

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI

Gürkan ÇALMAŞUR

İMALAT SANAYİNDE TOPLAM FAKTÖR VERİMLİLİĞİ
—ERZURUM ALT BÖLGESİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA—

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZ YÖNETİCİSİ
Doç. Dr. Yusuf AKAN

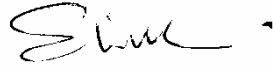
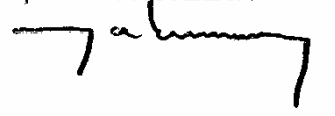
ERZURUM—2008

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Bu çalışma İktisat Anabilim Dalının İktisat Teorisi Bilim Dalında jürimiz tarafından yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

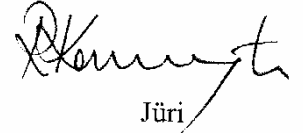
Danışman

Doç. Dr. Yusuf AKAN



Jüri

Yrd. Doç. Dr. E. Muhsin DOĞAN



Jüri

Prof. Dr. Reşat KARCIOĞLU

Yukarıdaki imzalar adı geçen öğretim üyelerine aittir. 20.08.2008

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Vahdettin BAŞCI

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET.....	V
ABSTRACT	VI
TABLolar LİSTESİ.....	VII
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	XII
KISALTMALAR	XIII
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

1. TEMEL KAVRAMLAR	4
1.1. Üretim İmkânları Kümesi ve Üretim Sınırı	4
1.2. Eş Ürün Eğrisi ve Etkin Sınır	9
1.3. Eş Maliyet Doğrusu ve Optimal Faktör Bileşimi	12
1.4. Verimlilik.....	14
1.5. Verimlilik Çeşitleri	17
1.5.1. Kısmi verimlilik	18
1.5.2. Toplam faktör verimliliği	18
1.6. Etkinlik	20
1.7. Teknik Etkinlik, Tahsis Etkinliği ve Ölçek Etkinliği	21

İKİNCİ BÖLÜM

2. TOPLAM FAKTÖR VERİMLİLİĞİNİ ÖLÇME YÖNTEMLERİ.....	25
2.1. Toplam Faktör Verimliliği Ölçümünde Mali Yaklaşımlar	25
2.2. Toplam Faktör Verimliliği Ölçümünde Mali Olmayan Yaklaşımlar	26
2.3. Toplam Faktör Verimliliği ve İndeksler	28
2.3.1. Paasche, Laspeyres ve Fisher miktar ve fiyat indeksleri.....	28
2.3.2. Törnqvist indeksleri (Translong indeksler)	29
2.3.3. Hicks- Moorsteen indeksleri	30
2.4. Etkinsizliği İhmal Eden Toplam Faktör Verimliliği Yaklaşımları	30
2.5. Etkinsizliği İhmal Eden Nonparametrik Toplam Faktör Verimliliği Ölçme Yaklaşımları	35

2.6. Etkinsizliği İhmal Eden Ekonometrik Yaklaşımlar	37
2.7. Verimlilik Ölçümünde Sınır Yaklaşımlar	37
2.7.1. Nonparametrik sınır yaklaşımları	38
2.7.2. Parametrik sınır yaklaşımları	38
2.8. Verimlilik Ölçüm Yaklaşımlarının Karşılaştırılması	38

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. ETKİNLİK ÖLÇME YÖNTEMLERİ.....	40
3.1. Rasyo (Oran) Analizi	40
3.2. Sınır Etkinliği Analizi	41
3.2.1. Parametrik yöntemler	42
3.2.1.1. Stokastik sınır yaklaşımı	44
3.2.1.2. Serbest dağılım yaklaşımı	44
3.2.1.3. Kalın sınır yaklaşımı	44
3.2.2. Nonparametrik yöntemler	45
3.2.2.1. Veri zarflama analizi yöntemi	47
3.2.2.2. Serbest atılabilir zarf yöntemi	48
3.3. Etkinlik Ölçme Yöntemlerinin Karşılaştırılması	48

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ	50
4.1. Kavramsal Çerçeve	50
4.2. Veri Zarflama Analizinin Uygulanmasındaki Amaçlar	52
4.3. Veri Zarflama Analizinin Uygulama Alanları	53
4.4. Veri Zarflama Analizinin Uygulama Aşamaları	54
4.4.1. Karar verme birimlerinin seçilmesi	54
4.4.2. Girdi ve çıktı kümelerinin seçilmesi	55
4.4.3. Verilerin güvenilirliği	55
4.4.4. Görelî etkinliğin ölçülmesi	55
4.4.5. Etkinlik değerleri	56
4.4.6. Referans grupları	56
4.4.7. Etkin olmayan karar birimleri için hedef Belirlenmesi	56

4.4.8. Sonuçların değerlendirilmesi.....	56
4.5. Veri Zarflama Analizinin Avantaj ve Dezavantajları.....	57
4.6. Veri Zarflama Analizinin Matematiksel Temelleri	58
4.6.1. Tek girdi ve tek çıktıdan oluşan sistemler.....	59
4.6.2. İki girdi ve bir çıktıdan oluşan sistemler.....	63
4.6.3. Bir girdi ve iki çıktıdan oluşan sistemler.....	66
4.6.4. Çok girdili ve çok çıktılı sistemler	69
4.7. Temel Veri Zarflama Analizi Modelleri.....	71
4.7.1. CCR modeli.....	71
4.7.1.1. Girdiye yönelik CCR modeli.....	74
4.7.1.2. Çıktıya yönelik CCR modeli	77
4.7.2. BCC modeli.....	77
4.7.2.1. Girdiye yönelik BCC modeli.....	78
4.7.2.2. Çıktıya yönelik BCC modeli	79
4.8. Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi.....	80

BEŞİNCİ BÖLÜM

5. UYGULAMA.....	89
5.1. Literatür Özeti.....	89
5.2. Araştırmanın Amacı, Kapsamı ve Önemi.....	92
5.3. Araştırmanın Metodolojisi.....	93
5.4. Ampirik Sonuçlar.....	98
5.4.1. 2004–2007 dönemi imalat sanayi 4’lü kodlu alt sektörlerin toplam faktör verimliliği indeksi	98
5.4.2. Gıda ürünleri ve içecek imalatı	100
5.4.3. Tekstil ürünleri imalatı	104
5.4.4. Dabaklanmış deri, bavul, el çantası, saraciye ve ayakkabı imalatı	107
5.4.5. Ağaç ve mantar ürünleri (mobilya hariç); hasır vb. örülerek yapılan maddelerin imalatı.....	110
5.4.6. Kâğıt ve kâğıt ürünleri imalatı.....	113
5.4.7. Basım ve yayım; plak, kaset vb. kayıtlı medyanın çoğaltılması	115

5.4.8. Kimyasal madde ve ürünlerin imalatı	119
5.4.9. Plastik ve kauçuk ürünlerin imalatı	122
5.4.10. Metalik olmayan diğer mineral ürünlerin imalatı.....	124
5.4.11. Ana metal sanayi	128
5.4.12. Metal eşya sanayi (makine ve teçhizatı hariç).....	131
5.4.13. Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve teçhizat imalatı	135
5.4.14. Başka yerde sınıflandırılmamış elektrikli makine ve cihazlar imalatı	138
5.4.15. Motorlu kara taşıtı ve römorklar imalatı	141
5.4.16. Mobilya ve başka yerde sınıflandırılmamış diğer ürünlerin imalatı	143
5.4.17. İller bazında sektörler için malmquist toplam faktör verimliliği indeksleri.....	147
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	149
KAYNAKLAR	159
ÖZGEÇMİŞ.....	170

ÖZET**YÜKSEK LİSANS TEZİ****İMALAT SANAYİNDE TOPLAM FAKTÖR VERİMLİLİĞİ
—ERZURUM ALT BÖLGESİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA—****Gürkan ÇALMAŞUR****Danışman: Doç. Dr. Yusuf AKAN****2008, SAYFA: 170****Jüri: Doç. Dr. Yusuf AKAN****Yrd. Doç. Dr. E. Muhsin DOĞAN****Prof. Dr. Reşat KARCIOĞLU**

Ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin sahip oldukları sanayileşme süreciyle ilişkili olması nedeniyle sanayileşme düzeyini ortaya koymada, sanayi sektörünü oluşturan sanayi işletmeleri için verimlilik ve teknolojik gelişme süreçleri önemli göstergelerdir. Bu kapsamda, imalat sanayinde teknik etkinlik ve toplam faktör verimliliği göstergelerinin ölçülmesi büyük önem arz etmektedir.

Toplam faktör verimliliği, tüm girdi ve çıktıları tek bir orana dönüştüren bir performans ölçüm yaklaşımıdır. Erzurum-Erzincan-Bayburt imalat sanayi ve alt sektörlerindeki teknik etkinlik ve toplam faktör verimliliğinin analiz edilmesi bu çalışmanın temel amacı olmuştur.

Bu amacı gerçekleştirebilmek için, çalışmada 2004-2007 dönemine ait Bayburt ilinde 25, Erzincan ilinde 120 ve Erzurum ilinde 156 olmak üzere toplam 301 firmaya anket uygulanmıştır.

Çalışmada Veri zarflama analizi ve Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi yöntemleri her bir alt sektör için ayrı ayrı uygulanmıştır. Bu indekslerin hesaplanmasında Timothy James Coelli tarafından 1996 yılında geliştirilen DEAP 2.1 programı kullanılmıştır.

Sonuç olarak, 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesi imalat sanayi bütününde yıllık ortalama %5.8 oranında bir toplam faktör verimliliği artışının olduğu görülmüştür.

ABSTRACT
MASTER THESIS
TOTAL FACTOR PRODUCTIVITY IN MANUFACTURING INDUSTRY
—AN APPLICATION ON ERZURUM SUB-SECTOR—

Gürkan ÇALMAŞUR

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Yusuf AKAN

2008, PAGE: 170

Jury: Assoc. Prof. Dr. Yusuf AKAN

Assist. Prof. Dr. E. Muhsin DOĞAN

Prof. Dr. Reşat KARCIOĞLU

For development levels of countries are related to their own industrialization process, productivity and technological progress process are important indexes for industry business which constituted industry sector in determining industrialization levels. In this context, measuring of technical efficiency and total factor productivity in manufacturing industry are critically important.

Total factor productivity is a performance measuring approach that aggregates all of outputs and inputs into a single ratio. This study aims to analyse technical efficiency and total factor productivity in manufacturing industry and its sub-sectors in Erzurum-Erzincan-Bayburt.

In the study, to fulfill the this aim, the questionnaire have been applied to 301 firm which including 156 questionnaire in Erzurum, 120 questionnaire in Erzincan, 25 questionnaire in Bayburt in the period 2004–2007.

In the study, for each sub-sector, Data envelopment analysis and Malmquist total factor productivity index separately were estimated. To estimate this indexes, The Program Deap Version 2.1 developed by Timothy James Coelli in 1996 was used.

As a result, total factor productivity growth increasing was observed to be % 5.8, in the whole manufacturing industry and its sub-sectors in Erzurum-Erzincan-Bayburt in the period 2004–2007.

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1. Toplam Faktör Verimliliği Ölçümünde Mali Olmayan Yaklaşımların Sınıflandırılması	27
Tablo 2.2. Toplam Faktör Verimliliği ve İndeksler	28
Tablo 2.3. Verimlilik Ölçüm Yaklaşımlarının Karşılaştırılması	39
Tablo 3.4. Etkinlik Ölçme Yöntemlerinin Karşılaştırılması	49
Tablo 4.5. Tek Girdi ve Tek Çıktıdan Oluşan Sistemler	59
Tablo 4.6. Verimliliklerin Oransal İfadesi	62
Tablo 4.7. İki Girdi ve Bir Çıktıdan Oluşan Sistemler	63
Tablo 4.8. Bir Girdi ve Bir Çıktıdan Oluşan Sistemler	66
Tablo 4.9. Çok Girdili ve Çok Çıktılı Sistemler: Hastane Örneği	69
Tablo 4.10. Sabit ve Değişken Ağırlık Değerlerinin Yuvarlatılmış Sonuçları	70
Tablo 5.11. ISIC Rev.3'e Göre İmalat Sanayi Dörtlü Kodlu Alt Sektörler	93
Tablo 5.12. Çalışmada Kullanılan Çıktı ve Girdi Değişkenleri	97
Tablo 5.13. Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu	99
Tablo 5.14. 15 (Gıda Ürünleri ve İçecek İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri	100
Tablo 5.15. 15 (Gıda Ürünleri ve İçecek İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu	102
Tablo 5.16. 15 (Gıda Ürünleri ve İçecek İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamaları Özet Tablosu	103
Tablo 5.17. 17 (Tekstil Ürünleri İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri	104
Tablo 5.18. 17 (Tekstil Ürünleri İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu	105

Tablo 5.19. 17 (Tekstil Ürünleri İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Sektör Ortalamaları Özet Tablosu.....	106
Tablo 5.20. 19 (Dabaklanmış Deri, Bavul, El Çantası, Saraciye ve Ayakkabı İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri	107
Tablo 5.21. 19 (Dabaklanmış Deri, Bavul, El Çantası, Saraciye ve Ayakkabı İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu	108
Tablo 5.22. 19 (Dabaklanmış Deri, Bavul, El Çantası, Saraciye ve Ayakkabı İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamaları Özet Tablosu	109
Tablo 5.23. 20 (Ağaç ve Mantar Ürünleri (Mobilya Hariç); Hasır Vb. Örülerek Yapılan Maddelerin İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri	111
Tablo 5.24. 20 (Ağaç ve Mantar Ürünleri (Mobilya Hariç); Hasır Vb. Örülerek Yapılan Maddelerin İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu.....	112
Tablo 5.25. 20 (Ağaç ve Mantar Ürünleri (Mobilya Hariç); Hasır Vb. Örülerek Yapılan Maddelerin İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamaları Özet Tablosu.....	113
Tablo 5.26. 21 (Kâğıt ve Kâğıt Ürünleri İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri	114
Tablo 5.27. 21 (Kâğıt ve Kâğıt Ürünleri İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu	114
Tablo 5.28. 21 (Kâğıt ve Kâğıt Ürünleri İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamaları Özet Tablosu.....	115
Tablo 5.29. 22 (Basım ve Yayımlı; Plak, Kaset vb. Kayıtlı Medyanın Çoğaltılması) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri	116

Tablo 5.30. 22 (Basım ve Yayım; Plak, Kaset vb. Kayıtlı Medyanın Çoğaltılması) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu	117
Tablo 5.31. 22 (Basım ve Yayım; Plak, Kaset vb. Kayıtlı Medyanın Çoğaltılması) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamaları Özet Tablosu	118
Tablo 5.32. 24 (Kimyasal Madde ve Ürünlerin İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri.....	119
Tablo 5.33. 24 (Kimyasal Madde ve Ürünlerin İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu	120
Tablo 5.34. 24 (Kimyasal Madde ve Ürünlerin İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamaları Özet Tablosu	121
Tablo 5.35. 25 (Plastik ve Kauçuk Ürünlerin İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri.....	122
Tablo 5.36. 25 (Plastik ve Kauçuk Ürünlerin İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu	123
Tablo 5.37. 25 (Plastik ve Kauçuk Ürünlerin İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamaları Özet Tablosu	124
Tablo 5.38. 26 (Metalik Olmayan Diğer Mineral Ürünlerin İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri	125
Tablo 5.39. 26 (Metalik Olmayan Diğer Mineral Ürünlerin İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu	126
Tablo 5.40. 26 (Metalik Olmayan Diğer Mineral Ürünlerin İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamaları Özet Tablosu	127
Tablo 5.41. 27 (Ana Metal Sanayi) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri	129

Tablo 5.42.	27 (Ana Metal Sanayi) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu.....	130
Tablo 5.43.	27 (Ana Metal Sanayi) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamaları Özet Tablosu.....	130
Tablo 5.44.	28 (Metal Eşya Sanayi (Makine ve Teçhizatı Hariç)) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri	132
Tablo 5.45.	28 (Metal Eşya Sanayi (Makine ve Teçhizatı Hariç)) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu.....	133
Tablo 5.46.	28 (Metal Eşya Sanayi (Makine ve Teçhizatı Hariç)) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamaları Özet Tablosu.....	134
Tablo 5.47.	29 (Başka Yerde Sınıflandırılmamış Makine ve Teçhizat İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri	136
Tablo 5.48.	29 (Başka Yerde Sınıflandırılmamış Makine ve Teçhizat İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu.....	137
Tablo 5.49.	29 (Başka Yerde Sınıflandırılmamış Makine ve Teçhizat İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamaları Özet Tablosu.....	138
Tablo 5.50.	31 (Başka Yerde Sınıflandırılmamış Elektrikli Makine ve Teçhizat İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri	139
Tablo 5.51.	31 (Başka Yerde Sınıflandırılmamış Elektrikli Makine ve Teçhizat İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu	140
Tablo 5.52.	31 (Başka Yerde Sınıflandırılmamış Elektrikli Makine ve Teçhizat İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamaları Özet Tablosu.....	141
Tablo 5.53.	34 (Motorlu Kara Taşıtı ve Römorklar İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri	141

Tablo 5.54. 34 (Motorlu Kara Taşıtı ve Römorklar İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu	142
Tablo 5.55. 34 (Motorlu Kara Taşıtı ve Römorklar İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamaları Özet Tablosu	143
Tablo 5.56. 36 (Mobilya ve Başka Yerde Sınıflandırılmamış Diğer Ürünlerin İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri	144
Tablo 5.57. 36 (Mobilya ve Başka Yerde Sınıflandırılmamış Diğer Ürünlerin İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu	145
Tablo 5.58. 36 (Mobilya ve Başka Yerde Sınıflandırılmamış Diğer Ürünlerin İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamaları Özet Tablosu	146
Tablo 5.59. İllerin Sektörel Bazda Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri.....	147
Tablo 5.60. İllerin Sektörel Bazda Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamaları Özet Tablosu.....	148

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Üretim İmkânları Kümesi	7
Şekil 1.2. Üretim Sınırı	8
Şekil 1.3. Parçalı Doğrusal Eş Ürün Grafiği	10
Şekil 1.4. Etkin Sınır	12
Şekil 1.5. Eş Maliyet Doğrusu	13
Şekil 1.6. Optimal Faktör Bileşimi	14
Şekil 1.7. Verimlilik	15
Şekil 1.8. Teknik ve Tahsis Etkinliği	22
Şekil 2.9. Teknik Etkinsizlik Durumunda Verimlilik Değişimi	32
Şekil 2.10. Teknik Etkinsizlik Olmadığı Durumda Verimlilik Değişimi	34
Şekil 4.11. Tek Girdi ve Tek Çıktıdan Oluşan Sistemlerin Grafikselsel Gösterimi ..	60
Şekil 4.12. Verimlilik Sınır Çizgisi ve Regresyon Çizgisinin Karşılaştırılması	61
Şekil 4.13. Verimlilikte İyileştirme, Tek Girdi ve Tek Çıktıdan Oluşan Sistemler	63
Şekil 4.14. İki Girdi ve Bir Çıktıdan Oluşan Sistemlerin Grafikselsel Gösterimi	64
Şekil 4.15. Verimlilikte İyileştirme, İki Girdi ve Bir Çıktıdan Oluşan Sistem Örneği	65
Şekil 4.16. Bir Girdi ve İki Çıktıdan Oluşan Sistemlerin Grafikselsel Gösterimi	67
Şekil 4.17. Bir Girdi ve İki Çıktılı Durumda Verimlilikte İyileşme	68
Şekil 4.18. Çıktı Odaklı Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi	84
Şekil 4.19. Çıktı Uzaklık Fonksiyonları	86

KISALTMALAR

a.g.e.	Adı Geçen Eser
A.sız içecek imal., maden, membra su.im.	Alkolsüz içecek imalatı, maden ve membra suları imalatı
Ateşe dayanıklı olmayan, kil vb. imalatı	Ateşe dayanıklı olmayan, kil ve seramik yapı malzemesi ürünlerinin imalatı
Başka yerde sınıflandırılmamış gıd.md.im	Başka yerde sınıflandırılmamış gıda maddeleri imalatı
Başka yerde sınıflan.mamış tekstil ür. im.	Başka yerde sınıflandırılmamış tekstil ürünleri imalatı
Başka yerde sınıflandırılmamış, min. im.	Başka yerde sınıflandırılmamış, metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı
Başka yerde sınıflandırılmamış diğ. im.	Başka yerde sınıflandırılmamış diğer imalatlar
Başka yerde sınıflandırılmamış met. im.	Başka yerde sınıflandırılmamış metal eşya imalatı
Bavul, el çantası vb. ile koşum tak. imal.	Bavul, el çantası vb. ile koşum takımı imalatı
Boya, vernik vb. kap. md. vb. imalatı	Boya, vernik ve benzeri kaplayıcı maddeler ile matbaa mürekkebi ve macun imalatı

Buhar kazanı imalatı, merkezi kal. har.	Buhar kazanı imalatı, merkezi kalorifer kazanları hariç
Çimento ve alçı ile sert. mad. imal.	Çimento ve alçı ile sertleştirilmiş maddelerin imalatı
Gıda, içecek ve tütün işleyen mak. imal.	Gıda, içecek ve tütün işleyen makinelerin imalatı
Giyim eşyası dışındaki hazır tekstil ür.im.	Giyim eşyası dışındaki hazır tekstil ürünleri imalatı
İç ve dış lastik imalatı; lastiğe sırt geç.	İç ve dış lastik imalatı; lastiğe sırt geçirilmesi ve yeniden işlenmesi
Kitap, broşür, müzik kitapları vd.yay.	Kitap, broşür, müzik kitapları ve diğer yayınların yayımı
Makarna, şehriye, kuskus vb. un. mam.im.	Makarna, şehriye, kuskus vb. unlu mamullerin imalatı
Metallerin dövülmesi, pres. vb.	Metallerin dövülmesi, preslenmesi, baskılanması ve yuvarlanması; toz metalurjisi
Mezbahacılık; etin işlen. ve saklanması	Mezbahacılık etin işlenmesi ve saklanması
Plak, kaset vb. kayıtlı medyanın çoğalt.	Plak, kaset vb. kayıtlı medyanın çoğaltılması

Sabun ve deterjan, temizlik vb.mal. imal.

Sabun ve deterjan, temizlik ve
cilalama maddeleri; parfüm;
kozmetik ve tuvalet malzemeleri
imalatı

Taşın kesilmesi, şekil ver.

Taşın kesilmesi, şekil verilmesi ve
kullanılabilir hale getirilmesi

TFV

Toplam Faktör Verimliliği

VZA

Veri Zarflama Analizi

GİRİŞ

Ekonomik anlamda büyümenin gerçekleştirilmesi verimlilik artışı ile mümkün olmaktadır. Verimlilik artışının sağlanmış olması, ülkenin sahip olduğu kaynakları optimum şekilde kullandığını göstermektedir. Kaynakların optimum kullanımı ise üretim artışını sağlayacaktır. Üretimde meydana gelen bu artış, ekonomik anlamda büyümeyi beraberinde getirecektir.

Verimlilik basit olarak üretilen bir ürünün, bu ürünü ortaya koyabilmek için harcanan kaynağa oranlanmasıyla hesaplanmaktadır. Girdi ve çıktılardaki niteliksel farklılıklar bu hesaplamayı zorlaştırmaktadır. Özellikle günümüzde kullanılan birbirinden farklı kaynaklar ve bunların sonucunda elde edilen birçok farklı ürün verimliliğin değerlendirilmesini güçleştirmekte, bununla birlikte girdi ve çıktıların birimlerinin farklı olması da karşılaşılan zorlukları artırmaktadır¹.

Verimlilik analizi için kullanılan ölçüm sistemleri; oran analizleri, parametrik yöntemler ve nonparametrik yöntemler olmak üzere üç temel gruba ayrılmaktadır. Oran analizi, kapsam ve amaç açısından tek boyutlu analizleri içermektedir. Verimlilik ölçümünde hesaplanan değişik oranların ağırlıklandırılarak tek bir ölçüt elde edilmesi gereksinimi, bu yöntemin önemli bir eksikliği olarak ortaya çıkmaktadır. Parametrik yöntemler, verimlilik ölçümü gerçekleştirilen işletmelere ilişkin üretim fonksiyonunun analitik bir yapıya sahip olduğunu varsaymaktadır. Nonparametrik yöntemler ise üretim fonksiyonunun ardında herhangi bir analitik formun varlığını öngörmeyen esnek bir yapıya sahiptir ve çözüm yöntemi olarak genellikle matematiksel programlamayı kullanmaktadır.

Birçok girdi ve çıktının gözlendiği ve gözlenen bu girdi ve çıktıların tek bir toplam girdi ve çıktıya dönüştürülemeyeceği durumlarda üretim etkinliğini ölçmek için kullanılan veri zarflama analizi, en sık kullanılan nonparametrik yöntemlerden birisidir².

Veri zarflama analizi, analitik bir fonksiyonel yapıya gerek duymaması, çoklu girdi ve çoklu çıktıyı aynı anda değerlendirebilmesi, etkin ve etkin olmayan karar verme birimlerini birbirinden ayırarak etkin birimler içinden referans noktaları oluşturması,

¹ Nihat Bozdağ, Şenol Altan ve Murat Atan; “Toplam Etkinlik Ölçümü: Veri Zarflama Analizi ve Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama”, **5. Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu**, Adana, 2001, s. 2.

² Serpil Bülbül ve İlyas Akhisar; “Türk Sigorta Şirketlerinin Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi İle Araştırılması”, **7. Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu**, İstanbul, 2005, s. 2.

girdi ve çıktıların ortak bir birimle ifade edilemediği durumlarda dahi kullanılabilmesi, vb. özelliklerinden dolayı ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle veri zarflama analizi, okullar, sağlık birimleri, banka ve şubeleri, silahlı kuvvetler, tarım, ulaştırma, kamu idaresi gibi birçok farklı kuruluşun etkinliğinin değerlendirilmesinde başarı ile uygulanmaktadır³.

Bu çalışma başlıca 5 bölümden oluşmaktadır.

Çalışmanın ilk bölümünde, üretim imkânları kümesi, üretim sınırı, verimlilik ve etkinlik gibi temel kavramlardan kısaca bahsedilmiş ve verimlilik, etkinlik çeşitlerine değinilmiştir.

İkinci bölümde, toplam faktör verimliliği ölçme yöntemleri sınıflandırılarak anlatılmış ve toplam faktör verimliliği ölçme yöntemleri birbirleriyle mukayese edilmiştir.

Üçüncü bölümde, etkinlik ölçme yöntemleri sınıflandırılarak anlatılmaya çalışılmış ve etkinlik ölçme yöntemleri birbirleriyle mukayese edilmiştir.

Dördüncü bölümde, Veri Zarflama Analizi hakkında genel bilgiler verilir, Veri Zarflama Analizinin uygulama aşamaları maddeler halinde özetlenerek temel Veri Zarflama Analizi modellerinden ve Malmquist toplam faktör verimliliği indeksinden bahsedilmiştir.

Son bölümde ise, konu ile ilgili literatür özetine yer verilir, çalışmada kullanılan veriler ve değişkenler açıklanmış, ayrıca 2004–2007 Dönemi Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesi imalat sanayi için toplam faktör verimliliği indeksi DEAP 2.1 programı ile tahmin edilerek uygulama sonunda elde edilen bazı temel bulgular ayrıntılarıyla analiz edilmiştir.

Bu çalışmada ilk olarak, üretim sınırı, verimlilik, etkinlik gibi temel kavramlar ele alınmış ve verimlilik çeşitleri açıklanmaya çalışılmıştır. Daha sonra etkinlik ölçme yöntemleri sıralanmış ve etkinlik ölçme yöntemlerinden Veri Zarflama Analizi ayrıntılı bir şekilde açıklanarak Malmquist verimlilik indeksi üzerinde durulmuştur. Son olarak, Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesinde faaliyet gösteren imalat sanayi işletmeleri için

³ Anıl İlkem Özcan; **Celal Bayar Üniversitesi'ne Bağlı Meslek Yüksekokullarının Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi ile Ölçülmesi**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Manisa, 2005, s. 1.

2004–2007 yılları arasında anket uygulanarak toplam faktör verimliliğindeki değişmeler ortaya konulmaya çalışılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. TEMEL KAVRAMLAR

1.1. Üretim İmkânları Kümesi ve Üretim Sınırı

Üretim, en geniş anlamı ile belirli bir süre içerisinde üretim faktörlerinin mal ve hizmete dönüştürülme sürecidir. Üretim, sadece bir malın meydana getirilmesi ile sınırlanmaz, hizmet oluşturmak da üretim kapsamına girer. Üretimin kapsamı geniş olup, nihai tüketimin dışındaki bütün ekonomik faaliyetleri kapsamaktadır. Üretim faktörlerinin kullanılması ile bir ara mal üretilbileceği gibi, bir nihai mal da üretilmektedir. Özetle, iktisadi anlamda üretim, fayda sağlayan her türlü mal ve hizmetin oluşturulmasıdır⁴.

Girdilerin çıktılarına dönüştürülme süreci olan üretim sürecinin etkin olabilmesi, mevcut teknoloji ve teknolojik değişme çerçevesinde, belirli bir girdi bileşiminin kullanılarak maksimum çıktının elde edilmesine veya belirli bir çıktı bileşiminin en az girdi kullanılarak üretilmesine bağlı olmaktadır. Üretim imkânları kümesi, mevcut teknoloji ile gerçekleştirilmesi mümkün olan girdi-çıkıtı bileşimlerinin kümesi olarak tanımlanmaktadır. Herhangi bir endüstri dalında etkinlik ölçümü yapabilmek için, öncelikle o endüstriyi oluşturan çeşitli ekonomik karar birimlerinin kullandıkları girdi ve çıktı miktarlarının ölçümüne gerek duyulmaktadır⁵.

Literatürde üretim imkânları kümesinin tanımlanmasında bazı varsayımlar yapılmaktadır. Bu varsayımları incelemek için, etkinlik analizine dâhil edilecek karar birimi sayısı n ile gösterilecektir. N sayıda karar verme biriminin oluşturduğu gözlem kümesi $G = (1, \dots, n)$ olduğu zaman; herhangi bir j karar birimi için gözlemlenmiş girdi vektörü, $X_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})$ ve herhangi bir j karar birimi için gözlemlenmiş çıktı vektörü ise $Y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})$ ile gösterilmektedir. En azından bir çıktının ve en azından bir girdinin pozitif olduğu varsayılmaktadır. Bu varsayımlara göre üretim imkânları kümesi olan T şöyle tanımlanmaktadır⁶:

$$T = \{(X, Y) | Y \geq 0 \text{ ve } X \geq 0 \text{ üretilbilir}\}$$

Her Y çıktı matrisi için $L(Y)$ girdi imkân kümesi,

⁴ Muammer Yaylalı; **Mikroiktisat**, 3. Baskı, Beta Yayınevi İstanbul, 2004, s. 167.

⁵ Reha Yolalan; **İşletmelerarası Görelî Etkinlik Ölçümü**, Ankara, MPM Yayınları No: 483, 1993, s. 7.

⁶ R. D. Banker, Abraham Charnes ve William W. Cooper; "Some Models for Estimating Technical and Scale Efficiencies in Data Envelopment Analysis", **Management Science**, Vol: 30, No: 9, September, 1984, s. 1081.

$$L(Y) = \{X | (X, Y) \in T\}$$

ve her X girdi matrisi için P (X) çıktı imkân kümesi,

$$P(X) = \{Y | (X, Y) \in T\}$$

olarak tanımlanmıştır.

Üretim imkânları kümesi T ile ilgili yapılmış olan varsayımlar şunlardır:

1. Varsayım

- a) $(X, Y) \in T, Y \neq 0, X \neq 0$ Yani, pozitif bir çıktı vektörü ancak pozitif bir girdi vektörü ile elde edilebilmektedir.
- b) $(X, Y) \in T$, X ve Y sınırlıdır. Yani, eğer herhangi bir girdi vektörü sınırlı ise bu girdi vektörü ile elde edilen çıktı vektörü de sınırlı olmaktadır⁷.

2. Varsayım: Dışbükeylik (Convexity) Varsayımı

Eğer $(X_j, Y_j) \in T, j = 1, \dots, n$ ve $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \lambda_j \geq 0$ ise

$$\left(\sum_{j=1}^n \lambda_j X_j, \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j \right) \in T \text{ 'dir. } (\lambda = \text{yoğunluk vektörü})^8$$

Yani, üretim imkânları kümesine ait girdi-çıkıtı vektörlerinin dışbükey bileşimi şeklinde elde edilen diğer vektörler de, gerçekleşmesi muhtemel girdi çıktı vektörü gibi anlamlı bir üretim vektörü olarak kabul edilebilmektedir⁹.

3. Varsayım: Etkinsizlik (Inefficiency) veya Düzgünlük (Monotonicity) Varsayımı

- a) $(X, Y) \in T$ ve $\bar{X} \geq X$ ise $(\bar{X}, Y) \in T$ olur. Yani, eğer bir çıktı vektörü Y, gözlemlenen X girdi düzeyi ile elde edilebiliyorsa, $\bar{X}$ düzeyi ile de aynı çıktı vektörü Y elde edilebilmektedir¹⁰.
- b) $(X, Y) \in T$ ve $\bar{Y} \leq Y$ ise $(X, \bar{Y}) \in T$ olur. Yani, eğer belirli bir girdi vektörü ile gözlemlenen Y çıktı düzeyi elde edilebiliyor ise aynı girdi düzeyi ile gözlemlenen Y çıktı düzeyinden daha küçük $\bar{Y}$ çıktı miktarı da üretilebilmektedir.

4. Varsayım: Işın Sınırsızlığı (Ray Unboundness) Varsayımı

- a) $(kX, kY) \in T, k \in (0, 1]$ Yani, herhangi bir ölçekte elde edilen girdi-çıkıtı vektörü daha küçük ölçeklerde de elde edilebilmektedir.

⁷ Yolalan; a.g.e., s. 9.

⁸ Banker vd.; a.g.e., s.1081.

⁹ Yolalan; a.g.e., s. 9.

¹⁰ Banker vd.; a.g.e., s.1081.

b) $(kX, kY) \in T, k \in [1, \infty)$ Yani, herhangi bir ölçekte elde edilen girdi-çıkı vektörü daha büyük ölçeklerde de elde edilebilmektedir¹¹.

5. Varsayım

Tüm $(X_j, Y_j) \in T, \forall_j \in G$ Yani, gözlem kümesini oluşturan girdi-çıkı vektörlerinin tümü endüstri dalına ait üretim teknolojisini anlamlı bir şekilde ve deneysel üretim imkân kümesini doğru şekilde temsil etmektedirler¹².

6. Varsayım: En küçük Ekstrapolasyon Varsayımı

T kümesi, 1. 2. ve 3. varsayımları sağlayan ve her gözlemlenmiş $(X_j, Y_j) \in \hat{T}, j = 1, \dots, n$ vektörü olması koşuluna bağlı tüm $\hat{T}$ 'lerin kesişim kümesidir. T kümesi, üretim imkânları kümesi için varsayılmış özelliklere ve gözlemlenmiş verilere uygun en küçük kümedir¹³.

Şekil 1'de tek girdi (x) ve tek çıkı (y), faktörünün bulunduğu durum ele alınarak sekiz karar birimi noktalarla gösterilmiştir. Şekil 1 üzerinde tanımlanmış olan A, B, C, D ve E bölgeleri yardımı ile varsayımların tanımladıkları kümeler aşağıda verilmiştir¹⁴:

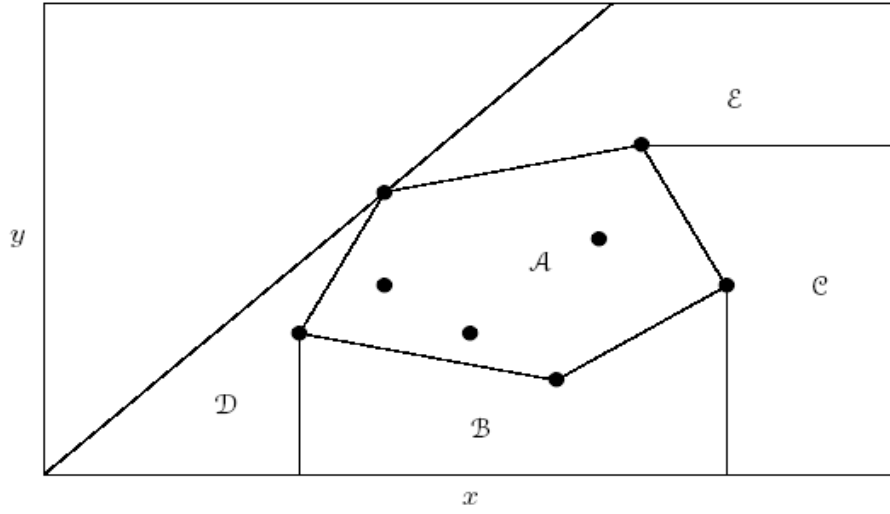
¹¹ Yolalan; a.g.e., s. 9.

¹² Yolalan; a.g.e., s. 9.

¹³ Banker vd.; a.g.e., s.1081.

¹⁴ Armağan Tarım; **Veri Zarflama Analizi: Matematiksel Programlama Tabanlı Görelî Etkinlik Ölçüm Yaklaşımı**, Sayıştay Yayın İşleri Müdürlüğü, Araştırma/İnceleme/Çeviri Dizisi 15, Ankara, 2001, ss. 7-8.

Şekil 1. Üretim İmkânları Kümesi



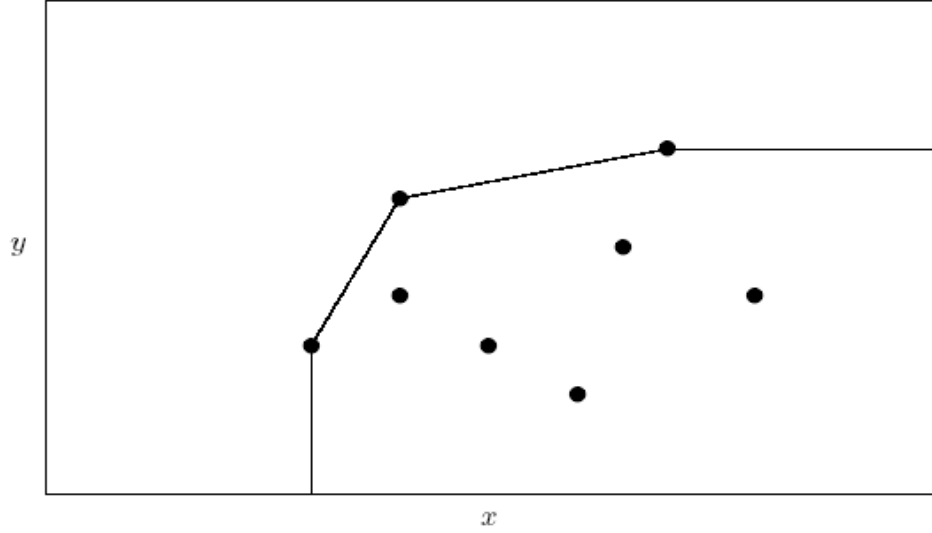
Kaynak: Armağan Tarım; *Veri Zarflama Analizi: Matematiksel Programlama Tabanlı Göreli Etkinlik Ölçüm Yaklaşımı*, Sayıştay Yayın İşleri Müdürlüğü, Araştırma/İnceleme/Çeviri Dizisi 15, Ankara, 2001, s. 8.

- 1., 2., 5., ve 6. varsayımlar geçerli olduğunda tanımlanan üretim imkânları kümesi A'dır.
- 1., 2., 3b., 5., ve 6. varsayımlar geçerli olduğunda tanımlanan üretim imkânları kümesi $A \cup B$ 'dir.
- 1., 2., 3a., 3b., 5., ve 6. varsayımlar geçerli olduğunda tanımlanan üretim imkânları kümesi $A \cup B \cup C$ 'dir.
- 1., 2., 3a., 3b., 4a., 5., ve 6. varsayımlar geçerli olduğunda üretim imkânları kümesi $A \cup B \cup C \cup D$ 'dir.
- 1., 2., 3a., 3b., 4b., 5., ve 6. varsayımlar geçerli olduğunda üretim imkânları kümesi $A \cup B \cup C \cup E$ 'dir.
- 1., 2., 3a., 3b., 4a., 4b., 5., ve 6. varsayımlar geçerli olduğunda üretim imkânları kümesi $A \cup B \cup C \cup D \cup E$ 'dir.

Yukarıda, farklı varsayımların kabulü sonucunda, farklı bölgelerin üretim imkânları kümesini tanımladığı görülmektedir. Bu üretim imkânları kümeleri arasında sadece A tarafından tanımlanan üretim imkânları kümesi gerçekçi değildir. Çünkü aynı miktarda girdi kullanılarak daha az çıktı üretmenin mümkün olamayacağı varsayımı gerçekçi değildir. Başka bir deyişle, kaynakların israf edilmesi sonucunda, olması gerekenden çok daha az miktarda üretimde bulunmak söz konusu olabilmektedir. Bu nedenle A bölgesine, B bölgesinin de eklenmesi gerekmektedir. Aksiyomatik yapıya

eklenen 3b varsayımı belirtilen eksikliği gidermektedir. Benzer şekilde, eğer çıktı miktarı belirli bir düzeyde sabit tutulur ise, o zaman olması gerekenden çok daha fazla girdi kullanarak aynı üretim gerçekleştirilebilmektedir. Bu ifade üretim imkânları kümesine C'nin de ilave edilmesini (3a varsayımı) gerektirmektedir. Elde edilen $A \cup B \cup C$ üretim imkânları kümesinin sınırları, kullanılan varsayımlar çerçevesinde, üretim sınırını göstermektedir. Şekil 2’de verilen sınır, geçerli varsayımlar olan 1, 2, 3a, 3b, 5 ve 6 varsayımları altında üretim sınırını göstermektedir. Tanımlanan varsayımlar çerçevesinde, bu sınırın dışında herhangi bir karar birimini gözlemek olası değildir. Çünkü sınırın ötesi üretim imkânları kümesinin dışında kalmaktadır¹⁵.

Şekil 2. Üretim Sınırı



Kaynak: Armağan Tarım; a.g.e., s. 9.

Üretim sınırının belirlenmesinde temel olarak iki yaklaşım söz konusudur. Bunlar; mühendislik uygulamalarında yoğun olarak kullanılan teorik fonksiyon türetme yaklaşımı ve gözlemlerden hareketle elde edilen deneye dayalı fonksiyon belirleme yaklaşımıdır¹⁶.

Bir organizasyonun üretim sınırının altında kalma derecesi onun göreceli etkinlik ölçüsü olarak kullanılmaktadır. Üretim fonksiyonunun, sınır olarak, ilk defa ampirik olarak incelemesi Farrell ve Farrell, Fieldhouse tarafından yapılmıştır. Bu çalışmaların

¹⁵ Tarım; a.g.e., ss. 8-9.

¹⁶ Tarım; a.g.e., s. 5.

sonucunda sınır esas alınmak kaydı ile yapılan etkinlik mukayeseleri Farrell etkinlik ölçümü olarak adlandırılmaya başlanmıştır¹⁷.

1.2. Eş Ürün Eğrisi ve Etkin Sınır

Eş ürün eğrisi, bir malın belirli bir miktarını üretebilmek için kullanılan üretim faktörlerinin çeşitli bileşimlerini gösteren bir eğridir. Başka bir ifadeyle, eş ürün eğrisi, aynı üretim miktarını veren çeşitli faktör bileşimlerinin geometrik yerini göstermektedir¹⁸.

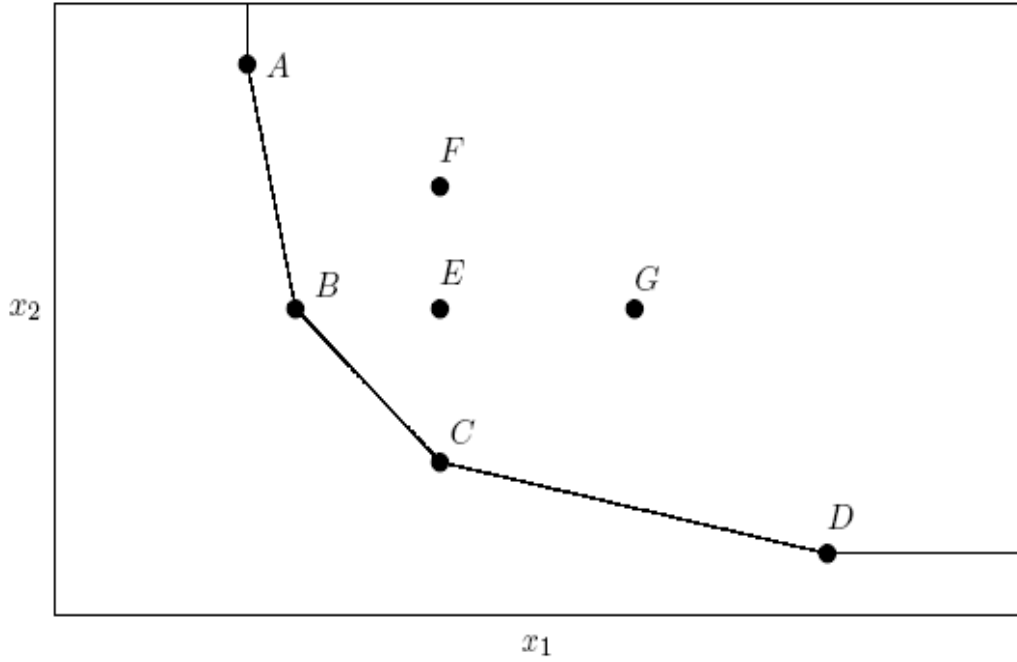
Girdi faktörleri, tek bir çıktı faktörünün üretiminde farklı oranlarda kullanılabiliriyorsa, yani birbirleri yerine ikame edilebiliyorsa, üretim fonksiyonu $y = f(x_1; x_2)$ (y = sabit çıktı miktarı, x_1, x_2 = girdi faktörü) şeklinde yazılabilmektedir. Sabit üretim düzeyini sağlayan çeşitli faktör bileşimlerinin geometrik yeri, eş ürün eğrisi olarak tanımlanmaktadır. Şekil 3’de tipik bir eş ürün eğrisi gösterilmektedir. Bu grafikte, konvekslik varsayımı altında, deneye dayalı olarak çizilen eş ürün eğrisi parçalı doğrusaldır. Eş ürün eğrisinin eğimi, üretim faktörleri arasındaki marjinal teknik ikame oranına eşittir. Şekil 3’de verilen grafik parçalı doğrusal olduğu için, sınırı tanımlayan gözlemler arasında marjinal teknik ikame oranı sabittir. $y = f(x_1; x_2)$ ’nin teorik olarak, sürekli ve kıraksız tanımlanması halinde, marjinal teknik ikame oranı sürekli azalan bir seyir gösterecek ve konveks bir küme tanımlayacaktır. Bunun nedeni, girdi faktörlerinden birinin miktarı artırıldıkça, diğer girdi faktörü ile ikamesinin giderek güçlenmekte olması ve belirli bir bileşimin ötesinde ikamenin artık mümkün olmamasıdır. Şekil 3, D gözleminin kullandığından daha fazla x_1 girdi faktöründen kullanılmasının, diğer girdi faktörü olan x_2 ’de herhangi bir azalışa neden olmadığını göstermektedir¹⁹.

¹⁷ Tarım; a.g.e., ss. 10-11.

¹⁸ Yaylalı; a.g.e., s. 177.

¹⁹ Tarım; a.g.e., ss. 22-23.

Şekil 3. Parçalı Doğrusal Eş Ürün Grafiği



Kaynak: Tarım; a.g.e., s. 22.

Eş ürün grafiği üzerinde yer alan gözlemler diğerlerinden daha iyi performans göstermektedirler. Etkinlik ile ilgili literatürde, eş ürün eğrileri yerine etkin sınır terimi, aynı anlamda kullanılmaktadır²⁰.

Üretim sınırı (Üretim fonksiyonu veya etkin üretim fonksiyonu), teknik etkin olan tüm mümkün üretim bileşimlerinin kümesi olduğundan etkin sınır olarak da tanımlanmaktadır²¹.

Bir mal ve hizmetin üretiminde, veri teknoloji seviyesinde, optimal girdi bileşimiyle elde edilebilecek en yüksek üretim miktarlarının oluşturduğu teorik sınıra etkin üretim sınırı denilmektedir²².

Etkin üretim sınırında faaliyet gösteren firmalar girdilerin çıktılarına dönüştürülmesinde tam teknik etkinliğe sahiptir. Teknik etkinlik derecesi, girdi ve çıktıların fiyatlarını ve maliyetlerini dikkate almaksızın, veri teknoloji seviyesinde,

²⁰ Tarım; a.g.e., s. 23.

²¹ Finn Forsund, Knox Lovell ve Peter Schmidt; "A Survey of Frontier Production Functions and of their Relationship to Efficiency Measurement", **Journal of Econometrics**, Vol: 13, 1980, s. 8.

²² M. Norman ve B. Stoker; **Data Envelopment Analysis: The Assessment of Performance**, John Wileysons, Newyork, 1997, s. 12-13.

belirli bir çıktı miktarının üretilmesinde girdilerin fazla kullanılıp kullanılmadığını belirlemektedir. Üretimin ölçeği ve yönetsel beceriler teknik etkinliği etkiler²³.

Etkin sınırın çizilmesine ilişkin yaklaşımın açıklanması, etkin sınır üzerinde yer alan gözlemlerin diğerlerinden neden daha iyi performans gösterdiğini de açıklamaktadır. Sadece tek çıktı ve iki girdi durumu incelenecek olur ise, bir birim çıktı üretmek için gerekli olan girdi miktarları bulunabilmektedir. Girdi-girdi düzleminde işaretlenmiş olan bu gözlemler için bulunacak deneysel etkin sınırın çizilmesi sürecinde aşağıdaki adımlar izlenmektedir. Veri Zarflama Analizi, adını bu zarflama sürecinden almaktadır²⁴:

- yatay eksene paralel olarak alınan bir doğru, ilk gözleme temas edene kadar yukarı kaydırılır,
- gözleme temas edildiğinde, gözlem pivot noktası olacak şekilde, doğrunun sol tarafı saat yönünde çevrilir,
- çevirme işlemi yeni bir gözleme temas edilene ya da doğrunun sol tarafı düşey eksene paralel olana kadar sürer,
- doğrunun sol tarafı dikey eksene paralel olduğunda ise işlem sona ermiş olur, yoksa ikinci adıma dönülür.

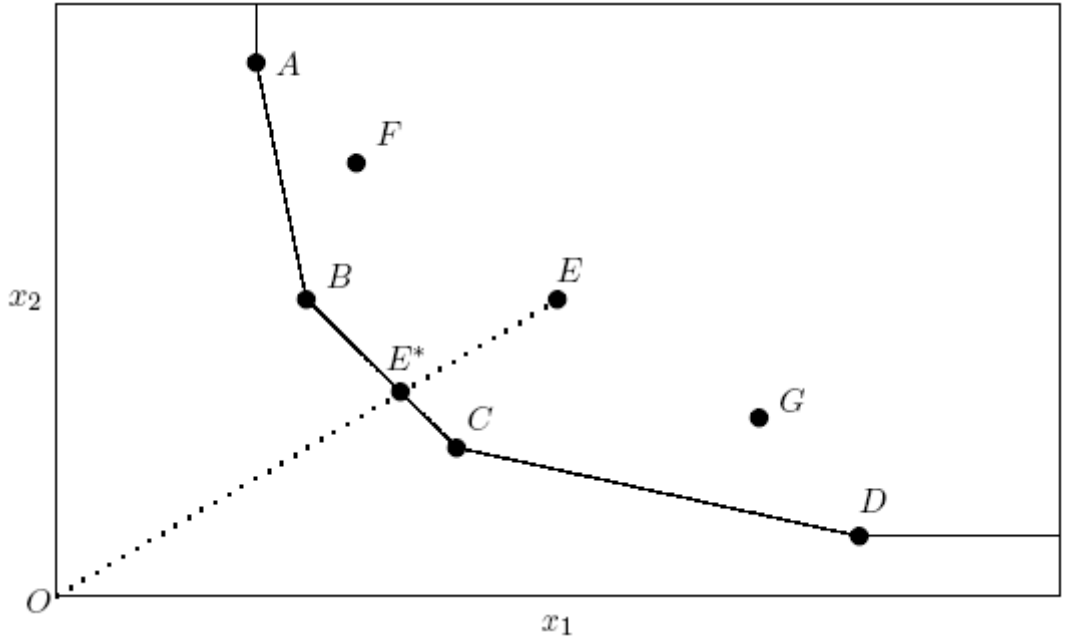
Bu adımlar sayesinde, tüm gözlemlerin etkin sınır tarafından zarflanması sağlanmış olmakta ve bu sınırın dışında hiç bir gözlem kalmamaktadır. Çıktının bir birim olarak sabit tutulduğu girdi-girdi düzleminde, orijine en yakın nokta en az girdi kullanarak bir birimlik çıktıyı üretme başarısını sergilemektedir. Bu çerçevede, etkin sınır olarak tanımlanan zarf, görel olarak etkin noktaların geometrik yeridir. Zarfın içinde kalan tüm gözlemler, zarf üzerinde bulunan gözlemlerin doğrusal bileşimleri ile oluşturulabilecek hipotetik gözlemlerden daha düşük performans göstermiş olacaktır²⁵.

