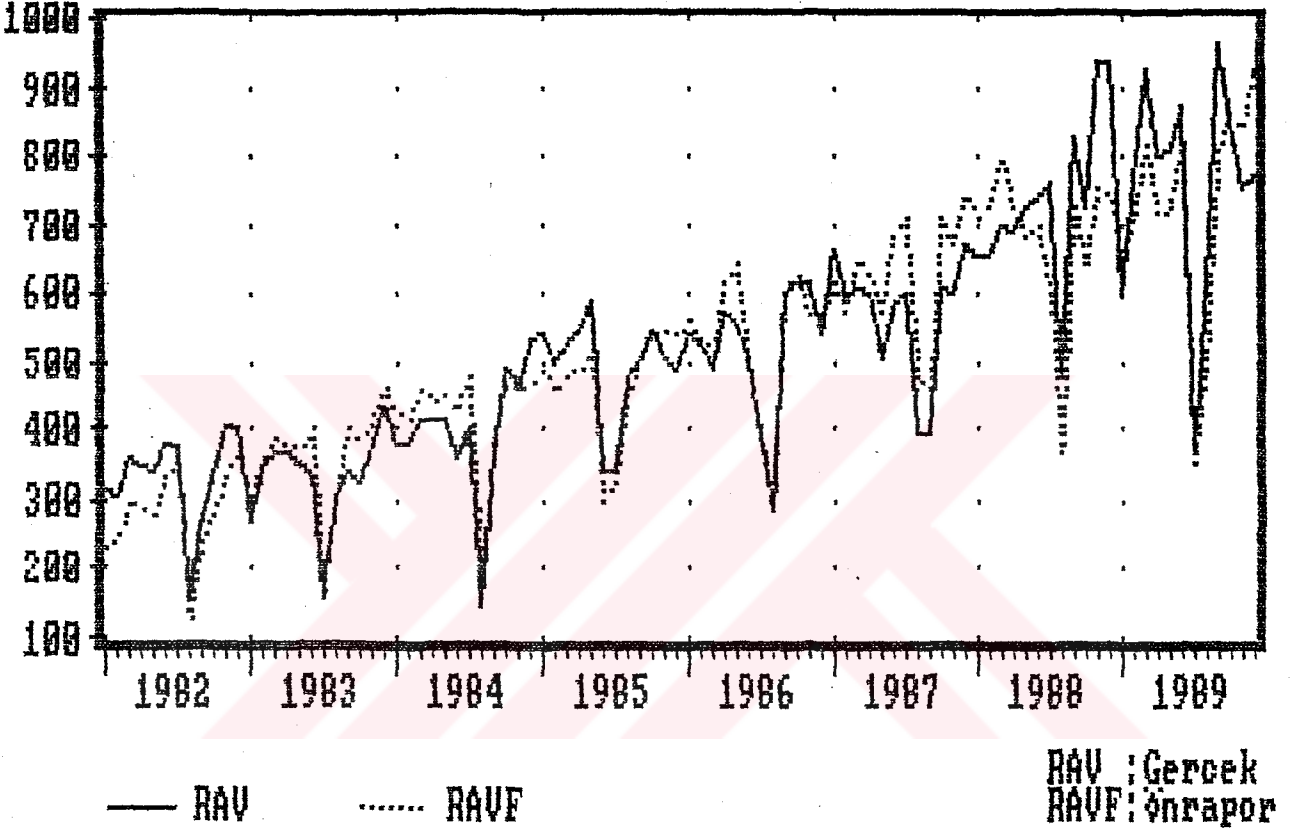
DEVAM 3

	IND	V (000)	T	W (000)
49	423.20	2065992	49	38257
50	431.80	2065717	50	38861
51	437.40	1956194	51	38977
52	446.10	2324636	52	42077
53	453.20	2275718	53	42358
54	457.60	2083106	54	37078
55	463.20	1688670	55	43531
56	464.00	1224738	56	31572
57	474.00	2623202	57	40299
58	492.50	2774597	58	38853
59	499.70	2872067	59	40186
60	504.30	2521365	60	50212
61	522.50	3106217	61	68921
62	534.00	2846255	62	48404
63	552.80	3012659	63	49873
64	567.30	3060973	64	51287
65	594.30	2697712	65	50699
66	597.00	3127595	66	50735
67	607.30	3301978	67	57451
68	624.30	2220935	68	64166
69	637.10	2300761	69	66472
70	659.30	3631444	70	66719
71	678.00	3722143	71	77862
72	751.00	4622596	72	75161
73	802.80	5244826	73	44721
74	852.40	5623714	74	79197