²³ L. Seiford; “An Investigation at Returns to Scale in Data Omega”, **International Journal of Management Science**, 27, 1999, s. 4-5.

²⁴ Tarım; a.g.e., s. 23.

²⁵ Tarım; a.g.e., s. 23.

Şekil 4. Etkin Sınır



Kaynak: Tarım; a.g.e., s. 24.

Şekil 4, etkin sınır üzerinde yer alan A, B, C ve D gözlemleri ile zarf içerisinde bulunan E, F ve G gözlemlerinin yerlerini göstermektedir. Etkin sınır üzerinde yer alan gözlemler, Farrell'in tanımlamaları çerçevesinde, aynı zamanda üretim sınırı üzerinde yer alan gözlemlerdir. Ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında, üretim sınırı üzerindeki noktaların toplam etkin olduklarının hatırlanması gerekmektedir. Bu bağlamda, etkin sınırın üzerinde bulunan gözlemler, ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında, toplam etkindirler²⁶.

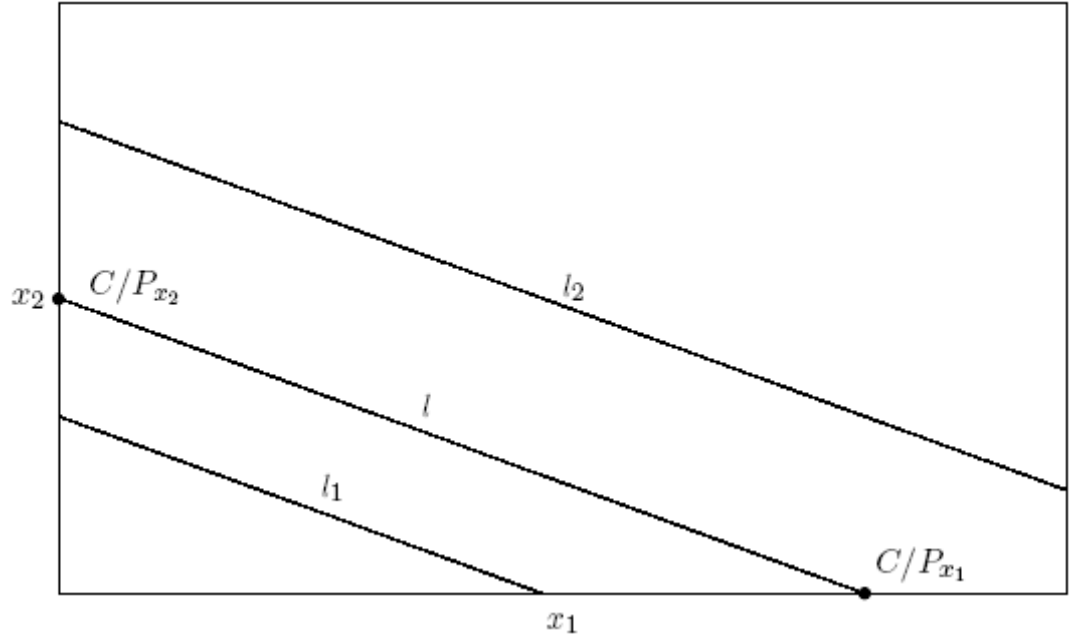
1.3. Eş Maliyet Doğrusu ve Optimal Faktör Bileşimi

Bütçesi sınırlı olan ve sadece iki girdi faktörü kullanan bir karar biriminin, bu sınırlı bütçenin tamamı ile girdi faktörlerinden ne miktarda tedarik edebileceğini veren ilişki eş maliyet doğrusu ile gösterilmektedir. Hipotetik bir karar biriminin bütçesi C, ve veri olan x_1 ve x_2 girdi faktörlerinin fiyatları, sırasıyla, P_{x1} ve P_{x2} ile gösterilsin. Bu notasyon çerçevesinde, karar birimi tüm bütçesini x_1 faktörü alımına ayırır ise $C=P_{x1}$ miktarında x_1 faktörü, eğer tüm bütçesini x_2 faktörü alımına ayırır ise $C=P_{x2}$ kadar x_2 faktörü temin edecektir. Bu iki uç arasında sonsuz doğrusal bileşim bulunmaktadır. Bu

²⁶ Tarım; a.g.e., s. 24.

bileşimlerin geometrik yeri, uç noktaları ($C=Px_1 ; 0$) ve ($0; C=Px_2$) olan doğru parçasıdır. Karar biriminin farklı bütçe değerleri için elde edeceği geometrik yerler, bu doğru parçasına paralel doğru parçalarıdır. Şekil 5, bu durumu göstermektedir²⁷.

Şekil 5. Eş Maliyet Doğrusu



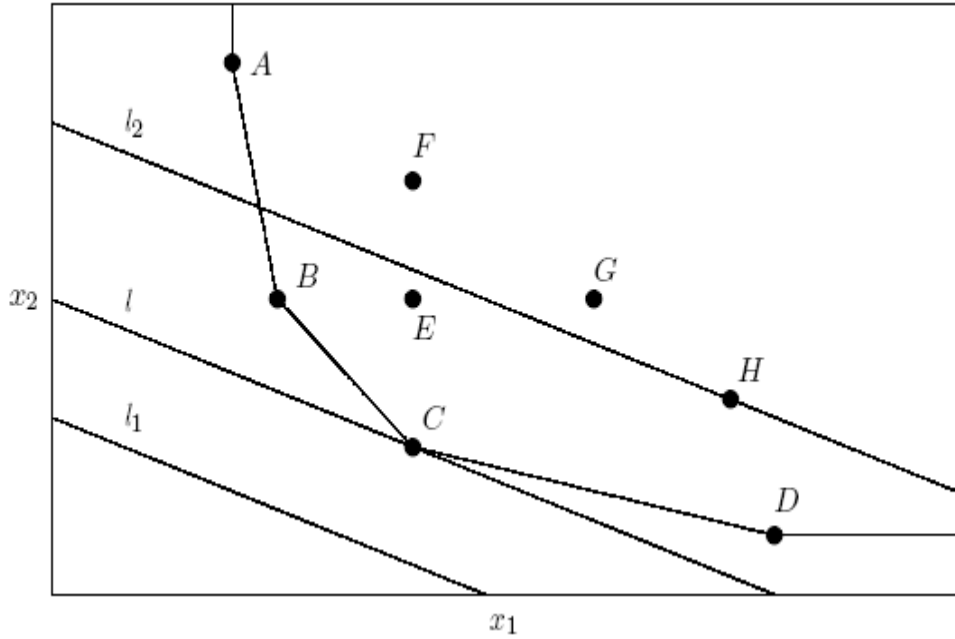
Kaynak: Tarım; a.g.e., s. 28.

Bir karar birimi için, girdi faktör maliyetleri dikkate alındığında, sabit bir çıktı düzeyini yakalayacak en düşük maliyetli girdi bileşimi (optimal faktör bileşimi), eş ürün eğrisi ve eş maliyet doğrusu yardımıyla bulunur. Bu durum Şekil 6’da gösterilmiştir²⁸.

²⁷ Tarım; a.g.e., ss. 27-28.

²⁸ Tarım; a.g.e., ss. 27-28.

Şekil 6. Optimal Faktör Bileşimi



Kaynak: Tarım; a.g.e., s. 29.

1.4. Verimlilik

Verimlilik kelimesinin doğuşu, çok eski zamanlara kadar uzanmaktadır. Bu kavram literatürde ilk defa hümanist Alman bilim adamı olan Agricola'nın 1530 yılında yazmış olduğu "De Re Metallica" adlı eserinde kullanılmıştır. Fizyokratların 18. yüzyıldaki çalışmaları ile açık bir anlam kazanmaya başlamış ve Le Litre 1833 yılında verimliliği "üretim hassası" olarak ifade etmiştir. Yine fizyokratlardan Francois Quesnay (1694-1774) "Ekonomik Teorilere Tarihsel Bakış Açışı" adlı eserinde verimliliği, ziraatte gerçek refahın kaynağı olarak ele almıştır²⁹.

Adam Smith (1723-1790) "Ulusların Zenginliği" adlı eserinde işgücü ve işbölümü arasındaki ilişkiyi dikkatlice analiz ederek verimliliği farklı bir bakış açısıyla ele almıştır. Yine Karl Marx (1819-1883) imalat işletmelerindeki işgücü, malzeme, teçhizat arasındaki verimlilik sorunlarını tartışmıştır³⁰.

Genel olarak verimlilik, bir üretim ya da hizmet sisteminin ürettiği çıktı ile bu çıktıyı yaratmak için kullanılan girdi arasındaki ilişkidir. Bu nedenle verimlilik, çeşitli

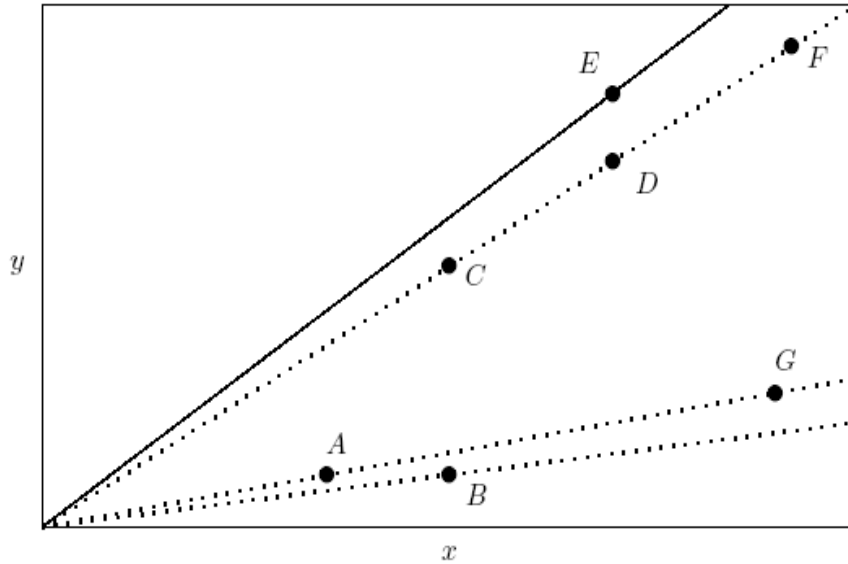
²⁹ Recep Kök ve Ertuğrul Deliktaş; **Endüstri İktisadında Verimlilik Ölçme ve Strateji Geliştirme Teknikleri (İş Dünyasından Örneklerle)**, Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Yayınları, İzmir, 2003, s. 33.

³⁰ Kök ve Deliktaş; a.g.e., s. 33.

mal ve hizmetlerin üretiminde kullanılan faktörlerin etkin kullanımı olarak tanımlanabilmektedir³¹.

Tek girdi ve tek çıktı durumu dikkate alındığında, herhangi bir karar biriminin verimliliği, çıktının girdiye oranı olarak tanımlanmaktadır. Başka bir ifadeyle, orjinden başlayan ve karar birimini temsil eden noktadan geçen doğrunun eğimi, bu karar birimi için verimlilik değerini vermektedir. Bu doğrunun eğiminin artması verimliliğin yükseldiğini göstermektedir. Şekil 7’de tek girdi, tek çıktı durumu için gözlenen çeşitli karar birimleri verilmektedir. Bu karar birimleri arasında en yüksek verimliliğe sahip karar biriminin E olduğu görülmektedir. Bu karar biriminden geçen ve eğimi verimlilik düzeyini gösteren doğru kesiksiz çizgi ile gösterilmiştir. Gözlemler arasında en düşük verimliliğe sahip olan karar birimi B’dir. A ve G karar birimleri birbirlerinden çok farklı ölçekte çalışmalarına rağmen aynı verimlilik düzeyine sahiptirler. Benzer şekilde, C, D ve F karar birimleri de aynı verimlilik düzeyinde olup, verimlilik değerleri E’den küçük, diğerlerinden büyüktür³².

Şekil 7. Verimlilik



Kaynak: Tarım; a.g.e., s. 12.

³¹ Joseph Prokopenko; **Verimlilik Yönetimi Uygulamalı El Kitabı**, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları No: 476, Ankara, 2005, s. 19.

³² Tarım; a.g.e., s. 11.

Verimliliğe ilişkin birçok tanım olmasına karşın bu tanımlar birbirlerine benzemektedir. Aşağıda bazı organizasyonlar tarafından formüle edilen verimlilik tanımlarından bahsedilmiştir³³:

OECD (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı)'ye göre verimlilik, çıktının üretim öğelerinden birisine bölünmesidir.

ILO (Uluslararası Çalışma Örgütü)'ya göre verimlilik şu şekilde tanımlanmaktadır. Ürünler başlıca dört ögenin (Toprak, sermaye, işgücü ve girişimci) bileşimi sonucu üretilmekte ve üretimin bu öğelere oranı verimliliğin ölçüsü olmaktadır.

EPA (Avrupa Verimlilik Komitesi)'ye göre;

- Verimlilik, her bir üretim ögesinin etkili kullanım derecesidir.
- Verimlilik, her şeyden önce bir düşünce tarzıdır. Sürekli var olanı iyileştirme çabasıdır.
- Verimlilik, her şeyin bugün dünden, yarının bugünden daha iyi yapılabileceği esasına dayanan bir kavramdır. Dahası değişen koşullara ekonomik faaliyetleri adapte etmek yeni teori ve yöntemler kullanmak için sonu olmayan bir çabayı gerektirmektedir. İnsanoğlunun ilerlemesi için somut bir çabadır.

JPC (Japon Prodüktivite Merkezi)'ye göre verimliliği artırmanın amacı her şeyden önce, üretim maliyetlerini azaltmak, pazarı genişletmek, istihdamı artırmak, daha yüksek reel ücretler için çalışmak ve işgücünün, yönetimin ve tüketicilerin yaşam standartlarını iyileştirmek için kaynak yararlılığını, insan gücünü, varlıkları v.b. maksimize etmektir.

Türkiye'de verimlilik konusunda yetkili bir kurum olan Milli Prodüktivite Merkezi'ne göre verimlilik; bir üretim ya da hizmet sürecinin belli bir dönem sonunda üretilmiş olan ürün ve hizmetlerle bu üretimi gerçekleştirmek amacıyla kullanılan üretim kaynaklarının birbirine oranlanması ile elde edilen bir katsayı olarak tanımlanmaktadır³⁴.

Verimlilik kavramının birçok yaygın kullanım alanı vardır. Ekonomi kuramı açısından verimlilik en dar anlamıyla, üretim sürecinde kesinti verilen bir takım girdiler ile mümkün olan maksimum üretimin sağlanmasıdır. Daha geniş anlamda verimlilik;

³³ Kâzım KÖROĞLU; **Verimlilik Yönetimine Japon Yaklaşımı ve Kazukiyo Kurosawa Modeli**, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, No: 507, Ankara, 1993, ss. 2-3.

³⁴ Aykut Top; "Verimlilik ve Üretkenlik Üzerine Düşünceler", **Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt: 5, Sayı: 17, 2002, s. 31.

verilen bir çıktının en az maliyetle üretilmesidir. Bu anlamda verimlilik dar anlamda verimlilik kavramını içermesinin yanı sıra, girdilerin, minimum toplam maliyeti gerçekleştirecek oranlarda bir araya getirilmesinin gerektiğini ifade etmektedir³⁵.

Verimlilik ilk bakışta sadece işletmelerle ilgili gibi görünse de sonuçta bireyden topluma kadar uzanan bir süreç içinde her düzeyde hayati öneme sahiptir. Dolayısıyla işletme uygun performans ölçme tekniğini kullanarak verimlilik düzeylerini ölçmeli, verimliliği engelleyen faktörleri araştırmalı ve gerekli önlemleri almalıdırlar. Dinamik, değişken ve karmaşık çevre şartlarında kâr etmenin ve ekonomik fırsatları değerlendirmenin çok zor olduğu rekabet ortamında, işletmeler için dış faktörlerden ziyade işletme içi faktörlerin denetimi daha kolaydır. Bu nedenle işletmeler, kaynakları etkin bir şekilde kullanarak verimliliği artırmalı, maliyetleri düşürmek ve kaliteyi yükseltmek arasında iyi bir denge kurarak piyasada tutunmanın yollarını aramalıdırlar³⁶.

1.5. Verimlilik Çeşitleri

Girdi ve çıktı arasındaki oranın belirlenmesinde farklı metotlar kullanılabilir. Yani verimliliğin belirlenmesindeki ölçütler değişik şekillerde belirlenebilmektedir. Buna göre; fiziki ve parasal verimlilik, ortalama ve marjinal verimlilik, mikro ve makro verimlilik, kısmi ve toplam verimlilik olmak üzere verimlilik değişik yöntemlerle hesaplanmaya çalışılmaktadır³⁷.

Fiziki ve parasal verimlilik, verimlilik oranının pay ve paydasındaki homojenlik derecesine göre fiziki veya parasal değerlerle ifade edilebilmektedir. Pay ve payda fiziki değerlerle ifade edilmiş ise fiziki, parasal değerlerle ifade edilmiş ise parasal verimlilik olarak belirtilmektedir. Belirli bir dönemdeki toplam çıktının aynı dönemdeki girdilerin oranına toplam verimlilik denilmektedir. Belirli bir dönemde çıktıda meydana gelen değişimin aynı dönemdeki girdilerdeki artışa oranı da marjinal verimlilik olarak adlandırılmaktadır. Firma düzeyinde hesaplanan verimlilik mikro, ekonominin genelinde hesaplanan verimlilik ise makro verimliliktir³⁸.

³⁵ Elmas Yıldız; “Kavramsal Düzeyde Etkinlik, Etkililik ve Verimlilik Olgularına Bir Bakış”, <http://www.ceterisparibus.net/arsiv.htm> , S. E. T. 21.08.2007, ss. 5-6.

³⁶ Semra Tetik; “İşletme Performansını Belirlemede Veri Zarflama Analizi”, Celal Bayar Üniversitesi İ.İ.B.F., **Yönetim ve Ekonomi Dergisi**, Cilt: 10, Sayı: 2, 2003, s. 229.

³⁷ (<http://genelkultur.ansiklopedisi.net/verimlilik-ve-onemi/9113/>), S. E. T. 21.08.2007.

³⁸ (<http://genelkultur.ansiklopedisi.net/verimlilik-ve-onemi/9113/>), S. E. T. 21.08.2007.

Toplam ve kısmi verimlilik ise literatürde üzerinde en çok durulan ve değerlendirilen verimlilik çeşitleri arasında yer almaktadır. Bu nedenle burada kısaca değinilecektir.

1.5.1. Kısmi verimlilik

Kısmi verimlilik ölçümleri, tek bir çıktının tek bir girdiye oranı olarak ifade edilebilmektedir. Bunlar işgücü verimliliği, malzeme verimliliği, sermaye verimliliği ve enerji verimliliği olarak karşımıza çıkabilmektedir. Kısmi verimlilik ölçülerinin dezavantajı, verimlilikteki artışları abartmalarından kaynaklanmaktadır. Kısmi verimlilik ölçülerinin avantajı ise verimliliği anlamak ve ölçmek için çok daha kolay olmalarından ileri gelmektedir³⁹.

Kısmi verimlilik, zaman içerisinde çıktı ünitesi başına belirli girdilerde meydana gelen tasarrufları ölçmektedir. Buna göre zamanla çıktı miktarı başına belirli girdiler kullanılmak suretiyle elde edilen tasarruflar ölçülebilmektedir. Ancak kısmi verimlilik hesaplarında faktör paylarından sağlanan tasarruflar ölçülmekle beraber, bu belirli bir üretim faaliyeti sonucu ortaya çıkan verimliliğin ölçüsü değildir. Genel verimlilik oranının kısmi verimlilik ölçüsü olarak kabul edilebilmesi için söz konusu girdinin toplam girdi miktarındaki payının büyük olmaması gerekmektedir. Örneğin, bir üretim faaliyetinde emek verimliliğinin ölçülebilmesi için, emek girdisinin diğer girdilere göre nispi oranının daha büyük olması ve diğer girdilerin sabit kalması gerekmektedir⁴⁰.

1.5.2. Toplam faktör verimliliği

Toplam faktör verimliliği, bir üretim faaliyeti sonucunda elde edilen çıktının bu üretim faaliyetinde kullanılan girdilere bölünmesi ile hesaplanmaktadır. Toplam faktör verimliliği, üretimde kullanılan tüm kaynakların etkinlik derecelerini ölçmektedir⁴¹.

Toplam faktör verimliliği, toplam çıktıların emek, para, malzeme, araç-gereç ve enerji girdilerine oranıdır⁴². Şu halde,

Toplam Faktör Verimliliği = Çıktı / (Emek + Sermaye + Materyal + Enerji)'dir.

Toplam faktör verimliliği, aşağıdaki gibi de gösterilebilmektedir⁴³:

³⁹ Ly Kirikal; "Productivity, the Malmquist Index and the Empirical Study of Banks in Estonia", **Financial Sector Research in Estonia: Research Seminar Papers**, Tallinn, 2004, ss. 114–115.

⁴⁰ Deniz Büyükkılıç; Verimlilik, (www.ekodialog.com), S. E. T. 30.04.2007.

⁴¹ Deniz Büyükkılıç; Verimlilik, (www.ekodialog.com), S. E. T. 30.04.2007.

⁴² Richard Daft; **Management**, 5. Baskı, Harcourt College Publishers, 2000, s. 248.

$$TFV = Q / X = Q / \sum \alpha_i x_i$$

Burada α_i , x_i 'nin ağırlığını, x_i , i girdi faktörünün miktarını simgelemektedir. Toplam faktör verimliliği, kullanılan farklı girdi miktarlarının ağırlıklandırılmış bir bileşimiyle üretilmiş çıktının (Q) miktarına oranıdır.

Firmanın veya endüstrinin performansını ölçmede ele alınan önemli ölçütlerden biri, toplam faktör verimliliğindeki değişimdir. Verimlilik söz konusu olduğunda üretim sürecinde yer alan tüm üretim faktörlerini içeren toplam faktör verimliliği akla gelmektedir. Verimliliğin diğer geleneksel ölçüleri ise emeğin verimliliği ve toprağın verimliliği gibi kısmi verimlilik ölçüleri olarak bilinmektedir. Kısmi verimlilik ölçüleri ayrı ele alındığında, toplam faktör verimliliği hakkında yanlış bilgiler verebilmektedir. Bu nedenle, toplam faktör verimliliğini ele almak ve toplam faktör verimliliğindeki değişmeyi ölçmeye çalışmak daha tutarlı sonuçlar vermektedir. Zira toplam faktör verimliliğindeki değişme teknik etkinlikteki değişme ve teknolojik değişme olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır⁴⁴.

Teknik etkinlikteki ve teknolojideki değişmeler, firma düzeyinde yüksek ekonomik performans seviyelerine ulaşabilmenin ve böylece yüksek bir rekabet gücüne sahip olabilmenin ana unsurunu oluşturmaktadır. Bu bağlamda, etkinlikteki değişme, ulusal ekonominin küresel teknolojiyi uyarlayarak içselleştirebilmesinin ve bunu toplam faktör verimliliğine aktarmasının bir göstergesi olarak kabul edilmektedir⁴⁵.

Öte yandan, bu ölçülerin sayısallaştırılması üç şekilde fayda sağlamaktadır. İlk olarak, bu ölçüler benzer ekonomik birimler arasında karşılaştırma yapmayı ve karar vermeyi kolaylaştırmakta ve böylece nispî etkinlik ve verimlilik analizi yapılmasını sağlamaktadır. İkinci olarak, ekonomik birimler arasındaki etkinliklerdeki değişmelerin yönü ve büyüklüğü belirlenmektedir. Böylece, bu değişime neden olan faktörlerin ortaya konulması, gerek firma yöneticileri ve gerekse plânlamacılar açısından büyük

⁴³ Weining, Mao ve Won W. Koo; "Productivity Growth, Technology Progress and Efficiency Change in Chinese Agricultural Production From 1984 to 1993", **North Dakota State University Agricultural Economics**, Report No: 362, 1996, s. 4.

⁴⁴ Ertuğrul Deliktaş; "Türkiye Özel Sektör İmalat Sanayinde Etkinlik ve Toplam Faktör Verimliliği Analizi", **Orta Doğu Teknik Üniversitesi Gelişme Dergisi**, Cilt:29, Sayı:3-4, 2002, s. 248.

⁴⁵ Prasada Rao ve Timothy James Coelli; "A Cross-Country Analysis of GDP Growth, Catch-up and Convergence in Productivity ve Inequality", **Centre for Efficiency and Productivity Analysis Working Papers**, 5/98, Department of Econometrics, University of New England, Australia, 1998, s. 12.

önem arz etmektedir. Üçüncü fayda ise, bu analizler etkinlik ve böylece toplam faktör verimliliğinin artmasına ve politika oluşumuna yol gösterici olmaktadır⁴⁶.

1.6. Etkinlik

Etkinlik, hedeflere ulaşma derecesini ve istenilen etki ile gerçekleşen etki arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir. Etkinlik üzerinde durulurken çıktılarla, sonuçlar arasında ayırım yapmak önemlidir. Sonuçları ölçmek ve değerlendirmek, girdi ve çıktıları ölçmek ve değerlendirmekten daha zordur. Performans denetimi alanında elde edilen gelişmeler sonucu, incelemesi ve ölçmesi daha kolay olan verimlilik ve tutumluluk denetiminden, etkinlik denetimine doğru bir yöneliş vardır. Etkinlik konusu politikaya çok yakın bir konu olup, denetçiler politikalarla değil, politika araçlarının seçimi ve bunların uygulanması ile ilgilenmektedirler⁴⁷.

Verimlilik ve etkinlik, çoğu zaman aynı anlamda kullanılmakla birlikte; etkinlik, sektördeki mevcut teknoloji ile firmanın ne kadar iyi bir performansa sahip olduğunu belirtirken, verimlilik ise kullanılan teknolojinin zaman içindeki değişimini göstermektedir⁴⁸.

Ekonomik etkinlik, kaynakların veya malların bir kısmının yeniden dağılımı ile kendi değer yargıları içerisinde diğer kişileri daha kötü konuma getirmeden, insanların bir kısmını veya tamamını, yine kendi değer yargıları içerisinde, daha iyi konuma getirme imkânının olmadığı bir durum olarak tanımlanmaktadır⁴⁹. İktisatçılar, etkinlik kavramını kullandıkları zaman genellikle Pareto etkinliğini düşünmektedirler. Yani, üretim faktörlerinin mallar arasındaki yeni bir dağılımı ve malların tüketiciler arasındaki yeni bir bölüşümü, bireylerin bir kısmını daha kötü duruma getirmiyor ise, ekonomik etkinlik veya Pareto optimumu sağlanmış olmaktadır. Herhangi bir değişim, kişilerin bir kısmının refahını, diğerlerinin refahını azaltmadan, artırırsa toplumun refahı da artar ve böylece toplum ekonomik etkinliğe ulaşmış olur. Toplum ekonomik etkinliğe veya

⁴⁶ Kaliappa Kalirajan ve Richard Tregurtha Shand; "Frontier Production Functions and Technical Efficiency Measures", **Journal of Economic Surveys**, 13(2), 1999, s. 160.

⁴⁷ Aslan Gülcü, Akın Coşkun, Cavit Yeşilyurt, Sibel Coşkun ve Timur Esener; "Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nin Veri Zarflama Analizi Yöntemiyle Göreceli Etkinlik Analizi", **Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, Cilt: 5, Sayı: 2, 2004, s. 91.

⁴⁸ Serdar Kılıçkaplan, Murat Atan ve Feride Hayırsever; "Avrupa Birliği'nin Genişleme Sürecinde Türkiye Sigortacılık Sektöründe Hayat Dışı Şirketlerin Verimliliklerinin Değerlendirilmesi", <http://murat.atan.info/academic/bulletin/19.pdf>, S. E. T. 21.08.2007, s. 2.

⁴⁹ Yaylalı; a.g.e., ss. 488-489.

Pareto optimumuna eriştiğinde değişim ve üretimdeki hiçbir yeni düzenleme bir kimseyi, diğerini daha kötü konuma getirmeden, daha iyi duruma getirmemektedir⁵⁰.

Farrell, 1957 yılında etkinlik için makro bir yaklaşım yerine etkinlik ve verimliliği mikro düzeyde değerlendiren yeni bir tanım sunmuştur. Etkinlik ölçümü için ekonomik anlamda ortalama performans değerlerine dayanan regresyon doğrusu yerine parçalı doğrusal bir üretim sınırının belirlenmesi gerektiğini savunmuştur. Etkinlik ölçütünün etkinsiz gözlemlerden üretim sınırına doğru yayılan ışınlar şeklinde daralma ya da genişlemeler üzerine kurulduğunu, üretim sınırının verilerin en kötümser parçalı doğrusal zarflaması ile belirleneceğini ve bu sınırın da iki duruma indirgenmiş (eğimin pozitif olmaması ve sınır ile orjin arasında hiçbir gözlemin yer almaması) bir doğrusal eşitlikle çözülebileceği yönündeki görüşleri klâsik etkinlik ve verimlilik yaklaşımlarından kopuşa neden olmuştur⁵¹.

Farrell, karar verme birimlerinin genel etkinliğinin iki bileşenin çarpımına eşit olduğunu ileri sürmektedir⁵². Yani,

Ekonomik Etkinlik = Teknik Etkinlik x Tahsis Etkinliği'dir.

1.7. Teknik Etkinlik, Tahsis Etkinliği ve Ölçek Etkinliği

Ekonomik karar alma birimleri olan firmaların amaçlarına en düşük maliyetle gerçekleştirmeleri rasyonellik ilkesinin bir gereğidir. Firmaların genel ekonomik başarısını ölçmek için birbirleriyle ilişkili bir dizi etkinlik kavramı geliştirilmiştir. Bir firmanın minimum maliyet düzeyinde üretim yapmadaki başarısına maliyet etkinliği adı verilmektedir. Farrell maliyet etkinliğini ya da ekonomik etkinliği, teknik etkinlik ve tahsis etkinliği olmak üzere ikiye ayırmıştır⁵³.

Firmaların elinde bulundurduğu girdi bileşimini en uygun biçimde kullanarak en çok çıktıyı üretmedeki başarısına teknik etkinlik; girdi fiyatlarını göz önünde

⁵⁰ Yaylalı; a.g.e., ss. 488-489.

⁵¹ Finn R. Forsund ve Nikias Sarafoğlu; "On the Origins of Data Envelopment Analysis", Memorandum No: 24, **Department of Economics University of Oslo**, 2000, s. 5.

⁵² M. J. Farrell; "The Measurement of Productive Efficiency", **Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General)**, Vol: 120, No: 3, 1957, s. 254.

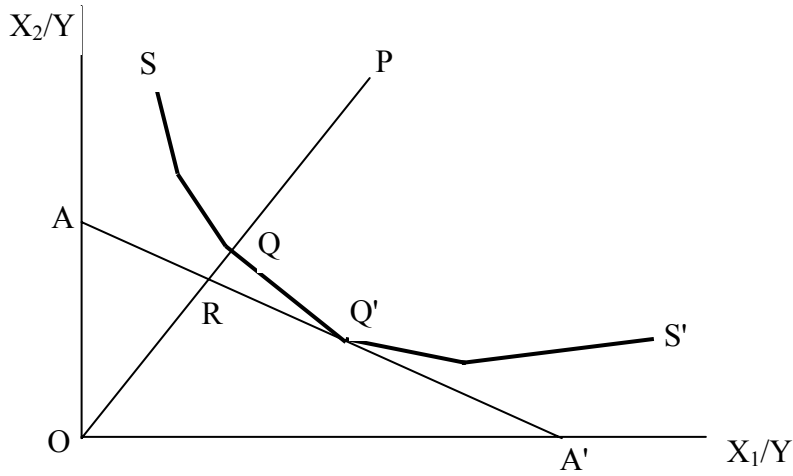
⁵³ J. K. Sengupta; "Farrell-type Efficiency Under Demand and Price Fluctuations", **Applied Economics Letters**, 1999a, s. 505.

bulundurarak en uygun girdi bileşimini seçmedeki başarısına ise tahsis etkinliği adı verilmektedir⁵⁴.

Teknik ve tahsis etkinliğini, iki girdinin kullanılarak bir çıktının elde edildiği basit bir üretim modelinde şu şekilde ifade etmek mümkündür.

Şekil 8’de, iki farklı girdi (X_1 , X_2) kullanılarak tek bir çıktı (Y) üreten firmaların bulunduğu ve ölçeğe göre sabit getiri varsayımının geçerli olduğu bir durum gösterilmektedir. Dikey ekseninde bir birim çıktı üretebilmek için kullanılması gereken X_2 miktarı, yatay ekseninde ise yine bir birim çıktı elde edebilmek için kullanılması gereken X_1 miktarının yer almakta ve etkin sınırın (SS') şeklinde belirlendiği varsayılmaktadır. P noktası herhangi bir firmanın bir birim çıktı elde edebilmek için bulunduğu üretim noktasını göstermektedir. P noktası, etkin sınırın yukarısında yer aldığı için bu firma etkin değildir⁵⁵.

Şekil 8. Teknik ve Tahsis Etkinliği



Kaynak: Timothy James Coelli; “A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program”, **Center for Efficiency and Productive Analysis Working Paper**, No.8, 1996, s. 4.

Firmanın etkin çalışabilmesi için çıktı miktarını azaltmadan girdi miktarını Q noktasına kadar azaltması gerekmektedir. Buna göre, girdilerde meydana gelecek

⁵⁴ J. K. Sengupta; “A Dynamic Efficiency Model Using Data Envelopment Analysis”, **International Journal of Production Economics**, 62, 1999b, s. 209.

⁵⁵ Timothy James Coelli; “A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program”, **Center for Efficiency and Productive Analysis Working Paper**, No.8, 1996, ss. 3-4.

azalma oranı QP/OP kadardır. Bu karar değişkeninin teknik etkinliği 1 numaralı eşitlikte ifade edildiği şekildedir⁵⁶:

$$TE = \frac{OQ}{OP} \quad (1)$$

Teknik etkinlik değeri 0 ile 1 arasında değerler alabilmektedir. 1 değerini alması halinde firma, tam teknik etkinliğe sahiptir. 0 değeri alması halinde ise firma teknik etkinsizdir. Q noktasında üretim faaliyetinde bulunan bir firma teknik olarak etkindir çünkü firma etkin sınırın üzerinde yer almaktadır. Ancak firma Q noktasında tahsis etkinliğine sahip olamamaktadır.

P noktasında faaliyet gösteren bir firma için tahsis etkinliği ise 2 numaralı eşitlikte ifade edildiği gibidir.

$$AE = \frac{OR}{OQ} \quad (2)$$

Buna göre RQ uzaklığı firmanın teknik olarak etkin ancak tahsis etkinliğine sahip olmayan Q noktasında üretim yapmak yerine hem teknik hem de tahsis etkinliğine sahip Q' noktasında üretim yapması durumunda, maliyetlerinde meydana gelecek azalma oranını ifade etmektedir. Bu iki etkinlik kavramının çarpımı, toplam ekonomik etkinlik (EE) olarak ifade edilmektedir. Toplam ekonomik etkinlik ise 3 numaralı eşitlikte ifade edildiği gibidir.

$$EE = \frac{OR}{OP} = \frac{OQ}{OP} \times \frac{OR}{OQ} = TE \times AE \quad (3)$$

Firma veya endüstrinin performansını ölçmek için kullanılan kriterlerden bir diğeri ise ölçek etkinliğidir. Ölçek etkinliği, en verimli ölçek büyüklüğüne olan yakınlık olarak ifade edilmektedir⁵⁷.

Bir üretim sürecinde, üretimde kullanılan bütün üretim faktörleri birlikte ve aynı oranda değiştirildiği takdirde üretim miktarındaki değişme aynı yönde ve aynı oranda oluyor ise, üretim fonksiyonu ölçeğe göre sabit getiri göstermektedir. Bir üretim sürecinde, üretimde kullanılan bütün üretim faktörleri birlikte ve aynı oranda değiştirildiği takdirde üretim miktarındaki değişme oranı daha fazla oranda oluyor ise,

⁵⁶ Coelli; a.g.e., s. 4.

⁵⁷ Timothy James Coelli, D. S. Prasada Rao, Christopher J. O'Donnell ve George E. Battese; **An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis**, Kluwer Publication, Second Edition, Boston, 1998, s. 59.

Üretim fonksiyonu ölçeğe göre artan getiri göstermektedir. Bir retim sürecinde, üretimde kullanılan bütün üretim faktörleri birlikte ve aynı oranda değiştirildiği takdirde üretim miktarındaki değişme oranı daha az oranda oluyor ise, üretim fonksiyonu ölçeğe göre azalan getiri gstermektedir⁵⁸.

Üretim sınırında ölçeğe göre artan, ölçeğe göre azalan ve ölçeğe göre sabit getiri aralıklarının birlikte bulunacağının kabul, ölçeğe göre değişken getiri kavramı olarak tanımlanmaktadır⁵⁹.

⁵⁸ Yaylalı; a.g.e., ss. 185-186.

⁵⁹ Yasemin Keskin Benli; **İstanbul Menkul Kıymetler Borsası İmalat Sanayi İçin Etkinlik ve Toplam Faktör Verimliliği Analizi**, Ankara, Seçkin Yayıncılık, 2006, s. 11.

İKİNCİ BÖLÜM

2. TOPLAM FAKTÖR VERİMLİLİĞİ ÖLÇME YAKLAŞIMLARI

Literatürde toplam faktör verimliliğinin tanımlanması ve ölçülmesi ile ilgili olarak çok farklı yaklaşımlar ile karşılaşılmaktadır. Bu durum bir taraftan verimliliğin hangi düzeyde ölçüldüğüne, bir taraftan ölçme amacına ve buna bağlı olarak girdi ve çıktı tanımlarına, bir taraftan da elde hazır olabilen veri tabanına dayalı olarak ayrışmaktadır. Toplam faktör verimliliği ölçme yaklaşımları başlangıçta mali ve mali olmayan yaklaşımlar olarak sınıflandırılabilmektedir. Bu sınıflandırmaya göre mali yaklaşımlarda toplam faktör verimliliği, mali olarak tanımlanan girdi ve çıktılarla hesaplanırken, mali olmayan yaklaşımlarda toplam faktör verimliliğinin mali olarak tanımlanan girdi ve çıktılarla hesaplanması gerekmemektedir⁶⁰.

2.1. Toplam Faktör Verimliliği Ölçümüne Mali Yaklaşımlar

Mali temelli verimlilik analizlerinde toplam faktör verimliliği ölçümü, mali çıktılarla ilişkilendirilmektedir. Grifell, Tatje ve Lovell⁶¹ 1999 yılında, “işletme” ve “ekonomik” olmak üzere iki mali yaklaşım tanımlamışlardır. İşletme yaklaşımı üzerine Kurosawa⁶², Eldor ve Sudit⁶³, Miller⁶⁴, Miller ve Rao⁶⁵, Banker vd.⁶⁶, çalışmalarında iki dönem arasında kârdaki değişim 3 bileşene ayrılmıştır. Bunlar: toplam faktör verimliliği etkisi, fiyat kurtarma etkisi (çıktı ve girdi fiyatlarındaki değişmeyi yansıtan) ve bir faaliyet etkisi (firmanın operasyonlarının büyüklüğündeki değişimleri yansıtan)’dır. İşletme yaklaşımı konusundaki diğer çalışmalar, bu üç yönlü ayrıştırmanın çeşitli varyasyonlarıdır. Bu yaklaşım içerisindeki bazı modeller, kârdaki değişimi incelemede, indeks sayıları kullanmaktadır. Ancak kârdaki değişimi incelemede kullanılan indeksler, üretim teknolojisi üzerine kısıtlayıcı bazı varsayımlara

⁶⁰ Deniz Büyükkılıç ve İlknur Yavuz; **İmalat Sanayinde Toplam Faktör Verimliliği: Teknik Değişim, Teknik Etkinlik (1994-2001)**, MPM Yayınları No: 685, Ankara, 2005, s. 17.

⁶¹ E. Grifell-Tatje ve C. A. Knox Lovell; “Profits and Productivity”, **Management Science**, Vol: 45, No: 9, 1999, ss. 1177-1193.

⁶² K. Kurosawa; “An Aggregate Index for The Analysis of Productivity and Profitability”, **Omega** 3, 1975, No.2, ss. 157-168.

⁶³ D. Eldor ve E. Sudit; “Productivity-Based Financial Net Income Analysis”, **Omega** 9, 1981, No.6, ss. 605-611.

⁶⁴ D. M. Miller; “Profitability = Productivity + Price Recovery”, **Harvard Business Review**, 62, 1984, No.3, ss. 145-163.

⁶⁵ D. M. Miller ve P. M. Rao; “Analysis of Profit-Linked Total Factor Productivity Measurement Models at The Firm Level”, **Management Science**, 35, 1989, No.6, ss. 757-767.

⁶⁶ R. D. Banker, S. M. Datar ve R. S. Kaplan; “Productivity Measurement and Management Accounting”, **Journal of Accounting, Auditing & Finance**, No.4, 1989, ss. 528-554.

dayanmaktadır. Kârdaki değişimi ayrıştırmaya olanak veren ekonomik yaklaşım ise, toplam faktör verimliliği ölçüsünde teknik etkinsizliğin belirlenmesine ve faaliyetin etkisinin ayrıştırılmasına izin vermektedir. Grifell, Tatje ve Lovell 1999 yılında yaptıkları çalışmada, üç evreli kâr ayrıştırma modeli önermişlerdir⁶⁷. Birinci evrede, kârdaki değişim fiyat ve miktar etkilerine ayrılmaktadır. Miktar etkisi, ikinci evrede, verimlilik ve faaliyet etkisine ayırmakta ve son evrede verimlilik etkisi, üretim teknolojisi ve teknik etkinlik bileşenlerine ayrıştırılmaktadır. Faaliyet etkisi ise ürün karışımı, kaynak karışımı ve ölçek etkilerine ayırmaktadır. Grifell, Tatje ve Lovell kullandıkları modelde kârdaki değişimi ayrıştırmak için bir Malmquist verimlilik indeksini kullanmışlardır⁶⁸.

2.2. Toplam Faktör Verimliliği Ölçümüne Mali Olmayan Yaklaşımlar

Grosskopf 1993 yılında yaptığı çalışmada, toplam faktör verimliliğin ölçümüne mali olmayan teknikleri öncelikle sınır yaklaşımları olan ve olmayan olarak iki gruba ayrıştırmaktadır. Bu sınıflamada kullanılan parametrik modeller ekonometrik üretim modelleri, parametrik olmayan yöntemler ise deterministik modeller olarak bilinmektedir⁶⁹.

Toplam faktör verimliliği ölçümüne mali olmayan yaklaşımlar, Tablo 1’de sunulmaktadır.

⁶⁷ Büyükkılıç ve Yavuz; a.g.e., s. 17.

⁶⁸ Büyükkılıç ve Yavuz; a.g.e., s. 17.

⁶⁹ Shawna Grosskopf; **Efficiency and Productivity**, in H.O. Fried, C.A.K. Lovell & S.S. Schmidt (eds), *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*, Oxford University Press, New York, 1993, s. 161.

Tablo 1. Toplam Faktör Verimliliği Ölçümüne Mali Olmayan Yaklaşımların Sınıflandırılması

	Sınır Yaklaşımı Olmayan Yöntemler	Sınır Yaklaşımına Dayalı Yöntemler
Ekonometrik Üretim Modelleri (Parametrik Modeller)	▪ Diewert (1973) ▪ Christensen, Jorgenson ve Lau (1973) Üretim ve maliyet fonksiyonlarının en küçük kareler yöntemi ile ekonometrik tahmini	▪ Aigner, Lovell ve Schmidt (1977) ▪ Meeusen, Van den Broeck (1977) Malmquist toplam faktör verimlilik indeksi, uzaklıklar parametrik yöntemlerle belirlendiğinde üretim sınırlarının ekonometrik tahmini (Stokastik Sınır)
Deterministik Modeller (Nonparametrik Modeller)	▪ Paasche ▪ Laspeyres ▪ Fisher ▪ Tornqvist ▪ Toplam faktör verimliliği indeksleri (1976, 1992, 2003)	▪ Malmquist İndeksi: Caves, Christensen ve Diewert (1982) ▪ Veri Zarflama Analizi: Farrell(1957), Charnes, Cooper, Rhodes (1978), Lovell (1993) Malmquist TFV İndeksi, uzaklıklar parametrik olmayan yöntemlerle belirlendiğinde matematiksel programlama modelleri ile tahmin edilir.

Kaynak: Deniz Büyükkılıç ve İlknur Yavuz; **İmalat Sanayinde Toplam Faktör Verimliliği: Teknik Değişim, Teknik Etkinlik (1994-2001)**, MPM Yayınları No: 685, Ankara, 2005, s. 18.

Ekonometrik teknikler, üretim fonksiyonunun tam olarak belirlenmesini ve verimlilik değişimi ile üretim fonksiyonunun parametreleri arasında doğrudan bir ilişkiyi gerektirmektedir. Bu teknikler, üretim fonksiyonundaki girdiler ve çıktılar arasındaki ilişkilerin tam olarak belirlenemediğini varsayar. Bu nedenle ekonometrik teknikler, verimlilik değişimlerinin tahmininde ölçme hatasını açıklama üstünlüğüne sahiptirler. Ancak bu tekniklerde, yanlış bir üretim fonksiyonu tahmin etme ve sonuçta yanlış hata açıklama riski de bulunmaktadır. Deterministik yöntemler, üretim fonksiyonunun tam bir tanımını ve dolayısıyla da parametre tahminlerini gerektirmezler. Bu teknikler girdiler ve çıktılar arasında deterministik bir ilişki olduğunu varsaymaktadırlar. Bu sebeple deterministik tekniklerin ölçme hatalarına daha duyarlı olduğu söylenebilir. Bu teknikler fonksiyon temelli indeks sayıları ve matematiksel programlama yöntemleri olarak iki grupta ele alınabilmektedir. Laspeyres ve Fisher gibi temel indekslerde, hesaplama kolaylığı bulunmaktadır. Verimliliği

ölçmede temel matematiksel programlama yöntemi, veri zarflama analizi ve malmquist indeksidir. Matematiksel programlama yöntemleri verimlilik değişimlerini, teknik etkinlik ve teknolojik değişim olarak kaynaklarına ayrıştırabilmektedir⁷⁰.

2.3. Toplam Faktör Verimliliği ve İndeksler

İndeks sayı yöntemleri, herhangi bir ülkenin verimliliğini tahmin etmek için başlıca yöntemler olarak kullanılmıştır⁷¹.

2.3.1. Paasche, Laspeyres ve Fisher miktar ve fiyat indeksleri

Paasche⁷², Laspeyres⁷³ ve Fisher⁷⁴ fiyat ve miktar indekslerinin tanımlanması ve hesaplanması Tablo 2’de verilmektedir⁷⁵:

Tablo 2. Toplam Faktör Verimliliği ve İndeksler

İndeksler	FİYAT İNDEKSİ		MİKTAR İNDEKSİ	
	Sembol	Formül	Sembol	Formül
Laspeyres	P_t^L	$\sum_i w_{i,t-1} \left(\frac{p_{it}}{p_{i,t-1}} \right)$	Q_t^L	$\sum_i w_{i,t-1} \left(\frac{q_{it}}{q_{i,t-1}} \right), q_{i,t-1} > 0$
Paasche	P_t^P	$\left[\sum_i w_{it} \left(\frac{p_{i,t-1}}{p_{it}} \right) \right]^{-1}$	Q_t^P	$\left[\sum_i w_{it} \left(\frac{q_{i,t-1}}{q_{it}} \right) \right]^{-1}, q_{it} > 0$
Fisher	P_t^F	$[P_t^L \cdot P_t^P]^{1/2}$	Q_t^F	$[Q_t^L \cdot Q_t^P]^{1/2}$

Kaynak: Nicholas Oulton, “Index Numbers: A Users’ Guide”, Centre for Economic Performance. London School of Economics, 2006, http://www.banquefrance.fr/gb/fondatio/telechar/oulton_papier_seminaire.pdf, L.A.D. 15.08.2007, s. 28.

⁷⁰ Büyükkılıç ve Yavuz; a.g.e, s. 19.

⁷¹ Erwin Diewert ve Alice Nakamura; “The Measurement of Aggregate Total Factor Productivity Growth”, <http://www.econ.ubc.ca/discpapers/dp0205.pdf>, L.A.D. 12.08.2007, 2002, s. 1.

⁷² H. Paasche; “Über Die Preisentwicklung der Letzten Jahre, nach den Hamburge Borsennotierungen”, **Jahrbücher für Nationalökonornie und Statistik**, 23, 1874, ss. 168-178.

⁷³ E. Laspeyres; “Die Berechnung Einer Mittleren Waaren Preissteigerung”, **Jahrbücher für Nationalökonornie und Statistik**, 16, 1871, ss. 296-314.

⁷⁴ Irving Fisher; **The Making of Index Numbers**. Boston and New York, Houfton Mifflin Company, 1922.

⁷⁵ Nicholas Oulton, “Index Numbers: A Users’ Guide”, Centre for Economic Performance. London School of Economics, 2006, http://www.banquefrance.fr/gb/fondatio/telechar/oulton_papier_seminaire.pdf, L.A.D. 15.08.2007, s. 28.

Bir fiyat indeksi, eğer çarpım kuralı sağlanıyor ise, tam olarak miktar indeksine karşılık gelmektedir. Çarpım kuralı, miktar ve fiyat indeksinin çarpımının girdi indeksleri için toplam maliyet oranına ya da çıktı indeksleri için toplam gelir oranına eşit olmasını gerektirir. Genellikle bir fiyat indeksi onunla ilgili olan miktar indeksi ile aynı fonksiyonel biçimde değildir. Örneğin Paasche fiyat indeksi, Laspeyres miktar indeksinin tam karşılığı iken Laspeyres fiyat indeksi ise Paasche miktar indeksinin tam karşılığıdır. Oysa Fisher'in fiyat indeksi çarpım kuralını ancak Fisher'in miktar indeksi ile eşleştirildiğinde sağlamaktadır⁷⁶.

Toplam faktör verimliliği değişiminin geleneksel tanımı, çıktı miktar indeksinin girdi miktar indeksine oranı olarak tanımlanmaktadır⁷⁷. Şu halde;

$$TFVD = Q/Q^* \text{ 'dir.}$$

Paasche, Laspeyres ve Fisher toplam faktör verimliliği değişim indeksleri, Paasche, Laspeyres ve Fisher miktar indeksleri kullanılarak da tanımlanabilmektedir⁷⁸.

2.3.2. Törnqvist indeksleri (translong indeksler)

Törnqvist indeksleri, toplam girdi indekslerine satın alınan ara girdileri, sermaye ve işgücü gibi genel olarak tanımlanan indeksleri birleştirmek için kullanılmaktadır. Aynı zamanda bu indeksler her bir girdi tipi için toplam indekslere sermaye, işgücü ya da ara girdilerin özel tipleri gibi detaylı olarak birleştirilmiş girdiler için uygun bir biçimde kullanılmaktadır⁷⁹.

Törnqvist çıktı miktar indeksini aşağıdaki gibi göstermek mümkündür⁸⁰.

$$\ln Q_T = 1/2 \sum_{m=1}^M \left[\left(p_m^s y_m^s / \sum_{i=1}^M p_i^s y_i^s \right) + \left(p_m^t y_m^t / \sum_{j=1}^M p_j^t y_j^t \right) \right] \ln(y_m^t / y_m^s)$$

⁷⁶ Diewert ve Nakamura; 2002, a.g.e., s. 12.

⁷⁷ Fehim Bakırcı; **Üretimde Etkinlik ve Verimlilik Ölçümü Veri Zarflama Analizi Teori ve Uygulama**, Atlas Yayınları, Ankara, 2006, s. 63.

⁷⁸ Erwin Diewert ve Alice Nakamura; "Index Number Concepts, Measures and Decomposition of Productivity Growth", **Journal of Productivity Analysis**, Vol: 19, 2003, s. 132.

⁷⁹ Edwin R. Dean, Michael J. Harper ve Mark K. Sherwood; "Productivity Measurement with Changing-Weight Indexes of Outputs and Inputs", Discussion paper presented at the OECD Expert Workshop on Productivity: International Comparison and Measurement Issues, www.oecd.org/dataoecd/25/9/1825894.pdf, L.A.D. 16.08.2007, 1996, s. 185.

⁸⁰ Erwin Diewert ve Alice Nakamura; **Concepts and Measures of Productivity: An Introduction**, Services Industries and the Knowledge Based Economy, University of Calgary Press, 2005, s. 16.

Törnqvist girdi miktar indeksi de yukarıdaki eşitliğe benzer bir biçimde çıktı miktarları ve fiyatları yerine girdi miktarları ve fiyatları konularak tanımlanabilmektedir.

Törnqvist çıktı fiyat indeksini aşağıdaki gibi göstermek mümkündür.

$$\ln P_T = 1/2 \sum_{m=1}^M \left[\left(p_m^s y_m^s / \sum_{i=1}^M p_i^s y_i^s \right) + \left(p_m^t y_m^t / \sum_{j=1}^M p_j^t y_j^t \right) \right] \ln(p_m^t / p_m^s)$$

Törnqvist girdi fiyat indeksi de yukarıdaki eşitliğe benzer bir biçimde çıktı miktarları ve fiyatları yerine girdi miktarları ve fiyatları konularak tanımlanabilmektedir⁸¹.

2.3.3. Hicks-Moorsteen indeksleri

Hicks-Moorsteen verimlilik indeksi S^t ve S^{t+1} teknolojileri kullanılarak ele alınan girdi ve çıktı vektörleri (x^t, y^t) ve (x^{t+1}, y^{t+1}) ile temsil edilmektedir. t ve $t+1$ iki farklı dönemdeki tek bir firmayı veya aynı dönemde ve farklı teknolojiyi kullanan farklı firmaları temsil etmektedir. $HM(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1})$ ile tanımlanmış olan Hicks-Moorsteen indeksi aşağıdaki gibi ifade edilmektedir⁸²:

$$HM(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{Q_0^{t+1}(y^t, y^{t+1}, x^{t+1})}{Q_i^{t+1}(x^t, x^{t+1}, y^{t+1})}$$

Burada t ve $t+1$ zaman değişkenleri, x girdi, y ise çıktı vektörüdür.

2.4. Etkinsizliği İhmal Eden Toplam Faktör Verimliliği Yaklaşımları

Toplam faktör verimliliği ile, çıktı indeksinin bu çıktıyı üretmek üzere kullanılan toplam girdilerin indeksine oranı kastedilmektedir. Toplam faktör verimliliği büyümesi ile de bu oranın zaman içindeki değişimi ifade edilmektedir⁸³.

Bir t cari döneminde, $t+1$ baz döneminde üretilen çıktılar (y^t, y^{t+1}) ve girdiler (x^t, x^{t+1}) olsun. $x^t \in R_+^N$ girdilerini, $y^t \in R_+$ çıktı kümesine dönüştüren üretim kümesi şu şekilde yazılabilmektedir⁸⁴.

$$S^t = (x^t, y^t): x^t, y^t \text{yi üretebilir.}$$

⁸¹ Diewert ve Nakamura; 2005, a.g.e., s. 16.

⁸² Kök ve Deliktaş; a.g.e., s. 206.

⁸³ Büyükkılıç ve Yavuz; a.g.e, s. 31.

⁸⁴ Grosskopf; a.g.e., s. 162.

S^{t+1} kümesi benzer biçimde tanımlanabilir. Yani S kümeleri, verilen zamanda tüm olası girdi-çıkı çiftlerini tanımlamaktadır. Her t ve $t+1$ dönemi teknolojisi, bir üretim fonksiyonu ile tanımlanmaktadır⁸⁵.

$$y^t = \max(y^t: x^t, y^t) \in S^t$$

Girdilerden bağımsız Hicks-Neutral teknik değişim varsayımı ile t ve $t+1$ dönemlerindeki üretim fonksiyonları aşağıdaki gibi yazılabilmektedir⁸⁶.

$$y^t = A(t) f(x^t) \quad y^{t+1} = A(t+1) f(x^{t+1})$$

Bu eşitlikten hareketle t döneminde toplam faktör verimliliği, bu dönemde üretilen çıktının kullanılan tüm girdilere oranı olarak aşağıdaki biçimde tanımlanabilir.⁸⁷

$$TFV(t) = y^t / f(x^t) = A(t)$$

Bu eşitlik benzer şekilde $t+1$ dönemi içinde yazılabilir. TFV değişimi ise,

$$TFV(t+1) / TFV(t) = y^{t+1} / f(x^{t+1}) / y^t / f(x^t) = y^{t+1} / y^t / f(x^{t+1}) / f(x^t) = A(t+1) / A(t)$$

olarak elde edilebilir. Bu haliyle TFV, “toplulaştırıcı fonksiyonların” oranından yani indeks sayılarından oluşmaktadır.

Ayrıca eşitliği toplam faktör verimliliğindeki değişimin yüzdesi olarak şöyle tanımlamak da mümkündür⁸⁸.

$$\frac{A(t+1) - A(t)}{A(t)} = \frac{y^{t+1} - y^t}{y^t} - \frac{f(x^{t+1}) - f(x^t)}{f(x^t)}$$

Bu tanımlama şekil üzerinde $\frac{y^{t+1} - y^t}{y^t}$ çıktıdaki yüzde değişimden, girdideki yüzde değişimin çıkarılmasıdır. $t+1$ ve t dönemlerindeki girdi kullanımı, y ekseninde uzaklık olarak tanımlandığında $\frac{y^t - y^t}{y^t}$ yüzde farkına karşılık gelmektedir. Buradan hareket ederek verimlilik değişimi $\frac{y^{t+1} - y^t}{y^t}$ ile verilen uzaklığa eşit olmaktadır. Bu tanımlama 1967 yılında Jorgenson ve Griliches tarafından yapılan aşağıdaki açıklamaya karşılık gelmektedir⁸⁹.

⁸⁵ Bakırcı; a.g.e., s. 67.

⁸⁶ Grosskopf; a.g.e., s. 162.

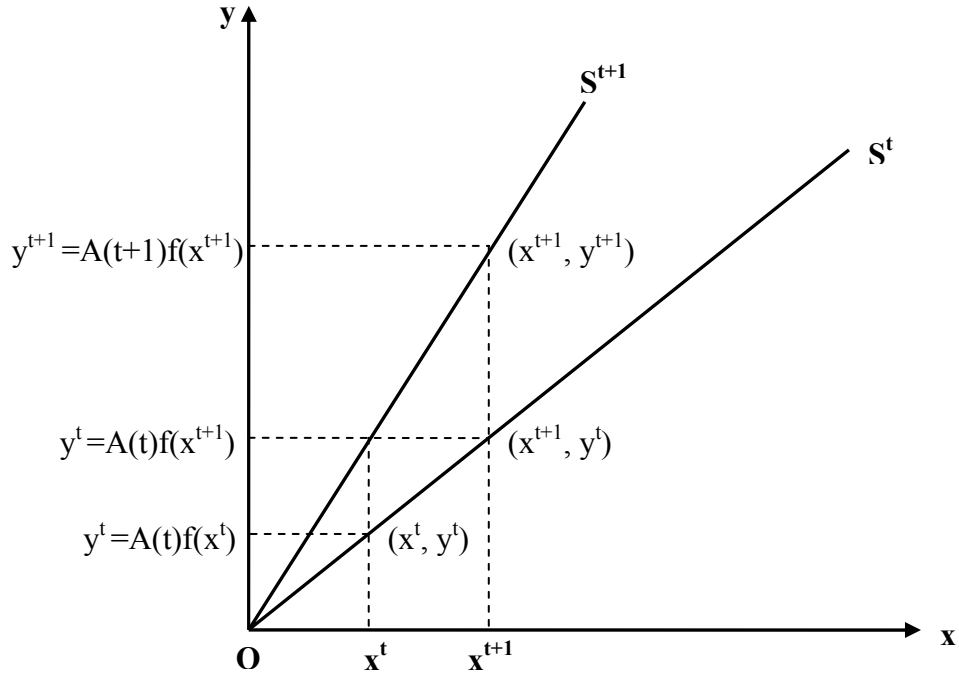
⁸⁷ Grosskopf; a.g.e., s. 163.

⁸⁸ Grosskopf; a.g.e., ss. 163-164.

⁸⁹ Grosskopf; a.g.e., s. 164.

Toplam faktör verimliliği değişim oranı, reel üretim artış oranı ile reel girdi artış oranı arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır⁹⁰.

Şekil 9. Teknik Etkinsizlik Olmadığında Verimlilik Değişimi



Kaynak: Shawna Grosskopf; **Efficiency and Productivity**, in H.O. Fried, C.A.K. Lovell & SS. Schmidt (eds), *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*, Oxford University Press, New York, 1993, s. 164.

t ve $t+1$ dönemlerinde girdi ve çıktı ikilisinin teknolojik sınır üzerinde değil de biraz altında olduğu durumlar da söz konusu olabilmektedir. Bu durumda her dönemde gözlenen çıktı ile maksimum potansiyel çıktı arasında bir uzaklık bulunmaktadır⁹¹.

$$y^t < A(t+1)f(x^t) \text{ ve } y^{t+1} < A(t+1)f(x^{t+1})$$

Bu uzaklığı dikkate almak için, her dönemde gözlenen çıktıyı sınıra ulaştırmak gerekmektedir. Yani teknik etkinsizliği düzeltmek gerekebilmektedir. Bunun için uygun bir araç, çıktı uzaklık fonksiyonunu kullanmaktır. 1970 yılında Shephard ve

⁹⁰ D. W. Jorgenson ve Z. Griliches; "The Explanation of Productivity Change", **Review of Economic Studies**, Vol: 34, No: 3, 1967, s. 249.

⁹¹ Büyükkılıç ve Yavuz; a.g.e, s. 34.

1988 yılında Fare'i izlenerek t dönemi için çıktı uzaklık fonksiyonu aşağıdaki biçimde yazılabilmektedir⁹².

$$D_0^t(x^t, y^t) \max\{\theta : (x^t, y^t / \theta) \in S^t\}$$

t +1 dönemine ait uzaklık fonksiyonu da bu eşitlik ile yazılabilmektedir. Uzaklık terimi ile y eksenini boyunca $D_0^t(x^t, y^t) = O_a / O_b$ olur. Maksimum potansiyel çıktı t döneminde gözlenen çıktıyı aştığı için $D_0^t(x^t, y^t) < 1$ 'dir. Gözlenen çıktı maksimum potansiyel çıktıya eşit ise o zaman uzaklık fonksiyonunun değeri bire eşit olmaktadır. Yani üretim faaliyeti teknik olarak etkin olmaktadır⁹³.

Uzaklık fonksiyonunu üretim fonksiyonu ile ilişkilendirmek için⁹⁴;

$$D_0^t(x^t, y^t) \max\{\theta : y^t / \theta \leq A(t)f(x^t)\} = \frac{y^t}{A(t)f(x^t)}$$

Benzer şekilde t +1 dönemi için;

$$D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{y^{t+1}}{A(t+1)f(x^{t+1})}$$

şeklindedir. Bu maksimum potansiyel çıktı t döneminde⁹⁵;

$$A(t)f(x^t) = \frac{y^t}{D_0^t(x^t, y^t)A(t)f(x^t)}$$

biçiminde yazılabilmektedir. t +1 dönemi için ise aşağıdaki gibi yazılabilmektedir.

$$A(t+1)f(x^{t+1}) = \frac{y^{t+1}}{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})A(t+1)f(x^{t+1})}$$

Maksimum çıktı-girdi tanımlaması ile devam edilecek olur ise eşitlik,

$$TFV(t) = \frac{y^t}{x^t} = A(t)D_0^t f(x^t, y^t)$$

Biçiminde toplam faktör verimliliğini yansıtmaktadır. Benzer şekilde t+1 dönemi için de toplam faktör verimliliği ifade edilebilir. Bu eşitliklerden yararlanılarak toplam faktör verimliliği değişimi aşağıdaki gibi yazılabilmektedir⁹⁶.

⁹² Grosskopf; a.g.e., s. 166.

⁹³ Bakırcı; a.g.e., s. 69.

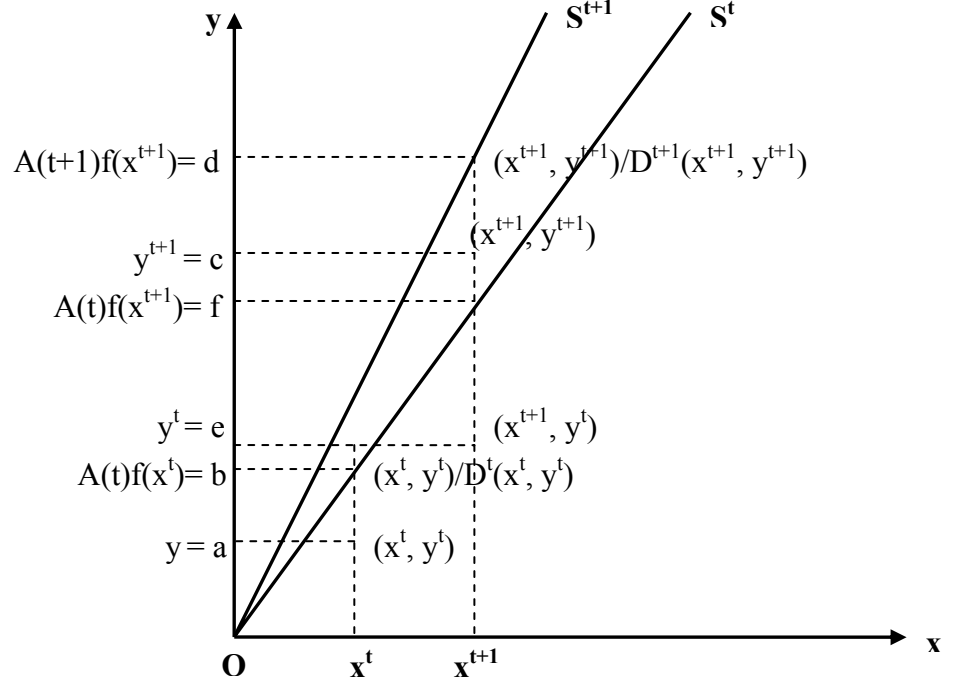
⁹⁴ Grosskopf; a.g.e., s. 166.

⁹⁵ Grosskopf; a.g.e., s. 167.

⁹⁶ Grosskopf; a.g.e., s. 167.

$$\frac{TFV(t+1)}{TFV(t)} = \frac{y^{t+1} / f(x^{t+1})}{y^t / f(x^t)} = \frac{A(t+1)D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{A(t)D_0^t(x^t, y^t)} = \frac{A(t+1)/A(t)}{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})/D_0^t(x^t, y^t)}$$

Şekil 10. Teknik Etkinsizlik Olduğunda Verimlilik Değişimi



Kaynak: Grosskopf, a.g.e., s. 165.

Şekil 10'da, $A(t+1)/A(t)$ iki dönemin teknoloji doğrularının eğimindeki değişimi ifade etmektedir. Bu bir "sınır" yorumu vermektedir. Çünkü teknolojiyi tanımlayan eğim, çıktının uzaklık fonksiyonu ile olabileceği sınır üzerindeki noktada yani, her dönemde etkinlik düzeltilmesinin yapıldığı çıktı düzeyinde belirlenmektedir. $A(t+1)/A(t)$ 'nin biri x^{t+1} ve diğeri ise x^t olmak üzere iki gözlem değeri bulunmaktadır. Ölçeğe göre sabit getiri ve Hicks-Neutral teknolojik değişme varsayımları altında bunlar özdeştir. Ancak diğer koşullar altında bunlar değişebilmektedir. Uzaklık fonksiyonlarının birbirlerine oranının farklı bir yorumu bulunmaktadır. Y eksenindeki uzaklık terimleri ile $D_0^t(x^t, y^t) = a/b$ ve $D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}) = c/d$ 'dir. Bu iki uzaklık fonksiyonunun oranı çıktının t ile t+1 dönemleri arasında teknoloji sınırından uzaklığının değişimini yani zaman içinde oluşan teknik değişimi vermektedir⁹⁷.

⁹⁷ Grosskopf, a.g.e., ss. 167-168.

Şekil 10’da verimlilik değişimi y eksenı üzerindeki uzaklıklara ve yüzde olarak da $[(Oc-Oe)/Oe]$ ’dir. Bu eşitlik çıktıda gözlenen değışiklikten $[(Oc-Oa)/Oa]$, girdi kullanımındaki değışimin $[(Oe-Oa)/Oa]$ çıkarılması ile elde edilen eşilikle aynıdır. O_e , $t+1$ dönemindeki mevcut teknoloji ve x^t girdileri ile üretilebilen y^t çıktı miktarını göstermektedir. 1982 yılında Nishimizu ve Page⁹⁸ bu toplam faktör verimliliğı değışim ölçüsünü, teknik değışim $[(Od-Of)/Of]$ ve etkinlik değışimi $[(Of-Oe)/Oe - (Od-Oc)/Oc]$ olarak ayırıştırmışlardır⁹⁹.

Verimlilik ölçümüne geleneksel yaklaşımlar genellikle gözlenen çıktının en iyi gözlem olduğunu veya çıktı sınırında olduğunu varsaymaktadır. Dolayısıyla gözlenen çıktının her dönemde Farrell¹⁰⁰’in açıkladığı anlamda teknik etkin olduğu varsayılmaktadır. Bu yaklaşımlar Diewert¹⁰¹ tarafından iyi bir biçimde özetlenmiştir. Toplam faktör verimliliğı ölçümünde geleneksel yaklaşımlara alternatif niteliğı taşıyan sınır kullanmayan yaklaşımlar ise yine Diewert¹⁰²’in makalesinde detaylı bir biçimde izlenebilmektedir. Morrison ve Diewert¹⁰³ ise üretim faktörlerinin değışmezliğini, kapasite kullanımını ve aksak rekabeti de içerecek sınır kullanmayan yaklaşımları güncellemişlerdir. Bu yaklaşımlar etkinsizliğı dikkate almayan ve nonparametrik yaklaşımlar olarak da bilinmektedir¹⁰⁴.

Aşağıda bu yaklaşımların genel hatları kısaca bahsedilmektedir.

2.5. Etkinsizliğı İhmal Eden Nonparametrik Toplam Faktör Verimliliğı Ölçme Yaklaşımları

Bu yaklaşımlar içerisinde yaygın bir biçimde kullanılan ve verimliliğı ölçmenin kavramsal temellerini özetleyen, verimlilik artışını sağlayan kaynakların ayırıştırılması yaklaşımını geliştiren Solow¹⁰⁵ modelidir¹⁰⁶.

⁹⁸ M. Nishimizu ve J. M. Page; "Total Factor Productivity Growth, Technological Progress and Technical Efficiency Change: Dimensions of Productivity Change in Yugoslavia 1965-1978", **Economic Journal**, Vol: 92, No: 368, 1982, ss. 920-936.

⁹⁹ Grosskopf; a.g.e., s. 168.

¹⁰⁰ Farrell; a.g.e., ss. 253-281.

¹⁰¹ W. E. Diewert; "The Measurement of Productivity", Discussion Paper, No: 89-04, 1989, **Department of Economics**, University of British Columbia.

¹⁰² W. E. Diewert; "Capital and The Theory of Productivity", **American Economic Review**, 79(5), 1980, ss. 260-267.

¹⁰³ Morrison ve Diewert; "New Techniques in the Measurement of Multifactor Productivity", **Journal of Productivity Analysis**, I (4), 1990, ss. 276-286.

¹⁰⁴ Büyükkılıç ve Yavuz; a.g.e., s. 38.

¹⁰⁵ Robert M. Solow; "Technical Change and the Aggregate Production Function", **The Review of Economics and Statistics**, Vol: 39, No: 3, 1957, ss. 312-320.

¹⁰⁶ Bakırcı; a.g.e., s. 71.

Solow, teknik değişimi üretim fonksiyonundaki kaymanın yalın bir biçimi olarak tanımlamaktadır¹⁰⁷. $y^t \in \mathfrak{R}_+$, t dönemindeki çıktıyı, $y^t \in \mathfrak{R}_+^N$ ise t dönemindeki y^t çıktısını üretmek için kullanılan girdi vektörünü temsil ettiği varsayılmaktadır. Solow'u takiben Hicks yansız değişim ve teknik etkinsizliğin olmadığı varsayımı altında üretim fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılabilir¹⁰⁸.

$$y^t = A(t)f(x^t) \quad (1)$$

$A(t)$, zaman içinde üretim fonksiyonundaki kaymaları ölçer ve verimlilik ölçümlerinde amaçlardan birisi de $A(t)$ 'yi belirlemektir. $f(x^t)$, birinci dereceden homojen bir fonksiyondur ve girdiler marjinal ürün değerinden ödenmektedir, yani $\partial f / \partial x_n^t = w_n^t / p^t$ 'dir. w ve p sırası ile t döneminde girdi ve çıktı fiyatlarıdır. Bu son varsayım, üreticilerin kârını maksimize edebileceğini göstermektedir. Yani teknik etkinsizlik ve kaynak dağılım etkinsizliği bulunmamaktadır¹⁰⁹.

Yukarıda gösterilen üretim fonksiyonunun zamana göre türevi alınıp y^t 'ye bölünür ise aşağıdaki eşitlik elde edilmektedir¹¹⁰.

$$\frac{\hat{y}}{y} = \frac{\hat{A}}{A} + \sum_{n=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_n^t} \right) \left[\frac{x_n}{f(x^t)} \right] \left(\frac{\hat{x}_n}{x_n} \right) = \frac{\hat{A}}{A} + \sum_{n=1}^N S_n \left(\frac{\hat{x}_n}{x_n} \right) \quad (2)$$

Bu eşitlikte noktalar zaman türevlerini ifade etmektedir. Bu eşitlik,

$$S_n = \left(\frac{\partial y}{\partial x_n} \right) \left(\frac{x_n}{y} \right) = \frac{w_n x_n}{p y} = \frac{w_n x_n}{\sum_{n=1}^N w_n x_n} \quad (3)$$

biçiminde yeniden yazılabilmektedir. 2 numaralı eşitlikten hareket ederek, girdilerdeki değişmeyi dikkate almayan ve verimliliği çıktıdaki ilave büyüme olarak tanımlayan büyüme kaynaklarının ayrıştırılması eşitliği elde edilebilmektedir¹¹¹.

$$\frac{\hat{A}}{A} = \frac{\hat{y}}{y} - \sum_{n=1}^N S_n \left(\frac{\hat{x}_n}{x_n} \right) \quad (4)$$

Solow, bu eşitliği hesaplamak için zamana göre türevlere kesikli değişkenlerle yaklaşabileceğini varsaymaktadır. Bu yolla verimlilik artışı nonparametrik bir indeks

¹⁰⁷ Solow; a.g.e., s. 312.

¹⁰⁸ Grosskopf; a.g.e., s. 170.

¹⁰⁹ Grosskopf; a.g.e., ss. 170-171.

¹¹⁰ Grosskopf; a.g.e., s. 171.

¹¹¹ Bakırcı; a.g.e., s. 72.

yardımı ile belirlenmiş olmaktadır. Ancak toplam faktör verimliliği değişimini gözlenen çıktı ve kullanılan girdi değişiminin arttığı olarak hesaplamak, etkinsizlik durumunda yanlış bir davranış sergilemektedir. Bu durumda araştırmacılara, fiyat bilgilerini gerektirmeyen Malmquist indeksi gibi toplam ve alternatif verimlilik ölçümlerinde gölge fiyatları kullanmaları önerilmektedir¹¹².

2.6. Etkinsizliği İhmal Eden Ekonometrik Yaklaşımlar

Solow yaklaşımında nonparametrik bir tahmin yöntemiyle basit bir verimlilik büyümesi hesaplamıştır. Bu eşitlik aynı zamanda diğer nonparametrik verimlilik indekslerine de eşittir. Hesaplama kolaylığına ilaveten bazı maliyetlerin ortaya çıkmasına neden olan bu yaklaşımda, verimlilik büyüme artışının ölçümünde bir sapmaya rastlanmaktadır. Bu yaklaşımlarda etkin üretimden ne kadar uzaklaşıldığının yanında, örnekleme ya da ölçme hatasının dikkate alınmaması da sonuçlarda bir sapmaya neden olmaktadır. Bu durumda alternatif bir yaklaşım, üretim fonksiyonunu $t=1,2,\dots,T$ için parametrik olarak tahmin etmektir¹¹³.

$$y^t = f(x^t, t) + \varepsilon$$

Tahmin edilen parametreler daha sonra, örneğin $\partial \ln f(x^t, t) / \partial t$ ile teknik değişimi bulmak için kullanılmaktadır. Teknik etkinsizlik olmadığı bilindiğinde bu eşitlik toplam faktör verimliliği değişimine eşit olmaktadır. Ayrıca tahmin edilen parametreler, girdilerin marjinal ürününü tahmin etmek için de kullanılabilir. Sonuçta tahmin edilen marjinal ürünler ile girdi ve çıktı miktar verileri, örnek olarak bir Törnqvist indeksi hesaplamak için de kullanılabilir¹¹⁴.

2.7. Verimlilik Ölçümünde Sınır Yaklaşımlar

Bu bölümde verimlilik ölçümünde parametrik ve nonparametrik sınır yaklaşımlarından kısa bir biçimde bahsedilecektir.

¹¹² Grosskopf, a.g.e., ss. 171-173.

¹¹³ Grosskopf, a.g.e., s. 173.

¹¹⁴ Grosskopf, a.g.e., s. 173.

2.7.1. Nonparametrik sınır yaklaşımları

Bu yöntem ağırlıklı olarak Fare, Grosskopf, Lingren ve Roos tarafından geliştirilmiş Malmquist tipi toplam faktör verimliliği indeksine dayanmaktadır¹¹⁵. Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi ileride kapsamlı bir biçimde ele alınacağından dolayı burada yeniden ele alınmayacaktır.

2.7.2. Parametrik sınır yaklaşımları

Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi hesaplamaları için gereken uzaklık fonksiyonu ölçüleri parametrik bir teknoloji yardımı ile de elde edilebilmektedir. Sınır üretim fonksiyonlarının tahmini ve bu yolla üretimin etkinliğini ölçmek için kullanılmakta olan ekonometrik yöntem, stokastik sınır üretim fonksiyonu tekniği olarak bilinmektedir. Veri zarflama analizi yaklaşımı etkinsizliği sadece üretim sınırından uzaklık olarak hesaplamakta ve deterministik bir teknik olduğu için bir hata terimi içermemektedir¹¹⁶.

Bu yaklaşım panel veriler ile en iyi verimlilik ölçme yaklaşımıdır. Özellikle, özel bir firma veya özel bir döneme ait verimliliği etkileyen unsurları belirlemede en elverişli yaklaşımlardan birisidir¹¹⁷.

2.8. Verimlilik Ölçüm Yaklaşımlarının Karşılaştırılması

Tablo 3’de verimlilik ölçme yaklaşımlarının özellikleri sıralanmıştır.

Tablo 3’deki EKK; Ekonometrik Üretim Modelleri’ni, TFV; Toplam Faktör Verimliliği Ölçme İndeksleri’ni, VZA; Veri Zarflama Analizi’ni, SSY; Stokastik Sınır Yöntemi’ni ifade etmektedir.

¹¹⁵ Grosskopf, a.g.e., s. 175.

¹¹⁶ Büyükkılıç ve Yavuz; a.g.e., s. 49.

¹¹⁷ Grosskopf, a.g.e., s. 189.

Tablo 3. Verimlilik Ölçüm Yaklaşımlarının Karşılaştırılması

Özellik	EKK	TFV	VZA	SSY
Parametrik olma	Evet	Hayır	Hayır	Evet
Gürültüyü açıklama	Evet	Hayır	Hayır	Evet
Neyi ölçmek için kullanılabilir?				
Teknik Etkinlik	Hayır	Hayır	Evet	Evet
Tahsis Etkinliği	Evet	Hayır	Evet	Evet
Teknik Değişim	Evet	Hayır	Evet	Evet
Ölçek ekonomileri	Evet	Hayır	Evet	Evet
Toplam faktör verimliliği değişimi	Evet	Evet	Evet	Evet
Kullanılan veri				
Yatay kesit	Evet	Evet	Evet	Evet
Zaman serisi	Evet	Evet	Hayır	Hayır
Panel veri	Evet	Evet	Evet	Evet
Hangi veriler gerekmektedir				
Girdi miktarları	Evet	Evet	Evet	Evet
Çıktı miktarları	Evet	Evet	Evet	Evet
Girdi fiyatları	Hayır	Evet	Hayır	Hayır
Çıktı fiyatları	Hayır	Evet	Hayır	Hayır

Kaynak: Coelli vd.; a.g.e., s. 312.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. ETKİNLİK ÖLÇME YÖNTEMLERİ

Etkinlik ölçümü, mevcut rekabet ortamı içinde firmanın nerede olduğunun belirlenmesine olanak sağlamakta ve eldeki girdilerden ne denli iyi bir biçimde çıktı üretebileceğini göstermektedir¹¹⁸.

Etkinlik ölçme yöntemleri, rasyo analizi ve sınır etkinliği analizi olmak üzere iki grupta değerlendirilebilmektedir. Sınır etkinliği analizi ise parametrik ve nonparametrik yöntemler olmak üzere iki grupta ele alınmaktadır¹¹⁹.

Bu yöntemlerin her birinin kendine özgü avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Aşağıda bu yöntemlerin mantığı, avantaj ve dezavantajları kısaca ele alınmaktadır.

3.1. Rasyo (Oran) Analizi

Etkinlik ölçümünde rasyo analizi, yaygın kullanılan verimlilik ölçme yöntemidir. Bu yöntem bir tek girdi ile bir tek çıktının birbirleriyle oranlanması sonucu oluşan bir rasyonun zaman içinde izlenmesi şeklinde ifade edilmektedir¹²⁰.

Oran analizinde ölçek olarak oran ölçeği kullanılmaktadır. Oran ölçeğinde başlangıç noktası sabit olmakla beraber, ölçek üzerindeki noktalar birbirinin katı olarak ifade edilebilmektedir. Bu sebeple bu ölçekle ölçülmüş verilere tüm matematiksel işlemler uygulanabilmektedir. Ağırlık, uzunluk, miktar, fert sayısı, v.s. belirten değişkenler oran ölçeğinde ifade edilebilir¹²¹.

Bu yöntemin uygulanması ve yorumlanmasındaki kolaylığın etkisi ile yaygın bir şekilde kullanılmasına karşın önemli bir dezavantajı bulunmaktadır. Özellikle bankacılık sistemi gibi çok sayıda girdi ve çıktı içeren karar birimlerinde bir tek rasyoya bakarak karar vermek ve bankanın veya şubenin verimliliğini ortaya koymak mümkün olmamaktadır. Böylece bu sakıncanın giderilmesi için genellikle birden fazla sayıda rasyo aynı anda incelenmektedir. Fakat bu durumda da incelenen rasyoların anlamlı bir

¹¹⁸ Yolalan; a.g.e., s. 6.

¹¹⁹ Keskin Benli; a.g.e., s. 15.

¹²⁰ Alpan İnan; "Banka Etkinliğinin Ölçülmesi ve Düşük Enflasyon Sürecinde Bankacılıkta Etkinlik", **Bankacılık Dergisi**, Sayı: 34, 2000, s. 83.

¹²¹ Mahmut Kartal; **Bilimsel Araştırmalarda Hipotez Testleri (Parametrik ve Nonparametrik Teknikler)**, 2. Baskı, Erzurum, Şafak Yayınevi, 1998, s. 18.

grup haline getirilememesinden dolayı birarada değerlendirilip yorumlanamaması gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır¹²².

Tek girdinin tek çıktıya oranı olarak tanımlanan oran analizi yaklaşımında her bir oran, performans ile ilgili boyutlardan sadece bir tanesini göz önüne almakta ve diğer boyutları göz ardı etmektedir. Örneğin; finansal analizlerde kullanılan oranlar, o faaliyet dönemi içindeki olayların yorumunu, yalnızca ilgili orana konu olan kalemler bazında yapabilmektedir¹²³.

Oran analizi yaklaşımında ortaya çıkan dezavantajları ortadan kaldırabilmek için elde edilen oransal değerleri,

- Genel kabul görmüş oranlar ile,
- Aynı endüstri kolundaki benzer firmaların oranları ile ve
- Firmaların geçmiş faaliyet dönemlerine ait oranlar ile anlamlı hale getirmek ve yorumlamak gerekmektedir¹²⁴.

Genel performans ölçümünde birçok yetersizlikleri olmasına karşılık oran analizi, tek girdili ve tek çıktılı durumlar için, basitliği ve sadeliği de göz önüne alındığı takdirde, en uygun değerlendirme yöntemi olarak görülebilir. Ancak bu uygunluğun, etkinliği optimize etmeden ziyade, bir istatistiksel gösterge olduğu gözden kaçırılmamalıdır. Çünkü oran analizindeki oranlama, göreceli de olsa en iyiye göre değil, var olan değerlerin birbirlerine bölünmesi ile elde edilmektedir. Bu ise, bir performans iyileştirilmesi işlemi değil yalnızca bir durum tespittir¹²⁵.

3.2. Sınır Etkinliği Analizi

Sınır etkinliği yaklaşımında, ilk olarak en etkin sınır belirlenmektedir. Üretim plânlarının seçimi ve uygulanmasındaki hatalar ve belirsizlikler nedeni ile etkin sınırdan uzaklaşmalar, X etkinsizliği olarak adlandırılmaktadır¹²⁶.

Etkinliğin sınır analizi ile ölçümünde parametrik ve nonparametrik iki yöntem kullanılmaktadır.

¹²² Nazım Ekren ve Fatih Emiral; “Türk Bankacılık Sisteminde Etkinlik Analizi (Veri Zarflama Analizi Uygulaması)”, **Active Bankacılık ve Finans Dergisi**, Sayı: 24, 2002, s. 2.

¹²³ Gülcü vd.; a.g.e., s. 92.

¹²⁴ Öztin Akgüç; **Mali Tablolar Analizi**, İstanbul, 1981, s. 279.

¹²⁵ Gülcü vd.; a.g.e., s. 93.

¹²⁶ Daniel Stavarek; “Banking Efficiency in Visegrad Countries Before Joining the European Union”, **European Review of Economics and Finance**, Volume: 3, Number: 3, 2003, s. 10.

3.2.1. Parametrik yöntemler

Parametrik yöntemlerde genel olarak bir gözlem kümesi bulunmaktadır. Bu küme içinde en iyi performansın regresyon çizgisi (etkinlik sınırı) üzerinde olduğu varsayılarak, bu çizgiden sapma göstermeyen gözlemler etkin; bu gözleme göre başarısız olan diğer gözlemler de etkinsiz olarak tanımlanmaktadır. Hiçbir gözlemin tam olarak uyuşmadığı bir etkinlik sınırı her zaman mümkündür. Başarısızlıktan kastın aynı çıktı düzeyinde yüksek maliyet veya aynı girdi düzeyinde düşük çıktı olduğu ve gözlemlenen üretim birimlerinin homojen olduğunun varsayıldığı unutulmamalıdır. Ayrıca yöntem her zaman bir rassal hatanın olacağını da varsaymaktadır. Tam etkin olan gözlemler doğal olarak hatanın sıfır olduğu gözlemlerdir. Dolayısıyla bir gözlemin etkinsiz olduğuna ancak ölçüm hatalarının giderilmesinden sonra karar verilebilmektedir¹²⁷.

Parametrik yöntemlerde, etkinlik ölçümü gerçekleştirilecek olan endüstri dalına ilişkin üretim fonksiyonunun analitik bir yapıya sahip olduğu varsayımı yapılmakta ve bu fonksiyonun parametrelerinin belirlenmesine çalışılmaktadır. Performansla ilgili yazında çok yaygın bir şekilde kullanılan “Cobb-Douglas” tipi üretim fonksiyonuna ilişkin parametrelerin belirlenmesi, bu tür yöntemlere örnek olarak gösterilebilir. Parametrik yöntemlerle performans ölçümünde, genel olarak regresyon teknikleri ile tahmin yapılırken, üretim fonksiyonu yaklaşımında çoğunlukla, bir tek çıktı birçok girdi ile ilişkilendirilerek tanımlanmaktadır¹²⁸.

Parametrik etkinlik ölçüm yöntemlerinin en yaygın olarak bilineni olan regresyon analizi, aralarında neden sonuç ilişkisi olduğu bilinen, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin nedensel yapısını belirlemeye yönelik bir yöntemdir¹²⁹.

Regresyon analizinde bağımsız (açıklayan) değişken ile bağımlı (açıklanan) değişken arasındaki nedensel ilişkinin, kuramsal olarak var olması ve değişkenler arasındaki ilişkinin fonksiyonel yapısının bilinmesi gerekmektedir. Fonksiyonel yapıyı öğrenmek için de, değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren nokta grafiklerinden yararlanılmaktadır¹³⁰.

¹²⁷ Ekren ve Emiral; a.g.e., s. 3.

¹²⁸ Yolalan; a.g.e., s. 5.

¹²⁹ William L. Hays; **Statistics for the Social Sciences**, Holt, Rinehart and Winston, Inc., Newyork, 1973, s. 676.

¹³⁰ H. J. Loether ve D. G. MacTavish; **Descriptive and Inferential Statistics: An Introduction**, Second Edition, Allyn and Bacon, Inc., Boston, 1980, s. 336.

Regresyon analizi ile performans değerlendirmesi regresyon doğrusuna göre yapılmaktadır. Regresyon doğrusunun üzerinde kalan karar birimleri göreceli olarak verimli, altında kalan karar birimleri ise verimsiz olarak değerlendirilmektedir. Göreceli teknik verimlilik, regresyon çıktılarından olan artıklarla yansıtılmaktadır. Pozitif artıklar verimliliği, negatif artıklar ise verimsiz karar birimlerini tanımlamaktadır¹³¹.

Parametrik yöntemler, rassal hataya izin verdiğinden diğer yöntemlere göre daha avantajlıdır. Bunun nedeni, ölçüm hatalarının daha başarılı bir şekilde ayıklanmasına olanak sağlamasıdır. Parametrik yöntemlerdeki en büyük zorluk, rassal hata ve etkinsizliğin nasıl ayırt edileceği hususudur. Parametrik yöntemler, bu ayrımı yapmak için kullandıkları dağılım varsayımlarıyla birbirlerinden ayrılmaktadırlar¹³².

İkiden fazla değişkenle değerlendirme yapabilme bakımından oran analizine göre daha kapsamlı ve daha gerçekçi olan regresyon tekniğiyle ölçüm yapmanın da temelde üç sakıncası bulunmaktadır¹³³. Birincisi, bir tek eşitlik denklemine dayanan bir fonksiyonu kullanan birden çok bağımsız (girdi) değişkene karşılık ancak bir bağımlı (ıktı) değişkenin analizi yapılabilmektedir. İkincisi, regresyon analizi en iyi performansa göre verimlilik analizi yerine ortalama performansa göre göreceli performansı ölçmektedir. Bu ise, en iyi karar birimlerine göre iyileştirmeye olanak tanınamakta ve hatta onları da ortalamaya çekme gibi bir sonuca götürmektedir. Bu da performans iyileştirme değil, en iyi performansı ortalama performans olarak kabul etmek anlamına gelmektedir. Üçüncüsü ise, regresyon analizi, bir eşitlikte bulunan çıktılarla girdilerin nasıl ilişkilendirildiğine ilişkin parametrik bir üretim fonksiyonunun tanımlanmasını gerektirmekte ve verimsiz birimleri tanımlayamamaktadır. Özellikle yapısal üretim fonksiyonunun tanımlanmasının güç olduğu örgütlerde regresyon analizi performans ölçümünde oldukça yetersiz kalmaktadır.

Parametrik yöntemler; stokastik sınır yaklaşımı, serbest dağılım yaklaşımı ve kalın sınır yaklaşımı olmak üzere üç farklı yaklaşıma ayrılmaktadır¹³⁴. Aşağıda kısaca bu yaklaşımlara değinilmektedir.

¹³¹ H. David Sherman; "Hospital Efficiency Measurement and Evaluation: Empirical Test of New Technique", **Medical Care**, 1984, s. 925.

¹³² Mine Kılıı; **Toplam Etkinlik ve Veri Zarflama Analizi zerine Karşılaştırmalı Yaklaşımlar ve Bir Uygulama**, Ankara Gazi Üniversitesi Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, 2004, s. 14.

¹³³ Glc vd.; a.g.e., s. 94.

¹³⁴ Allen Berger ve David B. Humphrey; "Efficiency of Financial Institutions: International Survey and Directions for Future Research", **European Journal of Operational Research**, Vol: 98, 1997, s. 177.

3.2.1.1. Stokastik sınır yaklaşımı

Ekonometrik yaklaşım olarak da bilinen stokastik sınır yaklaşımı, maliyet, kâr ve üretim gibi açıklanan değişkenlerle; girdi, çıktı ve çevresel faktörler gibi açıklayıcı değişkenler arasında işlevsel bir ilişki kurmakta ve hata terimine modelde yer vermektedir. Bu teknikte, yukarıda sözü edilen rassal hata ve etkinsiz gözlemin birbirlerinden ayrılması gerekmektedir. Herhangi bir gözlemin en iyi durumdan sapmasının ne kadarının rassal hata, ne kadarının da etkinsiz gözlem olduğu anlaşılmadan modelin sonuçlarının güvenilir olmayacağı açıktır. Bu iki unsurun, genellikle farklı dağılımlara sahip olduğu varsayılmaktadırlar. Rassal hatanın standart normal, etkinsiz gözlemlerin ise asimetrik dağıldığı varsayılmaktadır¹³⁵.

Yönteme dönük belli başlı eleştiriler de dağılım varsayımları ile ilgilidir. Etkinsiz gözlemlerin normal dağılıma yakın bir dağılım gösterdiği (Bauer, Hancock 1993) , (Berger 1993), (Berger, De Young 1997) ya da rassal hatanın normal dağılım göstermediğini (Greene, 1990) bulgulayan çok sayıda çalışma bulunmaktadır¹³⁶.

3.2.1.2. Serbest dağılım yaklaşımı

Bu yaklaşım, belirli bazı kısıtlar altında hata terimlerinin ve onların bileşenlerinin herhangi bir dağılıma sahip olabileceğini varsaymaktadır. Ancak panel dataların varlığı koşuluyla kullanılabilen bu yaklaşım, her firmanın uzun dönemde verimliliğinin sabit, en azından istikrarlı olduğunu ve ölçüm hatalarının da yine uzun vadede sifıra yakınsandığını varsaymaktadır. Bu varsayımlar etkinsiz gözlemlerin pozitif olmaları şartıyla geçerli olmaktadır¹³⁷.

3.2.1.3. Kalın sınır yaklaşımı

Kalın sınır yaklaşımı, stokastik sınır yaklaşımı ve serbest dağılım yaklaşımlarından özellikle dağılım üzerine yaptığı varsayımlarla farklılaşmaktadır. Stokastik sınır yaklaşımı ve serbest dağılım yaklaşımlarının gözlemlenen değerlerle varsayılan değerler arasındaki farkı oluşturan etkinsiz gözlem ve rassal hata unsurlarının dağılımlarına ilişkin varsayımları iki yaklaşım arasındaki temel farkı oluşturmaktadır. Buna karşılık kalın sınır yaklaşımında bu iki unsurun beklenen dağılımlarına ilişkin

¹³⁵ Berger ve Humphrey; a.g.e., s. 178.

¹³⁶ İnan; a.g.e., s. 84.

¹³⁷ Ekren ve Emiral; a.g.e., ss. 3-4.

herhangi bir varsayım bulunmamaktadır. Sadece gözlemlenen ve beklenen değerler arasındaki farkların en büyük ve en küçük değerlerinin rassal hatayı, geri kalan değerlerin ise etkinsiz gözlemleri oluşturduğu varsayılmaktadır¹³⁸.

Şu halde kalın sınır yaklaşımı, bir tek üretim biriminin etkinliğinin tahmini için uygun olmayan bir yöntem durumuna gelmektedir. Buna karşın kalın sınır yaklaşımı, genel etkinlik düzeyinin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Kalın sınır yaklaşımında en yüksek ve en düşük değerlerin rassal hata sayılarak ayıklanması, aslında stokastik sınır yaklaşımı ve serbest dağılım yaklaşımlarındaki kısaltma işlemine benzemektedir¹³⁹.

Burada açıklanan üç yaklaşımdan hangisinin diğerlerinden daha iyi ve daha elverişli olduğuna dair verimlilik literatüründe herhangi bir fikir birliği olmadığı görülmektedir. Aksine, bu üç yaklaşımın ortak noktalarına yöneltilen eleştiriler söz konusudur. Bu eleştirileri iki ana başlık altında toplamak mümkündür¹⁴⁰.

1- Bu yaklaşımlar, maliyet, kâr ve üretim gibi açıklanan değişkenlerle; girdi, çıktı ve çevresel faktörler gibi açıklayıcı değişkenler arasında işlevsel bir ilişki kurduğu için, bu ilişkinin oluşmasını mümkün kılacak bazı davranışsal varsayımlarda bulunmaktadır. Eğer bu varsayımlar yanlış ise, açıktır ki modelin bulguları tartışmalı hale gelecektir.

2- Kalın sınır yaklaşımı, stokastik sınır yaklaşımı ve serbest dağılım yaklaşımlarında birden fazla açıklayıcı değişken kullanılabilmekle beraber, ancak bir tane açıklanan değişken kullanmak mümkündür. Dolayısıyla birden fazla çıktının olduğu, hatta çıktının ne olduğu konusunda bile uzlaşmanın olmadığı bir sektörde, bu yöntemler nispeten kullanışsız hale gelmektedir.

3.2.2. Nonparametrik yöntemler

Etkinlik ölçümünde kullanılan nonparametrik ölçüm yaklaşımının dikkate değer üç önemli özelliği bulunmaktadır¹⁴¹. Birinci ve belkide en önemli özelliği son derece esnek bir yaklaşım olmasıdır. Dolayısıyla etkinlik ölçümlerinin girdi, çıktı ve grafik etkinlik ölçümü olarak ayrıştırılmasında ve bu ölçümlerin hesaplanmasında kullanılabilmektedir. İkincisi, bu yaklaşımla oluşturulan parametrik olmayan lineer

¹³⁸ Berger ve Humphrey; a.g.e., ss. 178-179.

¹³⁹ İnan; a.g.e., s. 84.

¹⁴⁰ İnan; a.g.e., ss. 84-85.

¹⁴¹ Rolf Fare, Shawna Grosskopf ve C. A. Knox Lovell; **The Measurement of Efficiency of Production**, Boston, Kluwer-Nijhoff Publishing, 1985, s. 193.

teknoloji tüm verileri ve birbiriyle ilişkili düzenleyici koşulları içeren bir yapıya sahiptir. Bu nedenle bu yaklaşımla hesaplanan etkinlik değerleri gerçek etkinlik değerlerinin üst sınırını oluşturmaktadır. Üçüncüsü ise bu yaklaşımda, veriler deterministik teknoloji ile zarflandığı sürece teknoloji düzeyinden sapan tüm gözlemler için etkin olmama sonucunu doğurmaktadır.

Nonparametrik yöntemler doğrusal programlama kökenli teknikler kullanarak etkinlik sınırına olan uzaklığı ölçmeye çalışmaktadır. Bu yöntemler, parametrik yöntemlerde olduğu gibi üretim biriminin yapısı ile ilgili davranışsal varsayımlara girmek durumunda olmadıkları için, göreceli olarak daha avantajlıdır. Ayrıca, söz konusu yöntemlerin birden fazla açıklayıcı ve açıklanan değişken kullanabilme gibi bir üstünlükleri de bulunmaktadır. Buna karşın bir rassal hata terimi içermedikleri için, veri ve ölçüm hataları, tesadüfî ya da diğer nedenlerle oluşan hataları modele aktarır ve etkinlik sınırını yanlış tespit edebilir¹⁴².

Nonparametrik ölçüm teknikleri, girdiye veya çıktıya yönelik etkinlik ölçümü şeklinde iki gruba ayrılabilir. Girdiye yönelik ölçüm teknikleri, herhangi bir çıktı düzeyi için etkin olmayan karar birimlerinin girdilerini ne derece azaltması gerektiğini araştırmaktadır. Çıktıya yönelik etkinlik ölçütleri ise herhangi bir girdi bileşimi için etkin olmayan karar birimlerinin etkin duruma getirilebilmesi amacıyla çıktıların ne kadar artırılabilirliği üzerinde durmaktadır¹⁴³.

Parametrik yöntemlere bir alternatif olarak ortaya çıkan nonparametrik yöntemler, genel olarak matematiksel programlamayı çözüm tekniği olarak benimsemişlerdir. Bu tür yöntemler, üretim fonksiyonunun ardında herhangi bir analitik formun varlığını öngörmemektedir. Bu özelliklerinden dolayı parametrik yöntemlere göre daha esneklerdir. Ayrıca birçok girdili ve birçok çıktılı üretim ortamlarında performans ölçümü için oldukça uygun bir yapıya sahip olmaktadır¹⁴⁴.

Nonparametrik yöntemlerden en yaygın olarak kullanılanları, 1978 yılında Charnes vd.¹⁴⁵ tarafından geliştirilen veri zarflama analizi yöntemi ve 1984 yılında

¹⁴² Berger ve Humphrey; a.g.e., s. 186.

¹⁴³ Kılıç; a.g.e., s. 18.

¹⁴⁴ Yolalan; a.g.e., s. 5.

¹⁴⁵ A. Charnes, W. W. Cooper ve E. Rhodes; "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", **European Journal of Operational Research**, II, 1978, ss. 429-444.

Deprins vd.¹⁴⁶ tarafından geliştirilen serbest atılabilir zarflama yöntemidir. Bu yöntemler aşağıda kısaca ele alınmaktadır.

3.2.2.1. Veri zarflama analizi yöntemi

Veri zarflama analizi, ürettikleri mal ya da hizmet açısından birbirine benzer ekonomik karar birimlerinin göreceli etkinliklerinin ölçülmesi amacıyla geliştirilmiş olan nonparametrik bir etkinlik ölçme yöntemidir¹⁴⁷.

Nonparametrik yöntemler içinde sık kullanılan yöntemlerden biri veri zarflama analizi yöntemidir. Farrell'in 1957 yılındaki tek girdi tek çıktı teknik etkinlik ölçümü, Charnes vd. tarafından 1978 yılında çoklu girdi, çoklu çıktı göreceli etkinlik ölçümü olarak genişletilerek, veri zarflama analizi olarak literatüre girmiştir. Bu yöntemde, temel varsayım tüm karar verme birimlerinin benzer stratejik hedeflere yönelmeleridir¹⁴⁸.