75	912.00	6360629	75	82416
76	955.90	6614383	76	88738
77	976.00	7101521	77	92674
78	1000.90	7385152	78	85554
79	1022.80	7734985	79	112854
80	1055.00	5009346	80	73087
81	1093.70	9092121	81	87059
82	1160.40	8428769	82	109180
83	1221.60	11471774	83	193978
84	1274.20	11941292	84	226491
85	1372.70	8137833	85	97894
86	1442.90	11099626	86	160602
87	1476.00	13625001	87	162760
88	1543.00	12383208	88	165333
89	1601.10	12894806	89	171377
90	1701.70	14884848	90	180688
91	1787.20	6556613	91	126609
92	1843.30	11363901	92	219438
93	1919.90	18590510	93	231909
94	2002.50	17062442	94	284169
95	2072.80	15624759	95	334388
96	2140.80	16575071	96	302926

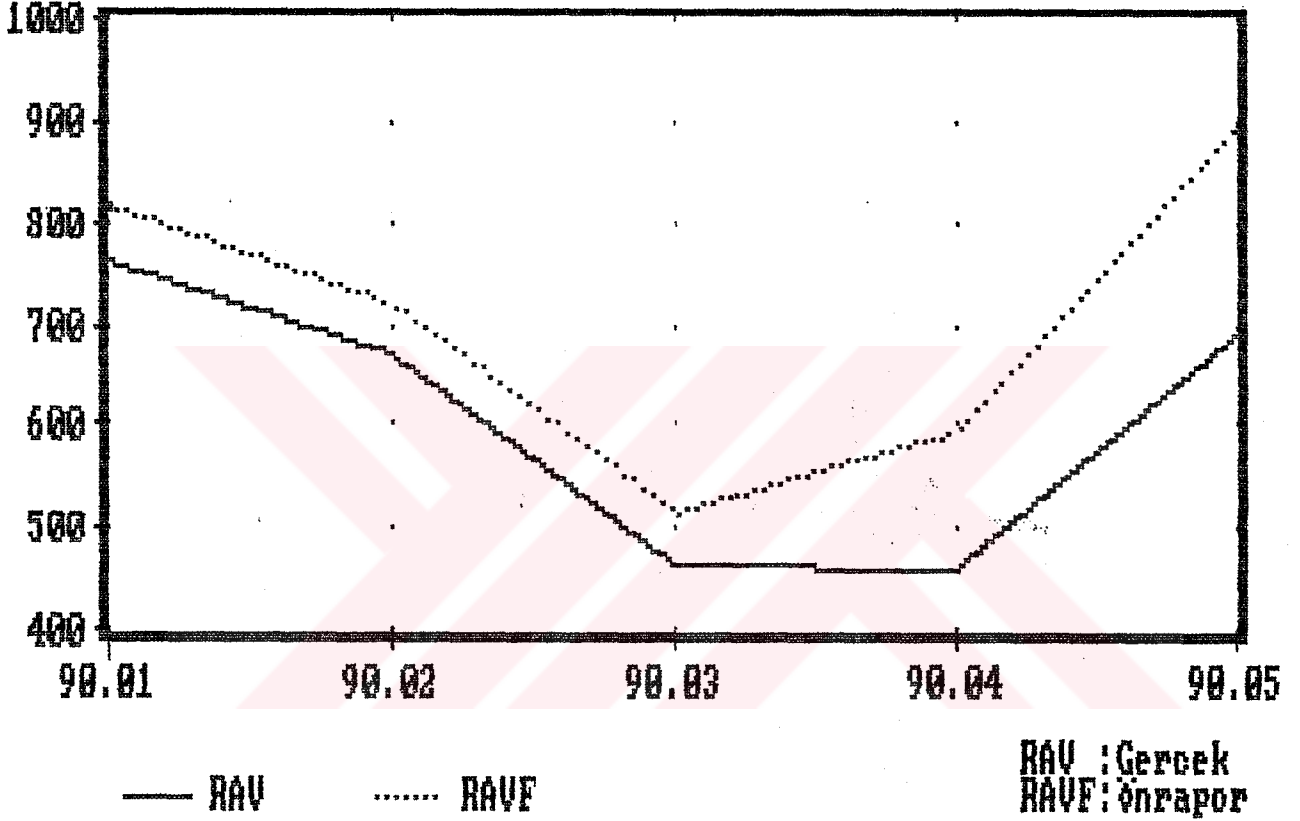
Asil Çelik A.Ş. Çelikhane Üretim Bölümünün 1989 Aylık Verim Tahtosu