Veri zarflama analizi yönteminin parametrik yöntemlere olan üstünlükleri kısaca şöyle sıralanabilir¹⁴⁹.

- Veri zarflama analizi yönteminde çok sayıda girdi ve çıktı kullanmak mümkündür.
- Parametrik yöntemlerde olduğu gibi, girdi ve çıktı arasında bir fonksiyonel ilişki kurgulamak zorunlu değildir (Gerçek hayatta, böyle bir ilişkiyi, üstelik tek çıktıya bağlı kalarak kurgulamak oldukça sorunlu gözükmemektedir ve bu ilişki yanlış kurulursa bütün model bundan etkilenecektir).
- Aynı nitelikte (homojen) olan birimleri kendi aralarında kıyaslamak mümkündür.
- Girdi ve çıktılar çok farklı birim değerleri ile ifade edilebilir (Fiziksel üretim, parasal büyüklük, hatta rasyolar cinsinden).
- Veri zarflama analizi, çoklu girdilere ve çoklu çıktılara eş zamanda uygulanabilmektedir¹⁵⁰.

¹⁴⁶ D. Deprins, L. Simar ve H. Tulkens; "Measuring Labor Efficiency in Post Offices." in M. Marchand, P. Pestieau and H. Tulkens (eds.), **The Performance of Public Enterprises: Normative, Positive and Empirical Issues**, Amsterdam, North Holland, 1984, ss. 243-267.

¹⁴⁷ A. Boussofiane, R. Dyson ve E. Rhodes; "Applied Data Envelopment Analysis", **European Journal of Operational Research**, II, No: 6, 1991, ss. 1-15.

¹⁴⁸ Richard Metters, Frances Frei ve Vicente Vargas; "Measurement of Multiple Sites in Service Firms With Data Envelopment Analysis", **Production and Operations Management**, Vol: 8,(3), 1999, s. 266.

¹⁴⁹ Ekren ve Emiral; a.g.e., s. 5.

¹⁵⁰ Kalirajan ve Shand; a.g.e, s. 167.

Bu avantajlarının yanında veri zarflama analizi yönteminin bazı sakıncaları da vardır. Bu sakıncalar da şöyle sıralanabilir¹⁵¹.

- Veri zarflama analizi değişken seçimine ve veri hatalarına oldukça duyarlıdır¹⁵². Veri zarflama analizi yönteminde rassal hataya yer olmadığı için, ölçme yöntemleri ve verilerdeki gürültü (noise) ayıklanamaz ve bu nedenle verilerle ilgili problemler sonuçlara önemli oranda yansır.
- Veri zarflama analizi yöntemiyle yapılan en sorunsuz araştırmada dahi bulunan verimlilik rakamları görelidir. Mutlak bir verimlilik ölçütü yoktur. Bu nedenle veri setinin kapsayıcılığı özel bir önem kazanmaktadır.
- Veri zarflama analizi, nonparametrik bir teknik olduğu için istatistikî hipotez testleri için çok uygun değildir. Dolayısıyla modelin sonuçlarını test etmek parametrik yöntemlere göre daha sıkıntılıdır.

3.2.2.2. Serbest atılabilir zarf yöntemi

Veri zarflama analizinin özel bir hali olarak geliştirilen ve daha çok finans ve bankacılık alanında kullanılan serbest atılabilir zarf yöntemi de nonparametrik yöntemler arasında gösterilmektedir. Konvekslik koşulunun geçerli olduğu durumlarda veri zarflama analizi, serbest atılabilir zarf yönteminden daha etkin tahmin etme yetkisine sahip olan bir tekniktir. Çünkü serbest atılabilir zarf yöntemi, üretim imkânları setini konveks olma varsayımı ile sınırlandırmaktadır¹⁵³.

3.3. Etkinlik Ölçme Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Her yöntemin birbirine göre üstün ya da zayıf yönleri bulunmaktadır. Burada önemli olan nokta ne ölçülmek isteniyorsa ona ilişkin en uygun sonucu verecek modelin belirlenmesidir. Yine modelin nasıl kullanılacağına bilinmesi ve sonuçların yorumlanması da önem arz etmektedir. Modelin gerektirdiği verileri doğru olarak

¹⁵¹ Ekren ve Emiral; a.g.e., s. 5.

¹⁵² Kalirajan ve Shand; a.g.e., s. 167.

¹⁵³ Philip Molyneux and ve Munawar Iqbal, "Draft Chapter of a Book in Preperation Thirty Years of Islamic Banking: History, Performance and Prospects", 2004, <http://www.sbp.org.pk/departments/ibd/BankingEfficiency.pdf>, L.A.D. 20.06.2007, s. 8.

saptayabilmek ve kısıtlarını tanımlamak gibi tüm ön hazırlıklar modelin sonuçlarının sağlıklı olmasını etkileyecektir¹⁵⁴.

Tablo 4’de etkinlik ölçme yöntemlerinin karşılaştırılması verilmektedir.

Tablo 4. Etkinlik Ölçme Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Karşılaştırma Ölçütleri	Yöntem Sınıfı		
	Oran Analizi	Parametrelili Yöntemler	Parametresiz Yöntemler
Çözüm Tekniği	Oranlamalar	Regresyon	Matematiksel Programlama
İçerik	Tek Girdi/Tek Çıktı (Tek Boyutlu)	Çok Girdi/Tek Çıktı (Tek Boyutlu)	Çok Girdi/Çok Çıktı (Çok Boyutlu)
Ön Hazırlık	Basit	Basit (Ölçümü yapılacak birim analitik forma uygun olmalı)	Detaylı (Kullanılacak girdi ve çıktılara bağlı)
Uygulama	Kolay	Kolay	Kolay (Detaylı)
Etkinlik Ölçümüne Uygunluk	Kısıtlı	Kısıtlı	Geniş

Kaynak: F. Buket Besen; **Performans Yönetim Sistemi ve Veri Zarflama Analizi’nin Sağlık Sektöründe Uygulanması**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1994, s. 78.

¹⁵⁴ F. Buket Besen; **Performans Yönetim Sistemi ve Veri Zarflama Analizi’nin Sağlık Sektöründe Uygulanması**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1994, s. 77.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

4.1. Kavramsal Çerçeve

VZA, ilk olarak Charnes, Cooper ve Rhodes¹⁵⁵ tarafından 1978 yılında benzer mal veya hizmet üreten ekonomik karar birimlerinin göreceli etkinliklerinin ölçülmesi amacı ile geliştirilmiş doğrusal programlama esaslı bir yöntemdir¹⁵⁶. Yöntem, klasik regresyon tekniğinin doğrudan uygulanamadığı çoklu girdi ve çoklu çıktılar için üretim ilişkilerinde performans karşılaştırmalarında kullanılmaktadır¹⁵⁷.

Veri zarflama analizi, hem ölçeğe göre sabit getiri hem de ölçeğe göre değişen getiri varsayımı altında kullanılabilir. Yine, bu yöntem hem veri girdi ile en fazla çıktıyı elde etme ve hem de veri çıktıyı en az girdi ile elde etme yaklaşımlarına göre etkinlik ölçümü yapmaktadır. Bu yaklaşımlardan veri çıktıyı en az girdi kullanımı ile elde etme yaklaşımı, veri üretim miktarlarını azaltmaksızın üretimde kullanılan girdi miktarlarının oransal olarak ne kadar azaltılabileceğini belirlemeye çalışmaktadır. Öte yandan, veri girdi ile en fazla çıktıyı elde etme yaklaşımı ise veri girdi setini değiştirmeksizin üretim miktarlarının oransal olarak ne kadar artırılabilceği üzerinde durmaktadır. Ancak, ölçeğe göre sabit getiri olduğunda her iki ölçüm aynı sonuçları vermektedir¹⁵⁸.

VZA, girdi ve çıktıların fiziki miktarlarının yanında fiyat verilerinin de mevcut olduğu ekonomik birimlerin genel ekonomik başarısını, teknik etkinlik, ölçek etkinliği ve tahsis etkinliği gibi bileşenlerine ayırarak belirlenmesine ve potansiyel iyileştirme alanlarının tespitine imkân vermektedir. Birden fazla girdi ve çıktıya sahip firmaların performansını tek değer olarak özetlemesi VZA'nın en önemli özelliklerinden biridir. Çözümleme sırasında etkin üretim sınırında faaliyet gösteren hipotetik birimi oluşturan birimler, etkinliği ölçülen birim için potansiyel mukayese etme birimleri olarak düşünülebilmektedir¹⁵⁹.

¹⁵⁵ Charnes vd.; a.g.e., ss. 429-444.

¹⁵⁶ Rajid D. Banker; "Estimation of Returns to Scale Using Data Envelopment Analysis", **European Journal of Operational Research**, Vol: 62, 1992, s. 74.

¹⁵⁷ İlknur Yavuz; **Sağlık Sektöründe Etkinlik Ölçümü (Veri Zarflama Analizine Dayalı Bir Uygulama)**, MPM Yayınları, No: 654, Ankara, 2001, s. 15.

¹⁵⁸ Coelli vd.; a.g.e., s. 142.

¹⁵⁹ Hüseyin Aktaş; "İşletme Performansının Ölçülmesinde Veri Zarflama Analizi Yaklaşımı, Yönetim ve Ekonomi", **Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Yönetim ve Ekonomi Dergisi**, Cilt: 7, Sayı:1, 2001, s. 174.

Malmquist toplam faktör verimliliği indeksinin hesaplanmasında gerekli olan uzaklık fonksiyonlarını tahmin etmek için yaygınca kullanılan metodlardan biri Veri Zarflama Analizidir¹⁶⁰. VZA, matematiksel doğrusal programlama problemini kullanan nonparametrik bir metottur. VZA, veri merkezine en iyi uyumu sağlayacak regresyon düzlemi yerine, üretim teknolojisi üzerine herhangi bir sınırlama koymaksızın gözlemlenen uç verileri kavrayacak doğrusal kısmi bir yüzeyin veya en iyi üretim sınırının oluşturulmasını hedefleyen bir metodolojidir¹⁶¹.

VZA, benzer (homojen) karar verme ünitelerinin göreceli etkinliğini ölçmeye yarayan çok faktörlü verimlilik ölçüm modelidir. Çok girdi ve çok çıktı faktörlü bir etkinlik skoru şöyle tanımlanmaktadır¹⁶²:

$$\text{Etkinlik} = \text{Ağırlıklandırılmış Toplam Çıktılar} / \text{Ağırlıklandırılmış Toplam Girdiler}$$

VZA yaklaşımı, referans grupların bütün birimlerine dayanarak kuramsal etkinlik sınırı oluşturmada doğrusal programlamadan faydalanmaktadır. Kuramsal birime ait çıktı, referans grubundaki bütün çıktıların ağırlıklı ortalamaları yardımıyla hesaplanmaktadır. Kuramsal birime ait girdi ise yine bütün referans grubundaki girdilerin ağırlıklı ortalamaları ile belirlenmektedir. Doğrusal programlama modelindeki kısıtlar; kuramsal birim çıktılarının, incelenen birim çıktılarından büyük veya eşit olmasını gerektirmektedir. Kuramsal birimin girdilerinin incelenen birimden daha düşük olması, kuramsal birimin aynı veya daha fazla çıktıyı daha düşük girdi kullanarak elde ettiğini göstermektedir. Bu durumda; kuramsal birimin, incelenen birimden daha verimli olduğu yorumu yapılabilir. Bir başka deyişle ele alınan birim kuramsal birime göre daha düşük verimliliğe sahiptir. Kuramsal birim, referans grup içindeki bütün birimleri kapsadığından, incelen karar biriminin, referans grubuna göre daha düşük verimliliğe sahip olduğu anlaşılmaktadır¹⁶³.

VZA yönteminin en önemli avantajlarından biri girdiler ve çıktılar arasındaki üretim ilişkisinin fonksiyonel formu üzerinde sınırlamalara yer vermemesidir. Dahası, VZA, çoklu girdilere ve çoklu çıktılara aynı zamanda (eş anlı) uygulanabilmektedir.

¹⁶⁰ Carlos Arnade; “Using Data Envelopment Analysis to Measure International Agricultural Efficiency and Productivity”, **United States Department of Agriculture Technical Bulletin**, Number: 1831, 1994, s. 8.

¹⁶¹ Arnade; a.g.e., s. 8.

¹⁶² Srinivas Talluri; “Data Envelopment Analysis: Models and Extensions”, **Production/Operations Management Decision Line**, 2000, s. 8.

¹⁶³ D. R. Anderson, D. J. Sweeney ve T. A. Williams; “Hastane Performansını Belirlemede Veri Zarflama Analizi”, Çev. Mehpere Timor, **İ.Ü. İşletme Fakültesi Dergisi**, Cit: 30, Sayı: 1, Nisan 2001, ss. 69-70.

VZA'nın başlıca dezavantajlardan birisi ise, değişken seçimine ve veri hatalarına oldukça duyarlı olmasıdır¹⁶⁴.

VZA kullanılarak, yapılacak araştırma kapsamında belirlenen her karar birimindeki etkin olmamanın miktarı ve kaynakları tanımlanabilmektedir. Bu şekilde, etkin olmayan birimlerin girdi miktarında ne kadarlık bir azalış ve/veya çıktı miktarında ne kadarlık bir artış yapmak gerektiğine ilişkin olarak yöneticilere yol gösterilebilir¹⁶⁵.

Veri zarflama analizinin temel özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir¹⁶⁶:

- Girdi ve çıktı değerlerine herhangi bir ağırlık ataması yapmadan karar verme birimlerinin etkinlik analizi yapılabilmektedir.
- Üretim fonksiyonu bilinmeden de gözlemlenen verilere dayanılarak etkinlik ölçümü yapılabilmektedir.
- Karar vericilerin tercihleri birleştirilmektedir.

4.2. Veri Zarflama Analizinin Uygulanmasındaki Amaçlar

Veri zarflama analizinin uygulanmasındaki amaçları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür¹⁶⁷:

- Karşılaştırılan birimlerin her biri için, girdi-çıkıtı boyutlarından herhangi birinde mevcut göreceli etkinsizliğin kaynaklarını ve miktarlarını belirlemek,
- Etkinliğe göre birimleri sınıflandırmak,
- Karşılaştırılan birimlerin yönetimlerini değerlendirmek,
- Birimlerin kontrolleri dışındaki program ve politikaların verimliliklerini değerlendirmek ve program etkinsizliği ile yönetsel etkinsizliği ayırt etmek,
- Değerlendirme altındaki birimler için kaynakların yeniden atanması amacı ile niceliksel bir temel oluşturmak,
- Birimler arasındaki karşılaştırma ile doğrudan doğruya ilişkili olmayan amaçlar için etkin birimlerin ya da etkin girdi-çıkıtı ilişkilerini belirlemek,
- Spesifik girdi-çıkıtı ilişkileri için yürürlükteki standartları, gerçekleşen performansa göre incelemek ve gözden geçirmek,

¹⁶⁴ Kalirajan ve Shand; a.g.e., s.167.

¹⁶⁵ Charnes vd.; a.g.e., ss. 429-444.

¹⁶⁶ Y. B.Yun, H. Nakayama ve T. Tanino; "A Generalized Model for Data Envelopment Analysis", **European Journal of Operational Research**, 157, 2004, ss. 87-88.

¹⁶⁷ H. Erkut ve S. Polat; **Türk Sanayinde Verimlilik Analizi İçin Simülasyon Modeli**, Yayınlanmamış Araştırma Projesi Raporu, 1993, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, s. 32.

- Önceki çalışmalardan elde edilen sonuçları karşılaştırmaktır.

4.3. Veri Zarflama Analizinin Uygulama Alanları

Veri zarflama analizi, girdi ve çıktı bileşimlerinin ortak bir birim altında toplanmasına imkân sağlaması nedeni ile yönetim biliminde ve yöneylem araştırmasında çok geniş uygulama alanı bulmuştur. Veri zarflama analizinin kullanılabileceği bazı konular şunlardır¹⁶⁸:

- **Eş Grupların Kullanımı:** VZA, her etkin olmayan birim için ona karşılık gelen bir küme tanımlamakta ve bu birimleri etkin olmayan birimler ile eş grup oluşturmaktadır. Eş gruptaki her birim etkin olmayan birimin girdi-çıkıtı yönlendirmesini almakta ve etkin olmayan olmayan birimle aynı ağırlıkları kullanarak etkin hale gelmektedir.

- **Hedef Belirleme:** Uygulamalarda sıklıkla görelî etkin olmayan birimlerin performanslarının iyileştirilmesinde rehber olmak üzere hedeflerin belirlenmesi arzu edilir. VZA ile girdi ve çıktı seviyelerinde hedefler belirlemek mümkündür.

- **Etkin Stratejilerin Belirlenmesi:** VZA, kolaylıkla birimlerin içinde çalıştıkları politikaları ve programları karşılaştırmada kullanılabilmektedir. Ayrıca modelin uygun çözümü ile yönetsel ve program etkinliklerini değerlendirebilmektedir.

- **Zaman Boyunca Etkinlik Değişimlerinin Gözlenmesi:** VZA ile etkinliği saptanmış bir firma daha sonraki dönemlerde etkinliğini yitirebilir ve referans olma özelliğini kaybedebilir.

- **Kaynak Ataması:** VZA, görelî etkin ve etkin olmayan birimleri belirlediği gibi etkin olmayan birimler için kaynak koruma ve/veya çıktı artırma potansiyelleri için tahminler vermektedir. Görelî etkin ve etkin olmayan birimlerin belirlenmesi kaynakların prensipte hangi yönde transfer edilmeleri hakkında bir işaret vermektedir.

Veri Zarflama Analizinin uygulama alanına, üretim, hizmet ve finans sektörlerinden iç ve dış rekabet koşullarında bulunan her ünite girmektedir.

Başlangıçta kâr amacı gütmeyen kamu kuruluşlarında karşılaştırmalı verimliliği ölçmekte olan VZA, sonraları kâr amaçlı üretim ve hizmet sektörlerinde işletmeler arası teknik verimliliğin ölçülmesinde de yaygın bir biçimde kullanılmaya başlanmıştır.

¹⁶⁸ M. Emin Baysal; **Veri Zarflama Analizi ile Orta Öğretimde Performans Ölçümü**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara Gazi Üniversitesi, 1999, s. 69.

Klasik verimlilik analizindeki tekli girdi tekli çıktıdan farklı olarak çoklu girdi çoklu çıktı temelinde hareket eden VZA, hızlı kuramsal gelişimi yanında uygulamada da hızlı bir süreç izlemiştir. Hastanelerde, postanelerde, bankacılıkta, mahkemelerde, eczanelerde, taşımacılıkta, polis karakollarında ve eğitim kurumları gibi pek çok kamu hizmet alanlarında birçok çalışma yapılmıştır¹⁶⁹.

4.4. Veri Zarflama Analizinin Uygulama Aşamaları

Veri Zarflama Analizinin etkinlik karşılaştırması içeren bir çalışmada ölçüm metodu olarak kullanılması kararı, yöntemin amaçlanan çalışmaya uygunluk gösterip göstermediğinin saptanmasını gerektirmektedir. Bunu belirlemek için ise uygulama aşamaları, modelin kurulumu ve işletimi bilinmek zorundadır.

Norman ve Stoker'e göre VZA uygulamasında aşağıdaki sıralama takip edilmelidir¹⁷⁰:

- Karar verme birimlerinin tanımlanması
- Rollerin tanımlanması
- Amaçların ortaya konulması
- Girdi faktörlerinin belirlenmesi
- Çıktı faktörlerinin belirlenmesi
- Verilerin toplanması
- Modelin kurulumu ve işletimi

4.4.1. Karar verme birimlerinin seçilmesi

Etkinlik değerlerini yorumlayabilmek için öncelikle amaçlanan çalışma için karar verme birimlerinin ne olduğunun saptanması gerekmektedir.

Ahn, karar verme birimlerinin seçiminde iki prensip belirlemiştir¹⁷¹:

- Her bir karar verme birimi kullandığı kaynaklar ile ürettiği çıktılarından sorumlu bir birim olarak tanımlanmış olmalıdır.
- Etkinlik sınır ölçümü sonucunun anlamlı çıkabilmesi için üzerinde çalışılan karar verme birimlerinin sayısı yeterince büyük olmalıdır.

¹⁶⁹ Aslan Gülcü; "Cumhuriyet Üniversitesi Araştırma Hastanesi Üzerinde Veri Zarflama Analizi (VZA) Yöntemi ile Görece Verimlilik Analizi", **Verimlilik Dergisi**, No: 4, 2001, ss. 113-138.

¹⁷⁰ Norman ve Stoker; a.g.e., s. 126.

¹⁷¹ Tae Sik Ahn; **Efficiency Related Issues in Higher Education: A Data Envelopment Analysis Approach**, Ph.D.Thesis, 1987. The University of Texas at Austin, Texas, s. 132.

4.4.2. Girdi ve çıktı kümelerinin seçilmesi

Araştırmadaki girdi ve çıktılar çalışmadaki karar birimlerini karşılaştırmanın temelini oluşturduğundan büyük bir özenle seçilmelidir. Aynı karar birimi için farklı girdi ve çıktı grupları, farklı etkinlik değerleri alacağından üretim sürecine nedensel olarak bağlı, anlamlı girdi ve çıktılarının belirlenmesi gerekmektedir¹⁷².

Bununla birlikte, modele çok fazla girdi ve çıktı eklenmesi, veri zarflama analizinin etkin ve etkinsiz birimleri birbirinden ayırma yeteneğini düşürmekte ve aynı zamanda değişken toplanmasını zorlaştırmaktadır. Girdi ve çıktı sayılarının artırılabilmesi için, karar verme birimlerinin sayısının da artırılması gerekmektedir ($n = \text{Gözlem sayısı}, m = \text{Girdi sayısı}, p = \text{Çıktı sayısı}$ iken, $n > m + p$ olmalıdır)¹⁷³.

4.4.3. Verilerin güvenilirliği

Veri zarflama analizi için girdi ve çıktılar tanımlandıktan sonra, tüm karar verme birimleri için bu girdi ve çıktı verilerinin elde edilmesi gerekmektedir. Herhangi bir birim için güvenilir verilerin elde edilememesi halinde, hem söz konusu birimin verimlilik değeri, hem de görel verimlilik hesaplaması nedeni ile tüm karar verme birimlerinin verimlilik değerleri tartışmalı hale gelmektedir. Bu nedenle söz konusu birim çalışmadan çıkarılmalıdır¹⁷⁴.

4.4.4. Görel etkinliğin ölçülmesi

Görel verimlilik ölçümü doğrusal programlamaya dayanmaktadır. Bu yüzden optimizasyon programlarından (GAMS; LINDO vb.) ya da Windows altında çalışabilen Özel Veri Zarflama Analizi programlarından (Frontier Analysis, DEAP, Warwick DEA Software, DEA Excel Solver, EMS vb.) yararlanılabilmektedir.

¹⁷² Serpil Bülbül ve İlyas Akhisar; “Türk Sigorta Şirketlerinin Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi ile Araştırılması”, Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigortacılık Yüksek Okulu, <http://www.ekonometridernegi.org/bildiriler/o3s2.pdf>, S.E.T. 17.04.2007, 2005, s. 5.

¹⁷³ David Sherman; “Data Envelopment Analysis as a New Managerial Audit Methodology-Test and Evaluation”, **Auditing: A Journal of Practice and Theory**, 4, 1984, ss. 35-53.

¹⁷⁴ Zeynep Canan Aydemir; **Bölgesel Rekabet Edebilirlik Kapsamında İllerin Kaynak Kullanım Görece Verimlilikleri: Veri Hazırlama Analizi Uygulaması**, DPT Uzmanlık Tezleri Yayın No:2664, İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü Proje, Yatırımları Değerlendirme ve Analiz Dairesi Başkanlığı, 2002, s. 89.

4.4.5. Etkinlik değerleri

Etkinlik hesaplamaları sonucunda her bir karar verme birimi için 0 ile 1 arasında etkinlik değeri bulunmaktadır. Etkinlik değeri 1'e eşit olan karar verme birimleri etkin iken etkinlik değeri 1'den küçük olan karar verme birimleri göreceli olarak etkinsizdir. Göreceli olarak etkinsiz karar verme birimlerinin birden sapma oranı göreceli etkinsizlik ölçüsünü vermektedir¹⁷⁵.

4.4.6. Referans grupları

Veri zarflama analizi, etkin olmayan karar birimlerinin de göreceli olarak etkin birimlerin uyguladığı yönetsel ya da organizasyonel yöntemleri uygulayarak aynı etkinlik seviyesine ulaşabilecekleri varsayımı üzerine kurulmaktadır. Bu varsayıma göre, etkinsiz bir karar verme birimi için aynı girdi-çıkıtı bileşimleri ile daha iyi bir üretim performansı yakalanabileceğinin kanıtı, etkin karar verme birimlerinin varlığından kaynaklanmaktadır¹⁷⁶.

Literatür incelendiğinde, etkinsiz bir karar verme biriminin referans grubunda yer alan birimler ile yalnızca girdi-çıkıtı bileşimi olarak değil, aynı zamanda yönetsel uygulamalar açısından da kapsamlı bir inceleme yapılarak karşılaştırılması gerekmektedir¹⁷⁷.

4.4.7. Etkin olmayan karar birimleri için hedef belirlenmesi

Veri zarflama analizinin uygulanmasından elde edilen büyük faydalardan biri, etkinsiz karar verme birimlerinin performanslarının iyileştirilebilmesi için ulaşılabilir hedefler ortaya konmasıdır. Çünkü hesaplamalar ile etkin birimlerin elde edilebilir bir teknoloji kullandıkları varsayıldığından, etkin birimlerin teknolojisi etkinsiz birim için de ulaşılabilir kabul edilmektedir¹⁷⁸.

4.4.8. Sonuçların değerlendirilmesi

Karar verme birimleri detaylı olarak incelendikten sonra, her bir karar verme birimi için bütün girdi ve çıktıların dikkate alındığı genel bir değerlendirme

¹⁷⁵ Aydemir; a.g.e., s. 90.

¹⁷⁶ Aydemir; a.g.e., s. 90.

¹⁷⁷ Aydemir; a.g.e., s. 90.

¹⁷⁸ Aydemir; a.g.e., s. 90.

yapılmaktadır. Etkinsiz karar verme birimlerinin etkin olabilmeleri için girdi ve çıktılarda gerekli iyileştirmeler yapılmaktadır. Veri zarflama analizi ile belirlenen hedeflere ulaşılmasa bile analiz sonucu elde edilen bilgiler daha sonraki çalışmalarda değerlendirilebilmektedir¹⁷⁹.

4.5. Veri Zarflama Analizinin Avantaj ve Dezavantajları

Veri zarflama analizi, doğru bir şekilde kullanıldığı takdirde çok etkin bir araçtır. Veri zarflama analizini etkin yapan avantajları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür¹⁸⁰:

- Veri zarflama analizi, parametrik yöntemlerde olduğu gibi girdi ve çıktı arasında fonksiyonel bir ilişkiye ihtiyaç duymamaktadır.
- Veri zarflama analizinde homojen olan birimler kendi aralarında mukayese edilebilmektedir¹⁸¹.
- Veri zarflama analizinde karar verme birimleri doğrudan diğer bir karar verme birimi ile ya da bu birimlerin değişik kombinasyonları ile karşılaştırılabilmektedir.
- Veri zarflama analizi, çok sayıda girdi ve çıktıya sahip karar verme birimlerinin etkinlik ölçümünde kullanılabilir.
- Veri zarflama analizinde girdi ve çıktı birimleri değişik birimlere sahip olabilmektedir.
- Veri zarflama analizi, etkin olmayan karar verme birimlerinin nasıl etkin duruma getirilebileceği hakkında önemli ipuçları verir¹⁸².

Veri zarflama analizini avantajlı hale getiren bu özelliklerinin yanı sıra, dezavantajlı bazı özellikleri de bulunmaktadır. Bu dezavantajlar şu şekilde özetlenebilir¹⁸³:

- Veri zarflama analizi, uç nokta tekniği olarak değerlendirildiği için, ölçüm hatasına karşı çok duyarlıdır.
- Veri zarflama analizi, karar verme birimlerinin performanslarını ölçmek açısından yeterli bir tekniktir. Ancak mutlak bir etkinlik ölçütü bulunmamaktadır.

¹⁷⁹ Yavuz; a.g.e., s. 53.

¹⁸⁰ Ekren ve Emiral; a.g.e., s. 19.

¹⁸¹ İnan; a.g.e., ss. 86-88.

¹⁸² Hilal Karasoy; **Veri Zarflama Analizi**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2000, İstanbul, ss. 109-110.

¹⁸³ Rajishekar Govindarajon; "Supplier Evaluation Using Data Envelopment Analysis", <http://poly.asu.edu/technology/dcst/Projects/December2003/GovindarajanRajashekar.pdf>, L.A.D. 17.07.2007, 2003, s. 5.

- Veri zarflama analizi, statik bir analiz şeklindedir. Tek bir dönemdeki karar verme birimi verileri arasında bir kesit analizi yapmaktadır.
- Her karar verme birimi için ayrı bir doğrusal programlama modelinin çözümü gerektiğinden, büyük boyutlu problemlerin veri zarflama analizi yardımı ile çözümü, hesaplama açısından zaman alıcı olabilmektedir.
- Belirli bir gözlem kümesinden yola çıkarak göreceli etkinliği ölçen veri zarflama analizi için gözlem kümesinde aşırı büyük veya küçük girdi-çıktı değerlerine sahip olan bazı gözlemler etkinlik sınırının belirlenmesinde problemlerin oluşmasına yol açabilmektedir¹⁸⁴.
- Nonparametrik bir yöntem olan veri zarflama analizi, istatistikî hipotez testleri için çok uygun kabul edilmemektedir¹⁸⁵.
- Veri zarflama analizi, soyut ve kategorik bileşenlere karşı duyarlı değildir¹⁸⁶.

4.6. Veri Zarflama Analizinin Matematiksel Temelleri

VZA performans kavramına dayalı bir tekniktir. Performans ölçümüne ilişkin ilk çalışmalar birim başına maliyet, birim başına kâr, vb. gibi ölçülebilir rasyolara dayalı olarak yapılmıştır. Bu rasyolar; Girdi/Çıktı şeklinde verilebilir. “Üretkenlik” ölçüsü, çoğu kullanım alanında, işçi ya da çalışan performansını değerlendirebilmek için kesirsel bir biçim olarak varsayılmaktadır. ‘İşçi-saat başına çıktı’ ya da ‘işçi başına çıktı’ gibi çıktı ölçüleri, yukarıdaki kesirsel forma örnek olarak verilebilir. Bu tarz ölçütler literatürde kimi zaman “Kısmi Verimlilik Ölçütleri” olarak adlandırılmaktadırlar¹⁸⁷. Bu terminoloji özellikle kullanılmakta ve “Toplam Faktör Verimliliği” ölçütleriyle olan farkın ayırt edilebilmesine olanak sağlamaktadır. Çünkü toplam faktör verimliliği, tüm girdileri ve tüm çıktıları göz önüne alarak bir çıktı / girdi oranı elde etmeye çalışmaktadır. Kısmi verimlilik ölçütlerinden toplam faktör verimliliğine olan geçiş, çoklu girdi çoklu çıktı yapısına sahip bir sistemin verimliliğinin doğru analiz edilmesine olanak sağlasa da, doğru girdi ve çıktıları seçmek ve bunların sistemdeki ağırlıklarını belirlemek gibi konularda zorluklar yaratmaktadır. Göreceli olarak yeni bir teknik olan VZA, her bir girdi ve çıktı için ağırlıkların önceden

¹⁸⁴ Karasoy a.g.e., s. 110.

¹⁸⁵ İnan; a.g.e., s. 86.

¹⁸⁶ Ekren ve Emiral; a.g.e., s. 20.

¹⁸⁷ W. W. Cooper, L. M. Seiford ve K. Tone; **DEA; A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software**, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2000, s. 1.

belirlenmesine (örneğin, klasik indeks oluşturma yöntemleri) ya da girdi ve çıktılar arasındaki ilişkiyi tahmin eden çeşitli fonksiyonel formlara (istatistiksel regresyon yaklaşımları) gerek duyulmadan, çıktı / girdi verimlilik göstergesini hesaplamaktadır¹⁸⁸.

VZA, çok sayıda değişken ve ilişkilerin (kısıtlar) bir arada değerlendirildiği “matematiksel programlama” gibi teknikleri kullandığı için çok sayıda girdi ve çıktının bir arada değerlendirilmesine olanak vermeyen ve karar vericiyi sınırlandıran diğer tekniklere göre kullanıcıya daha rahat çalışılabilme imkânı sunar. Çünkü politika üretilen ve yönetsel kararların alındığı gerçek hayat problemleri, pek çok faktörün aynı anda değerlendirilmesini gerektiren karmaşık bir yapıya sahiptir. Bununla birlikte VZA, matematiksel programlamanın sahip olduğu geniş teori ve yöntem birikimi sayesinde yol gösterici analizlerin ve yorumların yapılabilmesine olanak sağlamaktadır. Yukarıda sayılanlara ek olarak, VZA başka önemli fırsatları da beraberinde kullanıcıya sunar. Bu fırsatlar, kullanıcı ile karar vericilere, girdi ve çıktıların seçimi ya da çeşitli senaryoların değerlendirilmesi gibi konularda işbirliği yapabilmeleri için olanak tanınması şeklinde özetlenebilmektedir¹⁸⁹.

4.6.1. Tek girdi ve tek çıktıdan oluşan sistemler

VZA’nın anlatımına tek girdi ve tek çıktıdan oluşan bir sistemin analiziyle başlanabilir. Bu sistemde verimlilik, Çıktı/Girdi formülüyle ölçülebilir. Tablo 5’de, 8 işyerine ilişkin veriler görülmektedir¹⁹⁰:

Tablo 5. Tek Girdi ve Tek Çıktıdan Oluşan Sistemler

İşyeri	A	B	C	D	E	F	G	H
Çalışan Sayısı	2	3	3	4	5	5	6	8
Satış	1	3	2	3	4	2	3	5
Satış/Çalışan	0.5	1	0.667	0.75	0.8	0.4	0.5	0.625

Kaynak: W. W. Cooper, L. M. Seiford, K. Tone; **DEA; A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software**, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2000, ss. 2-3.

Tablonun en alt satırı, çalışan başına düşen satış miktarını vermektedir. Bu miktar işletme ve yatırım analizi konularında sıklıkla kullanılan bir verimlilik ölçütüdür.

¹⁸⁸ Cooper vd.; a.g.e., ss. 1-2.

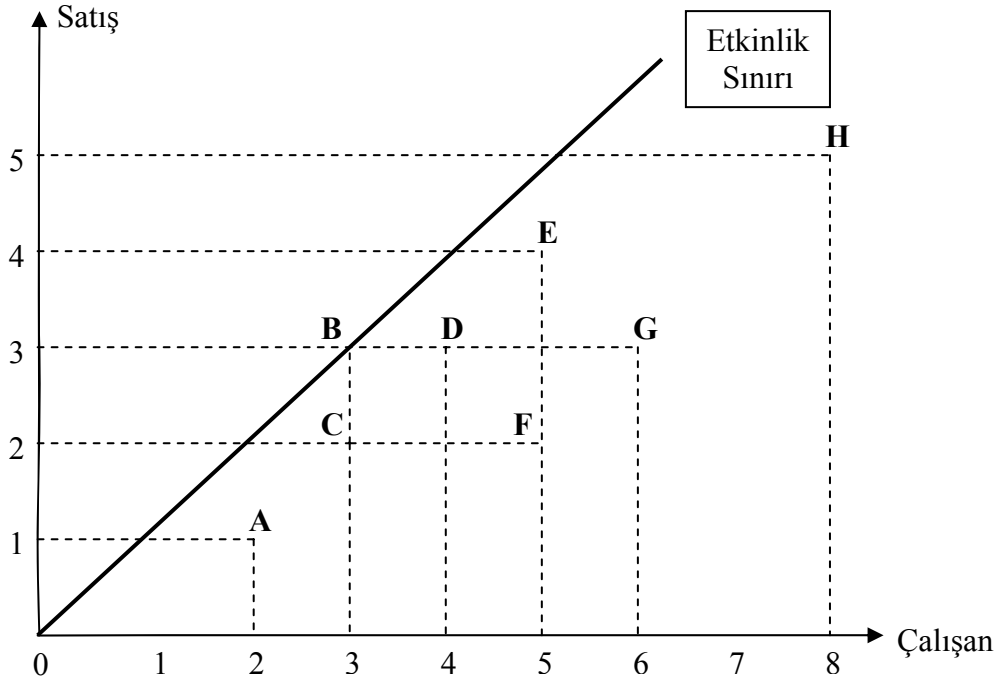
¹⁸⁹ Cooper vd.; a.g.e., s. 2.

¹⁹⁰ Cooper vd.; a.g.e., ss. 2-3.

O halde, bu ölçütü kullanarak, B işyerinin en verimli, F işyerinin ise en verimsiz işyeri olduğunu söylemek mümkündür.

Aynı veriler kullanılarak etkinlik grafiksel olarak da gösterilebilir. Dikey ekseninde satışlar, yatay ekseninde çalışan sayısı gösterilirse aşağıdaki grafik oluşturulabilir.

Şekil 11. Tek Girdi ve Tek Çıktıdan Oluşan Sistemlerin Grafiksel Gösterimi



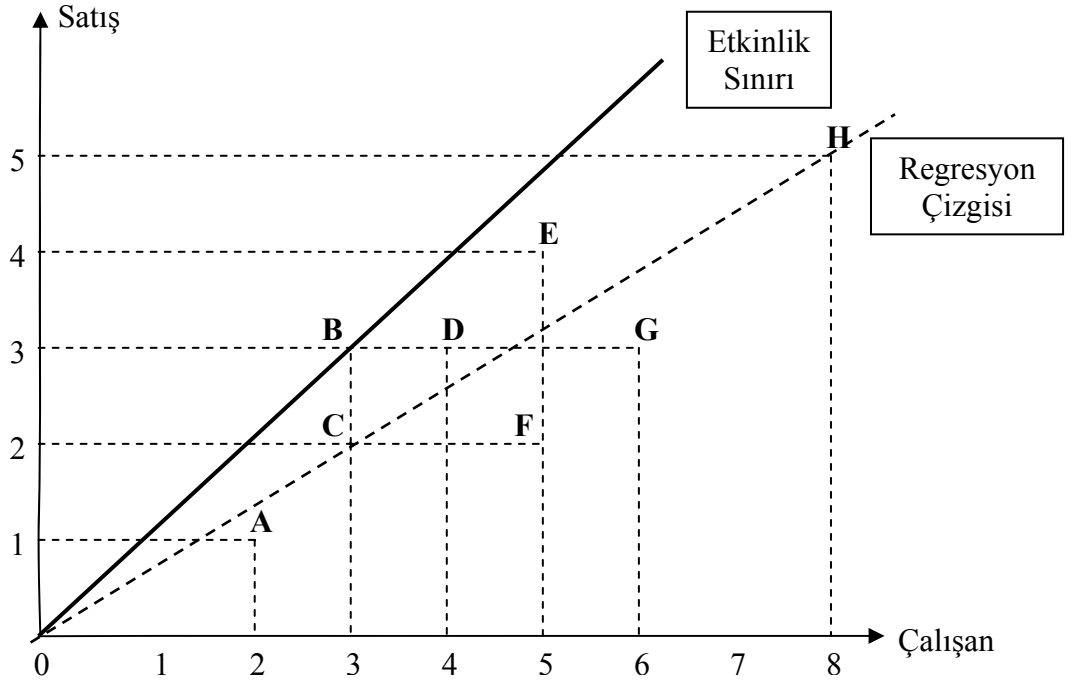
Kaynak: Cooper vd.; a.g.e., s. 3.

Her bir noktayı orijinle birleştiren doğrunun eğimi, o nokta için kişi başına düşen satış miktarını verir ve tüm noktalar arasında en büyük eğime sahip olan nokta, B noktasıdır. Bu doğru, “Verimlilik Üst Sınırı” olarak adlandırılmaktadır. Veri Zarflama Analizi tekniğinin ismi, verimlilik üst sınırının örneklem kümesindeki en az bir noktadan geçmesi ve diğer tüm noktaların bu sınırın üzerinde ya da altında yer alması özelliğinden esinlenmiştir. Çünkü matematik dilinde, bu şekilde bir sınırın bu noktaları “zarfladığı” ifade edilmektedir¹⁹¹.

Bu veriler kullanılarak, istatistiksel regresyon çizgisi de çizilebilir:

¹⁹¹ Cooper vd.; a.g.e., s. 3.

Şekil 12. Verimlilik Sınır Çizgisi ve Regresyon Çizgisinin Karşılaştırılması



Kaynak: Cooper vd.;a.g.e., s. 4.

İstatistiksel olarak belirlendiği üzere bu çizgi, veri noktalarının tam ortasından geçmektedir. Veri setinin sadece ortalamasını temsil eden bu çizginin üzerinde kalan noktaların mükemmel, altında kalanların ise zayıf olarak nitelendirilmesi hata olur. Diğer yandan, üst sınır çizgisi en iyi işyerinin performansını tanımlar ve diğer işyerlerinin verimliliğini, kendisine olan uzaklıkları ile ölçer. Bu noktadan hareketle, istatistiksel regresyon analizi yaklaşımı ile VZA yaklaşımı arasında çok temel bir fark olduğu görülebilmektedir. İlk yaklaşım, gözlemlerin “ortalama” ya da “merkezi eğilim” davranışını ortaya koyarken, ikinci yaklaşım, “en iyi performans” ve diğer performansların üst sınır çizgisi ile olan uzaklıklarının değerlendirilmesiyle ilgilidir. Bu sebeple, sözü edilen iki görüş açısının, aynı sistem için değerlendirme amaçlı kullanılması durumunda çok farklı açılımlara yol açabileceği görülmektedir¹⁹².

Örneğe dönülecek olursa, en iyi işyeri B ile karşılaştırıldığında, diğer işyerlerinin verimsiz olduğu görülmektedir. B’ye göre diğer işyerlerinin verimliliği $0 \leq \text{Diğer İşyerlerinde Çalışan Başına Düşen Satış} / \text{B İşyerinde Çalışan Başına Düşen Satış} \leq 1$ formülü ile belirlenebilir. Bu işyerleri verimliliklerine göre sıralandığında:

¹⁹² Cooper vd.; a.g.e., s. 5.

$$1 = B > E > D > C > H > A = G > F = 0,4$$

Yani, en kötü olan F işyeri, B işyerinin %40 verimliliğe sahiptir.

Tablo 6. Verimliliklerin Oransal İfadesi

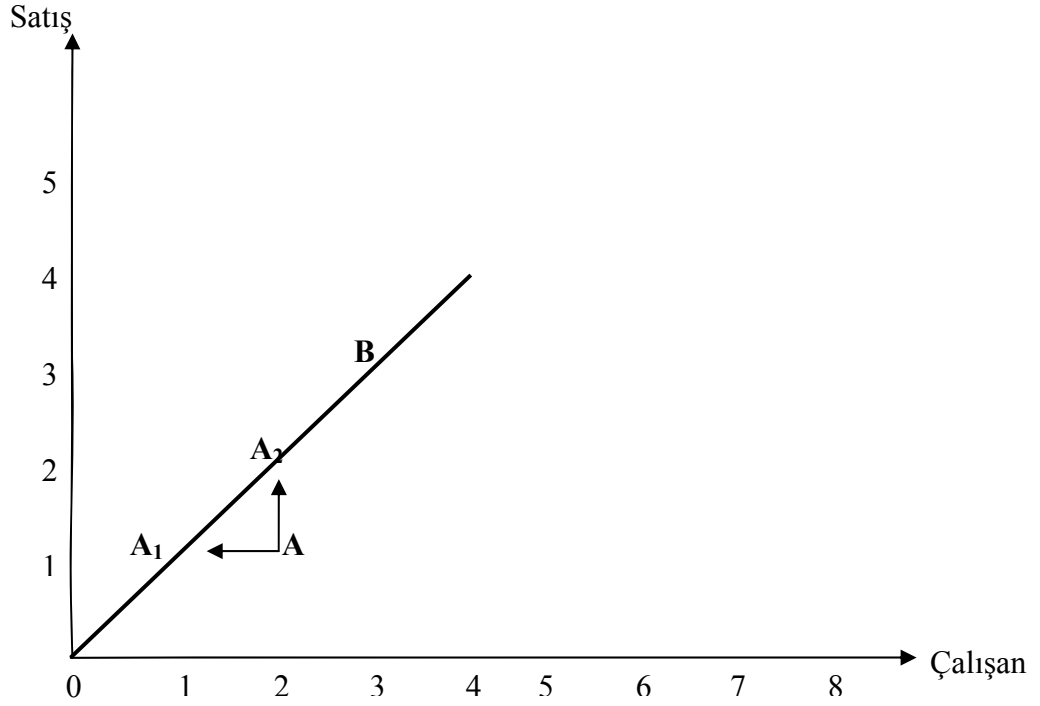
İşyeri	A	B	C	D	E	F	G	H
Satış/Çalışan	0.5	1	0.667	0.75	0.8	0.4	0.5	0.625

Kaynak: Cooper vd.; a.g.e., s. 5.

Şimdi problem, “Verimsiz işyerleri nasıl verimli hale getirilebilir”, yani “Verimsiz noktalar nasıl verimlilik üst sınırına çekilebilir” sorusuna cevap almak üzere incelenebilir. Örneğin, A işyeri, çeşitli şekillerde iyileştirilebilir. Bir yöntem, girdiyi (çalışan sayısı) (1,1) koordinatlarındaki A_1 seviyesine kadar azaltmak, diğer bir yöntem ise çıktıyı (satış) (2,2) koordinatlarındaki A_2 seviyesine yükseltmek olabilir. A_1A_2 doğru parçası, mevcut çıktı seviyesini (satışlar 100.000 \$ cinsinden) azaltmayacak ve mevcut girdi seviyesini arttırmayacak şekilde, A işyerine yönelik olası verimlilik iyileşme senaryolarının incelenmesini sağlar¹⁹³.

¹⁹³ Cooper vd.; a.g.e., s. 5.

Şekil 13. Verimlilikte İyileştirme, Tek Girdi ve Tek Çıktıdan Oluşan Sistemler



Kaynak: Cooper vd.; a.g.e.,s. 5.

4.6.2. İki girdi ve bir çıktıdan oluşan sistemler

Çoklu girdi ve çoklu çıktı analizini irdelemek üzere, 9 markete ait performans, girdi ve çıktılar Tablo 7’de verilmektedir. Girdi x_1 çalışan sayısını (10 birim), girdi x_2 zemin genişliğini (1000m²) ve çıktı y satışı (100.000\$) simgelemektedir. Ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında, çıktılar 1’e indirgenmiş ve girdi değerleri 1 birim çıktı üretebilmek için normalize edilmiştir. Şekil 4.14, x ve y eksenlerinde sırasıyla (girdi) x_1 / (çıktı) y ve (girdi) x_2 / (çıktı) y değerlerini göstermektedir¹⁹⁴:

Tablo 7. İki Girdi ve Bir Çıktıdan Oluşan Sistemler

Market Adı		A	B	C	D	E	F	G	H	I
Çalışan Sayısı	x_1	4	7	8	4	2	5	6	5.5	6
Zemin Alanı	x_2	3	3	1	2	4	2	4	2.5	2.5
Satış Miktarı	y	1	1	1	1	1	1	1	1	1

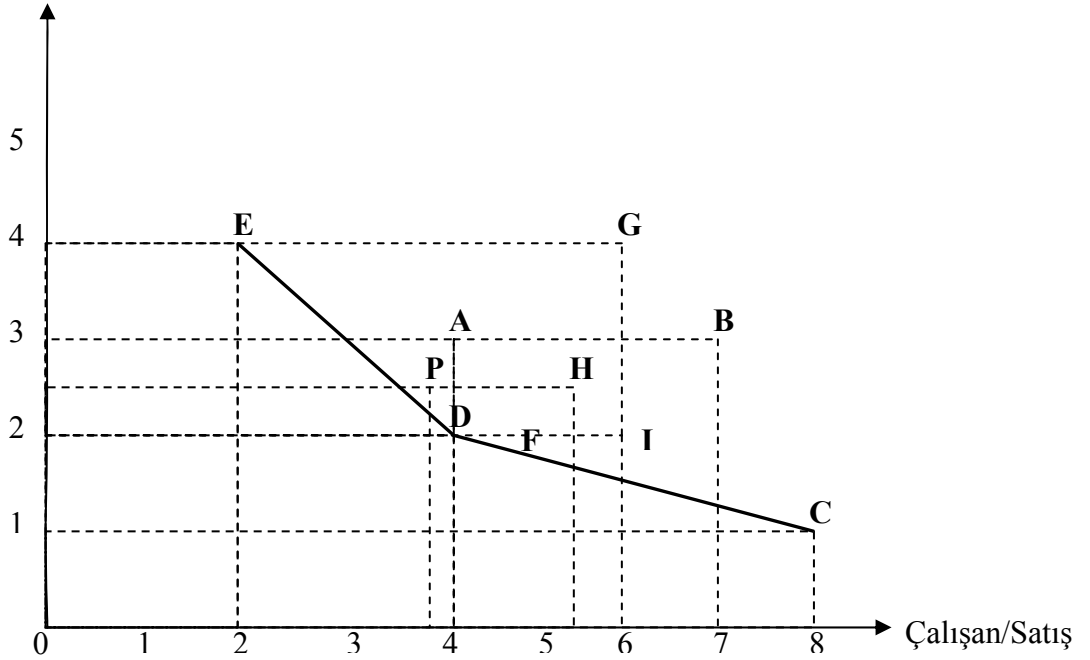
Kaynak: Cooper vd.;a.g.e., s. 6.

¹⁹⁴ Cooper vd.; a.g.e., s. 6.

Verimliliğe bu açıdan bakıldığında, bir birim çıktı üretirken girdileri en az kullanan marketleri daha verimli olarak nitelendirmek doğaldır. Bu sebeple, E, D ve C noktalarının oluşturduğu parçalı çizgi verimlilik üst sınırını oluşturmaktadır. Bu çizginin üzerindeki tüm noktalar için, herhangi bir girdi değerinde bir iyileştirmeye gitmek, diğer girdi değeri için kötü sonuçlar doğuracağından, bu noktalarda iyileştirme yapmak söz konusu olmamaktadır. Verimlilik üst sınır çizgisiyle zarflanmış olan noktaların tamamı “Üretim İmkânları Kümesi”ni oluşturmaktadır. Üretim imkânları kümesi içindeki herhangi bir noktanın koordinatlarının belirttiği miktarlarla üretimin mümkün olduğu ve bu çıkarıma gözlemlenen noktaların deneye dayalı kanıt oluşturduğu varsayılmaktadır¹⁹⁵.

Şekil 14. İki Girdi ve Bir Çıktıdan Oluşan Sistemlerin Grafıksel Gösterimi

Zemin/Satış



Kaynak: Cooper vd.; a.g.e., s. 7.

Sınır çizgisinde olmayan marketlerin verimlilikleri, sınır çizgisi üzerinde bulunan marketlere dayanarak hesaplanabilir. Örneğin, A verimsizdir. A'nın verimsizliğini ölçmek için, orijin noktasından A noktasına bir çizgi oluşturulursa ve bu

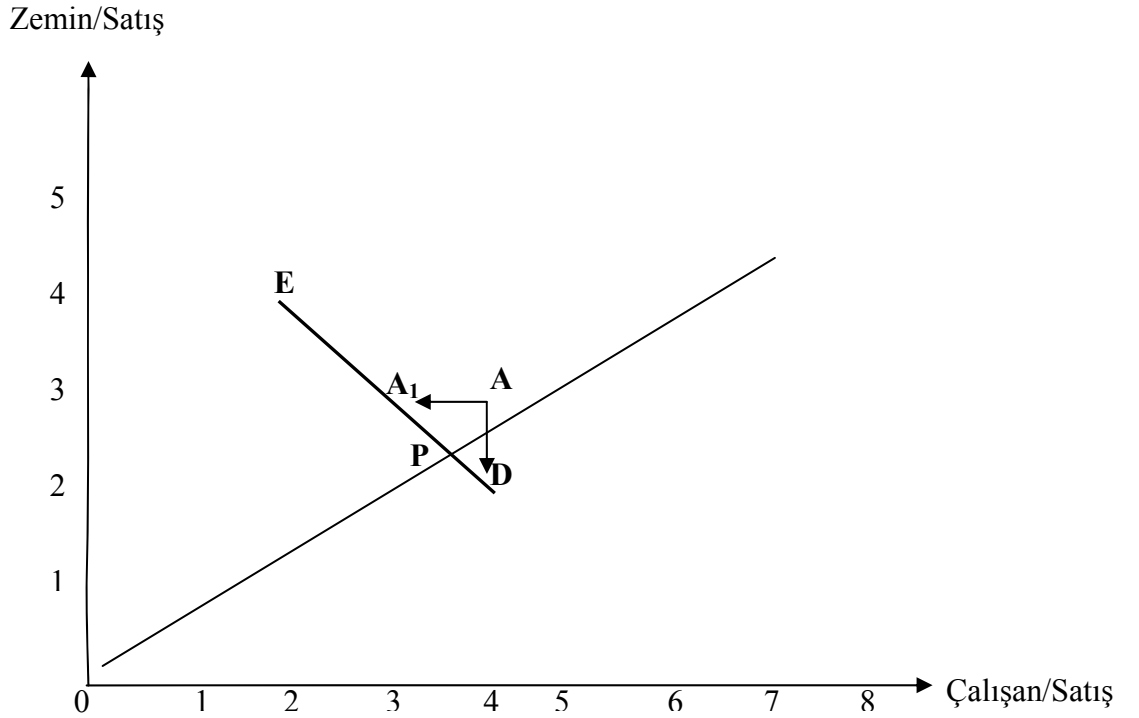
¹⁹⁵ Cooper vd.; a.g.e., s. 7.

çizgi, sınır çizgisini P noktasında keserse, A'nın verimliliği aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$OP / OA = 0,8571.$$

Bu demektir ki, A'nın verimsizliği, D ve E'nin bileşimi kullanılarak değerlendirilebilir. Çünkü P noktası, D ve E'nin oluşturduğu çizginin üzerindedir. D ve E, A'nın "Başvuru Grubu" olarak adlandırılmaktadır. Başvuru grubu, her verimsiz nokta için farklılık gösterebilir. Örneğin, B noktasının başvuru grubu C ve D'den oluşmaktadır. Bununla birlikte D marketi, pek çok verimsiz marketin başvuru grubu içinde yer aldığından örneklem kümesinin bir temsilcisi olarak görülebilir. C ve E de verimli olan marketlerdir, ancak bu marketlerin sahip olduğu kendilerine has özellikler, gözlem grubunun genelinden uzak düşmelerine sebep olmuştur¹⁹⁶.

Şekil 15. Verimlilikte İyileştirme, İki Girdi ve Bir Çıktıdan Oluşan Sistem Örneği



Kaynak: Cooper vd.; a.g.e., s. 8.

Yukarıda yapılan analiz genişletilecek olursa A'nın etkin bir biçimde x_1 girdisini 3.4'e, x_2 girdisini ise 2.6'ya indirebilmesi halinde (P'nin koordinatları) P noktasına ulaşabileceği ve bu sayede verimliliğini arttırabileceği söylenebilir. Bununla birlikte,

¹⁹⁶ Cooper vd.; a.g.e., s. 7.

DA₁ üzerindeki herhangi bir başka nokta da, verimlilik iyileştirmesi için hedef alınabilir. D noktasına x_1 'in (zemin genişliği) azaltılmasıyla, A₁ noktasına x_2 'nin (çalışan sayısı) azaltılmasıyla ulaşılabilir. Geçerli olan bir diğer iyileştirme olanağı ise girdilerin mevcut durumunu korumak ve çıktıları arttırmak yöntemiyle olabilmektedir¹⁹⁷.

4.6.3. Bir girdi ve iki çıktıdan oluşan sistemler

Tablo 8, 7 mağaza için çalışan başına müşteri sayısını (10 birim) ve satışı (100.000\$) göstermektedir. Anlatım kolaylığı sağlayabilmek amacıyla, çalışan sayısı 1'de tutulmuştur. Bu durumda verimlilik üst sınırı B, E, F ve G mağazalarından oluşmaktadır¹⁹⁸.

Tablo 8. Bir Girdi ve Bir Çıktıdan Oluşan Sistemler

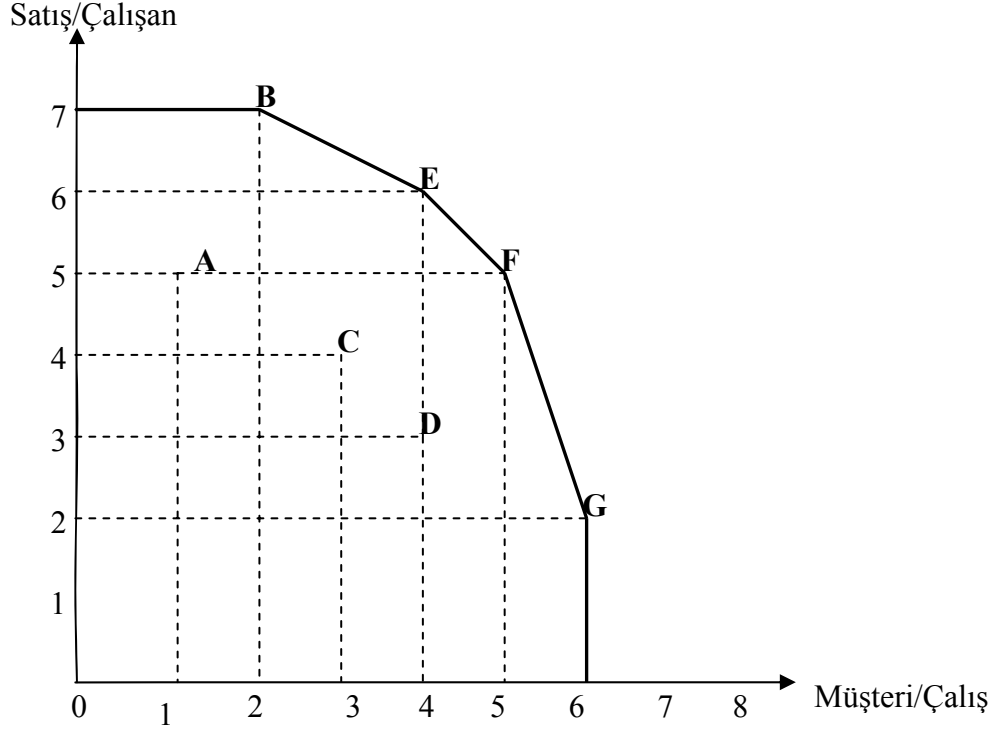
Mağaza		A	B	C	D	E	F	G
Çalışan Sayısı	x	1	1	1	1	1	1	1
Müşteri	y ₁	1	2	3	4	4	5	6
Satış Miktarı	y ₂	5	7	4	3	6	5	2

Kaynak: Cooper vd.; a.g.e., s. 8.

¹⁹⁷ Cooper vd.; a.g.e., s. 8.

¹⁹⁸ Cooper vd.; a.g.e., s. 8.

Şekil 16. Bir Girdi ve İki Çıktıdan Oluşan Sistemlerin Grafiks gösterimi



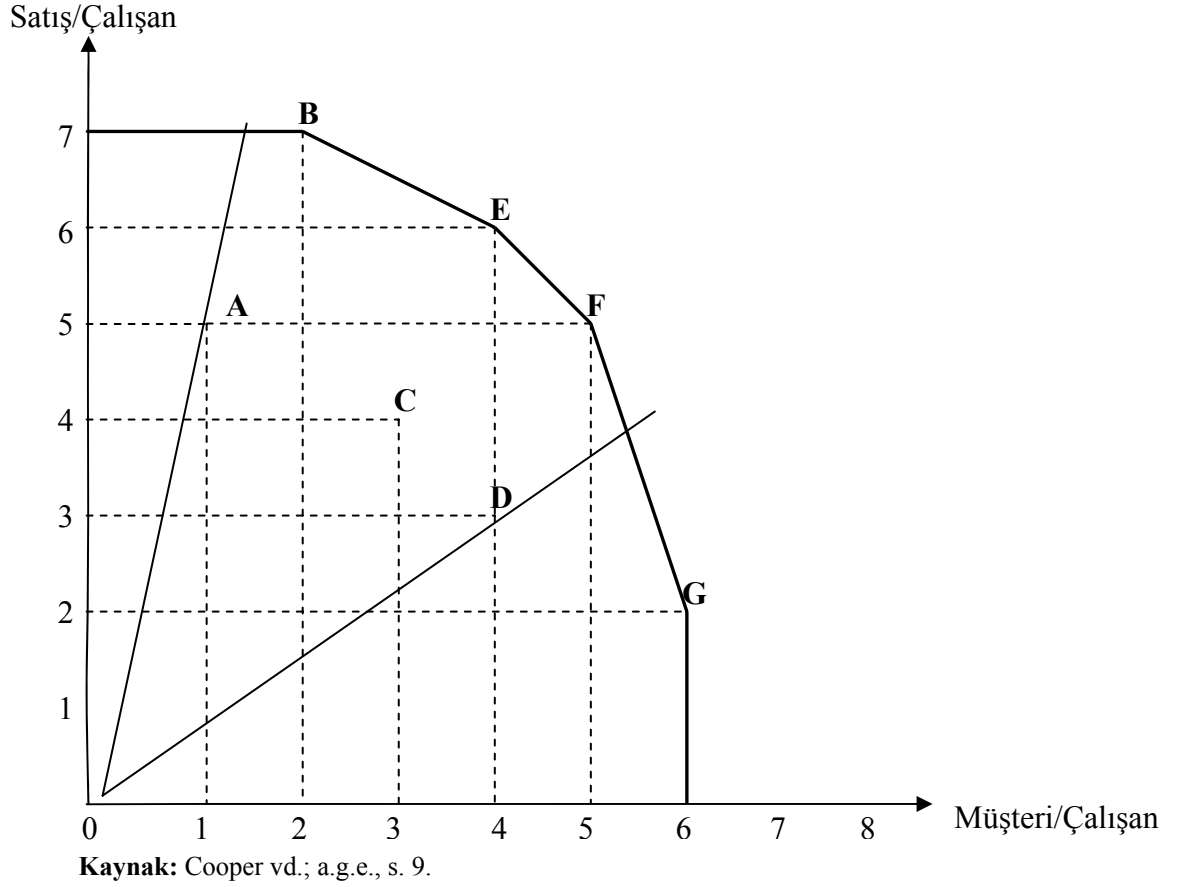
Kaynak: Cooper vd.; a.g.e., s. 9.

Şekillerden de görülebileceği gibi, üretim imkânları kümesi verimlilik üst sınır çizgisi ve eksenlerle sınırlandırılmış bölgedir. A, C ve D mağazaları verimsizdir ve verimsizlikleri sınır çizgisine göre hesaplanabilmektedir. Örneğin D'nin verimliliği:

$$m(O,D) / m(O,P) = 0,75$$

olarak hesaplanabilir. Burada $m(O,D)$ ve $m(O,P)$, sırası ile orjinden D'ye olan uzaklık ve orjinden P'ye olan uzaklıktır.

Şekil 17. Bir Girdi ve İki Çıktılı Durumda Verimlilikte İyileşme



Yukarıdaki rasyo “daireysel ölçüt” olarak adlandırılmaktadır. Burada kullanılan mesafe, öklidyen mesafesidir. Yani¹⁹⁹:

$$m^2(O,D) = 4^2 + 3^2$$

Asıl ilgi konusunun girdiden çok çıktılar olması durumunda:

$$m(O,P) / m(O,D) = 1,33 \text{’dür.}$$

Bu sonucun anlamı şudur: Verimli olmak için, D mağazasının her iki çıktısını da 4/3 oranına kadar arttırmış olması gerekirdi.

Bu noktada belirtmek gerekir ki 0,75, D noktasının ulaşabildiği çıktı seviyesinin, ulaşabilmesi beklenen çıktı seviyesine oranını vermektedir. Önemli olan bir diğer nokta ise, bu değerin, D’nin her iki çıktısında da mevcut olan verimsizliğinin oranı olduğudur. Bu sebeple, D’nin çıktı seviyesindeki düşüklük, P noktasına ulaşıncaya kadar, iki çıktının birbiriyle olan oranlarını bozmadan, her iki çıktı seviyesini yükseltmek yoluyla onarılabilir.

¹⁹⁹ Cooper vd.; a.g.e., ss. 9-10.

Bu şekilde, çıktıların (girdilerin) kendi içlerindeki oranlarını değiştirmeden onarılabilecek verimsizlik “teknik verimsizlik” olarak adlandırılmaktadır²⁰⁰.

Bir başka verimsizlik türü ise, çıktıların (girdilerin) sadece bir kısmında verimsizliğin gözlemlenmesi ile ortaya çıkar. Bu tip verimsizlik, onarılması durumunda çıktıların (girdilerin) karışımındaki oranı bozacağından, “Karışım Verimsizliği” olarak adlandırılmaktadır²⁰¹.

4.6.4. Çok girdili ve çok çıktıli sistemler

Tablo 9’da verilen hastane örneği, çoklu girdi-çıkıtı yapısına sahip olan sistemler için küçük bir örnek teşkil etmektedir. Burada amaçlanan, 12 hastanenin göreceli verimliliğini hesaplamaktır. Örnek, hastane servis süreci için doktor ve hemşire sayısını girdi, hastanede bulunan ve taburcu olarak çıkan hasta sayısını da çıktı olarak almaktadır (Herbirinin birimi 100 kişi/ay)²⁰².

Tablo 9. Çok Girdili ve Çok Çıktılı Sistemler: Hastane Örneği

Hastane	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Doktor	20	19	25	27	22	55	33	31	30	50	53	38
Hemşire	151	131	160	168	158	255	235	206	244	268	306	284
Taburcu	100	150	160	180	94	230	220	152	190	250	260	250
Yatan	90	50	55	72	66	90	88	80	100	100	147	120

Kaynak: Cooper vd.; a.g.e., s. 12.

Hesaplamayı sadeleştirebilecek bir yol girdi ve çıktıları önceden belirlenmiş (sabit) ağırlıklarla ağırlıklandırmaktır. Sonuçta elde edilecek rasyo, verimlilik için bir indeks verecektir²⁰³.

Örneğin, v_1 (doktor sayısının ağırlığı) / v_2 (hemşire sayısının ağırlığı) = 5 / 1, u_1 (taburcu olan hasta sayısının ağırlığı) / u_2 (yatan hasta sayısının ağırlığı) = 1 / 3 şeklindeki bir ağırlıklandırma Tablo 10’daki “sabit” satırında yer alan verimlilik sonuçlarını verecektir. Bu hesaplamadaki verimlilik sonuçları, en büyük verimlilik değeri 1 olacak şekilde normalize edilmiştir. Ağırlıklandırmadaki bu varsayım,

²⁰⁰ Cooper vd.; a.g.e., s. 11.

²⁰¹ Cooper vd.; a.g.e., s. 11.

²⁰² Cooper vd.; a.g.e., s. 12.

²⁰³ Cooper vd.; a.g.e., s. 12.

hesaplama kolaylığı sağlaması açısından yararlı görünmekle birlikte, ağırlıklandırma değerlerine ilişkin pekçok soruyu da gündeme getirmektedir. Daha da önemlisi, herhangi bir hastane için verimlilik sonucunun ne ölçüde gözlemlerin kendisinden ya da ağırlıklandırmadaki varsayımdan etkilendiğine ilişkin belirsizlikler ortaya çıkacaktır.

Tablo 10. Sabit ve Değişken Ağırlık Değerlerinin Yuvarlatılmış Sonuçları

Hastane	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Sabit	1	0.9	0.77	0.89	0.74	0.64	0.82	0.74	0.84	0.72	0.83	0.87
CCR	1	1	0.88	1	0.76	0.83	0.9	0.8	0.96	0.87	0.96	0.96

Kaynak: W. W. Cooper, L. M. Seiford, K. Tone; a.g.e., s. 13.

VZA, sabit ağırlıklar yerine değişken ağırlıklar kullanmaktadır. VZA’da ağırlıklar, doğrudan veri setinin kendisinden türetilmektedir. Böylelikle sabit ağırlık seçimindeki çok sayıda varsayım ve hesaplamadan kaçınılmış olunur. Daha da önemlisi, ağırlıklar, her hastaneye en iyi ağırlık kümesini verecek şekilde seçilir. Burada kullanılan “en iyi” terimi, her bir hastanenin her bir girdi ve çıktısına ağırlıklar atanırken, o hastanenin çıktı / girdi rasyosunun, diğer hastanelere göre maksimizasyonu anlamına gelmektedir²⁰⁴.

Tablo 10’daki “CCR” satırı, VZA’daki “CCR” adlı model kullanılarak hesaplanmış verimlilikleri göstermektedir. Görüldüğü üzere, VZA ile hesaplanmış verimlilikler, en az sabit ağırlıklandırma ile hesaplanmış verimlilikler kadar büyüktürler. Bu CCR sonuçlarına göre, A, B, D en verimli hastanelerdir. Örneğin verimsiz olan C hastanesi için 0,88 çıkan verimlilik değeri, C hastanesinin %12 verimsiz olduğunu göstermektedir. Verimli başvuru grubunun üyeleri ile mukayese edildiği zaman C hastanesi, bütün hastanelerin kendi verimliliklerini ölçmek için “en iyi” ağırlıklarını seçebildiği bir ortamda, %12’lik saf bir teknik verimsizliğe sahiptir²⁰⁵.

“En iyi” rasyo kavramı, tüm sonuçlar için aşağıdaki şartlar altında geçerli olmaktadır²⁰⁶:

1. Bütün veri ve ağırlıklar pozitif ya da sıfırdır.
2. Sonuçta ortaya çıkan rasyo 0 ile 1 arasında olmak zorundadır.

²⁰⁴ Cooper vd.; a.g.e., s. 13.

²⁰⁵ Cooper vd.; a.g.e., s. 13.

²⁰⁶ Bakırcı; a.g.e., s. 140.

3. Verimliliği maksimize edilen hedef birim için uygulanan tüm ağırlıklar, tüm birimlere uygulanmaktadır.

Bunun sonucunda, hedef birim, verimlilik hesaplaması sırasında elde edilen ağırlık kümesinden daha iyi bir ağırlık kümesi seçemez. Çünkü elde edilen ağırlık kümesi, o birimin diğer birimlere göre verimliliğini maksimize ederken seçebileceği en iyi ağırlıklardan oluşmaktadır²⁰⁷.

VZA ile her bir birim için verimsizliğin kaynakları (saf teknik verimsizlik ve karışım verimsizliği gibi) ve miktarları ölçülebilmektedir. Daha da ötesinde, bu verimsizlikleri kıyaslayabilmek için başvuru grupları da belirlenebilmektedir. Bir diğer önemli nokta ise, bu sonuçların minimal varsayımlarla, girdi ve çıktılar arasındaki ilişkilerin fonksiyonel olarak tanımlanmasına ve bu ilişkilerin her bir farklı birim için aynı olduğu gibi bir kabule gerek duyulmadan, hesaplanabilmesidir²⁰⁸.

4.7. Temel Veri Zarflama Analizi Modelleri

VZA tekniği olarak adlandırılan nonparametrik programlama yaklaşımı temel olarak kesirli programlama formundadır. Bu model Charnes vd.²⁰⁹ tarafından 1978 yılında geliştirilmiştir.

VZA, başlıca CCR ve BCC olmak üzere iki modelden oluşmaktadır.

4.7.1. CCR modeli

VZA’da, üzerinde çalışılan girdi ve çıktılarından oluşan sistem “Karar Verme Birimi” olarak adlandırılmaktadır. Karar verme birimleri, girdileri çıktıları dönüştürmekten sorumlu birimlerdir ve bu süreçteki performansları çalışmanın konusudur. Karar verme birimleri, bu esnek tanım çerçevesinde, benzer hizmeti veren kuruluşlar, bankalar, hastaneler, okullar, kütüphaneler, coğrafi bölgeler ve şehirler olabilmektedir. Girdi ve çıktılar, aşağıdaki şartlar altında belirlenmektedir²¹⁰:

1. Her bir girdi ve çıktı için rakamsal veri mevcuttur ve bu veri tüm karar verme birimleri için pozitifdir.

²⁰⁷ Bakırcı; a.g.e., s. 140.

²⁰⁸ Aydemir; a.g.e., s. 59.

²⁰⁹ Charnes vd.; a.g.e., ss. 429-444.

²¹⁰ Cooper vd.; a.g.e., s. 22.

2. Karar verme birimleri için, analizcinin ilgi alanı içerisine giren girdi ve çıktıların seçimi, göreceli verimliliği etkileyebileceği düşünülen bir küme oluşturacak şekilde yapılmalıdır.

3. Farklı girdi ve çıktıların birimleri birbirleriyle uyumlu olmak zorunda değildir. Girdi ve çıktıların birimleri insan sayısı, harcanan para, yüzölçümü gibi farklı şekiller alabilmektedir.

VZA, Charnes ve diğerlerinin önerdiği bir oran formundadır. Bu formda n tane karar verme biriminin m tane farklı girdisi ve s tane farklı çıktısı olduğu varsayılmaktadır. Karar Verme Birimi j, i girdiden x_{ij} miktar girdi tüketerek r çıktıdan y_{rj} miktar çıktı üretmektedir. Bir başka varsayım ise $x_{ij} \geq 0$ ve $y_{rj} \geq 0$ 'dır. Ayrıca her bir karar verme biriminin en az bir girdisinin ve en az bir çıktısının pozitif olduğu varsayılmaktadır. Bu formda $KVB_j = KVB_o$ 'ın göreceli etkinliğinin ölçümünde kullanılan girdiler-çıktılar oranı bulunmaktadır. KVB_o , optimizasyon içinde ölçülmesine çalışılan KVB_j 'lere denilmektedir. $o = 1, \dots, n$ ve $j = 1, \dots, n$ 'dir²¹¹.

CCR modeli, birçok girdi ve birçok çıktıyı tek sanal çıktıya indirgeyen bir yapıya sahiptir. Bir özel karar verme birimi için tek sanal girdi-çıkıtı oranı bir etkinlik ölçüsü sağlamaktadır. Matematiksel programlama dilinde bu oran özel bir karar verme biriminin amaç fonksiyonunun maksimize edilmiş şeklidir. Bu sembolik olarak aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir²¹².

$$\max h_o(u, v) = \frac{\sum_r u_r y_{r0}}{\sum_i v_i x_{i0}}$$

Burada u_r ve v_i 'ler ağırlıklar, y_{r0} ve x_{i0} 'lar ise sırası ile gözlemlenmiş çıktılar ve girdilerdir.

Normalize edilmiş kısıtların kümesi her bir karar verme biriminin sanal çıktı ve sanal girdi oranının bire eşit ya da daha az olacağını göstermektedir. Amaç fonksiyonu ise KVB_o için olan verimlilik oranını maksimize edecek v_i ve u_r ağırlıklarını elde

²¹¹ W. W. Cooper, L. M. Seiford ve Joe Zhu; **Data Envelopment Analysis: History, Models and Interpretations, in Handbook on Data Envelopment Analysis**, Chapter 1, 1-39, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2004, s. 8.

²¹² Cooper, Seiford ve Zhu; a.g.e., ss. 8-9.

etmektedir. Ayrıca tüm girdi ve çıktılar negatif değerler alamazlar. Matematiksel programlama modeli aşağıdaki gibi ifade edilmektedir²¹³.

$$\max h_0(u, v) = \frac{\sum_r u_r y_{r0}}{\sum_i v_i x_{i0}}$$

st

$$\frac{\sum_r u_r y_{rj}}{\sum_i v_i x_{ij}} \leq 1$$

$$v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0 \quad u_1, u_2, \dots, u_s \geq 0$$

x_{i0} = Verimliliği ölçülen o. karar birimine ait i. girdi miktarı

y_{r0} = Verimliliği ölçülen o. karar birimine ait r. çıktı miktarı

x_{ij} = j. karar verme biriminin kullandığı i. girdi miktarı

y_{rj} = j. karar verme biriminin kullandığı r. çıktı miktarı

u_r = o. karar verme biriminden r. çıktıya verilen faktör ağırlığı

v_i = o. karar verme biriminden i. girdiye verilen faktör ağırlığı

Yukarıdaki kesirsel programlama modelinin eşdeğeri, aşağıdaki doğrusal programlama modelidir²¹⁴.

$$\max z = \sum_{r=1}^s \mu_r y_{r0}$$

st

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0$$

$$\mu_r, v_i \geq 0$$

$$r = 1, \dots, s \quad i = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n$$

Eğer modelin kısıt sayısı fazla ise dual model aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

²¹³ Cooper, Seiford ve Zhu; a.g.e., s. 9.

²¹⁴ Cooper, Seiford ve Zhu; a.g.e., s. 10.

$$\theta^* = \min \theta$$

st

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \leq \theta x_{i0}$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \geq y_{r0}$$

$$\lambda_j \geq 0$$

$$r=1, \dots, s \quad i=1, \dots, m \quad j=1, \dots, n$$

VZA metodu, girdiye ve çıktıya yönelik olarak iki yönlü kullanılabilme özelliğine sahiptir. Girdiye yönelik VZA modelleri, belirli bir çıktı bileşimini en etkin bir şekilde üretebilmek amacıyla, kullanılacak en uygun girdi bileşiminin nasıl olması gerektiğini araştırmaktadır. Çıktıya yönelik VZA modelleri ise belirli bir girdi bileşimi ile en fazla ne kadar çıktı bileşiminin elde edilebileceğini araştırmaktadır²¹⁵.

4.7.1.1. Girdiye yönelik CCR modeli

CCR modeli, kolaylık sağlamak için vektör formunda aşağıdaki biçimde yazılabilir.²¹⁶

$$\text{Max: } uy_o$$

Aşağıdaki kısıtlar altında:

$$vx_o = 1$$

$$-vX + uY \leq 0$$

$$v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0$$

$$v \geq 0 \quad u \geq 0$$

u = çıktıların faktör ağırlığı vektörleri

y_0 = o karar verme biriminin üretmiş olduğu çıktı

Y = Bütün karar verme birimlerinin üretmiş olduğu çıktı

v = girdilerin faktör ağırlıklı vektörleri

x_0 = o karar verme biriminin tüketmiş olduğu girdi ve

X = Bütün karar verme birimlerinin tüketmiş olduğu girdiyi göstermektedir.

²¹⁵ A. Charnes, W. W. Cooper ve E. Rhodes; “Evaluating Program And Managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through”, **Management Science**, Vol: 27, No: 6, 1981, s. 669.

²¹⁶ Cooper vd.; a.g.e., s. 43.

$$Y\lambda = \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j$$

$$X\lambda = \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j$$

Satır ve sütun dönüşümü yapılarak primal modelden dual modele geçiş yapılırsa model aşağıdaki gibi ifade edilebilir²¹⁷.

Min: θ

Aşağıdaki kısıtlar altında:

$$\theta x_o - X\lambda \geq 0$$

$$Y\lambda \geq y_o$$

$$\lambda \geq 0$$

Bu dual model veri zarflama analizi literatüründe zarflama modeli olarak bilinmektedir²¹⁸.

Girdiye yönelik CCR zarflama modeli, etkinsiz firmalar için referans ya da başvuru kümesi elde edilmesine imkân sağlamaktadır. Bu yönüyle VZA, etkinsiz birimlerin etkinliğe yönelik girdi, çıktı iyileştirmelerinin hesabına olanak sağlamaktadır. VZA, etkinsiz firmalara doğrudan mühendisliğe dayalı stratejiler sunmaz. VZA, yöneticilerin tanımlayıp geliştireceği verileri sağlayarak etkili bir teşhis aracı olmaktadır²¹⁹.

Referans kümesi, etkinsiz birimleri teknik etkin yapacak ve performanslarında iyileştirmeler sağlayacak hedef girdi, çıktı seviyelerini temsil eden varsayıma dayanan karar biriminin oluşturulmasını sağlamaktadır. Etkinsiz firmanın referans alacağı firmaların çıktılarının ağırlıklı ortalamaları yardımı ile sanal birimin çıktıları, girdilerin ağırlıklı ortalamaları ile de sanal birimin girdileri belirlenmektedir. Bu sanal birimin sunacağı verimlilik seviyesinin etkinsiz firmadan daha yüksek olması ise kısıtlayıcı fonksiyonlar aracılığı ile sağlanmaktadır. Verimsiz bir KVB için iyileştirmeye esas teşkil edecek sanal karar birimi aşağıdaki şekilde oluşturulmaktadır²²⁰:

$$E_o = \{j \mid \lambda_j^* > 0\} (j \in \{1, \dots, n\})$$

²¹⁷ Cooper vd.; a.g.e., s. 43.

²¹⁸ Tarım; a.g.e., s. 61.

²¹⁹ Talluri; a.g.e., s. 9.

²²⁰ Anderson vd.; a.g.e., s. 70.

Verimsiz bir karar birimini pareto etkin yapacak girdi ve çıktı seviyeleri ise aşağıdaki formülasyon yardımı ile belirlenmektedir²²¹.

$$\theta^* x_0 = \sum_{j \in E_0} x_j \lambda_j^* + s_i^-$$

$$y_0 = \sum_{j \in E_0} y_j \lambda_j^* + s_i^+$$

$$\sum_{j \in E_0} x_j \lambda_j^* \text{ varsayımı dayanan sanal girdi seviyesini, } \sum_{j \in E_0} y_j \lambda_j^* \text{ varsayımı}$$

dayanan sanal çıktı seviyesini tanımlamaktadır. Etkinsiz olan i karar biriminin girdilerini θ^* oranında azaltarak ve ya optimal seviyeden daha fazla olan üretimi temsil eden s_i^- miktarı kadar düşürerek pareto etkinliğe ulaşılabilir. Çıktılarda ise s_i^+ miktarı kadar fazla üretim yapılması yeterli olacaktır²²².

CCR modeli ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında etkinlik ölçmektedir. Ölçeğe göre getiri türünün CCR modeli kullanılarak bulunabileceği Banker²²³ tarafından gösterilmiştir. k karar birimi için kurulan CCR modelinin optimal çözümündeki dual değişkenlerin toplam değeri olan λ_k^* değerleri, karar verme birimlerinin ölçeğe göre getiri türünü belirlemede yardımcı olmaktadır²²⁴:

- CCR modelinin optimal çözümünde $\sum_{j \in 1}^n \lambda_k^* = 1$ ise karar verme birimi ölçeğe göre sabit getiri göstermektedir.
- CCR modelinin optimal çözümünde $\sum_{j \in 1}^n \lambda_k^* < 1$ ise karar verme birimi ölçeğe göre artan getiri göstermektedir.
- CCR modelinin optimal çözümünde $\sum_{j \in 1}^n \lambda_k^* > 1$ ise karar verme birimi ölçeğe göre azalan getiri göstermektedir.

²²¹ Aydemir; a.g.e., s. 71.

²²² Aydemir; a.g.e., s. 71.

²²³ Banker; a.g.e., ss. 35-44.

²²⁴ Subhash C. Ray; **Data Envelopment Analysis: Theory and Techniques for Economics and Operation Research**, USA: Cambridge University Press, 2004, ss. 71-74.

4.7.1.2. Çıktıya yönelik CCR modeli

Şu ana kadar, en az çıktı seviyesinde üretimde bulunurken girdileri minimize etmeyi hedefleyen “girdi odaklı model” üzerinde duruldu. Bir başka model ise, en fazla girdi seviyesinde üretimde bulunurken çıktıları maksimize etmeye yarayan “çıktı odaklı model” olarak anılmaktadır. Bu formülasyon aşağıdaki şekildedir²²⁵:

$$\text{Max: } \eta$$

Aşağıdaki kısıtlar altında:

$$x_0 - X\eta \geq 0$$

$$\eta y_0 - Y\mu \leq 0$$

$$\mu \geq 0$$

Bu problem için optimal çözüm, girdi odaklı CCR modelinden doğrudan türetilmektedir:

$$\lambda = \mu / \eta, \theta = 1 / \eta \text{ olarak tanımlanırsa, modelin son hali:}$$

$$\min \theta$$

Aşağıdaki kısıtlar altında:

$$\theta x_0 - X\lambda \geq 0$$

$$y_0 - Y\lambda \leq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

Yukarıdaki yeni formülasyon, girdi odaklı CCR modeliyle aynıdır. Bu sebeple, çıktı odaklı model ile girdi odaklı model, aşağıdaki şekilde birbiriyle ilişkilidir:

$$\eta^* = 1 / \theta^*, \mu^* = \lambda^* / \theta^*$$

4.7.2. BCC modeli

Buraya kadarki bölümde tanıtılan CCR modeli, ölçeğe göre sabit getiri varsayımı üzerine kuruludur. Yani, eğer bir (x,y) vektörü gerçekleştirilebilir ise, (tx, ty) gibi bir vektör de gerçekleştirilebilir özelliğine sahiptir. Diğer bir deyişle, (tx, ty) vektörü de P üretim imkânları kümesine dâhildir. Ancak bu varsayım, değişik üretim imkân kümeleri için modifiye edilebilmektedir. Literatürde, VZA çalışmalarının en başından itibaren, CCR modelinin çeşitli uzanımları araştırılmıştır. Bunlardan birisi de Banker, Charnes ve Cooper tarafından geliştirilen BCC modelidir. BCC modelinde üretim üst sınırı, var

²²⁵ Cooper vd.; a.g.e., s. 58.

olan KVB'lerin oluşturduğu “içbükey zarf” tarafından sınırlanmaktadır. Üretim üst sınırı, parçalı doğrusal bir yapıya sahiptir. Bu özelliğinden dolayı da “değişken dönüşümlü ölçek” özelliği sergilemektedir²²⁶.

Banker, Charnes ve Cooper 1984 yılında, BCC modelini ilk kez ortaya koyduklarında, üretim imkânları kümesini aşağıdaki şekilde tanımlamışlardır²²⁷:

$$P_B = \{ (x, y) \mid x \geq X\lambda, y \leq Y\lambda, e\lambda = 1, \lambda \geq 0 \},$$

$$X = (x_j) \in R^{m \times n},$$

$$Y = (y_j) \in R^{s \times n},$$

$$\lambda \in R^n$$

e: bütün elemanları 1'e eşit olan bir sıra vektörü'dür.

Yukarıdaki tanımlamaya göre, BCC modelini CCR modelinden ayıran tek fark,

$e\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n = 1$ kısıtının CCR modeline eklenmiş olmasıdır. Bu kısıt, $\lambda_j \geq 0$ şartı ile birlikte, n adet KVB'nin çeşitli şekillerdeki kombinasyonlarının, ancak içbükey bir verimlilik üst sınır çizgisi dâhilinde gerçekleşebilmesini sağlamaktadır²²⁸.

4.7.2.1. Girdiye yönelik BCC modeli

Girdi odaklı BCC modeli, n tane KVBo'n (o = 1, ..., n) verimliliğini, aşağıdaki doğrusal programlama modelini çözerek hesaplamaktadır²²⁹:

Min: θB

Aşağıdaki kısıtlar altında:

$$\theta_{Bxo} - X\lambda \geq 0$$

$$Y\lambda \geq y_0$$

$$e\lambda = 1$$

$$\lambda \geq 0$$

θ_B : skalar değer

Yukarıdaki doğrusal programının ikincil formülasyonu aşağıdaki şekildedir:

$$\text{Max: } z = uy_0 - u_0$$

Aşağıdaki kısıtlar altında:

$$vx_0 = 1,$$

²²⁶ Cooper vd.; a.g.e., s. 87.

²²⁷ Banker vd.; a.g.e., ss. 1078-1092.

²²⁸ Cooper vd.; a.g.e., ss. 90-91.

²²⁹ Cooper vd.; a.g.e., s. 91.

$$-vX + uY - u_0e \leq 0,$$

$$v \geq 0, u \geq 0,$$

u_0 : serbest işaretli değişken (pozitif, negatif, ya da sıfır değeri alabilir)

z, u_0 : skalar değerler

İkincil formülasyondan elde edilen ve yukarıdaki formülasyona denk olan kesirsel BCC modeli ise aşağıdaki gibidir:

$$\text{Max} : \frac{uy_o - u_0}{vx_0}$$

Aşağıdaki kısıtlar altında:

$$\frac{uy_o - u_0}{vx_0} \leq 1 \quad (j=1,2,\dots,n)$$

$$v \geq 0, \quad u \geq 0, \quad u_0 \text{ serbest (işaret sınırı yok)}$$

CCR ve BCC modelleri arasındaki fark, CCR modelinde var olmayan bir kısıt olan $e\lambda = 1$ kısıtından ve bu kısıtla bağlantılı olan serbest işaretli değişken u_0 'dan kaynaklanmaktadır²³⁰.

4.7.2.2. Çıktıya yönelik BCC modeli

Çıktı odaklı BCC modeli aşağıdaki gibi yazılabilmektedir²³¹:

$$\text{Max: } \eta_B$$

Aşağıdaki kısıtlar altında:

$$X\lambda \leq x_o$$

$$\eta_B y_o - Y\lambda \leq 0,$$

$$e\lambda = 1,$$

$$\lambda \geq 0.$$

Bu formülasyon, çıktı odaklı BCC modelinin birincil formülasyonudur. İkincil formülasyon ise aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$\text{Min: } z = vx_o - v_o$$

Aşağıdaki kısıtlar altında:

$$u y_o = 1,$$

$$vX - uY - v_o e \geq 0,$$

²³⁰ Cooper vd.; a.g.e., s. 92.

²³¹ Cooper vd.; a.g.e., s. 93.

$$v \geq 0, u \geq 0,$$

uo: serbest işaretli değişken

Bu formülasyona eşdeğer olan kesirsel programlama formülasyonu ise aşağıdaki gibidir²³²:

$$\min = \frac{vx_0 - v_0}{uy_0}$$

Aşağıdaki kısıtlar altında:

$$\frac{vx_j - v_0}{uy_j} \geq 1 \quad (j= 1,2,\dots,n)$$

$$v \geq 0, \quad u \geq 0, \quad u_0 \text{ serbest (işaret sınırı yok)}$$

4.8. Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi

Fare, Grosskopf, Lingren ve Roos²³³ 1989 yılında yaptıkları çalışmada Malmquist toplam faktör verimliliği indekslerinin uzaklık fonksiyonlarının oranı olarak ifade edilebileceğini ortaya koymuşlar ve bundan yararlanmışlardır. Ayrıca, Malmquist türü bir indeksin etkinlikteki değişim ve sınır teknolojisindeki değişmelerin (yani teknolojik değişim olarak) ayrıştırılabileceğini de göstermişlerdir²³⁴.

Firmaya özgü Malmquist verimlilik indeksi, ilk olarak Caves vd.²³⁵ tarafından 1982 yılında geliştirilmiştir. Girdi miktar indekslerini uzaklık fonksiyonlarının oranı olarak tanımlayan Sten Malmquist²³⁶ olduğu için bu indekslere Malmquist adını vermişlerdir. Aslında Malmquist indeksleri, üretim sınırını modellemek için kullanılan uzaklık fonksiyonlarının oranlarından oluşmaktadır. Caves vd. Malmquist indeksini teorik bir indeks olarak tanımlamışlar ve belirli koşullar altında Törnqvist indeksin bu teorik indeksten elde edilebileceğini göstermişlerdir²³⁷.

²³² Cooper vd.; a.g.e., s. 94.

²³³ Rolf Fare, Shawna Grosskopf, B. Lindgren ve P. Roos; "Productivity Development in Swedish Hospitals: A Malmquist Output Index Approach" Discussion Paper 89-3, **Department of Economics**, Southern Illinois University, Carbondale, 1989.

²³⁴ İlknur Yavuz; **İmalat Sanayi ve Alt Kollarında Toplam Faktör Verimliliği Gelişimi Açısından Mekânsal Bir Değerlendirme-İller Düzeyinde Bir Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Uygulaması**-, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları No: 670, Ankara, 2003, s. 31.

²³⁵ R. E. Caves, L. Christensen ve E. Diewert; "The Economic Theory Index Number and The Measurement of Output and Productivity", **Econometrica**, 50, ss. 1393-1414.

²³⁶ Sten Malmquist, "The Making of Index Numbers and Indifference Surfaces", **Trabajos de Estadística**, 4, ss. 209-242.

²³⁷ Grosskopf; a.g.e., s. 175.

Malmquist indeksleri birçok önemli özelliklere sahiptir. Bu indeksler model kurulumunda girdi ya da çıktı fiyatına ihtiyaç duymamaktadırlar. Bu indeksler maliyet minimizasyonu veya kâr maksimizasyonu gibi davranışsal bir varsayıma gerek duymazlar. Fiyatların önemli ölçüde değişkenlik gösterdiği durumlar ve üreticilerin hedef belirlemesinin zorlaştığı koşullar, Malmquist indekslerini kullanışlı hale getirmektedir. Malmquist indekslerinin diğer bir cezbedici özelliği ise verimlilik değişimini kaynaklarına ayırtmalarınıdır²³⁸.

Ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında uzaklık fonksiyonlarını hesaplamadaki güçlük nedeniyle Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi toplam faktör verimliliğindeki değişimleri her zaman doğru ölçemeyebilir ve elde edilen indeksler ölçek etkinliğinden kaynaklanan TFV kazanç ve kayıplarını uygun biçimde yansıtmayabilir. Bu nedenle Malmquist TFV indeksinin hesaplanmasında kullanılan uzaklık fonksiyonlarını tahmin etmek için teknoloji üzerine ölçeğe göre sabit getiri varsayımının empoze edilmesi önem arz etmektedir²³⁹.

Malmquist indeksi, uzaklık fonksiyonları kullanılarak tanımlanmaktadır. Uzaklık fonksiyonları hem girdi hem de çıktı odaklı olarak oluşturulabilmektedir. Girdi odaklı üretim fonksiyonu çıktı vektörü veri iken, girdi vektörünün minimum oransal daralmasını dikkate alarak üretim teknolojisini tanımlamaktadır. Çıktı uzaklık fonksiyonu ise girdi vektörü veri iken çıktı vektörünün maksimum oransal artışını dikkate almaktadır²⁴⁰.

Çıktı odaklı Malmquist verimlilik indeksini tanımlamak için $t = 1, \dots, T$ zaman aralığında, $x^t \in \mathcal{R}_+^N$ girdilerinin, $y^t \in \mathcal{R}_+^M$ çıktılarına dönüşümünün S^t üretim teknolojisinin biçimlendirdiği varsayılmaktadır²⁴¹.

t zamanında çıktı uzaklık fonksiyonu Shephard²⁴² (1970) ve Fare²⁴³ (1988)'den hareketle aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır²⁴⁴.

²³⁸ Rolf Fare, Emili Grifel Tatje, Shawna Grosskopf ve C. A. Knox Lovell; "Biased Technical Change and The Malmquist Productivity Index", **Scandinavian Journal of Economics**, 99:1, 1997, s. 120.

²³⁹ Coelli vd.; a.g.e., s. 224.

²⁴⁰ Timothy James Coelli ve D. S. Prasada Rao; "Total Factor Productivity Growth in Agriculture: A Malmquist Index Analysis of 93 Countries, 1980-2000", Working Paper No. 02/2003, **Centre for Efficiency and Productivity Analysis**, School of Economics, The University of Queensland, 2003, s. 5.

²⁴¹ Grosskopf; a.g.e., s. 175.

²⁴² R. W. Shepard; **The Theory of Cost and Production Functions**, Princeton University Press, Princeton, 1970.

²⁴³ Rolf Fare, Shawna Grosskopf ve C. A. Knox Lovell, "An Indirect Approach to the Evaluation of Procuder Performance", **Journal of Public Economics**, 1988, 37, ss. 71-89.

²⁴⁴ Grosskopf; a.g.e., s. 175.

$$D_0^t(x^t, y^t) = \min\{\theta : (x^t, y^t / \theta) \in S^t\} \quad (1)$$

Uzaklık fonksiyonu $D_0^t(x^t, y^t)$ alacağı değerler, y^t vektörü S^t sınırı (üretim sınırı) üzerinde ise 1; y^t vektörü S^t içindeki teknik etkin olmayan bir noktayı tanımlıyor ise 1'den büyük ve y^t vektörü S^t dışındaki mümkün olmayan bir noktayı tanımlıyor ise 1'den küçüktür²⁴⁵.

Malmquist verimlilik indeksini tanımlamak için t ve t+1 dönemleri için iki farklı uzaklık fonksiyonunu tanımlamak gerekmektedir²⁴⁶.

$$D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1}) = \min\{\theta : (x^{t+1}, y^{t+1} / \theta) \in S^t\} \quad (2)$$

$$D_0^{t+1}(x^t, y^t) = \min\{\theta : (x^t, y^t / \theta) \in S^{t+1}\} \quad (3)$$

2 numaralı uzaklık fonksiyonu, t dönemi teknolojisinde (x^{t+1}, y^{t+1}) 'i gerçekleştirebilmek için çıktıdaki maksimum oransal değişimi ölçmektedir. 3 numaralı uzaklık fonksiyonu ise, t +1 dönemi teknolojisinde (x^t, y^t) 'i gerçekleştirebilmek için çıktıdaki maksimum oransal değişimi ölçmektedir²⁴⁷.

t ve t +1 teknoloji düzeyine göre Malmquist verimlilik indeksleri aşağıda gösterilmektedir²⁴⁸.

$$M_0^t = \frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)}$$

(4)

$$M_0^{t+1} = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \quad (5)$$

4 numaralı eşitlik, t teknoloji düzeyine göre t baz dönemi ile t + 1 cari dönemi arasındaki verimlilik değişimlerini, 5 numaralı eşitlik ise t +1 teknoloji düzeyine göre t +1 baz dönemi ile t cari dönemi arasındaki verimlilik değişimlerini ölçmektedir. 4 numaralı eşitlikte referans teknoloji S^t , 5 numaralı eşitlikte ise S^{t+1} 'dir²⁴⁹.

²⁴⁵ Selçuk Cingi ve Armağan Tarım; "Türk Banka Sisteminde Performans Ölçümü DEA-Malmquist TFP Endeksi Uygulaması", **Türkiye Bankalar Birliği Araştırma Tebliğleri Serisi**, 2000, s. 10.

²⁴⁶ Grosskopf; a.g.e., s. 175.

²⁴⁷ Grosskopf; a.g.e., s. 176.

²⁴⁸ Caves vd.; a.g.e., ss. 1393-1414.

²⁴⁹ Büyükkılıç ve Yavuz; a.g.e., s. 44.

Fare vd.²⁵⁰ 4 ve 5 numaralı eşitliklerde verilen indekslerin geometrik ortalamasını alarak çıktı odaklı bir Malmquist indeksi elde etmişlerdir. Bu indeks aşağıdaki gibidir²⁵¹.

$$M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \left[\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_0^t(x^t, y^t)}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} \quad (6)$$

M_0 endeksinin 1'den büyük olması, toplam faktör verimliliğinin t döneminden t+1 dönemine arttığını veya büyüdüğünü, bu değerin 1'den küçük olması ise toplam faktör verimliliğinin t döneminden t+1 dönemine azaldığını göstermektedir²⁵².

Ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında girdi ve çıktı uzaklık fonksiyonları birbirinin tersine eşit olacaktır. Buna göre girdiye yönelik Malmquist verimlilik indeksi aşağıdaki gibi olacaktır²⁵³.

$$M_I(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \frac{D_I^t(x^t, y^t)}{D_I^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \left[\frac{D_I^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_I^t(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_I^{t+1}(x^t, y^t)}{D_I^t(x^t, y^t)} \right]^{1/2}$$

Yani, ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında girdi ve çıktı odaklı Malmquist indeksleri arasında aşağıdaki ilişki bulunmaktadır²⁵⁴.

$$M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = 1 / [M_I(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t)]$$

Malmquist toplam faktör verimliliği indeksinin teknik etkinlikteki değişmeye ve teknolojik değişmeye ayrıştırılması, her iki faktörün toplam faktör verimliliğine olan katkısının belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Böylece, Denklem 2 iki kısma ayrıldığında etkinlikteki değişme ve teknolojik değişme ayrı ayrı ölçülebilmektedir:

$$\text{Etkinlikteki Değişim} = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \quad (7)$$

$$\text{Teknik Değişim} = \left[\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_0^t(x^t, y^t)}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} \quad (8)$$

²⁵⁰ Fare vd.; a.g.e., ss. 71-89.

²⁵¹ Grosskopf; a.g.e., s. 177.

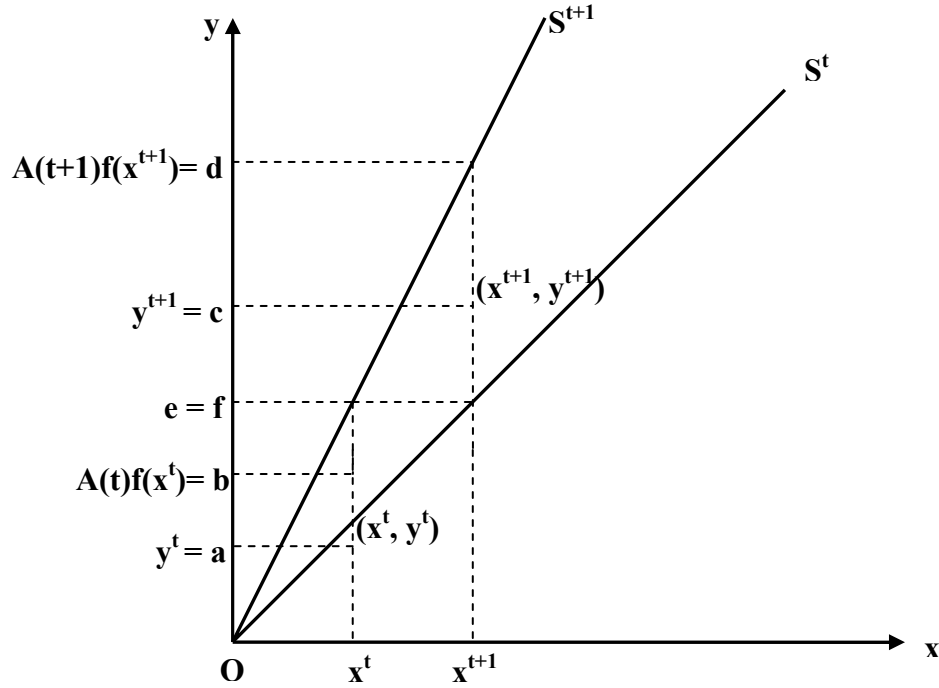
²⁵² Coelli; a.g.e., s. 28.

²⁵³ Rolf Fare ve Shawna Grosskopf, "Reference Guide to OnFront", Economic Measurement and Quality in Lund Corporation, 1998, <http://www.emq.com>, L.A.D. 19.04.2007, ss. 39-40.

²⁵⁴ Fare ve Grosskopf; a.g.e., s. 40.

Burada, teknik etkinlikteki değişme üretim sınırını yakalama etkisi (catching-up effect) olarak ifade edilirken, teknolojik değişme frontier etkisi (üretim imkânları eğrisinin kayması) olarak ifade edilmektedir²⁵⁵.

Şekil 18. Çıktı Odaklı Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi



Kaynak: Shawna Grosskopf; **Efficiency and Productivity**, in H.O. Fried, C.A.K. Lovell & S.S. Schmidt (eds), *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*, Oxford University Press, New York, 1993, s. 178.

8 numaralı eşitlikte verilen teknik değişim eşitliği, x^{t+1} 'de gözlenen teknolojiye kayma ile x^t 'de gözlenen teknolojiye kaymanın geometrik ortalaması olup, x^{t+1} ve x^t 'nin kullandığı iki dönem arasında ki teknolojik kaymayı ölçmektedir. Bu kayma, Şekil 18'de gösterilmiştir. İyileşmeler olduğu durumda Malmquist indeksi birden büyük çıkmaktadır. Oranlarda da sonucun birden büyük çıkması, etkinlik değişiminde ve teknik değişimde ilerleme olduğu anlamına gelmektedir. Verimlilik artışı olduğu halde teknik değişimde azalma olabilmektedir. Ancak etkinlik değişimi bu azalmayı karşılayabilir. Benzer olası durumlar verimlilik düşüşü halinde de olabilmektedir²⁵⁶.