ASIL ÇELİK			AYLIK VERİM TAHTOSU							ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ			S.2.2									
SANAYİ VE TİCARET A.Ş.										VE BİLGI İŞLEM			MÜDÜRLÜŞÜ 3									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
S İ R D İ			Ç İ K T İ																			
			SIVI	ALASIM	TOPLAM	METALİK	SARJ	KEPÇE	OCAKTA ZAVIYAT	YOLLUK	OSKUM ARTISI	HURDA	INGOT	INGOT	İNG. VERİMİ							
			CELİK	ALASIMLI	METALİK	SARJ	SARJ	YOLLUK	ZAVIYAT	YOLLUK	ARTISI	HURDA	İNGOT	İNGOT	İNG. VERİMİ							
			T/AY	T/AY	T/AY	T/AY	T/AY	T/AY	T/AY	T/AY	T/AY	T/AY	T/AY	T/AY	T/AY	T/AY	T/AY	T/AY	T/AY			
			KG/TI	KG/TI	KG/TI	KG/TI	KG/TI	KG/TI	KG/TI	KG/TI	KG/TI	KG/TI	KG/TI	KG/TI	KG/TI	KG/TI	KG/TI	KG/TI	KG/TI			
1987			176064	1076	13719	84	5197	32	194980	1192	170568	24412	125	2527	15	3648	21	714	4	163679	84	96
1988			206833	1124	11063	60	5584	30	223530	1214	191257	32273	144	2502	14	3961	21	668	3	184026	82	96
OCAK			14370	1101	773	59	393	30	15536	1190	13627	1909	123	179	13	305	22	88	6	13055	84	96
SUBAT			16788	1061	1456	92	493	31	18737	1184	16462	2275	121	218	13	376	23	44	3	15924	84	96
MART			21127	1101	1064	55	534	28	22725	1184	19903	2922	124	258	13	398	20	57	3	19190	84	96
NISAN			17034	1086	1099	70	513	33	18646	1189	16264	2382	128	212	13	331	20	32	2	15689	84	96
MAYIS			16923	1044	1296	80	457	28	18676	1152	16824	1352	99	219	13	333	20	61	4	15211	87	96
HAZİRAN			19511	1084	979	54	479	27	20968	1165	18742	2226	106	246	13	374	20	125	7	17997	86	96
TEMMUZ			5972	1097	344	54	130	20	7446	1171	6587	859	115	86	13	120	18	28	4	6353	85	96
AĞUSTOS			12258	1113	520	47	261	24	13039	1194	11521	1519	116	152	13	275	24	82	7	11012	84	96
EYLÜL			19010	1068	1244	70	414	23	20668	1161	18445	2223	108	241	13	391	21	18	1	17795	86	96
EKİM			20613	1069	1200	62	479	25	22292	1156	19781	2511	113	255	13	195	10	56	3	19275	86	97
KASIM			18700	1025	1100	60	438	24	20238	1109	18539	1699	84	234	13	23	1	30	2	18252	90	98
ARALIK			20534	1022	1183	59	557	28	22274	1109	20394	1880	84	259	13	19	1	25	1	20091	90	99
KÜMÜLATİF			203840	1068	12257	64	5148	26	221245	1158	197089	24156	109	2559	12	3140	16	646	3	190744	86	97

Celikhane üretim Fonksiyonu Expost Tahmin Dönemi Önerisi
(000000 TL.)



Çelikhane üretim Fonksiyonu Expost Gelecek Dönem Önerisi
 (000000 TL.)