²⁵⁵ Renuka Mahadevan; "A DEA Approach to Understanding the Productivity Growth of Malaysia's Manufacturing Industries", *Asia Pacific Journal of Management*, 19, 2002, s. 590.

²⁵⁶ Büyükkılıç ve Yavuz; a.g.e., s. 45.

6, 7 ve 8 numaralı eşitlikler kullanılarak aşağıdaki eşitlikler yazılabilmektedir²⁵⁷:

$$M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \frac{Oc}{Od} \frac{Ob}{Oa} \left[\frac{Od}{Of} \frac{Oe}{Ob} \right]^{1/2}$$

$$\text{Etkinlikteki Değişim} = \frac{Oc}{Od} \frac{Ob}{Oa}$$

$$\text{Teknik Değişim} = \left[\frac{Od}{Of} \frac{Oe}{Ob} \right]^{1/2} \text{’dir.}$$

Fare vd. 1994 yılında 6 numaralı eşitlikteki etkinlik terimini, ölçek etkinliğindeki değişim ve salt etkinlik değişimi olarak ayrıca ayırtmışlardır. Ölçek etkinliği değişimi, ölçek değişikliği sonucunda verimlilikteki değişimi ifade etmektedir. Ölçek değişikliği ekonomiyi, çıktının optimum ölçeğine yaklaştıran veya uzaklaştıran değişimdir. Ölçeğe göre getiri teknoloji değişkeni ile tanımlanmaktadır. Etkinlik değişimi ölçeğe göre sabit teknoloji varsayımı altında aşağıdaki gibi ayrıştırılabilmektedir²⁵⁸.

$$\frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})_{CRS}}{D_0^t(x^t, y^t)_{CRS}} = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})_{VRS}}{D_0^t(x^t, y^t)_{VRS}} \left[\frac{D_0^t(x^t, y^t)_{VRS}}{D_0^t(x^t, y^t)_{CRS}} \times \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})_{CRS}}{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})_{VRS}} \right]$$

Etkinlik Değişimi = Salt Etkinlik Değişimi x Ölçek Etkinliği Değişimi’dir.

Salt etkinlik değişimi ise ölçeğe göre değişen getiri varsayımı altında teknik etkinlikteki değişimi ölçmektedir. Şekil 19’deki çıktı uzaklık fonksiyonları açısından²⁵⁹;

$$\text{Salt Etkinlik Değişimi} = \frac{OD}{OH} \frac{OG}{OA} \text{’dir.}$$

²⁵⁷ Grosskopf, a.g.e., s. 177.

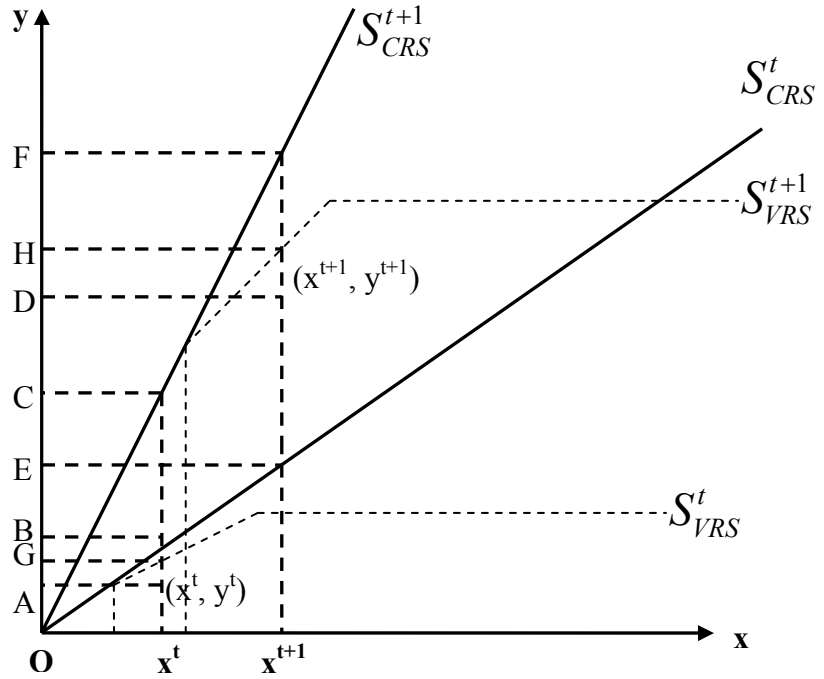
²⁵⁸ Lilyan E. Fulginiti ve Richard K. Perrin; “LDC Agriculture: Nonparametric Malmquist Productivity Indexes”, **Journal of Development Economics**, Vol: 53, 1997, s. 379.

²⁵⁹ Fulginiti ve Perrin; a.g.e., s. 379.

Verilen bir dönemde gözlenen girdiler için ölçek etkinliği değişimi, ölçeğe göre sabit ve ölçeğe göre değişken teknoloji arasındaki sapmaları tasvir etmektedir. Şekil 19'daki çıktı uzaklık fonksiyonları açısından²⁶⁰;

$$\text{Ölçek Değişimi} = \frac{\frac{OA}{OG} \frac{OD}{OF}}{\frac{OB}{OH} \frac{OF}{OG}} = \frac{OB}{OG} \frac{OH}{OF} = \frac{OH}{OF} \frac{OG}{OB}, \text{ dir.}$$

Şekil 19. Çıktı Uzaklık Fonksiyonları



Kaynak: Lilyan E. Fulginiti ve Richard K. Perin; "LDC agriculture: Nonparametric Malmquist Productivity Indexes", *Journal of Development Economics*, Vol: 53, 1997, s. 377.

Malmquist toplam faktör verimliliği indeksinin hesaplanmasında gerekli olan uzaklık fonksiyonlarını tahmin etmek için en yaygın kullanılan yöntem, veri zarflama analizidir. Bir panel veri seti olduğunda, VZA doğrusal programları kullanılarak gerekli uzaklıklar hesaplanabilir. t ve t+1 dönemleri herhangi bir k' ülkesinin verimliliğini hesaplamak için dört adet uzaklık fonksiyonu ($D_0^t(x^t, y^t)$, $D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$, $D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})$, $D_0^{t+1}(x^t, y^t)$) hesaplanmalıdır. Bu ise dört adet

²⁶⁰ Fulginiti ve Perrin; a.g.e., s. 379.

doğrusal programlama probleminin çözümünü gerektirmektedir. Ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında gerekli olacak DP'ler şunlardır²⁶¹:

I.

$$\begin{aligned}
 & \left[D_0^{k',t}(x^{k',t}, y^{k',t}) \right]^{-1} = \max \theta^{k'} \\
 & st \quad k = 1, \dots, K \\
 & \theta^{k'} y_m^{k',t} \leq \sum_{k=1}^K z^{k,t} y_m^{k,t} \quad m = 1, \dots, M \\
 & \sum_{k=1}^K z^{k,t} x_m^{k,t} \leq x_n^{k',t} \quad n = 1, \dots, N \\
 & z^{k,t} \geq 0
 \end{aligned}$$

II.

$$\begin{aligned}
 & \left[D_0^{k',t+1}(x^{k',t+1}, y^{k',t+1}) \right]^{-1} = \max \theta^{k'} \\
 & st \\
 & \theta^{k'} y_m^{k',t+1} \leq \sum_{k=1}^K z^{k,t+1} y_m^{k,t+1} \\
 & \sum_{k=1}^K z^{k,t+1} x_m^{k,t+1} \leq x_n^{k',t+1} \\
 & z^{k,t+1} \geq 0
 \end{aligned}$$

III.

$$\begin{aligned}
 & \left[D_0^{k',t+1}(x^{k',t}, y^{k',t}) \right]^{-1} = \max \theta^{k'} \\
 & st \\
 & \theta^{k'} y_m^{k',t} \leq \sum_{k=1}^K z^{k,t} y_m^{k,t+1} \\
 & \sum_{k=1}^K z^{k,t} x_m^{k,t+1} \leq x_n^{k',t} \\
 & z^{k,t} \geq 0
 \end{aligned}$$

²⁶¹ Rolf Fare, Shawna Grosskopf, M. Norris ve Z. Y. Zhang; “Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Change in Industrialized Countries”, **The American Economic Review**, 84, 1994, s. 75.

IV.

$$\begin{aligned}
& \left[D_0^{k',t} (x^{k',t+1}, y^{k',t+1}) \right]^{-1} = \max_{st} \theta^{k'} \\
& \theta^{k'} y_m^{k',t+1} \leq \sum_{k=1}^K z^{k,t} y_m^{k,t} \\
& \sum_{k=1}^K z^{k,t} x_m^{k,t} \leq x_n^{k',t+1} \\
& z^{k,t} \geq 0
\end{aligned}$$

Yukarıda verilen dört adet DP problemi, örnekteki her bir firma için çözümlenmelidir. Eğer örnekte 50 firma ve dört dönem var ise 500 adet DP çözümlenmelidir. Böylece, N sayıda firma ve T zaman dönemi olduğunda çözülmesi gereken DP sayısı $= Nx(3T-2)$ dir²⁶².

Uzaklık fonksiyonları yaklaşımı, teknik etkinlikteki değişimin ölçek etkinliği ve “pür” teknik etkinlik kısımlarına ayrıştırılmasıyla genişletilebilir. Bu ayrıştırma, ilave iki DP’nin daha çözümünü gerektirir (iki üretim noktası karşılaştırıldığında). Bu (I) ve (II) doğrusal programların her birisine ($N1'\lambda=1$) konvekslik sınırlamasının ilavesiyle tekrarlanmasını içerir. Yani, bu iki fark fonksiyonu ölçeğe göre sabit getiri teknolojisi yerine ölçeğe göre değişken getiriye göre hesaplanır. Bu durumda N firma ve T zaman dönemi için çözülmesi gereken DP sayısı $= Nx(4T-2)$ olur. Ancak, ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında hesaplama yapmak her zaman kolay olmamaktadır. Çünkü bazı dönem içi ortaya çıkan farklar her zaman tanımlanmayabilirler. Bu nedenle ölçeğe göre sabit getiri varsayımı tercih edilebilir²⁶³.

²⁶² Ertuğrul Deliktaş; ”İzmir Küçük, Orta ve Büyük Ölçekli İmalat Sanayinde Üretim Etkinliği ve Toplam Faktör Verimliliği Analizi”, **Working Papers in Economics**, Working Paper No: 06/03, 2006, s. 8.

²⁶³ Coelli vd.; a.g.e., s. 226.

BEŞİNCİ BÖLÜM

5. UYGULAMA

5.1. Literatür Özeti

Literatür incelendiğinde Veri Zarflama Analizi ve Malmquist indeksi yardımı ile İmalat Sanayi’nde toplam faktör verimliliğini ölçme ile ilgili yerli ve yabancı birçok çalışmaya rastlamak mümkündür. Aşağıda son yıllarda yapılmış yerli ve yabancı çalışmalardan bazıları yer almaktadır.

Deliktaş²⁶⁴, 1990–2000 yılları arasında Türkiye özel sektör imalat sanayinin teknik etkinlik düzeyi ve toplam faktör verimliliğindeki değişimleri Malmquist verimlilik indeksi ve Veri Zarflama Analizi yaklaşımı kullanarak analiz etmiştir. Elde edilen sonuçlar en yüksek performansa sahip alt sektörün, kâğıt ve kâğıt ürünleri sanayi (teknik etkinlik düzeyi = 0.937) ve en az etkin sektörün ise taş ve toprağa dayalı sanayi (teknik etkinlik düzeyi = 0.694) olduğunu göstermektedir. Bulgular 1990–2000 dönemi için Marmara Bölgesinin en başarılı bölge olduğunu ortaya koymaktadır. En düşük performanslı illerin ise Ege ve İç Anadolu Bölgesinde yer aldığı tespit edilmiştir.

Yavuz²⁶⁵, 1981–2000 yılları arasında seçilen bazı iller düzeyinde ISIC Rev.2 sınıflandırmasına göre toplam faktör verimliliği değişimini Malmquist indeksi yardımı ile ölçmeye çalışmıştır. İllerin toplam faktör verimliliği değişimlerine bakıldığında; en yüksek artışın yıllık ortalama %7.5 ile Bitlis’te, en büyük düşüşün ise %4.7 ile Mersin’de olduğu gözlenmiştir.

Karadağ vd.²⁶⁶, 1990–1998 yılları arasında seçilen iller bazında teknik etkinlik düzeyleri ve toplam faktör verimliliğindeki değişimleri Malmquist verimlilik indeksi ve Veri Zarflama Analizi yaklaşımı kullanarak ölçmüşlerdir. Özel sektör bazında seçilen illerin yarısı Toplam Faktör Verimliliği bakımından artış kaydetmiş ve bu iller içerisinde en yüksek artış ortalama %5.5 ile Zonguldak olmuştur. Kamu sektörü için 9 ilde Toplam Faktör Verimliliğinde artış kaydedilmiş ve bu iller içerisinde en yüksek artış ortalama %8.1 ile Kocaeli olmuştur.

²⁶⁴ Ertuğrul Deliktaş; “Türkiye Özel Sektör İmalat Sanayiinde Etkinlik ve Toplam Faktör Verimliliği Analizi”, **ODTÜ Gelişme Dergisi**, Cilt: 29, Sayı: 3-4, 2002, ss. 247-284.

²⁶⁵ İlknur Yavuz; **İmalat Sanayii ve Alt Kollarında Toplam Faktör Verimliliği Gelişimi Açısından Mekânsal Bir Değerlendirme –İller Düzeyinde Bir Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Uygulaması-**, MPM Yayınları No: 670, Ankara, 2003.

²⁶⁶ Metin Karadağ, A. Özlem Önder ve Ertuğrul Deliktaş; “Growth of Factor Productivity in the Turkish Manufacturing Industry at Provincial Level”, **Regional Studies**, 39 (2), 2005, ss. 213-223.

Büyükkılıç ve Yavuz²⁶⁷, 1994–2001 yılları arasında Türkiye İmalat Sanayi ISIC Rev.3 sanayi grupları için teknik etkinlik düzeyleri ve toplam faktör verimliliğindeki değişimleri Malmquist indeksi yardımı ile hesaplamıştır. İndeks hesaplaması sonucunda 1994–2001 yılları arasında, imalat sanayi bütününde yıllık ortalama %1.2’lik bir toplam faktör verimliliği düşüşü gözlenmiştir.

Deliktaş²⁶⁸, 1991–2000 yılları arasında İzmir imalat sanayi alt sektörlerinin teknik etkinlik düzeyleri ve toplam faktör verimliliğindeki değişimleri Malmquist verimlilik indeksi metotları ve Veri Zarflama Analizi yaklaşımı kullanarak ölçmüştür. Çalışma sonuçlarına göre; İzmir imalat sanayi alt sektörlerinde genellikle büyük ölçekli işletmelerin hem orta hem de küçük ölçekli işletmelere oranla daha yüksek performansa sahip oldukları tespit edilmiştir. İzmir imalat sanayi alt sektörlerinden yalnızca tütün sanayi alt sektöründe teknolojik gerileme tespit edilmiştir. 1991–2000 dönemi için İzmir imalat sanayinde toplam faktör verimliliğinde yıllık ortalama %0.3’lük bir artış olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Aytemiz²⁶⁹, 1980–2001 yılları arasında Türkiye imalat sanayinde teknik etkinlik düzeyleri ve toplam faktör verimliliğindeki değişimleri Malmquist verimlilik indeksi metotları ve Veri Zarflama Analizi yaklaşımı kullanarak ölçmüştür. Toplam faktör verimliliğindeki değişim, Türkiye imalat sanayi (ISIC Rev. 2) üç hane düzeyinde 29 alt sektör için test edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; genel olarak tüm sektör gruplarında verimlilik artışı olduğu gözlenmiştir. Verimlilik artışlarının en yüksek olduğu sektörler: Düşük teknoloji sanayilerinde Tütün Sanayi (%5.9) ve Ayakkabı Sanayi (%5.1); orta teknoloji sanayilerinde Diğer İmalat Sanayi (%3.8) ve Plastik Ürünleri Sanayi (%2.1); ileri teknoloji sanayilerinde Makine Sanayi (%4.3)’dir.

Domazlicky ve Weber²⁷⁰, 1977–1986 dönemi için Amerika Birleşik Devletlerinde 48 eyalet için Malmquist Verimlilik İndeksini kullanarak Toplam Faktör Verimliliğini hesaplamaya çalışmışlardır. Araştırma sonucuna göre Toplam faktör

²⁶⁷ Deniz Büyükkılıç ve İlknur Yavuz; **İmalat Sanayinde Toplam Faktör Verimliliği: Teknik Değişim, Teknik Etkinlik (1994-2001)**, MPM Yayınları No: 685, Ankara, 2005.

²⁶⁸ Ertuğrul Deliktaş; "İzmir Küçük, Orta ve Büyük Ölçekli İmalat Sanayinde Üretim Etkinliği ve Toplam Faktör Verimliliği Analizi", **Working Papers in Economics**, Working Paper No: 06/03, 2006, ss. 1-45.

²⁶⁹ Semiha Kaya Aytemiz; "Ticaretin Serbestleşmesi ve Türkiye İmalat Sanayinde Toplam Faktör Verimliliği", **Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt: 7, Sayı: 2, 2006, ss. 71-93.

²⁷⁰ Bruce R. Domazlicky ve William L. Weber; "Total Factor Productivity in the Contiguous United States, 1977-1986", **Journal of Regional Science**, Vol: 37, No: 2, 1997, ss. 213–233.

verimliliğindeki ortalama yıllık büyüme oranı 1977 yılından 1986 yılına kadar %1.5'den daha az olarak gerçekleşmiştir.

Pereira vd.²⁷¹, 1996–2000 yılları arasında Brezilya Endüstrisindeki firmaların Toplam faktör verimliliğini Veri zarflama Analizi ve Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi yardımıyla hesaplamıştır. Sonuç olarak Brezilya Endüstrisi 1996–2000 dönemi için yıllık %2.9'luk negatif bir Toplam Faktör Verimliliği İndeksine sahip olduğu bulunmuştur.

Chin ve Tongzon²⁷², 1985–2000 yılları arasında Singapur'da 10 sektörün Toplam faktör verimliliğini Veri Zarflama Analizi ve Malmquist verimlilik indeksi yardımı ile tespit etmeye çalışmışlardır. Araştırma sonucuna göre toplam faktör verimliliği büyümesi %2.8 olarak bulunmuştur.

Angeriz, McCombie ve Roberts²⁷³, 1986–2002 yılları arasında Avrupa NUTS1 alanında faaliyet gösteren 68 İmalat Sanayi sektörü için toplam faktör verimliliği büyümesini Veri Zarflama Analizi ve Malmquist Verimlilik İndeksi yardımıyla hesaplamaya çalışmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre NUTS1 bölgesi için Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi yıllık %1.86 olarak bulunmuştur.

Sowlati ve Vahid²⁷⁴, 1994–2002 yılları arasında Kanada imalat sanayisindeki verimlilik değişimlerini Veri Zarflama Analizi ve Malmquist verimlilik indeksi yardımı ile analiz etmişlerdir. Yine verimlilik değişimini teknik değişime ve etkinlik değişimine ayırmaya çalışmışlardır. İmalat sektörünün tümünde çalışma dönemi boyunca verimlilikteki büyümenin %9 oranında olduğu saptanmıştır. Verimlilik artışının en fazla olduğu sektör Petrol ve Kömür Ürünleri İmalat Sanayi olmuştur.

²⁷¹ Euler Pereira, G. De Mello, Paulo Brigido ve R. Macedo; "Total Factor Productivity Growth, Technical Progress, and Technical Efficiency Change in the Brazilian Industry in 1996-2000: A Firm-Level DEA Approach", 2003, <http://www.anpec.org.br/encontro2003/artigos/D35.pdf>, L.A.D. 17.04.2007.

²⁷² Nancy Chin ve Jose Tongzon; "Total Factor Productivity Growth at Sectoral Level: The Case of Singapore Hotel Industry", 2004, <http://www.uq.edu.au/economics/appc2004/Papers/cs5D1.pdf>, L.A.D. 17.04.2007.

²⁷³ Alvaro Angeriz, John McCombie ve Mark Roberts; "Productivity, Efficiency and Technological Change in European Union Regional Manufacturing: A Data Envelopment Analysis Approach", **The Manchester School**, Vol: 74, No: 4, 2006, ss. 500-525.

²⁷⁴ Taraneh Sowlati ve Saba Vahid; "Malmquist Productivity Index of The Manufacturing Sector in Canada from 1994 to 2002, with a focus on the Wood Manufacturing Sector", **Scandinavian Journal of Forest Research**, Vol: 21, No: 5, 2006, ss. 424-433.

Maria ve Ciccone²⁷⁵, 1985–2004 yılları arasında Lüksemburg İmalat Sanayinde toplam faktör verimliliği büyümesini Veri Zarflama Analizi ve Malmquist verimlilik indeksi yardımı ile tespit etmeye çalışmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre 1986–2004 dönemi için Toplam Faktör Verimliliği Büyümesi %1.7, 1986–1990 dönemi için Toplam Faktör Verimliliği Büyümesi %2.39, 1990–2000 dönemi için Toplam Faktör Verimliliği Büyümesi %1.71, 2000–2004 dönemi için Toplam Faktör Verimliliği Büyümesinin %0.7 olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Kumar²⁷⁶, 1982–2001 yılları arasında Hindistan imalat sanayi için teknik etkinlik düzeyleri ve toplam faktör verimliliğindeki değişimleri Malmquist verimlilik indeksi yardımı ile hesaplamıştır. Araştırma sonuçlarına göre; 1982–1993 yılları itibariyle toplam faktör verimliliği büyümesinin %1.7, 1993–2001 yılları arasında ise %3 olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

5.2 Araştırmanın Amacı, Kapsamı ve Önemi

Bu çalışmanın temel amacı, İstatistikî Bölge Birimleri Sınıflandırmasına göre TRA1 alt bölgesinde (Erzurum, Erzincan, Bayburt) faaliyet gösteren imalat sanayi işletmeleri alt sektörlerinin teknik etkinlik ve toplam faktör verimliliğini ölçmeye çalışmaktır.

Çalışmada 2004–2007 dönemine ait Bayburt ilinde 25, Erzincan ilinde 120 ve Erzurum ilinde 156 olmak üzere toplam 301 işletmeye anket uygulanmıştır. Bu 301 işletme, ISIC (International Standart Industrial Classification of all economic activities) Rev.3 sınıflandırmasına göre imalat sanayi 4'lü kodlu toplam 52 alt kolda faaliyette bulunmaktadır.

İmalat sanayinde toplam faktör verimliliği göstergeleri pek çok açıdan önem arz etmektedir. Sanayileşmenin göstergelerinden birisinin de imalat sanayinde verimlilik olduğunu söylemek yanlış olmaz. Hangi düzeyde olursa olsun verimlilik üzerine bir şeyler söyleyebilmek, verimlilikte iyileşme sağlayabilmek için öncelikle verimliliğin

²⁷⁵ Charles Henri Di Maria ve Julien Ciccone; “Total Factor Productivity Growth, Technical Change and Efficiency Change in Luxemburg’s Industrial Sector”, 2006, [http://www.tudor.lu/cms/lisbonne2006/publishing.nsf/0/B08C6B6257B00520C125720D004C38E1/\\$file/Di_Maria_Ciccone.pdf](http://www.tudor.lu/cms/lisbonne2006/publishing.nsf/0/B08C6B6257B00520C125720D004C38E1/$file/Di_Maria_Ciccone.pdf), L.A.D. 15.04.2007.

²⁷⁶ Surender Kumar; “A Decomposition of Total Factor Productivity Growth: A Regional Analysis of Indian Industrial Manufacturing Growth”, **National Institute of Public Finance and Policy Working Paper**, No: 22, 2004, National Institute of Public Finance and Policy (NIPFP), New Delhi, India.

ölçülmesi gerekmektedir²⁷⁷. Yine Toplam Faktör Verimliliğindeki artış kaynakların daha etkin biçimde yeniden dağılması, teknolojik gelişme, daha etkin bir yönetim ve bilgi artışları gibi olumlu sonuçlara neden olmaktadır.

5.3. Araştırmanın Metodolojisi

İstatistikî Bölge Birimleri Sınıflandırmasına (NUTS II) göre TRA1 alt bölgesinde (Erzurum, Erzincan, Bayburt) faaliyet gösteren imalat sanayi alt sektörlerinin teknik etkinlik ve toplam faktör verimliliği analizinde, 2004–2007 dönemine ait panel veriler kullanılmıştır.

Çalışmada yer alan imalat sanayine ilişkin veriler, Bayburt ilinde 25, Erzincan ilinde 120 ve Erzurum ilinde 156 olmak üzere toplam 301 işletmeden anket yolu ile temin edilmiştir. Erzurum, Erzincan, Bayburt illerinin sektörel verileri üç basamaklı ISIC (International Standart Industrial Classification of All Economic Activities, Tüm Ekonomik Faaliyetlerin Uluslararası Standart Sanayi Sınıflaması) imalat sanayi sınıflamasına göre alt sektörlerle ait çıktı, iş gücü, sermaye ve girdi verilerinden oluşmaktadır. ISIC Rev. 3 sınıflandırmasına göre imalat sanayi dörtlü kodlu alt kollarında bulunan sektörler Tablo 11’de verilmektedir.

Tablo 11. ISIC Rev.3’e Göre İmalat Sanayi Dörtlü Kodlu Alt Sektörler

ISIC Kodu	Sektör
15	Gıda Ürünleri ve İçecek İmalatı
1511	Mezbahacılık; etin işlenmesi ve saklanması
1512	Balık ve balık ürünlerinin işlenmesi ve saklanması
1513	Sebze ve meyvelerin işlenmesi ve saklanması
1514	Bitkisel ve hayvansal katı yağ imalatı
1520	Süt ürünleri imalatı
1531	Öğütülmüş tahıl ürünleri imalatı
1532	Nişasta ve nişasta ürünlerinin imalatı
1533	Hazır hayvan yemleri imalatı
1541	Fırın ürünleri imalatı
1542	Şeker ürünleri imalatı
1543	Kakao, şekerleme ve çikolata imalatı
1544	Makarna, şehriye, kuskus vb. unlu mamullerin imalatı
1549	Başka yerde sınıflandırılmamış gıda maddeleri imalatı
1551	Alkollü içeceklerin damıtılması, arıtılması ve karıştırılması

²⁷⁷ Büyükkılıç ve Yavuz; a.g.e., s. 13.

1552	Şarap imalatı
1553	Bira ve malt imalatı
1554	Alkolsüz içecek imalatı, maden ve memba suları imalatı
16	Tütün Ürünleri İmalatı
1600	Tütün ürünleri imalatı
17	Tekstil Ürünleri İmalatı
1711	Tekstil elyafının hazırlanması ve iplik haline getirilmesi; tekstil dokumacılığı
1712	Tekstilin aprenlenmesi
1721	Giyim eşyası dışındaki hazır tekstil ürünleri imalatı
1722	Halı ve kilim imalatı
1723	Halat, ip, sicim ve ağ imalatı
1729	Başka yerde sınıflandırılmamış tekstil ürünleri imalatı
1730	Trikotaj (örme) ürünleri imalatı
18	Giyim Eşyası İmalatı; Kürkün İşlenmesi ve Boyanması
1810	Kürk hariç giyim eşyası imalatı
1820	Kürkün işlenmesi ve boyanması
19	Dabaklanmış Deri, Bavul, El Çantası, Saraciye ve Ayakkabı İmalatı
1911	Derinin dabaklanması ve işlenmesi
1912	Bavul, el çantası vb. ile koşum takımı imalatı
1920	Ayakkabı imalatı
20	Ağaç ve Mantar Ürünleri (Mobilya Hariç); Hasır Vb. Örülerek Yapılan Maddelerin İmalatı
2010	Kereste ve parke sanayi
2021	Tahta plaka imalatı; kontrplak, yonga levha, sunta ve diğer pano ve tahtaların imalatı
2022	İnşaat kerestesi ve doğrama imalatı
2023	Ağaçtan yapılan ambalaj malzemeleri imalatı
2029	Diğer ağaç ürünleri imalatı
21	Kâğıt ve Kâğıt Ürünleri İmalatı
2101	Kâğıt hamuru, kâğıt ve mukavva imalatı
2102	Oluklu karton ve mukavva ile kâğıt ve mukavvadın yapılan ambalajların imalatı
2109	Diğer kâğıt ve mukavva ürünleri imalatı
22	Basım ve Yayım; Plak, Kaset vb. Kayıtlı Medyanın Çoğaltılması
2211	Kitap, broşür, müzik kitapları ve diğer yayınların yayımı
2212	Gazete, dergi ve süreli yayımların yayımı
2213	Plak, kaset v.b. kayıtlı medyanın yayımı
2219	Diğer yayımlar
2221	Basım
2222	Basımla ilgili hizmet faaliyetleri
2230	Plak, kaset vb. kayıtlı medyanın çoğaltılması
23	Kok Kömürü, Rafine Edilmiş Petrol Ürünleri ve Nükleer Yakıt İmalatı
2310	Kok fırını ürünleri imalatı
2320	Rafine edilmiş petrol ürünleri imalatı
2330	Nükleer yakıtın elde edilmesi
24	Kimyasal Madde ve Ürünlerin İmalatı
2411	Ana kimyasal maddelerin imalatı

2412	Kimyasal gübre ve azotlu bileşiklerin imalatı
2413	Sentetik kauçuk ve plastik hammaddelerinin imalatı
2421	Pestisit (haşarat ilacı) ve diğer zirai-kimyasal ürünlerin imalatı
2422	Boya, vernik ve benzeri kaplayıcı maddeler ile matbaa mürekkebi ve macun imalatı
2423	Eczacılıkta ve tıpta kullanılan kimyasal ve bitkisel kaynaklı ürünlerin imalatı
2424	Sabun ve deterjan, temizlik ve cilalama maddeleri; parfüm; kozmetik ve tuvalet malzemeleri imalatı
2429	Başka yerde sınıflandırılmamış kimyasal ürünlerin imalatı
2430	Suni elyaf imalatı
25	Plastik ve Kauçuk Ürünlerin İmalatı
2511	İç ve dış lastik imalatı; lastiğe sırt geçirilmesi ve yeniden işlenmesi
2519	Diğer kauçuk ürünleri imalatı
2520	Plastik ürünleri imalatı
26	Metalik Olmayan Diğer Mineral Ürünlerin İmalatı
2610	Cam ve cam ürünleri imalatı
2691	Yapı malzemeleri dışındaki, ateşe dayanıklı olmayan seramik eşya imalatı (çanak, çömlek, çini, porselen v.b.)
2692	Ateşe dayanıklı seramik ürünlerin imalatı
2693	Ateşe dayanıklı olmayan, kil ve seramik yapı malzemesi ürünlerinin imalatı
2694	Çimento, kireç ve alçı imalatı
2695	Çimento ve alçı ile sertleştirilmiş maddelerin imalatı
2696	Taşın kesilmesi, şekil verilmesi ve kullanılabilir hale getirilmesi
2699	Başka yerde sınıflandırılmamış, metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı
27	Ana Metal Sanayi
2710	Demir-çelik ana sanayi
2720	Demir-çelik dışındaki ana metal sanayi
2731	Demir ve çeliğin dökümü
2732	Demir dışındaki metallerin dökümü
28	Metal Eşya Sanayi (Makine ve Teçhizatı Hariç)
2811	Metal yapı malzemeleri imalatı
2812	Tank, sarnıç ve metal muhafaza imalatı
2813	Buhar kazanı imalatı, merkezi kalorifer kazanları hariç
2891	Metallerin dövülmesi, preslenmesi, baskılanması ve yuvarlanması; toz metalurjisi
2892	Ücret veya sözleşme esasına dayalı olarak, metallerin kaplanması ve işlenmesi
2893	Çatal-bıçak takımı, el aletleri ve hırdavat malzemeleri imalatı
2899	Başka yerde sınıflandırılmamış metal eşya imalatı
29	Başka Yerde Sınıflandırılmamış Makine ve Teçhizat İmalatı
2911	İçten yanmalı motor ve türbin imalatı; uçak, motorlu taşıt ve motosiklet motorları hariç
2912	Pompa, kompresör, musluk ve vana imalatı
2913	Mil yatağı, dişli, dişli takımı ve tahrik tertibatı imalatı
2914	Sanayi fırını, ocak ve ocak ateşleyicilerin imalatı
2915	Kaldırma ve taşıma teçhizatı imalatı
2919	Diğer genel amaçlı makinelerin imalatı

2921	Tarım ve orman makineleri imalatı
2922	Takım tezgâhları imalatı
2923	Metalurji makineleri imalatı
2924	Maden, taşocağı ve inşaat makineleri imalatı
2925	Gıda, içecek ve tütün işleyen makinelerin imalatı
2926	Tekstil, giyim eşyası ve deri işlemede kullanılan makinelerin imalatı
2927	Silah ve mühimmat imalatı
2929	Diğer özel amaçlı makinelerin imalatı
2930	Başka yerde sınıflandırılmamış ev aletleri imalatı
30	Büro, Muhasebe ve Bilgi İşlem Makineleri İmalatı
3000	Büro, muhasebe ve bilgi işlem makineleri imalatı
31	Başka Yerde Sınıflandırılmamış Elektrikli Makine ve Cihazlar İmalatı
3110	Elektrik motoru, jeneratör ve transformatörlerin imalatı
3120	Elektrik dağıtım ve kontrol cihazları imalatı
3130	İzole edilmiş tel ve kablo imalatı
3140	Akümülatör, pil ve batarya imalatı
3150	Elektrik ampulü ve lambaları ile aydınlatma teçhizatı imalatı
3190	Başka yerde sınıflandırılmamış elektrikli teçhizat imalatı
32	Radyo, Televizyon, Haberleşme Teçhizatı ve Cihazları İmalatı
3210	Elektronik valf ve elektron tüpleri ile diğer elektronik parçaların imalatı
3220	Radyo ve televizyon vericileri ile telefon ve telgraf hattı teçhizatı imalatı
3230	Televizyon ve radyo alıcıları; ses ve görüntü kaydeden veya üreten teçhizat ve bunlarla ilgili araçların imalatı
33	Tıbbi Aletler; Hassas Optik Aletler ve Saat İmalatı
3311	Tıbbi ve cerrahi teçhizat ile ortopedik araçların imalatı
3312	Ölçme, kontrol, test, seyrüsefer ve benzer amaçlı alet ve cihazların imalatı; sanayide kullanılan işlem kontrol teçhizatı hariç
3313	Sanayide kullanılan işlem kontrol teçhizatı imalatı
3320	Optik aletler ve fotoğrafçılık teçhizatı imalatı
3330	Saat imalatı
34	Motorlu Kara Taşıtı ve Römorklar İmalatı
3410	Motorlu kara taşıtlarının imalatı
3420	Motorlu kara taşıtları karoseri imalatı; römork ve yarı- römork imalatı
3430	Motorlu kara taşıtları ve bunların motorlarıyla ilgili parça ve aksesuarların imalatı
35	Diğer Ulaşım Araçları İmalatı
3511	Gemi yapımı ve onarımı
3512	Eğlence ve sportif amaçlı teknelerin yapımı ve onarımı
3520	Demiryolu ve tramvay lokomotifleri ile vagonlarının imalatı
3530	Hava ve uzay taşıtları imalatı
3591	Motosiklet imalatı
3592	Bisiklet ve sakat taşıyıcıları imalatı
3599	Başka yerde sınıflandırılmamış ulaşım araçları imalatı
36	Mobilya ve Başka Yerde Sınıflandırılmamış Diğer Ürünlerin İmalatı
3610	Mobilya imalatı
3691	Kuyumculuk ve ilgili maddelerin imalatı
3692	Müzik aletleri imalatı

3693	Spor malzemeleri imalatı
3694	Oyun ve oyuncak imalatı
3699	Başka yerde sınıflandırılmamış diğer imalatlar
37	Yeniden Değerlendirme
3710	Metal atık ve hurdaların yeniden değerlendirilmesi
3720	Metal olmayan atık ve hurdaların yeniden değerlendirilmesi

Kaynak: www.die.gov.tr

Toplam faktör verimliliği indeksi oluşturulurken imalat sanayinin çıktısı olarak Devlet İstatistik Enstitüsünün Yıllık İmalat Sanayii İstatistiklerinde verilen “çıktı (y)” değişkeni kullanılmıştır. Devlet İstatistik Enstitüsünün tanımına göre çıktı, satışlara ve başkalarına yapılan hizmetler karşılığı elde edilen gelirlere, yılsonu mamul ve yarı mamul stokları, yıl içinde dışarıya satılan elektrik değeri ile kendi personelinin yapmış olduğu sabit değerler, üretim değeri toplamına eklenip, yılbaşı mamul ve yarı mamul stoklarının çıkarılmasıyla elde edilmektedir²⁷⁸.

Girdi değişkenleri olarak, Devlet İstatistik Enstitüsünün tanımı ile girdi (x_1), işgücü değişkeni olarak yılda çalışılan işçi-saat toplamı (x_2) ve sermaye değişkeni olarak ise yılsonunda kurulu olan toplam çevirici güç kapasitesi (x_3) kullanılmıştır. Tablo 12’de değişkenler, tanımları ile birlikte yer almaktadır.

Tablo 12. Çalışmada Kullanılan Çıktı ve Girdi Değişkenleri

DEĞİŞKENLER	Birim
Çıktı değişkeni	
ÇIKTI Satışlar ve başkalarına yapılan hizmetler karşılığı elde edilen gelirler, yılsonu mamul ve yarı mamul stokları, yıl içinde dışarıya satılan elektrik değeri ile kendi personeli yapılan sabit değerler üretim değeri toplamından yılbaşı mamul ve yarı mamul stoklarının çıkarılmasıyla elde edilmiştir.	YTL
Girdi Değişkenleri	
GİRDİ Satın ve devralınan mal ve hizmetlerin değeri, yılbaşı stokları (hammadde, yardımcı maddeler, ambalaj malzemesi ve yakıtlar) değeri ile dışarıdan satın alınan elektrik değeri toplamından yılsonu stok değerlerinin (hammadde, yardımcı maddeler, ambalaj malzemesi ve yakıtlar) çıkarılmasıyla elde edilmiştir.	YTL
SERMAYE Yıl Sonunda Kurulu Olan Çevirici Güç Tesisatı Kapasitesi: Yılsonunda işyerinin sahip olduğu taşıt araçları motorları dışındaki çeviricilerin	Beygirgücü

²⁷⁸ www.die.gov.tr

kapasite ve sayısına, kullanılan ve ihtiyat olarak muhafaza edilen elektrik motorlarının kapasite ve sayılarının ilavesiyle bulunmuştur. Çeviricilere ve elektrik motorlarına ilave edilen sabit ve hareketli birimler ile makinelerle takılan motorlar kapasiteye dâhildir.	
İŞGÜCÜ Yılda çalışılan işçi-saat toplamı	Saat

Kaynak: Büyükkılıç ve Yavuz; a.g.e., s. 61.

Çalışmada, Veri zarflama analizi ve Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi yöntemleri her bir alt sektör için ayrı ayrı uygulanmış olup, Erzurum, Erzincan ve Bayburt illerinin imalat sanayi alt sektörlerine ilişkin teknik etkinlikteki değişme, teknolojik değişme ve toplam faktör verimliliğindeki değişme indeksleri hesaplanmıştır. Bu indekslerin hesaplanmasında Timothy James Coelli tarafından 1996 yılında geliştirilen DEAP 2.1 paket programı kullanılmıştır.

Ölçeğe göre değişen getiri varsayımı altında uzaklık fonksiyonlarını hesaplamadaki güçlük nedeniyle Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi, toplam faktör verimliliğindeki değişimleri her zaman doğru olarak ölçmeyebilir. Böylece elde edilen indeksler ölçek etkinliğinden kaynaklanan toplam faktör verimliliği kazanç ve kayıplarını uygun bir biçimde yansıtmayabilir. Bu nedenle Malmquist toplam faktör verimliliği indeksinin hesaplanmasında kullanılan uzaklık fonksiyonlarını tahmin etmek için teknolojinin ölçeğe göre sabit getiri gösterdiği varsayılmaktadır²⁷⁹. Bu nedenle sektörlerin performansları karşılaştırılırken ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında elde edilen teknik etkinlik ve toplam faktör verimliliği indeksleri tercih edilmiştir.

5.4. Ampirik Sonuçlar

5.4.1. 2004–2007 dönemi imalat sanayi 4'lü kodda alt sektörlerin toplam faktör verimliliği indeksi

Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi sonuçlarının yer aldığı tüm tablolardaki rakamları yüzde değişimlere çevirmek için her rakamdan 1 çıkarılıp sonucun 100 ile çarpılması gerekmektedir.

Toplam faktör verimliliğindeki değişme indeksinin 1'den büyük olması toplam faktör verimliliğindeki artışı, bu endeksin 1'den küçük olması ise toplam faktör verimliliğindeki azalışı ifade etmektedir. Teknik etkinlikteki değişme kendi içerisinde pür etkinlikteki değişme ve ölçek etkinliğindeki değişme olmak üzere ikiye

²⁷⁹ Coelli vd.; a.g.e., s. 224.

ayrışmaktadır. Ölçek etkinliğindeki değişme işletmenin uygun ölçekte üretim faaliyetinde bulunma başarısını göstermektedir²⁸⁰.

Tablo 13’de 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesi imalat sanayi için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi yıllık ortalamaları sunulmaktadır.

Tablo 13. Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu

YIL	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.087	0.963	1.066	1.020	1.047
2005–2006	1.036	1.019	1.027	1.008	1.055
2006–2007	1.085	0.988	1.096	0.990	1.073
ORTALAMA	1.069	0.990	1.063	1.006	1.058

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 13’e bakıldığında 2004–2007 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %5.8 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %6.9 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %1 oranında azalış olduğu söylenebilir. 2004–2007 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %6.9 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişimin kaynaklarını ise yıllık ortalama %6.3 oranında pozitif bir pür etkinlik değişimi ve yıllık ortalama %0.6 oranında pozitif ölçek etkinliğindeki değişme olarak ayrıştırmak mümkündür.

2004–2005 yılları arasında imalat sanayinin bütününde %4.7 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki %8.7 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %3.7 oranında azalış olduğu söylenebilir. 2005–2006 yılları arasında imalat sanayinin bütününde %5.5 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki %3.6 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %1.9 oranında artış olduğu söylenebilir. 2006–2007 yılları arasında imalat sanayinin bütününde %7.3 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlemlenmektedir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim

²⁸⁰ Deliktaş; 2002, a.g.e., s. 263.

indeksindeki %8.5 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %1.2 oranında azalış olduğu söylenebilir.

5.4.2. Gıda ürünleri ve içecek imalatı

Tablo 14’de 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesinde genel olarak 15 kodlu gıda ürünleri ve içecek imalatı sektöründe faaliyet gösteren 1511, 1512, 1520, 1531, 1533, 1541, 1542, 1544, 1549 ve 1554 kodlu alt sektörlerle ait Malmquist toplam faktör verimliliği indeksleri verilmektedir.

Tablo 14. 15 (Gıda Ürünleri ve İçecek İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri

15-Gıda Ürünleri ve İçecek İmalatı					
1511-Mezbahacılık; etin işlenmesi ve saklanması					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.104	1.020	1.000	1.104	1.126
2005–2006	1.031	1.149	1.000	1.031	1.185
2006–2007	1.000	0.890	1.000	1.000	0.890
1512-Balık ve balık ürünlerinin işlenmesi ve saklanması					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	0.829	1.016	1.000	0.829	0.842
2005–2006	0.877	1.035	1.000	0.877	0.908
2006–2007	1.468	0.691	1.000	1.468	1.015
1520-Süt ürünleri imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.000	0.991	1.000	1.000	0.991
2005–2006	1.000	1.029	1.000	1.000	1.029
2006–2007	1.000	0.641	1.000	1.000	0.641
1531-Öğütülmüş tahıl ürünleri imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.143	1.028	1.003	1.139	1.174
2005–2006	0.903	1.149	0.841	1.075	1.038
2006–2007	1.088	0.928	1.148	0.948	1.010
1533-Hazır hayvan yemleri imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.063	1.016	1.073	0.991	1.080
2005–2006	1.033	1.034	1.038	0.995	1.067
2006–2007	1.408	0.799	1.378	1.022	1.125

1541-Fırın ürünleri imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	0.928	1.017	0.938	0.989	0.944
2005–2006	0.997	1.032	1.008	0.989	1.029
2006–2007	1.319	0.819	1.277	1.033	1.080
1542-Şeker ürünleri imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	0.978	1.052	1.000	0.978	1.028
2005–2006	0.971	1.057	1.000	0.971	1.026
2006–2007	0.959	1.066	1.000	0.959	1.022
1544-Makarna, şehriye, kuskus vb. unlu mamullerin imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	0.937	0.969	1.000	0.937	0.908
2005–2006	1.064	0.985	1.000	1.064	1.049
2006–2007	1.922	0.610	1.000	1.922	1.172
1549-Başka yerde sınıflandırılmamış gıda maddeleri imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	0.958	1.012	0.982	0.975	0.969
2005–2006	0.932	1.108	0.984	0.947	1.033
2006–2007	1.615	0.732	1.445	1.117	1.182
1554-Alkolsüz içecek imalatı, maden ve memba suları imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.000	1.036	1.000	1.000	1.036
2005–2006	1.000	1.033	1.000	1.000	1.033
2006–2007	1.000	1.055	1.000	1.000	1.055

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 14'e bakıldığında 2004–2005 yılları arasında gıda ürünleri ve içecek imalatı sektöründe en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %17.4 ile 1531 (Öğütülmüş tahıl ürünleri imalatı) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %-15.8 ile 1512 (Balık ve balık ürünlerinin işlenmesi ve saklanması) kodlu sektörde gerçekleştiği görülmektedir. 2005–2006 yılları arasında en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %18.5 ile 1511 (Mezbahacılık; etin işlenmesi ve saklanması) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %-9.2 ile 1512 (Balık ve balık ürünlerinin işlenmesi ve saklanması) kodlu sektörde gerçekleşmiştir. 2006–2007 yılları arasında en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %18.2 ile 1549 (Başka yerde sınıflandırılmamış gıda maddeleri imalatı) kodlu sektörde, en düşük toplam

faktör verimliliği gelişimi ise %-35.9 ile 1520 (Süt ürünleri imalatı) kodlu sektörde gerçekleşmiştir.

Tablo 15’de 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesi 15 kodlu gıda ürünleri ve içecek imalatı sektörü için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi yıllık ortalamaları verilmektedir.

Tablo 15. 15 (Gıda Ürünleri ve İçecek İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu

YIL	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	0.990	1.015	0.999	0.991	1.005
2005–2006	0.979	1.060	0.986	0.993	1.038
2006–2007	1.243	0.809	1.113	1.117	1.006
ORTALAMA	1.064	0.955	1.031	1.032	1.016

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 15’e bakıldığında 2004–2005 yılları arasında gıda ürünleri ve içecek imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %0.5 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %1 oranında azalış ile teknolojik değişim indeksindeki %1.5 oranında artış olduğu söylenebilir. 2004–2005 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %1 oranında olan negatif teknik etkinlik değişimin kaynaklarını ise yıllık ortalama %0.1 oranında negatif bir pür etkinlik değişimi ve yıllık ortalama %0.9 oranında negatif ölçek etkinliğindeki değişime olarak ayrıştırmak mümkündür.

2005–2006 yılları arasında gıda ürünleri ve içecek imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %3.8 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %2.1 oranında azalış ile teknolojik değişim indeksindeki %6 oranında artış olduğu söylenebilir. 2005–2006 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %2.1 oranında olan negatif teknik etkinlik değişimin kaynaklarını ise yıllık ortalama %1.4 oranında negatif bir pür etkinlik değişimi ve yıllık ortalama %0.7 oranında negatif ölçek etkinliğindeki değişime olarak ayrıştırmak mümkündür.

2006–2007 yılları arasında gıda ürünleri ve içecek imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %0.6 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %24.3 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %19.1 oranında azalış olduğu söylenebilir. 2006–2007 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %24.3 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişimin kaynaklarını ise yıllık ortalama %11.3 oranında pozitif bir pür etkinlik değişimi ve yıllık ortalama %11.7 oranında pozitif ölçek etkinliğindeki değişime olarak ayırtırmak mümkündür.

Tablo 16’da gıda ürünleri ve içecek imalatı sektöründe faaliyet gösteren alt sektörler için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksinin sektör ortalamaları gösterilmektedir.

Tablo 16. 15 (Gıda Ürünleri ve İçecek İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamaları Özet Tablosu

15-Gıda Ürünleri ve İçecek İmalatı	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
Mezbahacılık; etin işlen. ve saklanması	1.044	1.014	1.000	1.044	1.059
Balık ve balık ürünlerinin işlen. ve sak.	1.022	0.899	1.000	1.022	0.919
Süt ürünleri imalatı	1.000	0.868	1.000	1.000	0.868
Öğütülmüş tahıl ürünleri imalatı	1.040	1.031	0.989	1.051	1.072
Hazır hayvan yemleri imalatı	1.156	0.943	1.154	1.002	1.090
Fırın ürünleri imalatı	1.069	0.951	1.065	1.003	1.016
Şeker ürünleri imalatı	0.969	1.058	1.000	0.969	1.025
Makarna, şehriye, kuskus vb. un. mam.im.	1.242	0.835	1.000	1.242	1.037
Başka yerde sınıflandırılmamış gıd.md.im	1.130	0.936	1.118	1.011	1.058
A.sız içecek imal., maden, memba su.im.	1.000	1.041	1.000	1.000	1.041
ORTALAMA	1.064	0.955	1.031	1.032	1.016

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 16’ya bakıldığında 2004–2007 yılları arasında 15 kodlu gıda ürünleri ve içecek imalatı sektöründe toplam faktör verimliliği gelişimi %1.6 oranında gerçekleşmiştir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %6.4 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %4.5 oranında azalış olduğu söylenebilir. 2004–2007 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %4.5 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişimin kaynaklarını ise yıllık

ortalama %3.1 oranında pozitif bir pür etkinlik değişimi ve yıllık ortalama %3.2 oranında pozitif ölçek etkinliğindeki değişime olarak ayrıştırmak mümkündür.

2004–2007 yılları arasında en fazla toplam faktör verimliliği artışı %9 ile hazır hayvan yemleri imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın büyük bir kısmı teknik etkinlikteki değişimden kaynaklanmaktadır.

2004–2007 yılları arasında en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %-13.2 ile süt ürünleri imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu düşüşün tamamı teknoloji değişiminden kaynaklanmaktadır.

5.4.3. Tekstil ürünleri imalatı

Tablo 17’de 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesinde genel olarak 17 kodlu tekstil ürünleri imalatı sektöründe faaliyet gösteren 1721, 1722, 1729, 1730 kodlu alt sektörlerle ait Malmquist toplam faktör verimliliği indeksleri sunulmaktadır.

Tablo 17. 17 (Tekstil Ürünleri İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri

17-Tekstil Ürünleri İmalatı					
1721-Giyim eşyası dışındaki hazır tekstil ürünleri imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	0.954	1.064	1.000	0.954	1.015
2005–2006	0.971	1.031	1.000	0.971	1.001
2006–2007	0.938	1.310	1.000	0.938	1.230
1722-Halı ve kilim imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.017	1.135	1.000	1.017	1.154
2005–2006	1.000	1.045	1.000	1.000	1.045
2006–2007	1.000	1.454	1.000	1.000	1.454
1729-Başka yerde sınıflandırılmamış tekstil ürünleri imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.327	0.982	1.000	1.327	1.302
2005–2006	1.466	0.918	1.000	1.466	1.346
2006–2007	1.021	1.137	1.000	1.021	1.161
1730-Trikotaj (örme) ürünleri imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.000	0.966	1.000	1.000	0.966
2005–2006	1.000	0.969	1.000	1.000	0.969
2006–2007	1.000	1.177	1.000	1.000	1.177

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 17 incelendiğinde 2004–2005 yılları arasında tekstil ürünleri imalatı sektöründe en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %30.2 ile 1729 (Başka yerde sınıflandırılmamış tekstil ürünleri imalatı) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %-3.4 ile 1730 (Trikotaj (örme) ürünleri imalatı) kodlu sektörde gerçekleştiği görülmektedir. 2005–2006 yılları arasında en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %34.6 ile 1729 (Başka yerde sınıflandırılmamış tekstil ürünleri imalatı) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %-3.1 ile 1730 (Trikotaj (örme) ürünleri imalatı) kodlu sektörde gerçekleşmiştir. 2006–2007 yılları arasında en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %45.4 ile 1722 (Halı ve kilim imalatı) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %16.1 ile 1729 (Başka yerde sınıflandırılmamış tekstil ürünleri imalatı) kodlu sektörde gerçekleşmiştir.