K A Y N A K Ç A

- Akalın, Sedat. **Yönetim İstatistiği**. İzmir: Ticaret Matbacılık, 1969.
- Akyüz, Yılmaz. **Sermaye Bölüşüm Büyüme**. Ankara: AUSBF Yayını, 1977.
- Allen, R.G.D. **Macro Economic Theory**. London: The Macmillan Press Ltd., 1975.
- Allen, R.G.D. **Mathematical Analysis for Economists**. London: The Macmillan Press Ltd., 1976.
- Alkin, Erdoğan. **Gelir ve Büyüme Teorisi**. İstanbul: Elektronik Ofset, 1975.
- Antle, John M. and Stephen A. Hatchett. "Dynamic Input Decisions in Econometric Production Models", **AJAE**, 68, 4, (November 1986), s. 939-948.
- Arrow, K.J., H.B. Chenery, B.S. Minhas and R.M. Solow. "Capital-Labor Substitution and Economic Efficiency", **RESTAT**, 43, 3, (August 1961), s. 225-250.
- Asil Çelik Sanayi ve Ticaret A.Ş., **Asil Çelik Faaliyet Raporu 1988**. Haziran 1989.
- Asil Çelik Sanayi ve Ticaret A.Ş., **Asil Çelik Ekipman El Kitabı**. Ocak 1990.
- Aşkan, Hasan. "Doğrusal Homojen Üretim Fonksiyonları", **BITA Dergisi**, 5, (1-2-3), (Temmuz-Kasım 1976), s. 182-225.
- Atalay, Mehmet. **Planlı Dönemde Üretkenlik Gelişmelerinin Tesbiti İçin Bir Deneme (İmalat Sanayiinde)**. Ankara: DPT Yayını, 1986.
- Avralıoğlu, Zeki. **Üretim Fonksiyonları**. Ankara: AİTİA Yayını, (t.y.).
- Bahtiyar, Basri. "Doğrusal Olmayan Programlama Modellerinden Quadratic Programlamanın Süt ve Süt Ürünlerinin Üretim Planlanmasında Uygulanması", Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Bursa: UÜSBE, 1989.
- Baray, A.İ. ve Nevzat Güran. "Üretimde Faktörlerarası İkame Olanaklarının Belirlenmesi (Türk Özel İmalat Sanayi Örneği: 1970-1983)", **DEÜİİBF Dergisi**, 1, 1, 1986, s. 20-47.
- Barutçugil, İsmet S. **Türkiye'de Demir Çelik Endüstrisi**. İstanbul: Bursa Üniversitesi Yayını, 1978.
- Barutçugil, İsmet S. **Teknolojik Yenilik ve Araştırma Geliştirme Yöntemi**. Bursa: Bursa Üniversitesi Yayını, 1981.

- Beals, Ralph E. **Statistics for Economists**. Chicago: Rand MC Nally and Company, 1972.
- Blaug, M. "A Survey of the Theory of Process-Innovations", Ed.N.Rosenberg. **The Economics of Technological Change**. Penguin Books Ltd., 1971.
- Bosworth, Derek L. **Production Functions: A Theoretical and Emprical Study**. Lexington: Lexington Books, 1976.
- Brown, Murray. **On the Theory and Measurement of Technological Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 1968.
- Chatfield, C. **The Analysis of Time Series: An Introduction**. 2.th. Ed. London: Champman and Hall Ltd. 1980.
- Chase and Aquilano. **Production and Operations Management**. 3.th. Ed. Homewood: Richard D. Irwin, Inc., 1981.
- Cramer, J.S. **Empirical Econometrics**. Amsterdam: North-Holland Publishing Co., 1975.
- Devlet İstatistik Enstitüsü. **Toptan Eşya Fiyatları Aylık İndeks Bülteni: Şubat 1984- Aralık 1989**. Ankara: T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü Matbaası, Mart 1984-Şubat 1990.
- Dinler, Zeynel. **Mikro Ekonomi**. 3. Basım, İstanbul: Bursa Akademi Kitabevi Yayını, 1983.
- Divitçioğlu, Sencer. **Mikroiktisat**. İstanbul: Ar Yayını, 1982.
- Erkan, Hüsnü. "Die Modelle der Makroökonomischen Wachstumstheorie und die Theorie der Wirtschaftlichen Endwicklung", Basılmamış Doktora Tezi, Freiburg i.Br., 1976.
- Erkan, Hüsnü. "Genelleştirilmiş Bir Teknik İlerleme Fonksiyonu ve Ekonomik Büyüme", **HÜİİBF Dergisi**, 1, 1, (Haziran 1978), s. 48-56.
- Erkan, Hüsnü. "Uyarılmış Teknik İlerleme ve Ekonomik Büyüme: Yaparak Öğrenme ve Enfrastrüktür Yoluyla Teknik İlerlemenin Büyüme Modellerinde Analizi", **HÜİİBF Dergisi**, 1, 2, (1979), s. 66-82.
- Erkök, Şiir. **Teknoloji Seçimi ve İstihdam Sorunları**. Ankara: AİTİA Yayını, 1977.
- Ersel, Hasan. "Verdoorn Etkisi, Türkiye'de Kamu Kesimi İmalat Sanayiinde Verimlilik ve İşgücü Kullanımı (1939-1963)", **AUSBF Dergisi**, 26, 3, (Eylül 1971), s. 163-178.
- Ertaş, Sacit. "Ekonometrinin Teorisi Ders Notları", Teksir, Bursa: UU, İİBF, 1983.