Tablo 18’de 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesi 17 kodlu tekstil ürünleri imalatı sektörü için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi yıllık ortalamaları verilmektedir.

Tablo 18. 17 (Tekstil Ürünleri İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu

YIL	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.065	1.034	1.000	1.065	1.102
2005–2006	1.092	0.989	1.000	1.092	1.081
2006–2007	0.989	1.264	1.000	0.989	1.250
ORTALAMA	1.048	1.089	1.000	1.048	1.142

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 18’e bakıldığında 2004–2005 yılları arasında tekstil ürünleri imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %10.2 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlemlenmektedir. Bu değişimin kaynağının yıllık ortalama %6.5 oranında pozitif bir teknik etkinlik değişimi ile %3.4 oranında pozitif bir teknoloji değişimi olduğu söylenebilir. 2004–2005 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık

ortalama %6.5 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişimin kaynağının tamamı yıllık ortalama %6.5 oranında pozitif ölçek etkinliğindeki değişimdir.

2005–2006 yılları arasında tekstil ürünleri imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %8.1 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlemlenmektedir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %9.2 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %1.1 oranında azalış olduğu söylenebilir. 2005–2006 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %9.2 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişimin kaynağının tamamı yıllık ortalama %9.2 oranında pozitif ölçek etkinliğindeki değişimdir.

2006–2007 yılları arasında tekstil ürünleri imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %25 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlemlenmektedir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %1.1 oranında azalış ile teknolojik değişim indeksindeki %26.4 oranında artış olduğu söylenebilir. 2006–2007 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %1.1 oranında olan negatif teknik etkinlik değişimin kaynağı ise bütünüyle negatif ölçek etkinliğindeki değişimdir.

Tablo 19’da tekstil ürünleri imalatı sektöründe faaliyet gösteren alt sektörler için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksinin sektör ortalamaları gösterilmektedir.

Tablo 19. 17 (Tekstil Ürünleri İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamalar Özet Tablosu

17-Tekstil Ürünleri İmalatı	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
Giyim eşyası dışındaki hazır tekstil ür.im.	0.955	1.128	1.000	0.955	1.077
Halı ve kilim imalatı	1.006	1.199	1.000	1.006	1.206
Başka yerde sınıflan.mamış tekstil ür. im.	1.257	1.008	1.000	1.257	1.267
Trikotaj (örme) ürünleri imalatı	1.000	1.033	1.000	1.000	1.033
ORTALAMA	1.048	1.089	1.000	1.048	1.142

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 19’a bakıldığında 2004–2007 yılları arasında 17 kodlu tekstil ürünleri imalatı sektöründe toplam faktör verimliliği gelişimi %14.2 oranında gerçekleşmiştir. Bu değişimin kaynağının yıllık ortalama %4.8 oranında pozitif bir teknik etkinlik değişimi ile %8.9 oranında pozitif bir teknoloji değişimi olduğu söylenebilir. 2004–2007 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %4.8 oranında olan

pozitif teknik etkinlik değişiminin tamamı pozitif ölçek etkinliğindeki değişimden kaynaklanmaktadır.

2004–2007 yılları arasında en fazla toplam faktör verimliliği artışı %26.7 ile Başka yerde sınıflandırılmamış tekstil ürünleri imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın büyük bir kısmı teknik etkinlikteki değişmeden kaynaklanmaktadır.

2004–2007 yılları arasında en düşük toplam faktör verimliliği %3.3 ile Trikotaj (örme) ürünleri imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu değişimin tamamı teknolojik değişimden kaynaklanmaktadır.

5.4.4. Dabaklanmış deri, bavul, el çantası, saraciye ve ayakkabı imalatı

Tablo 20’de 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesinde genel olarak 19 kodlu dabaklanmış deri, bavul, el çantası, saraciye ve ayakkabı imalatı sektöründe faaliyet gösteren 1912 ve 1920 kodlu alt sektörler için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksleri sunulmaktadır.

Tablo 20. 19 (Dabaklanmış Deri, Bavul, El Çantası, Saraciye ve Ayakkabı İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri

19- Dabaklanmış Deri, Bavul, El Çantası, Saraciye ve Ayakkabı İmalatı					
1912-Bavul, el çantası vb. ile koşum takımı imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.000	1.019	1.000	1.000	1.019
2005–2006	1.000	1.006	1.000	1.000	1.006
2006–2007	1.000	1.102	1.000	1.000	1.102
1920-Ayakkabı imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	0.972	1.042	1.000	0.972	1.013
2005–2006	0.923	1.064	1.000	0.923	0.982
2006–2007	1.038	1.060	1.000	1.038	1.100

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 20 incelendiğinde 2004–2005 yılları arasında dabaklanmış deri, bavul, el çantası, saraciye ve ayakkabı imalatı sektöründe en yüksek toplam faktör verimliliği gelişiminin %1.9 ile 1912 (Bavul, el çantası vb. ile koşum takımı imalatı) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %1.3 ile 1920 (Ayakkabı

imalatı) kodlu sektörde gerçekleştiği görülmektedir. 2005–2006 yılları arasında en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %0.6 ile 1912 (Bavul, el çantası vb. ile koşum takımı imalatı) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %-1.8 ile 1920 (Ayakkabı imalatı) kodlu sektörde gerçekleşmiştir. 2006–2007 yılları arasında en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %10.2 ile 1912 (Bavul, el çantası vb. ile koşum takımı imalatı) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %10 ile 1920 (Ayakkabı imalatı) kodlu sektörde gerçekleşmiştir.

Tablo 21’de 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesi 19 kodlu dabaklanmış deri, bavul, el çantası, saraciye ve ayakkabı imalatı sektörü için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi yıllık ortalamaları verilmektedir.

Tablo 21. 19 (Dabaklanmış Deri, Bavul, El Çantası, Saraciye ve Ayakkabı İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu

YIL	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	0.986	1.030	1.000	0.986	1.016
2005–2006	0.961	1.035	1.000	0.961	0.994
2006–2007	1.019	1.081	1.000	1.019	1.101
ORTALAMA	0.988	1.049	1.000	0.988	1.036

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 21’e bakıldığında 2004–2005 yılları arasında dabaklanmış deri, bavul, el çantası, saraciye ve ayakkabı imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %1.6 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlemlenmektedir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %1.4 oranında azalış ile teknolojik değişim indeksindeki %3 oranında artış olduğu söylenebilir. 2004–2005 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %1.4 oranında olan negatif teknik etkinlik değişimin tamamı negaitif ölçek etkinliğindeki değişimden kaynaklanmaktadır.

2005–2006 yılları arasında dabaklanmış deri, bavul, el çantası, saraciye ve ayakkabı imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %0.6 oranında bir toplam faktör verimliliği düşüşü olduğu gözlemlenmektedir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %3.9 oranında azalış ile teknolojik değişim

indeksindeki %3.5 oranında artış olduğu söylenebilir. 2005–2006 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %3.9 oranında olan negatif teknik etkinlik değişimin kaynağı ise bütünüyle negatif ölçek etkinliğindeki değişimdir.

2006–2007 yılları arasında dabaklanmış deri, bavul, el çantası, saraciye ve ayakkabı imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %10.1 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin kaynağının yıllık ortalama %1.9 oranında pozitif bir teknik etkinlik değişimi ile %8.1 oranında pozitif bir teknoloji değişimi olduğu söylenebilir. 2006–2007 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %1.9 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişimin kaynağı ise bütünüyle pozitif ölçek etkinliğindeki değişimdir.

Tablo 22’de dabaklanmış deri, bavul, el çantası, saraciye ve ayakkabı imalatı sektöründe faaliyet gösteren alt sektörler için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksinin sektör ortalamaları gösterilmektedir.

Tablo 22. 19 (Dabaklanmış Deri, Bavul, El Çantası, Saraciye ve Ayakkabı İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamaları Özet Tablosu

19- Dabaklanmış Deri, Bavul, El Çantası, Saraciye ve Ayakkabı İmalatı	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
Bavul, el çantası vb. ile koşum tak. imal.	1.000	1.042	1.000	1.000	1.042
Ayakkabı imalatı	0.977	1.055	1.000	0.977	1.031
ORTALAMA	0.988	1.049	1.000	0.988	1.036

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 22’ye bakıldığında 2004–2007 yılları arasında 19 kodlu dabaklanmış deri, bavul, el çantası, saraciye ve ayakkabı imalatı sektöründe toplam faktör verimliliği gelişimi %3.6 oranında gerçekleşmiştir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %1.2 oranında azalış ile teknolojik değişim indeksindeki %4.9 oranında artış olduğu söylenebilir. 2004–2007 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %1.2 oranında olan negatif teknik etkinlik değişimin tamamı ölçek etkinliğindeki değişimden kaynaklanmaktadır.

2004–2007 yılları arasında en fazla toplam faktör verimliliği artışı %4.2 ile Bavul, el çantası vb. ile koşum takımı imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın tamamı teknolojiye bağlı değişimden kaynaklanmaktadır.

2004–2007 yılları arasında en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi %3.1 ile Trikotaj (örme) ürünleri imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğinde bu artışın %2.3'ü negatif teknik etkinlikteki değişimden, %5.5'i ise pozitif teknolojik değişimden kaynaklanmaktadır. Ortalama %2.3 oranında olan negatif teknik etkinlik değişiminin tamamı ise negatif ölçek etkinliğindeki değişimdir.

5.4.5. Ağaç ve mantar ürünleri (mobilya hariç); hasır vb. örülerek yapılan maddelerin imalatı

Tablo 23'de 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesinde genel olarak 20 kodlu ağaç ve mantar ürünleri (mobilya hariç); hasır vb. örülerek yapılan maddelerin imalatı sektöründe faaliyet gösteren 2010, 2022 ve 2029 kodlu alt sektörlerle ait Malmquist toplam faktör verimliliği indeksleri sunulmaktadır.

Tablo 23. 20 (Ağaç ve Mantar Ürünleri (Mobilya Hariç); Hasır Vb. Örülerek Yapılan Maddelerin İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri

20- Ağaç ve Mantar Ürünleri (Mobilya Hariç); Hasır Vb. Örülerek Yapılan Maddelerin İmalatı					
2010-Kereste ve parke sanayi					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004-2005	1.000	0.940	1.000	1.000	0.940
2005-2006	1.000	1.043	1.000	1.000	1.043
2006-2007	1.000	0.971	1.000	1.000	0.971
2021-Tahta plaka imalatı; kontrplak, yonga levha					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004-2005	1.000	0.943	1.000	1.000	0.943
2005-2006	1.000	1.051	1.000	1.000	1.051
2006-2007	1.000	1.038	1.000	1.000	1.038
2022-İnşaat kerestesi ve doğrama imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004-2005	1.023	0.938	1.000	1.023	0.959
2005-2006	1.000	1.044	1.000	1.000	1.044
2006-2007	1.000	1.038	1.000	1.000	1.038
2029-Diğer ağaç ürünleri imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004-2005	1.000	0.999	1.000	1.000	0.999
2005-2006	1.000	1.014	1.000	1.000	1.014
2006-2007	1.000	1.058	1.000	1.000	1.058

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 23'e bakıldığında 2004-2005 yılları arasında ağaç ve mantar ürünleri (mobilya hariç); hasır vb. örülerek yapılan maddelerin imalatı sektöründe en düşük toplam faktör verimliliği azalışı %-6 ile 2010 (Kereste ve parke sanayi) kodlu sektörde, en yüksek toplam faktör verimliliği azalışı ise %-0.1 ile 2029 (Diğer ağaç ürünleri imalatı) kodlu sektörde gerçekleştiği görülmektedir. 2005-2006 yılları arasında en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %5.1 ile 2021 (Tahta plaka imalatı; kontrplak, yonga levha) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %1.4 ile 2029 (Diğer ağaç ürünleri imalatı) kodlu sektörde gerçekleşmiştir. 2006-2007 yılları arasında en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %5.8 ile 2029 (Diğer ağaç ürünleri imalatı) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %-2.9 ile 2010 (Kereste ve parke sanayi) kodlu sektörde gerçekleşmiştir.

Tablo 24’de 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesi 20 kodlu ağaç ve mantar ürünleri (mobilya hariç); hasır vb. örülerek yapılan maddelerin imalatı sektörü için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi yıllık ortalamaları verilmektedir.

Tablo 24. 20 (Ağaç ve Mantar Ürünleri (Mobilya Hariç); Hasır Vb. Örülerek Yapılan Maddelerin İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu

YIL	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.006	0.954	1.000	1.006	0.960
2005–2006	1.000	1.038	1.000	1.000	1.038
2006–2007	1.000	1.026	1.000	1.000	1.026
ORTALAMA	1.002	1.005	1.000	1.002	1.007

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 24 incelendiğinde 2004–2005 yılları arasında ağaç ve mantar ürünleri (mobilya hariç); hasır vb. örülerek yapılan maddelerin imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %4 oranında bir toplam faktör verimliliği düşüşü olduğu gözlemlenmektedir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %0.6 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %4.6 oranında azalış olduğu söylenebilir. 2004–2005 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %0.6 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişimin tamamı pozitif ölçek etkinliğindeki değişimden kaynaklanmaktadır.

2005–2006 yılları arasında ağaç ve mantar ürünleri (mobilya hariç); hasır vb. örülerek yapılan maddelerin imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %3.8 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlemlenmektedir. Bu değişimin tamamı teknolojik değişimden kaynaklanmaktadır.

2006–2007 yılları arasında ağaç ve mantar ürünleri (mobilya hariç); hasır vb. örülerek yapılan maddelerin imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %2.6 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlemlenmektedir. Bu değişimin tamamı teknolojik değişimden kaynaklanmaktadır.

Tablo 25’de ağaç ve mantar ürünleri (mobilya hariç); hasır vb. örülerek yapılan maddelerin imalatı sektöründe faaliyet gösteren alt sektörler için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksinin sektör ortalamaları gösterilmektedir.

Tablo 25. 20 (Ağaç ve Mantar Ürünleri (Mobilya Hariç); Hasır Vb. Örülerek Yapılan Maddelerin İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamaları Özet Tablosu

20- Ağaç ve Mantar Ürünleri (Mobilya Hariç); Hasır Vb. Örülerek Yapılan Maddelerin İmalatı	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
Kereste ve parke sanayi	1.000	0.984	1.000	1.000	0.984
Tahta plaka imalatı; kontrplak vd.	1.000	1.009	1.000	1.000	1.009
İnşaat kerestesi ve doğrama imalatı	1.008	1.005	1.000	1.008	1.013
Diğer ağaç ürünleri imalatı	1.000	1.023	1.000	1.000	1.023
ORTALAMA	1.002	1.005	1.000	1.002	1.007

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 25’e bakıldığında 2004–2007 yılları arasında 20 ağaç ve mantar ürünleri (mobilya hariç); hasır vb. örülerek yapılan maddelerin imalatı sektöründe toplam faktör verimliliği gelişimi %0.7 oranında gerçekleşmiştir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %0.2 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %0.5 oranında artış olduğu söylenebilir. 2004–2007 yılları arasında yıllık ortalama %0.2 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişimin tamamı pozitif ölçek etkinliğindeki değişimdir.

2004–2007 yılları arasında en fazla toplam faktör verimliliği artışı %2.3 ile Diğer ağaç ürünleri imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın tamamı teknolojiye bağlı değişimden kaynaklanmaktadır. 2004–2007 yılları arasında en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi %-1.6 ile Kereste ve parke sanayi sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu değişimin tamamı teknolojiye bağlı değişimden kaynaklanmaktadır.

5.4.6. Kâğıt ve kâğıt ürünleri imalatı

Tablo 26’da 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesinde genel olarak 21 kâğıt ve kâğıt ürünleri imalatı sektöründe faaliyet gösteren

2109 kodlu alt sektöre ait Malmquist toplam faktör verimliliği indeksleri özetlenmektedir.

Tablo 26. 21 (Kâğıt ve Kâğıt Ürünleri İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri

21-Kâğıt ve Kâğıt Ürünleri İmalatı					
2109-Diğer kâğıt ve mukavva ürünleri imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.000	1.024	1.000	1.000	1.024
2005–2006	1.000	0.994	1.000	1.000	0.994
2006–2007	1.000	1.036	1.000	1.000	1.036

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 26'ya bakıldığında 2004–2005 ve 2006–2007 yılları arasında diğer kâğıt ve mukavva ürünleri imalatı sektöründe toplam faktör verimliliğinde artış gözlenmiştir. 2005–2006 yılları arasında ise toplam faktör verimliliğinde azalış gözlenmiştir.

Tablo 27'de 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesi 21 kodlu kâğıt ve kâğıt ürünleri imalatı sektörü için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi yıllık ortalamaları sunulmaktadır.

Tablo 27. 21 (Kâğıt ve Kâğıt Ürünleri İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu

YIL	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.000	1.024	1.000	1.000	1.024
2005–2006	1.000	0.994	1.000	1.000	0.994
2006–2007	1.000	1.036	1.000	1.000	1.036
ORTALAMA	1.000	1.018	1.000	1.000	1.018

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 27'ye bakıldığında 2004–2005 yılları arasında kâğıt ve kâğıt ürünleri imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %2.4 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin tamamı teknolojik değişimden kaynaklanmıştır.

2005–2006 yılları arasında kâğıt ve kâğıt ürünleri imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %0.6 oranında bir toplam faktör verimliliği düşüşü olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin tamamı teknolojik değişimden kaynaklanmaktadır. 2005–2006 yılları arasında teknik etkinlikte hiçbir değişim olmamıştır.

2006–2007 yılları arasında kâğıt ve kâğıt ürünleri imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %3.6 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin tamamı teknolojik değişimden kaynaklanmaktadır. 2004–2005, 2005–2006 ve 2006–2007 yılları arasında teknik etkinlikte hiçbir değişim olmamıştır.

Tablo 28’de kâğıt ve kâğıt ürünleri imalatı sektöründe faaliyet gösteren alt sektör için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksinin sektör ortalamaları gösterilmektedir.

Tablo 28. 21 (Kâğıt ve Kâğıt Ürünleri İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamalar Özet Tablosu

21-Kâğıt ve Kâğıt Ürünleri İmalatı	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
Diğer kâğıt ve mukavva ürünleri imalatı	1.000	1.018	1.000	1.000	1.018
ORTALAMA	1.000	1.018	1.000	1.000	1.018

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 28’e bakıldığında 2004–2007 yılları arasında diğer kâğıt ve mukavva ürünleri imalatı sektöründe toplam faktör verimliliği gelişimi %1.8 oranında gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu gelişimin tamamı teknolojiye gelişmeden kaynaklanmaktadır.

5.4.7. Basım ve yayım; plak, kaset vb. kayıtlı medyanın çoğaltılması

Tablo 29’da 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesinde genel olarak 22 kodlu basım ve yayım; plak, kaset vb. kayıtlı medyanın çoğaltılması sektöründe faaliyet gösteren 2211, 2222 ve 2230 kodlu alt sektörlerle ait Malmquist toplam faktör verimliliği indeksleri verilmektedir.

Tablo 29. 22 (Basım ve Yayım; Plak, Kaset vb. Kayıtlı Medyanın Çoğaltılması) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri

22-Basım ve Yayım; Plak, Kaset vb. Kayıtlı Medyanın Çoğaltılması					
2211-Kitap, broşür, müzik kitapları ve diğer yayınların yayımı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.000	0.997	1.000	1.000	0.997
2005–2006	1.000	1.101	1.000	1.000	1.101
2006–2007	0.988	1.080	0.988	1.000	1.067
2212-Gazete, dergi ve süreli yayımların yayımı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.000	1.015	1.000	1.000	1.015
2005–2006	1.000	1.002	1.000	1.000	1.002
2006–2007	1.000	1.090	1.000	1.000	1.090
2222-Basımla ilgili hizmet faaliyetleri					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.000	1.078	1.000	1.000	1.078
2005–2006	1.000	1.001	1.000	1.000	1.001
2006–2007	1.000	1.142	1.000	1.000	1.142
2230-Plak, kaset vb. kayıtlı medyanın çoğaltılması					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.007	1.039	1.000	1.007	1.047
2005–2006	1.042	1.097	1.000	1.042	1.143
2006–2007	1.000	1.108	1.000	1.000	1.108

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 29'a bakıldığında 2004–2005 yılları arasında basım ve yayım; plak, kaset vb. kayıtlı medyanın çoğaltılması sektöründe en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %7.8 ile 2222 (Basımla ilgili hizmet faaliyetleri) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %-0.3 ile 2211 (Kitap, broşür, müzik kitapları ve diğer yayınların yayımı) kodlu sektörde gerçekleştiği görülmektedir. 2005–2006 yılları arasında en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %14.3 ile 2230 (Plak, kaset vb. kayıtlı medyanın çoğaltılması) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %0.1 ile 2222 (Basımla ilgili hizmet faaliyetleri) kodlu sektörde gerçekleşmiştir. 2006–2007 yılları arasında en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %14.2 ile 2222 (Basımla ilgili hizmet faaliyetleri) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %6.7 ile 2211 (Kitap, broşür, müzik kitapları ve diğer yayınların yayımı) kodlu sektörde gerçekleşmiştir.

Tablo 30’da 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesi 22 kodlu basım ve yayım; plak, kaset vb. kayıtlı medyanın çoğaltılması sektörü için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi yıllık ortalamaları özetlenmektedir.

Tablo 30. 22 (Basım ve Yayım; Plak, Kaset vb. Kayıtlı Medyanın Çoğaltılması) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu

YIL	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.002	1.032	1.000	1.002	1.034
2005–2006	1.010	1.049	1.000	1.010	1.060
2006–2007	0.997	1.105	0.997	1.000	1.102
ORTALAMA	1.003	1.062	0.999	1.004	1.065

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 30’a bakıldığında 2004–2005 yılları arasında basım ve yayım; plak, kaset vb. kayıtlı medyanın çoğaltılması sektörünün bütününde yıllık ortalama %3.4 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %0.2 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %3.2 oranında artış olduğu söylenebilir. 2004–2005 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %0.2 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişiminin tamamı pozitif ölçek etkinliğindeki değişimdir.

2005–2006 yılları arasında basım ve yayım; plak, kaset vb. kayıtlı medyanın çoğaltılması sektörünün bütününde yıllık ortalama %6 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %1 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %4.9 oranında artış olduğu söylenebilir. 2005–2006 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %1 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişiminin tamamı pozitif ölçek etkinliğindeki değişimdir.

2006–2007 yılları arasında basım ve yayım; plak, kaset vb. kayıtlı medyanın çoğaltılması sektörünün bütününde yıllık ortalama %10.2 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %0.3 oranında azalış ile teknolojik değişim indeksindeki %10.5 oranında azalış olduğu söylenebilir. 2006–2007 yılları arasında

imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %0.3 oranında olan negatif teknik etkinlik değişimin tamamı negatif pür etkinlikteki değişimdir.

Tablo 31’de basım ve yayım; plak, kaset vb. kayıtlı medyanın çoğaltılması sektöründe faaliyet gösteren alt sektörler için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksinin sektör ortalamaları gösterilmektedir.

Tablo 31. 22 (Basım ve Yayım; Plak, Kaset vb. Kayıtlı Medyanın Çoğaltılması) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamalar Özet Tablosu

22-Basım ve Yayım; Plak, Kaset vb. Kayıtlı Medyanın Çoğaltılması	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
Kitap, broşür, müzik kitapları vd.yay.	0.996	1.059	0.996	1.000	1.054
Gazete, dergi ve süreli yayımların yayımı	1.000	1.035	1.000	1.000	1.035
Basımla ilgili hizmet faaliyetleri	1.000	1.072	1.000	1.000	1.072
Plak, kaset vb. kayıtlı medyanın çoğalt.	1.016	1.081	1.000	1.016	1.099
ORTALAMA	1.003	1.062	0.999	1.004	1.065

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 31’e bakıldığında 2004–2007 yılları arasında 22 kodlu basım ve yayım; plak, kaset vb. kayıtlı medyanın çoğaltılması sektöründe toplam faktör verimliliği gelişimi %6.5 oranında gerçekleşmiştir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %0.3 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %6.2 oranında artış olduğu söylenebilir. 2005–2006 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %0.2 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişimin kaynakları ise yıllık ortalama %0.1 oranında olan negatif pür etkinlik değişimi ve yıllık ortalama %0.4 oranında olan pozitif ölçek etkinliği değişimidir.

2004–2007 yılları arasında en fazla toplam faktör verimliliği artışı %9.9 ile Plak, kaset vb. kayıtlı medyanın çoğaltılması sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın kaynağının yıllık ortalama %1.6 oranında pozitif bir teknik etkinlik değişimi ile %8.1 oranında pozitif bir teknoloji değişimi olduğu söylenebilir. 2004–2007 yılları arasında en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi %3.5 oranında Gazete, dergi ve süreli yayımların yayımı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu düşüşün tamamı teknolojiideki değişimden kaynaklanmaktadır.

5.4.8. Kimyasal madde ve ürünlerin imalatı

Tablo 32’de 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesinde genel olarak 24 kodlu kimyasal madde ve ürünlerin imalatı sektöründe faaliyet gösteren 2422 ve 2424 kodlu alt sektörlerle ait Malmquist toplam faktör verimliliği indeksleri özetlenmektedir.

Tablo 32. 24 (Kimyasal Madde ve Ürünlerin İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri

24-Kimyasal Madde ve Ürünlerin İmalatı					
2422-Boya, vernik ve benzeri kaplayıcı maddeler ile matbaa mürekkebi ve macun imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.000	1.095	1.000	1.000	1.095
2005–2006	1.000	1.031	1.000	1.000	1.031
2006–2007	1.000	1.035	1.000	1.000	1.035
2424-Sabun ve deterjan, temizlik ve cilalama maddeleri; parfüm; kozmetik ve tuvalet malzemeleri imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	0.959	1.082	1.000	0.959	1.038
2005–2006	1.043	0.973	1.000	1.043	1.015
2006–2007	1.075	1.042	1.000	1.075	1.120

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 32’ye bakıldığında 2004–2005 yılları arasında kimyasal madde ve ürünlerin imalatı sektöründe en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %9.5 ile 2422 (Boya, vernik ve benzeri kaplayıcı maddeler ile matbaa mürekkebi ve macun imalatı) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %3.8 ile 2424 (Sabun ve deterjan, temizlik ve cilalama maddeleri; parfüm; kozmetik ve tuvalet malzemeleri imalatı) kodlu sektörde gerçekleşmiştir. 2005–2006 yılları arasında en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %3.1 ile 2422 (Boya, vernik ve benzeri kaplayıcı maddeler ile matbaa mürekkebi ve macun imalatı) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %1.5 ile 2424 (Sabun ve deterjan, temizlik ve cilalama maddeleri; parfüm; kozmetik ve tuvalet malzemeleri imalatı) kodlu sektörde gerçekleşmiştir. 2006–2007 yılları arasında en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %12 ile 2424 (Sabun ve deterjan, temizlik ve cilalama maddeleri; parfüm; kozmetik ve tuvalet malzemeleri imalatı) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi

ise %3.5 ile 2422 (Boya, vernik ve benzeri kaplayıcı maddeler ile matbaa mürekkebi ve macun imalatı) kodlu sektörde gerçekleşmiştir.

Tablo 33’de 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesi 24 kodlu kimyasal madde ve ürünlerin imalatı sektörü için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi yıllık ortalamaları verilmektedir.

Tablo 33. 24 (Kimyasal Madde ve Ürünlerin İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu

YIL	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	0.980	1.089	1.000	0.980	1.066
2005–2006	1.021	1.002	1.000	1.021	1.023
2006–2007	1.037	1.039	1.000	1.037	1.077
ORTALAMA	1.012	1.042	1.000	1.012	1.055

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 33 incelendiğinde 2004–2005 yılları arasında kimyasal madde ve ürünlerin imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %6.6 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki azalış ile teknolojik değişim indeksindeki %8.9 oranında artış olduğu söylenebilir. 2004–2005 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %2 oranında olan negatif teknik etkinlik değişiminin tamamı negatif ölçek etkinliğindeki değişimdir.

2005–2006 yılları arasında kimyasal madde ve ürünlerin imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %2.3 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %2.1 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %0.2 oranında artış olduğu söylenebilir. 2005–2006 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %2.1 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişiminin tamamı pozitif ölçek etkinliğindeki değişimdir.

2006–2007 yılları arasında kimyasal madde ve ürünlerin imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %7.7 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin kaynağının %0.2 oranında teknik etkinlik değişim indeksindeki artış ile teknolojik değişim indeksindeki %3.9 oranında artış olduğu

söylenbilir. 2006–2007 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %3.7 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişimin tamamı pozitif ölçek etkinliğindeki değişimdir.

Tablo 34’de kimyasal madde ve ürünlerin imalatı sektöründe faaliyet gösteren alt sektörler için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksinin sektör ortalamaları gösterilmektedir.

Tablo 34. 24 (Kimyasal Madde ve Ürünlerin İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamaları Özet Tablosu

24-Kimyasal Madde ve Ürünlerin İmalatı	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
Boya, vernik vb. kap. md. vb. imalatı	1.000	1.053	1.000	1.000	1.053
Sabun ve deterjan, temizlik vb.mal. imal.	1.025	1.031	1.000	1.025	1.057
ORTALAMA	1.012	1.042	1.000	1.012	1.055

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 34’e bakıldığında 2004–2007 yılları arasında 24 kodlu kimyasal madde ve ürünlerin imalatı sektöründe toplam faktör verimliliği gelişimi %5.5 oranında gerçekleşmiştir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %1.2 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %4.2 oranında artış olduğu söylenebilir. 2004–2007 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %1.2 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişimin tamamı pozitif ölçek etkinliğindeki değişimdir.

2004–2007 yılları arasında en fazla toplam faktör verimliliği artışı %5.7 ile Sabun ve deterjan, temizlik ve cilalama maddeleri; parfüm; kozmetik ve tuvalet malzemeleri imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın kaynağının yıllık ortalama %2.5 oranında pozitif bir teknik etkinlik değişimi ile %3.1 oranında pozitif bir teknoloji değişimi olduğu söylenebilir. 2004–2007 yılları arasında en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi %5.3 ile Boya, vernik vb. kaplayıcı maddeler ile matbaa mürekkebi ve macun imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın tamamı teknolojiye bağlı olarak gerçekleşmektedir.

5.4.9. Plastik ve kauçuk ürünlerin imalatı

Tablo 35’de 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesinde genel olarak 25 kodlu plastik ve kauçuk ürünlerin imalatı sektöründe faaliyet gösteren 2511 ve 2520 kodlu alt sektörlerle ait Malmquist toplam faktör verimliliği indeksleri özetlenmektedir.

Tablo 35. 25 (Plastik ve Kauçuk Ürünlerin İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri

25-Plastik ve Kauçuk Ürünlerin İmalatı					
2511-İç ve dış lastik imalatı; lastiğe sırt geçirilmesi ve yeniden işlenmesi					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.000	1.099	1.000	1.000	1.099
2005–2006	1.000	0.978	1.000	1.000	0.978
2006–2007	0.901	0.810	1.000	0.901	0.730
2520-Plastik ürünleri imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.000	1.186	1.000	1.000	1.186
2005–2006	1.000	1.087	1.000	1.000	1.087
2006–2007	1.000	0.855	1.000	1.000	0.855

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 35’e bakıldığında 2004–2005 yılları arasında plastik ve kauçuk ürünlerin imalatı sektöründe en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %18.6 ile 2520 (Plastik ürünleri imalatı) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %9.9 ile 2511 (İç ve dış lastik imalatı; lastiğe sırt geçirilmesi ve yeniden işlenmesi) kodlu sektörde gerçekleştiği görülmektedir. 2005–2006 yılları arasında en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %8.7 ile 2520 (Plastik ürünleri imalatı) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %-2.2 ile 2511 (İç ve dış lastik imalatı; lastiğe sırt geçirilmesi ve yeniden işlenmesi) kodlu sektörde gerçekleşmiştir. 2006–2007 yılları arasında en yüksek toplam faktör verimliliği düşüşü %-14.5 ile 2520 (Plastik ürünleri imalatı) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği düşüşü ise %-2.7 ile 2511 (İç ve dış lastik imalatı; lastiğe sırt geçirilmesi ve yeniden işlenmesi) kodlu sektörde gerçekleşmiştir.

Tablo 36’da 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesi 25 kodlu plastik ve kauçuk ürünlerin imalatı sektörü için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi yıllık ortalamaları sunulmaktadır.

Tablo 36. 25 (Plastik ve Kauçuk Ürünlerin İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu

YIL	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.000	1.142	1.000	1.000	1.142
2005–2006	1.000	1.031	1.000	1.000	1.031
2006–2007	0.949	0.832	1.000	0.949	0.790
ORTALAMA	0.983	0.993	1.000	0.983	0.976

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 36’ya bakıldığında 2004–2005 yılları arasında plastik ve kauçuk ürünlerin imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %14.2 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin tamamı teknik etkinlikteki değişimden kaynaklanmaktadır.

2005–2006 yılları arasında plastik ve kauçuk ürünlerin imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %3.1 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin tamamı teknolojik değişimden kaynaklanmaktadır.

2006–2007 yılları arasında plastik ve kauçuk ürünlerin imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %7.9 oranında bir toplam faktör verimliliği düşüşü olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %5.1 oranında azalış ile teknolojik değişim indeksindeki %16.8 oranında azalış olduğu söylenebilir. 2006–2007 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %5.1 oranında olan negatif teknik etkinlik değişimin tamamı negatif ölçek etkinliğindeki değişimdir.

Tablo 37’de plastik ve kauçuk ürünlerin imalatı sektöründe faaliyet gösteren alt sektörler için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksinin sektör ortalamaları gösterilmektedir.

Tablo 37. 25 (Plastik ve Kauçuk Ürünlerin İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamalar Özet Tablosu

25-Plastik ve Kauçuk Ürünlerin İmalatı	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
İç ve dış lastik imalatı; lastiğe sırt geç.	0.966	0.955	1.000	0.966	0.922
Plastik ürünleri imalatı	1.000	1.033	1.000	1.000	1.033
ORTALAMA	0.983	0.993	1.000	0.983	0.976

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 37'ye bakıldığında 2004–2007 yılları arasında 25 kodlu plastik ve kauçuk ürünlerin imalatı sektöründe toplam faktör verimliliği düşüşü %-2.4 oranında gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu düşüşün kaynağının yıllık ortalama %1.7 oranında negatif bir teknik etkinlik değişimi ile %0.7 oranında negatif bir teknoloji değişimi olduğu söylenebilir. 2004–2007 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %1.7 oranında olan negatif teknik etkinlik değişimin tamamı negatif ölçek etkinliğindeki değişimden kaynaklanmaktadır.

2004–2007 yılları arasında en fazla toplam faktör verimliliği gelişimi %3.3 Plastik ürünleri imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın tamamı teknolojiye bağlı olarak gerçekleşmektedir. 2004–2007 yılları arasında en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi %-7.8 ile İç ve dış lastik imalatı; lastiğe sırt geçirilmesi ve yeniden işlenmesi sektöründe gerçekleşmiştir. İç ve dış lastik imalatı; lastiğe sırt geçirilmesi ve yeniden işlenmesi sektöründeki toplam faktör verimliliğindeki bu düşüşün kaynağının yıllık ortalama %3.4 oranında negatif bir teknik etkinlik değişimi ile %4.5 oranında negatif bir teknoloji değişimi olduğu söylenebilir. 2004–2007 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %3.4 oranında olan negatif teknik etkinlik değişimin tamamı negatif ölçek etkinliğindeki değişimden kaynaklanmaktadır.

5.4.10. Metalik olmayan diğer mineral ürünlerin imalatı

Tablo 38'de 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesinde genel olarak 26 metalik olmayan diğer mineral ürünlerin imalatı sektöründe faaliyet gösteren 2610, 2692, 2693, 2694, 2695, 2696 ve 2699 kodlu alt sektörlere ait Malmquist toplam faktör verimliliği indeksleri verilmektedir.

Tablo 6.38. 26 (Metalik Olmayan Diğer Mineral Ürünlerin İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri

26-Metalik Olmayan Diğer Mineral Ürünlerin İmalatı					
2610-Cam ve cam ürünleri imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004-2005	1.000	0.994	1.000	1.000	0.994
2005-2006	1.000	1.075	1.000	1.000	1.075
2006-2007	0.926	1.133	1.000	0.926	1.050
2692-Ateşe dayanıklı seramik ürünlerin imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004-2005	0.959	1.007	1.000	0.959	0.965
2005-2006	1.047	1.085	1.000	1.047	1.136
2006-2007	0.915	1.140	1.000	0.915	1.044
2693-Ateşe dayanıklı olmayan, kil ve seramik yapı malzemesi ürünlerinin imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004-2005	0.968	1.042	0.917	1.056	1.009
2005-2006	0.966	1.090	0.935	1.033	1.053
2006-2007	1.020	1.140	1.119	0.911	1.163
2694-Çimento, kireç ve alçı imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004-2005	1.000	1.146	1.000	1.000	1.146
2005-2006	1.000	1.110	1.000	1.000	1.110
2006-2007	1.000	1.170	1.000	1.000	1.170
2695-Çimento ve alçı ile sertleştirilmiş maddelerin imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004-2005	0.908	1.108	0.932	0.975	1.006
2005-2006	0.909	1.100	0.903	1.006	1.000
2006-2007	0.920	1.143	0.959	0.959	1.051
2696-Taşın kesilmesi, şekil verilmesi ve kullanılabilir hale getirilmesi					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004-2005	0.995	0.985	0.948	1.050	0.980
2005-2006	0.960	1.075	0.952	1.009	1.032
2006-2007	0.953	1.133	0.985	0.967	1.080
2699-Başka yerde sınıflandırılmamış, metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004-2005	0.988	0.985	0.918	1.077	0.973
2005-2006	0.920	1.075	0.905	1.017	0.989
2006-2007	1.190	1.133	1.213	0.981	1.349

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 38 incelendiğinde 2004-2005 yılları arasında metalik olmayan diğer mineral ürünlerin imalatı sektöründe en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %14.6 ile 2694 (Çimento, kireç ve alçı imalatı) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör

verimliliği gelişimi ise %-2.7 ile 2699 (Başka yerde sınıflandırılmamış, metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı) kodlu sektörde gerçekleştiği görülmektedir. 2005–2006 yılları arasında en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %13.6 ile 2692 (Ateşe dayanıklı seramik ürünlerin imalatı) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %-1.1 ile 2699 (Başka yerde sınıflandırılmamış, metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı) kodlu sektörde gerçekleşmiştir. 2006–2007 yılları arasında en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %34.9 ile 2699 (Başka yerde sınıflandırılmamış, metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %5 ile 2610 (Cam ve cam ürünleri imalatı) kodlu sektörde gerçekleşmiştir.

Tablo 39’da 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesi 26 kodlu metalik olmayan diğer mineral ürünlerin imalatı sektörü için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi yıllık ortalamaları özetlenmektedir.

Tablo 39. 26 (Metalik Olmayan Diğer Mineral Ürünlerin İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu

YIL	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.342	1.036	0.958	1.400	1.391
2005–2006	0.971	1.087	0.956	1.016	1.055
2006–2007	0.985	1.142	1.036	0.951	1.125
ORTALAMA	1.087	1.088	0.983	1.106	1.182

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 39 incelendiğinde 2004–2005 yılları arasında metalik olmayan diğer mineral ürünlerin imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %39.1 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin kaynağının yıllık ortalama %34.2 oranında pozitif bir teknik etkinlik değişimi ile %3.6 oranında pozitif bir teknoloji değişimi olduğu söylenebilir. 2004–2005 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %34.2 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişimin kaynaklarını ise yıllık ortalama %4.2 oranında olan negatif pür etkinlikteki değişim ve yıllık ortalama %40 oranında olan pozitif ölçek etkinliği değişimi olarak ayrıştırmak mümkündür.

2005–2006 yılları arasında metalik olmayan diğer mineral ürünlerin imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %5.5 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %2.9 oranında azalış ile teknoloji değişim indeksindeki %8.7 oranında artış olduğu söylenebilir. 2005–2006 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %2.9 oranında olan negatif teknik etkinlik değişimin kaynaklarını ise yıllık ortalama %4.4 oranında olan negatif pür etkinlikteki değişim ve yıllık ortalama %1.6 oranında olan pozitif ölçek etkinliği değişimi olarak ayrıştırmak mümkündür.

2006–2007 yılları arasında metalik olmayan diğer mineral ürünlerin imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %12.5 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %1.5 oranında azalış ile teknolojik değişim indeksindeki %14.2 oranında artış olduğu söylenebilir. 2006–2007 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %1.5 oranında olan negatif teknik etkinlik değişimin kaynaklarını ise yıllık ortalama %3.6 oranında olan pozitif pür etkinlikteki değişim ve yıllık ortalama %4.9 oranında olan pozitif ölçek etkinliği değişimi olarak ayrıştırmak mümkündür.

Tablo 40’da metalik olmayan diğer mineral ürünlerin imalatı sektöründe faaliyet gösteren alt sektörler için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksinin sektör ortalamaları gösterilmektedir.

Tablo 40. 26 (Metalik Olmayan Diğer Mineral Ürünlerin İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamalar Özet Tablosu

26-Metalik Olmayan Diğer Mineral Ürünlerin İmalatı	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
Cam ve cam ürünleri imalatı	0.975	1.066	1.000	0.975	1.039
Ateşe dayanıklı seramik ürünlerin imalatı	1.056	1.076	1.000	1.056	1.136
Ateşe dayanıklı olmayan, kil vb. imalatı	0.985	1.090	0.986	0.998	1.073
Çimento, kireç ve alçı imalatı	1.000	1.142	1.000	1.000	1.142
Çimento ve alçı ile sert. mad. imal.	0.912	1.117	0.931	0.980	1.019
Taşın kesilmesi, şekil ver.	0.969	1.063	0.961	1.008	1.030
Başka yerde sınıflandırılmamış, min. im.	1.027	1.063	1.002	1.024	1.091
ORTALAMA	1.087	1.088	0.983	1.106	1.182

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 40'a bakıldığında 2004–2007 yılları arasında metalik olmayan diğer mineral ürünlerin imalatı sektöründe toplam faktör verimliliği gelişimi %18.2 oranında gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu gelişmenin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %8.7 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %8.8 oranında artış olduğu söylenebilir. 2006–2007 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %8.7 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişimin kaynaklarını ise yıllık ortalama %1.7 oranında olan negatif pür etkinlikteki değişim ve yıllık ortalama %10.6 oranında olan pozitif ölçek etkinliği değişimi olarak ayırtırmak mümkündür.

2004–2007 yılları arasında en fazla toplam faktör verimliliği artışı %14.2 ile Çimento, kireç ve alçı imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın tamamı teknolojiye bağlı olarak kaynaklanmaktadır. 2004–2007 yılları arasında en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi %1.9 ile Çimento ve alçı ile sertleştirilmiş maddelerin imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu gelişmenin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %8.8 oranında azalış ile teknolojik değişim indeksindeki %11.7 oranında artış olduğu söylenebilir. Yıllık ortalama %8.8 oranında olan negatif teknik etkinlik değişimin kaynaklarını ise yıllık ortalama %6.9 oranında olan negatif pür etkinlikteki değişim ve yıllık ortalama %2 oranında olan negatif ölçek etkinliği değişimi olarak ayırtırmak mümkündür.

5.4.11. Ana metal sanayi

Tablo 41'de 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesinde genel olarak 27 ana metal sanayi sektöründe faaliyet gösteren 2731 ve 2732 kodlu alt sektörler için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksleri özetlenmektedir.

Tablo 41. 27 (Ana Metal Sanayi) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri

27-Ana Metal Sanayi					
2731-Demir ve çeliğin dökümü					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.000	1.022	1.000	1.000	1.022
2005–2006	1.000	1.101	1.000	1.000	1.101
2006–2007	1.000	1.011	1.000	1.000	1.011
2732-Demir dışındaki metallerin dökümü					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.000	0.970	1.000	1.000	0.970
2005–2006	1.000	1.067	1.000	1.000	1.067
2006–2007	1.000	1.097	1.000	1.000	1.097

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 41'e bakıldığında 2004–2005 yılları arasında ana metal sanayi sektöründe en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %2.2 ile 2731 (Demir ve çeliğin dökümü) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %-3 ile 2732 (Demir dışındaki metallerin dökümü) kodlu sektörde gerçekleştiği görülmektedir. 2005–2006 yılları arasında en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %10.1 ile 2731 (Demir ve çeliğin dökümü) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %6.7 ile 2732 (Demir dışındaki metallerin dökümü) kodlu sektörde gerçekleşmiştir. 2006–2007 yılları arasında en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %9.7 ile 2732 (Demir dışındaki metallerin dökümü) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %1.1 ile 2731 (Demir ve çeliğin dökümü) kodlu sektörde gerçekleşmiştir.

Tablo 42'de 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesi 27 kodlu ana metal sanayi sektörü için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi yıllık ortalamaları özetlenmektedir.

Tablo 42. 27 (Ana Metal Sanayi) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu

YIL	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.000	0.996	1.000	1.000	0.996
2005–2006	1.000	1.084	1.000	1.000	1.084
2006–2007	1.000	1.053	1.000	1.000	1.053
ORTALAMA	1.000	1.044	1.000	1.000	1.044

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 42’ye bakıldığında 2004–2005 yılları arasında ana metal sanayi sektörünün bütününde yıllık ortalama %0.4 oranında bir toplam faktör verimliliği düşüşü olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin tamamı teknolojik değişimden kaynaklanmaktadır. 2005–2006 yılları arasında ana metal sanayi sektörünün bütününde yıllık ortalama %8.4 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlemlenmektedir. Bu değişimin tamamı teknolojik değişimden kaynaklanmaktadır.

2006–2007 yılları arasında ana metal sanayi sektörünün bütününde yıllık ortalama %5.3 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin tamamı teknolojik değişimden kaynaklanmaktadır.

Tablo 43’de ana metal sanayi sektöründe faaliyet gösteren alt sektörler için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksinin sektör ortalamaları gösterilmektedir.

Tablo 43. 27 (Ana Metal Sanayi) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamalar Özet Tablosu

27-Ana Metal Sanayi	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
Demir ve çeliğin dökümü	1.000	1.044	1.000	1.000	1.044
Demir dışındaki metallerin dökümü	1.000	1.043	1.000	1.000	1.043
ORTALAMA	1.000	1.044	1.000	1.000	1.044

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 43’e bakıldığında 2004–2007 yılları arasında ana metal sanayi sektöründe toplam faktör verimliliği gelişimi %4.4 oranında gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu gelişmenin tamamı teknolojiye gelişmeden kaynaklanmaktadır.

2004–2007 yılları arasında en fazla toplam faktör verimliliği artışı %4.4 ile Demir ve çeliğin dökümü sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki

bu artışın tamamı teknolojiye de ğişmeden kaynaklanmaktadır. 2004–2007 yılları arasında en düşük toplam faktör verimlili ği gelişimi %4.3 ile Demir dışındaki metallerin dökümü sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimlili ğindeki bu artışın tamamı teknolojiye de ğişmeden kaynaklanmaktadır.

5.4.12. Metal eşya sanayi (makine ve teçhizatı hariç)

Tablo 44’de 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesinde genel olarak 28 metal eşya sanayi (makine ve teçhizatı hariç) sektöründe faaliyet gösteren 2811, 2812, 2813, 2891 ve 2899 kodlu alt sektörlerle ait Malmquist toplam faktör verimlili ği indeksleri sunulmaktadır.

Tablo 44. 28 (Metal Eşya Sanayi (Makine ve Teçhizatı Hariç)) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri

28-Metal Eşya Sanayi (Makine ve Teçhizatı Hariç)					
2811-Metal yapı malzemeleri imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.018	1.027	1.003	1.015	1.046
2005–2006	0.980	1.058	0.971	1.009	1.038
2006–2007	1.586	0.702	1.606	0.987	1.113
2812-Tank, sarnıç ve metal muhafaza imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	0.972	0.939	1.000	0.972	0.913
2005–2006	1.020	1.032	1.000	1.020	1.054
2006–2007	1.008	0.954	1.000	1.008	0.962
2813-Buhar kazanı imalatı, merkezi kalorifer kazanları hariç					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.000	0.982	1.000	1.000	0.982
2005–2006	1.000	1.009	1.000	1.000	1.009
2006–2007	1.000	1.049	1.000	1.000	1.049
2891-Metallerin dövülmesi, preslenmesi, baskılanması ve yuvarlanması; toz metalurjisi					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.024	1.027	1.000	1.024	1.052
2005–2006	1.084	1.058	1.000	1.084	1.147
2006–2007	1.514	0.736	0.808	1.873	1.114
2899-Başka yerde sınıflandırılmamış metal eşya imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.000	1.003	1.000	1.000	1.003
2005–2006	1.000	1.037	1.000	1.000	1.037
2006–2007	0.832	0.622	1.000	0.832	0.518

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 44'e bakıldığında 2004–2005 yılları arasında metal eşya sanayi (makine ve teçhizatı hariç) sektöründe en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %5.2 ile 2891 (Metallerin dövülmesi, preslenmesi, baskılanması ve yuvarlanması; toz metalurjisi) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %-8.7 ile 2812 (Tank, sarnıç ve metal muhafaza imalatı) kodlu sektörde gerçekleşmiştir. 2005–2006 yılları arasında en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %14.7 ile 2891 (Metallerin dövülmesi, preslenmesi, baskılanması ve yuvarlanması; toz metalurjisi) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %0.9 ile 2813 (Buhar kazanı imalatı, merkezi kalorifer kazanları hariç) kodlu sektörde gerçekleşmiştir. 2006–

2007 yılları arasında en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %11.4 ile 2891 (Metallerin dövülmesi, preslenmesi, baskılanması ve yuvarlanması; toz metalurjisi) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %-48.2 ile 2899 (Başka yerde sınıflandırılmamış metal eşya imalatı) kodlu sektörde gerçekleşmiştir.

Tablo 45’de 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesi 28 kodlu metal eşya sanayi (makine ve teçhizatı hariç) sektörü için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi yıllık ortalamaları özetlenmektedir.

Tablo 45. 28 (Metal Eşya Sanayi (Makine ve Teçhizatı Hariç)) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu

YIL	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.003	0.995	1.001	1.002	0.998
2005–2006	1.016	1.039	0.994	1.022	1.056
2006–2007	1.150	0.797	1.054	1.092	0.917
ORTALAMA	1.054	0.938	1.016	1.038	0.989

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 6.45’e bakıldığında 2004–2005 yılları arasında metal eşya sanayi (makine ve teçhizatı hariç) sektörünün bütününde yıllık ortalama %0.2 oranında bir toplam faktör verimliliği düşüşü olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %0.3 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %0.5 oranında azalış olduğu söylenebilir. 2004–2005 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %0.3 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişimin kaynaklarını ise yıllık ortalama %0.1 oranında olan pozitif pür etkinlikteki değişim ve yıllık ortalama %0.2 oranında olan pozitif ölçek etkinliği değişimi olarak ayırtırmak mümkündür.

2005–2006 yılları arasında metal eşya sanayi (makine ve teçhizatı hariç) sektörünün bütününde yıllık ortalama %5.6 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %1.6 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %3.9 oranında artış olduğu söylenebilir. 2005–2006 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %1.6 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişimin kaynaklarını ise yıllık

ortalama %0.6 oranında olan negatif pür etkinlikteki değişim ve yıllık ortalama %2.2 oranında olan pozitif ölçek etkinliği değişimi olarak ayrıştırmak mümkündür.