- Ertas, Sacit. "Ekonometrik Modeller", UU, iİBF Dergisi, 4, 1, (Nisan 1983), s.183-209.
- Ertas, Sacit. "Üretim Fonksiyonu, Ekonometrik Yaklaşım", UU, iİBF Dergisi, 8, 1-2, (Kasım 1987), s.181-196.
- Ertas, Sacit. **Çözümlü Ekonometri Problemleri ve Teorik Notlar.** UU Basımevi, 1990.
- Ertek, Tümay. **Ekonometriye Giriş.** 4. Bası. İstanbul: Beta Yayını, 1987.
- Fei, J.C.H. and G. Ranis. "Innovational Intensity and Factor Bias in the Theory of Growth", IER, 6, 2, (May 1965), s.182-198.
- Ferguson, C.E. "Substitution, Technical Progress and Returns to Scale", AER, 55, 2, (May 1965), s.296-305.
- Gerstenfeld, A. **Effective Management of Research and Development.** Reading MA: Addison Wesley, 1970.
- Göçmencelebi, Kemal. **İstatistik Metodları.** 4. Bası. Ankara: Ogun Kardeşler Matbaacılık, 1976.
- Gökçen, Ahmet M. "Teknolojik Değişimin Üretim Fonksiyonları Çerçevesinde Analizi", İÜİF Mecmuası, 43, (1987), s.161-188.
- Gürtan, Kenan. **İstatistik ve Araştırma Metodları: İktisat ve İş İdaresine Tatbikatı.** İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayını, 1979.
- Hald, A. **Statistical Tables and Formulas.** New York: John Wiley and Sons, Inc., 1952.
- Heatfield, David F. **Production Functions.** London: The Macmillan Press Ltd., 1971.
- Henderson, James M. and Richard E. Quandt. **Microeconomic Theory: A Mathematical Approach.** New York: Mc Graw-Hill Book Com., 1971.
- Henderson, James M. and Richard E. Quandt. **Mikro İktisat: Matematiksel Bir Yaklaşım.** çev. M. Sarımeşeli. Ankara: Teori Yayınları, Ağustos 1986.
- Hicks, U.R. **The Theory of Wages.** 2. th. Ed. London: Mac Millan, 1963.
- Hoşgör, Raşit. **İşletme Düzeyinde Verimlilik Ölçümü El Kitabı.** Ankara: MPM Yayını, 1974.
- Hoşgör, Raşit. **Teknolojik Gelişimin Ölçülmesi: Toplam Faktör Verimliliği ve Üretim Fonksiyonları.** Ankara: MPM Yayını, 1975.

- International Steel Institute Raporları, Ocak 1989.
- Intriligator, Michael D. **Econometric Models, Techniques and Applications**. Englewood Cliffs: N.J. Prentice-Hall, 1978.
- İstanbul Ticaret Odası. **Türkiye Ekonomisi İçin Bir Ekonometrik Model Denemesi**. İstanbul: İTO Yayını, 1986.
- İşyar, Yüksel. **Kuzeydoğu Anadolu Bölgesinde Önemli Tarla Ürünlerinin Ekim Alanı Arz Duyarlılıkları-Ekonometrik Bir Yaklaşım**. Erzurum: AÜ Basımevi, 1975.
- İşyar, Yüksel. **İstatistik ve Ekonometrinin Temel Kavramları**. Erzurum: AÜ Basımevi, 1976.
- İşyar, Yüksel ve Ergün Kip. **Basit ve Çoklu Regresyon Analizlerinin Ziraî Ekonomi Problemlerine Uygulanması**. Erzurum: AÜ Basımevi, 1976.
- İşyar, Yüksel. "Üretim Fonksiyonu - Teknolojik Değişme İlişkilerinin Makro Ekonomik Bazda İncelenmesi", **MPM Verimlilik Dergisi**, 3, (1987), s.80-91.
- İşyar, Yüksel. "Ekonometrik Modeller I-II Ders Notları", Teksir, Bursa: UÜ.İİBF, 1989.
- Johansen, Leife. **Production Functions**. Amsterdam: North-Holland Publishing Com., 1972.
- Johnston, J. **Ekonometrik Metodlar**. çev. Yüksel İşyar ve Ergün Kip. Erzurum: AÜ Basımevi, 1981.
- Kaldor, N. "A Model of Economic Growth", **EJ**, 67, (Dec. 1957), s.591-624.
- Katz, Jorge M. **Production Functions, Foreign Investment and Growth**. Amsterdam: North-Holland Publishing Com., 1969.
- Kazgan, Gülten. **Tarım ve Gelişme**. 3. Bası. İstanbul: Der Yayını, 1983.
- Kendall, Sir Maurice, Alan Stuart and J. Keith Ord. **The Advanced Theory of Statistics, vol. 3, Design and Analysis And Time-Series**. London: Charles Griffin and Com. Ltd., 1983.
- Kılıçbay, Ahmet. **Ekonometrik Metodlar ve Araştırma**. İstanbul: İÜİŞF Yayını, 1975.
- Kmenta, J. "On Estimation of the CES Production Function", **IER**, 8, 2, (June 1967), s.180-189.

- Koutsoyiannis, A. **Theory of Econometrics, A Introductory Exposition of Econometric Methods.** 2.th.Ed. London: Macmillan Press Ltd.,1979.
- Koutsoyiannis, A. **Modern Mikro İktisat.** çev.M.Sarımeşeli.Ankara: Teori Yayınları,Ekim 1987.
- Koutsoyiannis, A. **Ekonometri Kuramı: Ekonometri Yöntemlerinin Tanıtımına Giriş.** çev.Umit Şenesen ve Gülay G.Şenesen. Ankara: Verso Yayıncılık, Ekim 1989.
- Milli Prodüktivite Merkezi. **Demir-Çelik Semineri.** Ankara: 1982.
- Öner, Oğuz. "Teknolojik Gelişme, Büyüme Teorisi ve Azgelişmiş Ülkeler", **AÜSBF Dergisi**,26,2,(Haziran 1971),s.213-272.
- Özmucur, Süleyman. **Türkiye'nin Ekonometrik Modeli,1950-1974.** İstanbul: BÜİBF Yayını,Şubat 1980.
- Özmucur, Süleyman. **Geleceği Tahmin Yöntemleri.** İstanbul: İstanbul Sanayi Odası Yayını,Ocak 1990.
- Öztürk, Ahmet. **Yöneylem Araştırması.** Bursa: UÜ Yayını,1984.
- Öztürk, Ahmet. **Leontief Modeli ve Doğrusal Programlama.** 2.Bası. Bursa: Örnek Kitabevi,1986.
- Parasız, İlker. **Mikroekonomi.** Bursa: UÜ Basımevi,1988.
- Paroush, J. "A Note on the CES Production Function", **Econometrica**,1964.s.213-214.
- Robinson, J.R. **Economics of Imperfect Competition.** London: Macmillan,1933.
- Salter, W.G.E. **Productivity and Technical Change.** London: Cambridge University Press,1969.
- Salvatore, Dominick. **Mikroekonomi, Teori ve Problemler.** çev. Nahit Töre. Ankara: TEK Yayını,1987.
- Sato, Kazuo. **Production Functions and Aggregation.** Amsterdam: North-Holland Publishing Com.,1975.
- Savaş, Vural F. "Teknoloji ve Büyüme", **BITİA Dergisi**, 2,1, (Temmuz 1973),s.3-29.
- Savaş, Vural F. **Kalkınma Ekonomisi.** İstanbul: Sermet Matbaası, 1974.
- Serper, Özer. **Uygulamalı İstatistik 2.** İstanbul: Filiz Kitabevi, 1986.