2006–2007 yılları arasında metal eşya sanayi (makine ve teçhizatı hariç) sektörünün bütününde yıllık ortalama %8.3 oranında bir toplam faktör verimliliği düşüşü olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %15 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %20.3 oranında azalış olduğu söylenebilir. 2006–2007 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %15 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişimin kaynaklarını ise yıllık ortalama %5.4 oranında olan pozitif pür etkinlikteki değişim ve yıllık ortalama %9.2 oranında olan pozitif ölçek etkinliği değişimi olarak ayrıştırmak mümkündür.

Tablo 46’da metal eşya sanayi (makine ve teçhizatı hariç) sektöründe faaliyet gösteren alt sektörler için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksinin sektör ortalamaları gösterilmektedir.

Tablo 46. 28 (Metal Eşya Sanayi (Makine ve Teçhizatı Hariç)) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamalar Özet Tablosu

28-Metal Eşya Sanayi (Makine ve Teçhizatı Hariç)	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
Metal yapı malzemeleri imalatı	1.165	0.914	1.161	1.004	1.065
Tank, sarnıç ve metal muhafaza imalatı	1.000	0.974	1.000	1.000	0.974
Buhar kazanı imalatı, merkezi kal. har.	1.000	1.013	1.000	1.000	1.013
Metallerin dövülmesi, pres. vb.	1.189	0.928	0.931	1.276	1.104
Başka yerde sınıflandırılmamış met. im.	0.941	0.865	1.000	0.941	0.814
ORTALAMA	1.054	0.938	1.016	1.038	0.989

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 46’ya bakıldığında 2004–2007 yılları arasında metal eşya sanayi (makine ve teçhizatı hariç) sektöründe toplam faktör verimliliği düşüşü %1.1 oranında gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu düşüşün kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %5.4 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %6.2 oranında azalış olduğu söylenebilir. Yıllık ortalama %5.4 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişimin kaynaklarını ise yıllık ortalama %1.6 oranında

olan pozitif pür etkinlikteki değişim ve yıllık ortalama %3.8 oranında olan pozitif ölçek etkinliği değişimi olarak ayrıştırmak mümkündür.

2004–2007 yılları arasında en fazla toplam faktör verimliliği artışı %10.4 ile Metallerin dövülmesi, preslenmesi, baskılanması ve yuvarlanması; toz metalurjisi sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %18.9 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %7.2 oranında azalış olduğu söylenebilir. Yıllık ortalama %18.9 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişimin kaynaklarını ise yıllık ortalama %6.9 oranında olan negatif pür etkinlikteki değişim ve yıllık ortalama %27.6 oranında olan pozitif ölçek etkinliği değişimi olarak ayrıştırmak mümkündür.

2004–2007 yılları arasında en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi %-18.6 ile Başka yerde sınıflandırılmamış metal eşya imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %5.9 oranında azalış ile teknolojik değişim indeksindeki %13.5 oranında azalış olduğu söylenebilir. Yıllık ortalama %5.9 oranında olan negatif teknik etkinlik değişimin tamamı negatif ölçek etkinliği değişiminden kaynaklanmaktadır.

5.4.13. Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve teçhizat imalatı

Tablo 47’de 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesinde genel olarak 29 başka yerde sınıflandırılmamış makine ve teçhizat imalatı sektöründe faaliyet gösteren 2919, 2921 ve 2925 kodlu alt sektörlerle ait Malmquist toplam faktör verimliliği indeksleri özetlenmektedir.

Tablo 47. 29 (Başka Yerde Sınıflandırılmamış Makine ve Teçhizat İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri

29-Başka Yerde Sınıflandırılmamış Makine ve Teçhizat İmalatı					
2919-Diğer genel amaçlı makinelerin imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.000	1.048	1.000	1.000	1.048
2005–2006	1.000	1.365	1.000	1.000	1.365
2006–2007	1.000	1.210	1.000	1.000	1.210
2921-Tarım ve orman makineleri imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.000	0.921	1.000	1.000	0.921
2005–2006	1.000	1.003	1.000	1.000	1.003
2006–2007	1.000	1.001	1.000	1.000	1.001
2925-Gıda, içecek ve tütün işleyen makinelerin imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.000	0.998	1.000	1.000	0.998
2005–2006	1.000	0.945	1.000	1.000	0.945
2006–2007	1.000	1.111	1.000	1.000	1.111

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 47'ye bakıldığında 2004–2005 yılları arasında başka yerde sınıflandırılmamış makine ve teçhizat imalatı sektöründe en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %4.8 ile 2919 (Diğer genel amaçlı makinelerin imalatı) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %-7.9 ile 2921 (Tarım ve orman makineleri imalatı) kodlu sektörde gerçekleşmiştir. 2005–2006 yılları arasında en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %36.5 ile 2919 (Diğer genel amaçlı makinelerin imalatı) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %-5.5 ile 2925 (Gıda, içecek ve tütün işleyen makinelerin imalatı) kodlu sektörde gerçekleşmiştir. 2006–2007 yılları arasında en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %21 ile 2919 (Diğer genel amaçlı makinelerin imalatı) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %0.1 ile 2921 (Tarım ve orman makineleri imalatı) kodlu sektörde gerçekleşmiştir.

Tablo 48'de 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesi 29 kodlu başka yerde sınıflandırılmamış makine ve teçhizat imalatı sektörü için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi yıllık ortalamaları gösterilmektedir.

Tablo 48. 29 (Başka Yerde Sınıflandırılmamış Makine ve Teçhizat İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu

YIL	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.000	0.988	1.000	1.000	0.988
2005–2006	1.000	1.090	1.000	1.000	1.090
2006–2007	1.000	1.104	1.000	1.000	1.104
ORTALAMA	1.000	1.059	1.000	1.000	1.059

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 48’e bakıldığında 2004–2005 yılları arasında başka yerde sınıflandırılmamış makine ve teçhizat imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %1.2 oranında bir toplam faktör verimliliği düşüşü olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin tamamı teknik etkinlikteki değişimden kaynaklanmaktadır.

2005–2006 yılları arasında başka yerde sınıflandırılmamış makine ve teçhizat imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %9 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin tamamı teknik etkinlikteki değişimden kaynaklanmaktadır.

2006–2007 yılları arasında başka yerde sınıflandırılmamış makine ve teçhizat imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %10.4 oranında bir toplam faktör verimliliği düşüşü olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin tamamı teknik etkinlikteki değişimden kaynaklanmaktadır.

Tablo 49’da başka yerde sınıflandırılmamış makine ve teçhizat imalatı sektöründe faaliyet gösteren alt sektörler için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksinin sektör ortalamaları gösterilmektedir.

Tablo 49. 29 (Başka Yerde Sınıflandırılmamış Makine ve Teçhizat İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamalar Özet Tablosu

29-Başka Yerde Sınıflandırılmamış Makine ve Teçhizat İmalatı	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
Diğer genel amaçlı makinelerin imalatı	1.000	1.201	1.000	1.000	1.201
Tarım ve orman makineleri imalatı	1.000	0.974	1.000	1.000	0.974
Gıda, içecek ve tütün işleyen mak. imal.	1.000	1.016	1.000	1.000	1.016
ORTALAMA	1.000	1.059	1.000	1.000	1.059

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 49'a bakıldığında 2004–2007 yılları arasında başka yerde sınıflandırılmamış makine ve teçhizat imalatı sektöründe toplam faktör verimliliği gelişimi %5.9 oranında gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın tamamı teknolojiye bağlı olarak gerçekleşmektedir.

2004–2007 yılları arasında en fazla toplam faktör verimliliği artışı %20.1 ile Diğer genel amaçlı makinelerin imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın tamamı teknolojiye bağlı olarak gerçekleşmektedir. 2004–2007 yılları arasında en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi %-2.6 ile Tarım ve orman makineleri imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu düşüşün tamamı teknolojiye bağlı olarak gerçekleşmektedir.

5.4.14. Başka yerde sınıflandırılmamış elektrikli makine ve cihazlar imalatı

Tablo 50'de 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesinde genel olarak 31 başka yerde sınıflandırılmamış elektrikli makine ve cihazlar imalatı sektöründe faaliyet gösteren 3130 kodlu alt sektöre ait Malmquist toplam faktör verimliliği indeksleri sunulmaktadır.

Tablo 50. 31 (Başka Yerde Sınıflandırılmamış Elektrikli Makine ve Teçhizat İmalatı)
Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri

31-Başka Yerde Sınıflandırılmamış Elektrikli Makine ve Teçhizat İmalatı					
3130-İzole edilmiş tel ve kablo imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.000	0.957	1.000	1.000	0.957
2005–2006	1.000	0.972	1.000	1.000	0.972
2006–2007	1.000	1.232	1.000	1.000	1.232

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 50'ye bakıldığında 2004–2005 yılları arasında başka yerde sınıflandırılmamış elektrikli makine ve cihazlar imalatı sektöründe faaliyet gösteren İzole edilmiş tel ve kablo imalatı alt sektöründe toplam faktör verimliliği değişimi %-4.3 oranında gerçekleşmiştir. Bu düşüşün tamamı teknolojiye bağlıdır. 2005–2006 yılları arasında başka yerde sınıflandırılmamış elektrikli makine ve cihazlar imalatı sektöründe faaliyet gösteren İzole edilmiş tel ve kablo imalatı alt sektöründe toplam faktör verimliliği değişimi %-2.8 oranında gerçekleşmiştir. Bu düşüşün tamamı teknolojiye bağlıdır. 2006–2007 yılları arasında başka yerde sınıflandırılmamış elektrikli makine ve cihazlar imalatı sektöründe faaliyet gösteren İzole edilmiş tel ve kablo imalatı alt sektöründe toplam faktör verimliliği değişimi %23.2 oranında gerçekleşmiştir. Bu artışın tamamı teknolojiye bağlıdır.

Tablo 51'de 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesi 31 kodlu başka yerde sınıflandırılmamış elektrikli makine ve cihazlar imalatı sektörü için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi yıllık ortalamaları özetlenmektedir.

Tablo 51. 31 (Başka Yerde Sınıflandırılmamış Elektrikli Makine ve Teçhizat İmalatı)
Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu

YIL	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.000	0.957	1.000	1.000	0.957
2005–2006	1.000	0.972	1.000	1.000	0.972
2006–2007	1.000	1.232	1.000	1.000	1.232
ORTALAMA	1.000	1.046	1.000	1.000	1.046

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 51’e bakıldığında 2004–2005 yılları arasında başka yerde sınıflandırılmamış elektrikli makine ve cihazlar imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %4.3 oranında bir toplam faktör verimliliği düşüşü olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin tamamı teknolojik değişimden kaynaklanmaktadır.

2005–2006 yılları arasında başka yerde sınıflandırılmamış elektrikli makine ve cihazlar imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %2.8 oranında bir toplam faktör verimliliği düşüşü olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin tamamı teknolojik değişimden kaynaklanmaktadır.

2006–2007 yılları arasında başka yerde sınıflandırılmamış elektrikli makine ve cihazlar imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %23.2 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin tamamı teknolojik değişimden kaynaklanmaktadır.

Tablo 52’de başka yerde sınıflandırılmamış elektrikli makine ve cihazlar imalatı sektöründe faaliyet gösteren alt sektör için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksinin sektör ortalamaları gösterilmektedir.

Tablo 52. 31 (Başka Yerde Sınıflandırılmamış Elektrikli Makine ve Teçhizat İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamalar Özet Tablosu

31-Başka Yerde Sınıflandırılmamış Elektrikli Makine ve Teçhizat İmalatı	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
İzole edilmiş tel ve kablo imalatı	1.000	1.046	1.000	1.000	1.046
ORTALAMA	1.000	1.046	1.000	1.000	1.046

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 52'ye bakıldığında 2004–2007 yılları arasında başka yerde sınıflandırılmamış elektrikli makine ve cihazlar imalatı sektöründe faaliyet gösteren İzole edilmiş tel ve kablo imalatı alt sektöründe toplam faktör verimliliği gelişimi %4.6 oranında gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın tamamı teknolojiye de değişmeden kaynaklanmaktadır.

5.4.15. Motorlu kara taşıtı ve römorklar imalatı

Tablo 53'de 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesinde genel olarak 34 motorlu kara taşıtı ve römorklar imalatı sektöründe faaliyet gösteren 3420 kodlu alt sektöre ait Malmquist toplam faktör verimliliği indeksleri gösterilmektedir.

Tablo 53. 34 (Motorlu Kara Taşıtı ve Römorklar İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri

34-Motorlu Kara Taşıtı ve Römorklar İmalatı					
3420-Motorlu kara taşıtları karoseri imalatı; römork ve yarı-römork imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.000	0.984	1.000	1.000	0.984
2005–2006	1.000	1.119	1.000	1.000	1.119
2006–2007	1.000	1.440	1.000	1.000	1.440

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 53'e bakıldığında 2004–2005 yılları arasında motorlu kara taşıtı ve römorklar imalatı sektöründe faaliyet gösteren Motorlu kara taşıtları karoseri imalatı; römork ve yarı- römork imalatı alt sektöründe toplam faktör verimliliği değişimi %-1.6

oranında gerçekleşmiştir. Bu düşüşün tamamı teknolojiadaki değişimden kaynaklanmaktadır. 2005–2006 yılları arasında motorlu kara taşıtı ve römorklar imalatı sektöründe faaliyet gösteren Motorlu kara taşıtları karoseri imalatı; römork ve yarı-römork imalatı alt sektöründe toplam faktör verimliliği değişimi %11.9 oranında gerçekleşmiştir. Bu artışın tamamı teknolojiadaki değişimden kaynaklanmaktadır. 2006–2007 yılları arasında motorlu kara taşıtı ve römorklar imalatı sektöründe faaliyet gösteren Motorlu kara taşıtları karoseri imalatı; römork ve yarı- römork imalatı alt sektöründe toplam faktör verimliliği değişimi %44 oranında gerçekleşmiştir. Bu artışın tamamı teknolojiadaki değişimden kaynaklanmaktadır.

Tablo 54’de 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesi 34 kodlu motorlu kara taşıtı ve römorklar imalatı sektörü için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi yıllık ortalamaları sunulmaktadır.

Tablo 54. 34 (Motorlu Kara Taşıtı ve Römorklar İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu

YIL	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.000	0.984	1.000	1.000	0.984
2005–2006	1.000	1.119	1.000	1.000	1.119
2006–2007	1.000	1.440	1.000	1.000	1.440
ORTALAMA	1.000	1.390	1.000	1.000	1.390

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 54’e bakıldığında 2004–2005 yılları arasında motorlu kara taşıtı ve römorklar imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %1.6 oranında bir toplam faktör verimliliği düşüşü olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin tamamı teknolojik değişimden kaynaklanmaktadır.

2005–2006 yılları arasında motorlu kara taşıtı ve römorklar imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %11.9 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin tamamı teknolojik değişimden kaynaklanmaktadır.

2006–2007 yılları arasında motorlu kara taşıtı ve römorklar imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %44 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin tamamı teknolojik değişimden kaynaklanmaktadır.

Tablo 55’de motorlu kara taşıtı ve römorklar imalatı sektöründe faaliyet gösteren alt sektör için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksinin sektör ortalamaları gösterilmektedir.

Tablo 55. 34 (Motorlu Kara Taşıtı ve Römorklar İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamalar Özet Tablosu

34-Motorlu Kara Taşıtı ve Römorklar İmalatı	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
Motorlu kara taşıtları karoseri imalatı; römork ve yarı- römork imalatı	1.000	1.390	1.000	1.000	1.390
ORTALAMA	1.000	1.390	1.000	1.000	1.390

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 55’e bakıldığında 2004–2007 yılları arasında motorlu kara taşıtı ve römorklar imalatı sektöründe faaliyet gösteren Motorlu kara taşıtları karoseri imalatı; römork ve yarı- römork imalatı alt sektöründe toplam faktör verimliliği gelişimi %39 oranında gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın tamamı teknolojideki değişmeden kaynaklanmaktadır.

5.4.16. Mobilya ve başka yerde sınıflandırılmamış diğer ürünlerin imalatı

Tablo 56’da 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesinde genel olarak 36 kodlu mobilya ve başka yerde sınıflandırılmamış diğer ürünlerin imalatı sektöründe faaliyet gösteren 3610, 3691 ve 3699 kodlu alt sektörlerle ait Malmquist toplam faktör verimliliği indeksleri özetlenmektedir.

Tablo 56. 36 (Mobilya ve Başka Yerde Sınıflandırılmamış Diğer Ürünlerin İmalatı)
Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri

36-Mobilya ve Başka Yerde Sınıflandırılmamış Diğer Ürünlerin İmalatı					
3610-Mobilya imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	0.949	1.008	0.961	0.988	0.956
2005–2006	0.714	0.993	0.714	1.001	0.709
2006–2007	0.693	0.977	0.694	0.999	0.677
3691-Kuyumculuk ve ilgili maddelerin imalatı					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.007	1.007	1.000	1.007	1.014
2005–2006	1.001	0.993	1.000	1.001	0.995
2006–2007	0.798	0.977	1.000	0.798	0.780
3699-Başka yerde sınıflandırılmamış diğer imalatlar					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.000	1.028	1.000	1.000	1.028
2005–2006	1.000	1.009	1.000	1.000	1.009
2006–2007	1.000	0.995	1.000	1.000	0.995

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 56'ya bakıldığında 2004–2005 yılları arasında mobilya ve başka yerde sınıflandırılmamış diğer ürünlerin imalatı sektöründe en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %2.8 ile 3699 (Başka yerde sınıflandırılmamış diğer imalatlar) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %-4.4 ile 3610 (Mobilya imalatı) kodlu sektörde gerçekleşmiştir. 2005–2006 yılları arasında en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %9 ile 3699 (Başka yerde sınıflandırılmamış diğer imalatlar) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %-29.1 ile 3610 (Mobilya imalatı) kodlu sektörde gerçekleşmiştir. 2006–2007 yılları arasında en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %-0.5 ile 3699 (Başka yerde sınıflandırılmamış diğer imalatlar) kodlu sektörde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %-32.3 ile 3610 (Mobilya imalatı) kodlu sektörde gerçekleşmiştir.

Tablo 57'de 2004–2007 yılları arasında Erzurum-Erzincan-Bayburt alt bölgesi 36 kodlu mobilya ve başka yerde sınıflandırılmamış diğer ürünlerin imalatı sektörü için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi yıllık ortalamaları gösterilmektedir.

Tablo 57. 36 (Mobilya ve Başka Yerde Sınıflandırılmamış Diğer Ürünlerin İmalatı)
Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Yıllık Ortalamalar Özet Tablosu

YIL	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	0.985	1.014	0.987	0.998	0.999
2005–2006	0.894	0.999	0.894	1.001	0.893
2006–2007	0.821	0.983	0.885	0.927	0.807
ORTALAMA	0.898	0.998	0.921	0.975	0.896

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 57'ye bakıldığında 2004–2005 yılları arasında kimyasal madde ve ürünlerin imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %0.1 oranında bir toplam faktör verimliliği düşüşü olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin kaynağının negatif bir teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %1.5 oranında azalış ile teknolojik değişim indeksindeki %1.4 oranında artış olduğu söylenebilir. 2004–2005 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %1.5 oranında olan negatif teknik etkinlik değişiminin kaynaklarını ise yıllık ortalama %1.3 oranında olan negatif pür etkinlik değişimi ve yıllık ortalama %0.2 oranında olan negatif ölçek etkinliği değişimi olarak ayırtırmak mümkündür.

2005–2006 yılları arasında kimyasal madde ve ürünlerin imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %10.7 oranında bir toplam faktör verimliliği düşüşü olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %10.6 oranında azalış ile teknolojik değişim indeksindeki %0.1 oranında azalış olduğu söylenebilir. 2005–2006 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %10.6 oranında olan negatif teknik etkinlik değişiminin kaynaklarını ise yıllık ortalama %10.6 oranında olan negatif pür etkinlik değişimi ve yıllık ortalama %0.1 oranında olan pozitif ölçek etkinliği değişimi olarak ayırtırmak mümkündür.

2006–2007 yılları arasında kimyasal madde ve ürünlerin imalatı sektörünün bütününde yıllık ortalama %19.3 oranında bir toplam faktör verimliliği düşüşü olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %17.9 oranında azalış ile teknolojik değişim indeksindeki %1.7 oranında azalış olduğu söylenebilir. 2006–2007 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %17.9 oranında olan negatif teknik etkinlik değişiminin kaynaklarını ise yıllık

ortalama %11.5 oranında olan negatif pür etkinlik değişimi ve yıllık ortalama %7.3 oranında olan negatif ölçek etkinliği değişimi olarak ayrıştırmak mümkündür.

Tablo 58’de mobilya ve başka yerde sınıflandırılmamış diğer ürünlerin imalatı sektöründe faaliyet gösteren alt sektörler için Malmquist toplam faktör verimliliği indeksinin sektör ortalamaları gösterilmektedir.

Tablo 58. 36 (Mobilya ve Başka Yerde Sınıflandırılmamış Diğer Ürünlerin İmalatı) Kodlu Sektör İçin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamalar Özet Tablosu

36-Mobilya ve Başka Yerde Sınıflandırılmamış Diğer Ürünlerin İmalatı	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
Mobilya imalatı	0.777	0.992	0.781	0.996	0.772
Kuyumculuk ve ilgili maddelerin imalatı	0.930	0.992	1.000	0.930	0.923
Başka yerde sınıflandırılmamış diğ. im.	1.000	1.011	1.000	1.000	1.011
ORTALAMA	0.898	0.998	0.921	0.975	0.896

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 58’e bakıldığında 2004–2007 yılları arasında mobilya ve başka yerde sınıflandırılmamış diğer ürünlerin imalatı sektöründe toplam faktör verimliliği gelişimi %-10.4 oranında gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu düşüşün kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %10.2 oranında düşüş ile teknolojik değişim indeksindeki %0.2 oranında düşüş olduğu söylenebilir. 2004–2007 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %10.2 oranında olan negatif teknik etkinlik değişiminin kaynaklarını ise yıllık ortalama %7.9 oranında olan negatif pür etkinlik değişimi ve yıllık ortalama %2.5 oranında olan negatif ölçek etkinliğindeki değişme olarak ayrıştırmak mümkündür.

2004–2007 yılları arasında en fazla toplam faktör verimliliği artışı %1.1 ile Başka yerde sınıflandırılmamış diğer imalatlar sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın tamamı teknolojiye bağlı olarak gerçekleşmiştir. 2004–2007 yılları arasında en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi %-22.8 ile Mobilya imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu düşüşün kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %22.3 oranında azalış ile teknolojik değişim indeksindeki %0.8 oranında azalış olduğu söylenebilir. Yıllık

ortalama %22.3 oranında olan negatif teknik etkinlik değişiminin kaynaklarını ise yıllık ortalama %21.9 oranında olan negatif pür etkinlik değişimi ve yıllık ortalama %0.4 oranında olan negatif ölçek etkinliğindeki değişme olarak ayırtırmak mümkündür.

5.4.17. İller bazında sektörler için malmquist toplam faktör verimliliği indeksleri

Tablo 59’da 2004–2007 yılları arasında Erzurum, Erzincan ve Bayburt illerinde faaliyet gösteren sektörlerin illere ait Malmquist toplam faktör verimliliği indeksleri sunulmaktadır.

Tablo 59. İllerin Sektörel Bazda Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksleri

İLLER					
BAYBURT					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.510	1.290	1.000	1.510	1.948
2005–2006	1.000	0.781	1.000	1.000	0.781
2006–2007	1.000	1.192	1.000	1.000	1.192
ERZİNCAN					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.000	1.009	1.000	1.000	1.009
2005–2006	1.000	1.071	1.000	1.000	1.071
2006–2007	1.000	0.872	1.000	1.000	0.872
ERZURUM					
	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2004–2005	1.000	1.011	1.000	1.000	1.011
2005–2006	1.000	1.004	1.000	1.000	1.004
2006–2007	1.000	1.008	1.000	1.000	1.008

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 59’a bakıldığında 2004–2005 yılları arasında iller bazında sektörlerin en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %94.8 ile Bayburt ilinde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %0.9 ile Erzurum ilinde faaliyet gösteren sektörlerde gerçekleştiği görülmektedir. 2005–2006 yılları arasında en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %7.1 ile Erzincan ilinde, en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %-21.9 ile Bayburt ilinde faaliyet gösteren sektörlerde gerçekleşmiştir. 2006–2007 yılları arasında en yüksek toplam faktör verimliliği gelişimi %19.2 ile Bayburt ilinde, en

düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %-12.8 ile Erzincan ilinde faaliyet gösteren sektörlerde gerçekleşmiştir.

Tablo 60'da Erzurum, Erzincan ve Bayburt illerinde faaliyet gösteren sektörlerin illere ait Malmquist toplam faktör verimliliği indeksinin sektör ortalamaları gösterilmektedir.

Tablo 60. İllerin Sektörel Bazda Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Sektör Ortalamaları Özet Tablosu

İl	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
Bayburt	1.147	1.096	1.000	1.147	1.257
Erzincan	1.000	0.944	1.000	1.000	0.944
Erzurum	1.000	1.016	1.000	1.000	1.016
ORTALAMA	1.047	1.017	1.000	1.047	1.064

Not: (TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme)

Tablo 60'a bakıldığında 2004–2007 yılları arasında iller bazında toplam faktör verimliliği gelişimi %6.4 oranında gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın kaynağının yıllık ortalama %4.7 oranında pozitif bir teknik etkinlik değişimi ile %1.7 oranında pozitif bir teknoloji değişimi olduğu söylenebilir. Yıllık ortalama %4.7 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişiminin tamamı pozitif ölçek etkinliğindeki değişmeden kaynaklanmaktadır.

2004–2007 yılları arasında en fazla toplam faktör verimliliği artışı %25.7 ile Bayburt ilinde faaliyet gösteren sektörlerde gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın kaynağının yıllık ortalama %14.7 oranında pozitif bir teknik etkinlik değişimi ile %9.6 oranında pozitif bir teknoloji değişimi olduğu söylenebilir. Yıllık ortalama %14.7 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişiminin tamamı pozitif ölçek etkinliğindeki değişmeden kaynaklanmaktadır.

2004–2007 yılları arasında en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi %-5.6 ile Erzincan ilinde faaliyet gösteren sektörlerde gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu düşüşün tamamı teknolojiye bağlı değişmeden kaynaklanmaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

İmalat sanayinde toplam faktör verimliliği göstergeleri pek çok açıdan önem arz etmektedir. Sanayileşmenin göstergelerinden birisinin de imalat sanayinde verimlilik olduğunu söylemek çok yanlış olmaz. Bu yüzden verimliliğin ölçülmesi gerekmektedir. Ayrıca Toplam faktör verimliliğindeki artış kaynakların daha etkin biçimde yeniden dağılması, teknolojik gelişme, daha etkin bir yönetim ve bilgi artışları gibi olumlu sonuçlara neden olmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, İstatistikî Bölge Birimleri Sınıflandırmasına göre TRA1 alt bölgesinde (Erzurum, Erzincan, Bayburt) faaliyet gösteren imalat sanayi firmaları alt sektörlerinin teknik etkinlik ve toplam faktör verimliliğini ölçmeye çalışmaktır.

Bu amacı gerçekleştirebilmek için, çalışmada 2004–2007 dönemine ait Bayburt ilinde 25, Erzincan ilinde 120 ve Erzurum ilinde 156 olmak üzere toplam 301 firmaya anket uygulanmıştır. Bu 301 işletme, ISIC (International Standart Industrial Classification of all economic activities) Rev.3 sınıflandırmasına göre imalat sanayi 4'lü kodlu toplam 52 alt kolda faaliyette bulunmaktadır.

Çalışmada, Veri zarflama analizi ve Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi yöntemleri her bir alt sektör için ayrı ayrı uygulanmış olup, Erzurum, Erzincan ve Bayburt illerinin imalat sanayi alt sektörlerine ilişkin teknik etkinlikteki değişme, teknolojik değişme ve toplam faktör verimliliğindeki değişme indeksleri hesaplanmıştır. Bu indekslerin hesaplanmasında Timothy James Coelli tarafından 1996 yılında geliştirilen DEAP 2.1 paket programı kullanılmıştır.

Araştırmada elde edilen bazı temel bulgular aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

➤ 2004–2005 yılları arasında imalat sanayinin bütününde %4.7 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki %8.7 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %3.7 oranında azalış olduğu söylenebilir.

➤ 2005–2006 yılları arasında imalat sanayinin bütününde %5.5 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin kaynağının teknik

etkinlik değişim indeksindeki %3.6 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %1.9 oranında artış olduğu söylenebilir.

➤ 2006–2007 yılları arasında imalat sanayinin bütününde %7.3 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki %8.5 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %1.2 oranında azalış olduğu söylenebilir.

➤ 2004–2007 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %5.8 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin kaynağının yıllık ortalama teknik etkinlik değişim indeksindeki %6.9 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %1 oranında azalış olduğu söylenebilir. 2004–2007 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %6.9 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişimin kaynaklarını ise yıllık ortalama %6.3 oranında pozitif bir pür etkinlik değişimi ve yıllık ortalama %0.6 oranında pozitif ölçek etkinliğindeki değişme olarak ayrıştırmak mümkündür.

➤ 2004–2007 yılları arasında 15 kodlu gıda ürünleri ve içecek imalatı sektöründe toplam faktör verimliliği gelişimi %1.6 oranında gerçekleşmiştir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %6.4 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %4.5 oranında azalış olduğu söylenebilir. 2004–2007 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %4.5 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişimin kaynaklarını ise yıllık ortalama %3.1 oranında pozitif bir pür etkinlik değişimi ve yıllık ortalama %3.2 oranında pozitif ölçek etkinliğindeki değişme olarak ayrıştırmak mümkündür. 2004–2007 yılları arasında en fazla toplam faktör verimliliği artışı %9 ile hazır hayvan yemleri imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın büyük bir kısmı teknik etkinlikteki değişimden kaynaklanmaktadır. 2004–2007 yılları arasında en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi ise %-13.2 ile süt ürünleri imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu düşüşün tamamı teknoloji değişiminden kaynaklanmaktadır.

➤ 2004–2007 yılları arasında 17 kodlu tekstil ürünleri imalatı sektöründe toplam faktör verimliliği gelişimi %14.2 oranında gerçekleşmiştir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %4.8 oranında artış ile

teknolojik değişim indeksindeki %8.9 oranında artış olduğu söylenebilir. 2004–2007 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %4.8 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişiminin tamamı pozitif ölçek etkinliğindeki değişimden kaynaklanmaktadır. 2004–2007 yılları arasında en fazla toplam faktör verimliliği artışı %26.7 ile Başka yerde sınıflandırılmamış tekstil ürünleri imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın büyük bir kısmı teknik etkinlikteki değişmeden kaynaklanmaktadır. 2004–2007 yılları arasında en düşük toplam faktör verimliliği %3.3 ile Trikotaj (örme) ürünleri imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu değişmenin tamamı teknolojik değişimden kaynaklanmaktadır.

➤ 2004–2007 yılları arasında 19 kodlu dabalıanmış deri, bavul, el çantası, saraciye ve ayakkabı imalatı sektöründe toplam faktör verimliliği gelişimi %3.6 oranında gerçekleşmiştir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %1.2 oranında azalış ile teknolojik değişim indeksindeki %4.9 oranında artış olduğu söylenebilir. 2004–2007 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %1.2 oranında olan negatif teknik etkinlik değişimin tamamı ölçek etkinliğindeki değişimden kaynaklanmaktadır. 2004–2007 yılları arasında en fazla toplam faktör verimliliği artışı %4.2 ile Bavul, el çantası vb. ile koşum takımı imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın tamamı teknolojikteki değişmeden kaynaklanmaktadır. 2004–2007 yılları arasında toplam faktör verimliliği gelişimi %3.1 ile Trikotaj (örme) ürünleri imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğinde bu artışın %2.3'ü teknik etkinlik değişim indeksindeki azalıştan, %5.5'i ise teknolojik değişim indeksindeki artıştan kaynaklanmaktadır. Ortalama %2.3 oranında olan negatif teknik etkinlik değişimin tamamı ise negatif ölçek etkinliğindeki değişimdir.

➤ 2004–2007 yılları arasında 20 kodlu ağaç ve mantar ürünleri (mobilya hariç); hasır vb. örölerek yapılan maddelerin imalatı sektöründe toplam faktör verimliliği gelişimi %0.7 oranında gerçekleşmiştir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %0.2 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %0.5 oranında artış olduğu söylenebilir. 2004–2007 yılları arasında yıllık ortalama %0.2 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişimin tamamı pozitif ölçek etkinliğindeki değişimdir. 2004–2007 yılları arasında en fazla toplam faktör verimliliği

artışı %2.3 ile Diğer ağaç ürünleri imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın tamamı teknolojiye katkılarından kaynaklanmaktadır. 2004–2007 yılları arasında en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi %-1.6 ile Kereste ve parke sanayi sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu değişimin tamamı teknolojiye katkılarından kaynaklanmaktadır.

➤ 2004–2007 yılları arasında 21 kodlu kâğıt ve kâğıt ürünleri imalatı sektöründe toplam faktör verimliliği gelişimi %1.8 oranında gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu gelişimin tamamı teknolojiye katkılarından kaynaklanmaktadır.

➤ 2004–2007 yılları arasında 22 kodlu basım ve yayım; plak, kaset vb. kayıtlı medyanın çoğaltılması sektöründe toplam faktör verimliliği gelişimi %6.5 oranında gerçekleşmiştir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %0.3 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %6.2 oranında artış olduğu söylenebilir. 2005–2006 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %0.2 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişimin kaynakları ise yıllık ortalama %0.1 oranında olan negatif pür etkinlik değişimi ve yıllık ortalama %0.4 oranında olan pozitif ölçek etkinliği değişimidir. 2004–2007 yılları arasında en fazla toplam faktör verimliliği artışı %9.9 ile Plak, kaset vb. kayıtlı medyanın çoğaltılması sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %1.6 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %8.1 oranında artış olduğu söylenebilir. 2004–2007 yılları arasında en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi %3.5 oranında Gazete, dergi ve süreli yayımların yayımı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu düşüşün tamamı teknolojiye katkılarından kaynaklanmaktadır.

➤ 2004–2007 yılları arasında 24 kodlu kimyasal madde ve ürünlerin imalatı sektöründe toplam faktör verimliliği gelişimi %5.5 oranında gerçekleşmiştir. Bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %1.2 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %4.2 oranında artış olduğu söylenebilir. 2004–2007 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %1.2 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişimin tamamı pozitif ölçek etkinliğindeki değişimdir. 2004–2007 yılları arasında en fazla toplam faktör verimliliği artışı %5.7 ile

Sabun ve deterjan, temizlik ve cilalama maddeleri; parfüm; kozmetik ve tuvalet malzemeleri imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %2.5 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %3.1 oranında artış olduğu söylenebilir. 2004–2007 yılları arasında en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi %5.3 ile Boya, vernik vb. kaplayıcı maddeler ile matbaa mürekkebi ve macun imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın tamamı teknolojiye bağlı olarak gerçekleşmektedir.

➤ 2004–2007 yılları arasında 25 kodlu plastik ve kauçuk ürünlerin imalatı sektöründe toplam faktör verimliliği düşüşü %2.4 oranında gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu düşüşün kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %1.7 oranında azalış ile teknolojik değişim indeksindeki %0.7 oranında azalış olduğu söylenebilir. 2004–2007 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %1.7 oranında olan negatif teknik etkinlik değişiminin tamamı negatif ölçek etkinliğindeki değişimden kaynaklanmaktadır. 2004–2007 yılları arasında en fazla toplam faktör verimliliği gelişimi %3.3 Plastik ürünleri imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın tamamı teknolojiye bağlı olarak gerçekleşmektedir. 2004–2007 yılları arasında en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi %-7.8 ile İç ve dış lastik imalatı; lastiğe sırt geçirilmesi ve yeniden işlenmesi sektöründe gerçekleşmiştir. İç ve dış lastik imalatı; lastiğe sırt geçirilmesi ve yeniden işlenmesi sektöründeki toplam faktör verimliliğindeki bu düşüşün kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %3.4 oranında azalış ile teknolojik değişim indeksindeki %4.5 oranında azalış olduğu söylenebilir. 2004–2007 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %3.4 oranında olan negatif teknik etkinlik değişiminin tamamı negatif ölçek etkinliğindeki değişimden kaynaklanmaktadır.

➤ 2004–2007 yılları arasında 26 kodlu metalik olmayan diğer mineral ürünlerin imalatı sektöründe toplam faktör verimliliği gelişimi %18.2 oranında gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu gelişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %8.7 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %8.8 oranında artış olduğu söylenebilir. 2006–2007 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %8.7 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişiminin kaynaklarını ise yıllık ortalama %1.7 oranında olan negatif ölçek etkinliğindeki

değişim ve yıllık ortalama %10.6 oranında olan pozitif ölçek etkinliği değişimi olarak ayrıştırmak mümkündür. 2004–2007 yılları arasında en fazla toplam faktör verimliliği artışı %14.2 ile Çimento, kireç ve alçı imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın tamamı teknolojiye bağlı olarak gerçekleşmektedir. 2004–2007 yılları arasında en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi %1.9 ile Çimento ve alçı ile sertleştirilmiş maddelerin imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu gelişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %8.8 oranında azalış ile teknolojik değişim indeksindeki %11.7 oranında artış olduğu söylenebilir. Yıllık ortalama %8.8 oranında olan negatif teknik etkinlik değişimin kaynaklarını ise yıllık ortalama %6.9 oranında olan negatif pür etkinlikteki değişim ve yıllık ortalama %2 oranında olan negatif ölçek etkinliği değişimi olarak ikiye ayrıştırmak mümkündür.

➤ 2004–2007 yılları arasında 27 kodlu ana metal sanayi sektöründe toplam faktör verimliliği gelişimi %4.4 oranında gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu gelişimin tamamı teknolojiye bağlı olarak gerçekleşmektedir. 2004–2007 yılları arasında en fazla toplam faktör verimliliği artışı %4.4 ile demir ve çeliğin dökümü sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın tamamı teknolojiye bağlı olarak gerçekleşmektedir. 2004–2007 yılları arasında en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi %4.3 ile demir dışındaki metallerin dökümü sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın tamamı teknolojiye bağlı olarak gerçekleşmektedir.

➤ 2004–2007 yılları arasında 28 kodlu metal eşya sanayi (makine ve teçhizatı hariç) sektöründe toplam faktör verimliliği düşüşü %1.1 oranında gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu düşüşün kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %5.4 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %6.2 oranında azalış söylenebilir. Yıllık ortalama %5.4 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişimin kaynaklarını ise yıllık ortalama %1.6 oranında olan pozitif pür etkinlikteki değişim ve yıllık ortalama %3.8 oranında olan pozitif ölçek etkinliği değişimi olarak ayrıştırmak mümkündür. 2004–2007 yılları arasında en fazla toplam faktör verimliliği artışı %10.4 ile Metallerin dövülmesi, preslenmesi, baskılanması ve yuvarlanması; toz metalurjisi sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık

ortalama %18.9 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %7.2 oranında azalış olduğu söylenebilir. Yıllık ortalama %18.9 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişimin kaynaklarını ise yıllık ortalama %6.9 oranında olan negatif pür etkinlikteki değişim ve yıllık ortalama %27.6 oranında olan pozitif ölçek etkinliği değişimi olarak ayırtırmak mümkündür. 2004–2007 yılları arasında en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi %-18.6 ile Başka yerde sınıflandırılmamış metal eşya imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu değişimin kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %5.9 oranında azalış ile teknolojik değişim indeksindeki %13.5 oranında azalış olduğu söylenebilir. Yıllık ortalama %5.9 oranında olan negatif teknik etkinlik değişimin tamamı negatif ölçek etkinliği değişiminden kaynaklanmaktadır.

➤ 2004–2007 yılları arasında 29 kodlu başka yerde sınıflandırılmamış makine ve teçhizat imalatı sektöründe toplam faktör verimliliği gelişimi %5.9 oranında gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın tamamı teknolojiye değişmeden kaynaklanmaktadır. 2004–2007 yılları arasında en fazla toplam faktör verimliliği artışı %20.1 ile Diğer genel amaçlı makinelerin imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın tamamı teknolojiye değişmeden kaynaklanmaktadır. 2004–2007 yılları arasında en düşük toplam faktör verimliliği gelişimi %-2.6 ile Tarım ve orman makineleri imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu düşüşün tamamı teknolojiye değişmeden kaynaklanmaktadır.

➤ 2004–2007 yılları arasında 31 kodlu başka yerde sınıflandırılmamış elektrikli makine ve cihazlar imalatı sektöründe faaliyet gösteren İzole edilmiş tel ve kablo imalatı alt sektöründe toplam faktör verimliliği gelişimi %4.6 oranında gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın tamamı teknolojiye değişmeden kaynaklanmaktadır.

➤ 2004–2007 yılları arasında 34 kodlu motorlu kara taşıtı ve römorklar imalatı sektöründe faaliyet gösteren Motorlu kara taşıtları karoseri imalatı; römork ve yarı-römork imalatı alt sektöründe toplam faktör verimliliği gelişimi %39 oranında gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın tamamı teknolojiye değişmeden kaynaklanmaktadır.

➤ 2004–2007 yılları arasında 36 kodlu mobilya ve başka yerde sınıflandırılmamış diğer ürünlerin imalatı sektöründe toplam faktör verimliliği düşüşü %10.4 oranında gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu düşüşün kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %10.2 oranında azalış ile teknolojik değişim indeksindeki %0.2 oranında azalış olduğu söylenebilir. 2004–2007 yılları arasında imalat sanayinin bütününde yıllık ortalama %10.2 oranında olan negatif teknik etkinlik değişiminin kaynaklarını ise yıllık ortalama %7.9 oranında olan negatif pür etkinlik değişimi ve yıllık ortalama %2.5 oranında olan negatif ölçek etkinliğindeki değişme olarak ayrıştırmak mümkündür. 2004–2007 yılları arasında en fazla toplam faktör verimliliği artışı %1.1 ile Başka yerde sınıflandırılmamış diğer imalatlar sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın tamamı teknolojiye bağlı değişimden kaynaklanmaktadır. 2004–2007 yılları arasında en düşük toplam faktör verimliliği düşüşü %22.8 ile Mobilya imalatı sektöründe gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu düşüşün kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %22.3 oranında azalış ile teknolojik değişim indeksindeki %0.8 oranında azalış olduğu söylenebilir. Yıllık ortalama %22.3 oranında olan negatif teknik etkinlik değişiminin kaynaklarını ise yıllık ortalama %21.9 oranında olan negatif pür etkinlik değişimi ve yıllık ortalama %0.4 oranında olan negatif ölçek etkinliğindeki değişme olarak ayrıştırmak mümkündür.

➤ 2004–2007 yılları arasında iller bazında toplam faktör verimliliği gelişimi %6.4 oranında gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %4.7 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %1.7 oranında artış olduğu söylenebilir. Yıllık ortalama %4.7 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişiminin tamamı pozitif ölçek etkinliğindeki değişimden kaynaklanmaktadır.

➤ 2004–2007 yılları arasında en fazla toplam faktör verimliliği artışı %25.7 ile Bayburt ilinde faaliyet gösteren sektörlerde gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu artışın kaynağının teknik etkinlik değişim indeksindeki yıllık ortalama %14.7 oranında artış ile teknolojik değişim indeksindeki %9.6 oranında artış olduğu söylenebilir. Yıllık ortalama %14.7 oranında olan pozitif teknik etkinlik değişiminin tamamı pozitif ölçek etkinliğindeki değişimden kaynaklanmaktadır.

➤ 2004–2007 yılları arasında en düşük toplam faktör verimliliği düşüşü %5.6 ile Erzincan ilinde faaliyet gösteren sektörlerde gerçekleşmiştir. Toplam faktör verimliliğindeki bu düşüşün tamamı teknolojiadaki değişmeden kaynaklanmaktadır.

Bu sonuçlar ışığında, ileriye dönük politikalar oluşturmak isteyen firmalara aşağıdaki önerileri sunmak mümkündür.

➤ Bilindiği üzere toplam faktör verimliliği indeksi, teknik etkinlikteki değişme ve teknolojik değişme indekslerinin çarpımına eşittir. Teknik etkinlikteki değişme indeksi ise pür etkinlikteki değişme ve ölçek etkinliğindeki değişme indekslerinin çarpımına eşittir. Toplam faktör verimliliği indeksi birden küçük olan bir sektör bu indeksi birden büyük hale getirebilmek için teknik etkinlikteki değişme veya teknolojik değişme indekslerini birden büyük hale getirmesi gerekmektedir. Teknik etkinlikteki değişme indeksinin birden büyük olabilmesi için pür etkinlikteki değişme ve ölçek etkinliğindeki değişme indekslerinin birden büyük olması gerekmektedir.

➤ 2004–2007 yılları arasında, 15 kodlu gıda ürünleri ve içecek imalatı sektöründe balık ve balık ürünlerinin işlenmesi ve saklanması, süt ürünleri imalatı alt sektörlerinde, 20 kodlu ağaç ve mantar ürünleri (mobilya hariç); hasır vb. örülerek yapılan maddelerin imalatı sektöründe kereste ve parke sanayi alt sektöründe, 25 kodlu plastik ve kauçuk ürünlerin imalatı sektöründe iç ve dış lastik imalatı; lastiğe sırt geçirilmesi ve yeniden işlenmesi alt sektöründe, 28 kodlu metal eşya sanayi (makine ve teçhizatı hariç) sektöründe tank, sarnıç ve metal muhafaza imalatı alt sektöründe, 29 kodlu başka yerde sınıflandırılmamış makine ve teçhizat imalatı sektöründe tarım ve orman makineleri imalatı alt sektöründe, 36 kodlu mobilya ve başka yerde sınıflandırılmamış diğer ürünlerin imalatı sektöründe mobilya imalatı ve kuyumculuk ve ilgili maddelerin imalatı alt sektörlerinde faaliyette bulunan firmaların toplam faktör verimliliği indeksinin birden küçük çıkması, teknik etkinlik değişim ve/veya teknolojik değişim indekslerinin birden küçük olmasından kaynaklanmaktadır. Bu sektörlerde faaliyette bulunan firmaların bu indeksleri birden büyük hale getirmenin yollarını aramaları gerekmektedir.

Ayrıca verimliliğin arttırılabilmesi için;

➤ Sanayi bilincinin gelişmesi açısından girişimcilerin eğitilmesi ve istikrarlı bir yönetimin oluşturulması gerekmektedir.

➤ Emeğin verimliliğini arttırmak için, işyerinde eğitim-yetiştirme kurs ve programlarının yaygınlaştırılması, yeni ve üretime dönük bilgilerle işgücünün sürekli eğitiminin yapılması büyük önem arz etmektedir.

➤ Verimlilikteki artış eğiliminin orta ve uzun dönemde devam etmesi ancak yatırım ve üretimin önündeki engellerin ortadan kaldırılması ve rekabet ortamının geliştirilmesi ile mümkün olacağından dolayı, üretim ve yatırım teşvik edilmelidir. Yöneticiler dünyadaki gelişmeleri izleyerek, sektörlerin geleceğini gözden geçirmeli, rekabetçi yapı ve faktörleri dikkate alarak bir yatırım stratejisi geliştirmelidirler. Ayrıca yöneticiler bölgede kendilerine sunulan teşviklerden rasyonel sınırlar içerisinde yararlanmalıdır.

➤ İthal girdilerin azaltılması çıktının verimliliğini artıracaktır. Bu nedenle; sektörler ithal girdileri ve katma değer katkıları açısından incelenmelidir. Her sektör kendi içinde yerli katkının nasıl arttırılacağını araştırmalıdır.

➤ Bölgede önemli bir sorun olan ulaşım ve alt yapı yatırımlarına önem verilmeli ve enerji maliyetlerini düşürmenin yolları aranmalıdır.

➤ Uzun dönemde sürekli büyümenin temel nedeni teknolojik değişim ve teknolojik yeniliklerden kaynaklanan verimlilik artışlarıdır. Yeni teknolojilerle yeni ürünler ve yeni üretim yöntemleri oluşturulmalı, ar-ge faaliyetleri arttırılmalı ve özellikle iletişim tekniklerindeki gelişmelerin firmalarda kullanılması sağlanmalıdır.

➤ İşbirliklerinin geliştirilmesi, sanayicilerin kendi aralarında, kendi meslek kuruluşlarıyla işbirliği sağlamaları aynı zamanda kamu kurum ve kuruluşları ile işbirliği sağlanması gerekmektedir.

➤ Uluslararası kabul gören standartta ve kalitede üretimi gerçekleştirmenin yolları aranmalıdır.

➤ Özellikle son zamanlarda yeni düzenlemelerle gündeme gelen “Kalkınma Ajansları”nın bölgenin ekonomik kalkınmasında önemli bir fırsat olarak değerlendirilmesi önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- AHN, Tae Sik; **Efficiency Related Issues in Higher Education: A Data Envelopment Analysis Approach**, Ph.D.Thesis, 1987. The University of Texas at Austin, Texas.
- AKGÜÇ, Öztin; **Mali Tablolar Analizi**, İstanbul, 1981.
- AKTAŞ, Hüseyin ; “İşletme Performansının Ölçülmesinde Veri Zarflama Analizi Yaklaşımı, Yönetim ve Ekonomi”, **Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Yönetim ve Ekonomi Dergisi**, Cilt: 7, Sayı:1, 2001, ss. 163-175.
- ANDERSON, D. R., SWEENEY, D. J. ve WILLIAMS, T. A.; “Hastane Performansını Belirlemede Veri Zarflama Analizi”, Çev. Mehpare Timor, **İ.Ü. İşletme Fakültesi Dergisi**, Cit: 30, Sayı: 1, Nisan 2001, ss. 147-152.
- ANGERİZ, Alvaro, MCCOMBIE, John ve ROBERTS, Mark; “Productivity, Efficiency and Technological Change in European Union Regional Manufacturing: A Data Envelopment Analysis Approach”, **The Manchester School**, Vol: 74, No: 4, 2006, ss. 500-525.
- ARNADE, Carlos; “Using Data Envelopment Analysis to Measure International Agricultural Efficiency and Productivity” **United States Department of Agriculture**, Technical Bulletin Number: 1831, 1994.
- AYDEMİR, Zeynep Canan; **Bölgesel Rekabet Edebilirlik Kapsamında İllerin Kaynak Kullanım Görece Verimlilikleri: Veri Hazırlama Analizi Uygulaması**, DPT Uzmanlık Tezleri Yayın No:2664, İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü Proje, Yatırımları Değerlendirme ve Analiz Dairesi Başkanlığı, 2002.
- AYTEMİZ KAYA, Semiha; “Ticaretin Serbestleşmesi ve Türkiye İmalat Sanayinde Toplam Faktör Verimliliği”, **Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt: 7, Sayı: 2,2006, ss. 71-93.
- BAKIRCI, Fehim; **Üretimde Etkinlik ve Verimlilik Ölçümü Veri Zarflama Analizi Teori ve Uygulama**, Atlas Yayınları, Ankara, 2006, s. 63.

- BANKER, R. D., CHARNES, Abraham ve COOPER, William W.; “Some Models for Estimating Technical and Scale Efficiencies in Data Envelopment Analysis”, **Management Science**, Vol: 30, No: 9, September, 1984, ss. 1078-1092.
- BANKER, R.D., DATAR, S.M.ve KAPLAN, R.S.; “Productivity Measurement and Management Accounting”, **Journal of Accounting, Auditing & Finance**, No.4, 1989, ss. 528–554.
- BANKER, Rajid D.; “Estimation of Returns to Scale Using Data Envelopment Analysis”, **European Journal of Operational Research**, Vol: 62, 1992, ss. 74-84.
- BAYSAL, M. Emin; **Veri Zarflama Analizi ile Orta Öğretimde Performans Ölçümü**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara Gazi Üniversitesi, 1999.
- BERGER, Allen ve HUMPHREY, David B.; “Efficiency