- Sevüktekin, Mustafa. "Ekonometrik Modeller ile Önraporlama," Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Bursa: UUSBE, 1984.
- Sevüktekin, Mustafa. "Nitel Önraporlama Teknikleri", UÜ.İİBF Dergisi, 7, 2, (Kasım 1986), s.195-201.
- Seyidoğlu, Halil. Bilimsel Araştırma ve Yazma El Kitabı. 3. Bası. Ankara: Güzem Yayını, 1987.
- Shapiro, Edward. **Macroeconomic Analysis**. 4. th. Ed. New York: Harcourt Brace Jovanovich, Inc., 1978.
- Shephard, Ronald W. **Theory of Cost and Production Functions**. Princeton: Princeton University Press, 1970.
- Shone, Ronald. **Applications in Intermediate Microeconomics**. Oxford: Martin Robertson and Co. Ltd., 1981.
- Solow, R.M. "Technical Change and Aggregate Production Function", **RESTAT**, 39, (August 1957), s.312-320.
- Solow, R.M. "Investment and Technical Progress", Ed. J. Stiglitz and H. Uzawa. **Readings in the Modern Theory of Economic Growth**. Cambridge: Mass. MIT Press, 1969.
- Stewart, Jon. **Understanding Econometrics**. Hutchinson: Hutchinson and Co. Publishers Ltd., 1982.
- Sahin, Hüseyin. **İktisata Giriş**. Bursa: UÜ Basımevi, 1988.
- Sahin, Mehmet. **Üretim Yönetiminde Simülasyon Analizi ve Uygulaması**. Eskişehir: EİTİA Yayını, 1978.
- Tan, Serdar. **Demir-Çelik Sanayiinde Verimlilik**. Ankara: MPM Yayını, 1983.
- Tanyeri, İbrahim. **Fiyat Teorisi Ölçek Ekonomileri ve Teknolojik Gelişme**. Ankara: HÜİİBF Yayını, 1984.
- Thierauf, Robert J. and Robert C. Klekamp. **Decision Making Through Operations Research**. 2. th. Ed. New York: John Willey and Sons Inc., 1975.
- Tıktık, Ahmet. **İmalat Sanayiinde Faktör İkamesi, Enerji Kullanımı ve Teknik Değişme (1963-1981)**. Ankara: DPT Yayını, Nisan 1986.
- Tintner, G. **Econometrics**. New York: Willey, 1952.
- Tokcan, Çetin, Turan Güneş ve Tefvik Çavdar. **Sanayi, Tarım ve Hizmet Sektörlerinde Prodüktivite Ölçülmesi**. Ankara: MPM Yayını, 1967.

Turunc, idil. **Çeşitli Üretim Fonksiyonu Yaklaşımlarıyla
Teknolojik Değişmenin Ölçülmesi ve Verimlilik.** Ankara:
MPM Yayını,1986.

Üstünel, Besim. **Ekonominin Temelleri.** 3.Bası. Ankara: Doğan
Yayınevi,1975.

Wallis, Kenneth F. **Topics in Applied Econometrics.** London:
Gray-Publishing Ltd.,1973.

Wynn, R.F. and K.Holden. **An Introduction to Applied Econometric
Analysis.** London: Macmillan Press Ltd.,1974.

Yıldırım, Nuri. **Neoklasik İktisadın Teknolojik Gelişme Yaklaşımı.**
Ankara: AUSBF Yayını,1973.

Yılmaz, Zekai. **Sayısal Yöntemler.** Bursa: UÜ Yayını,1988.



T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkez.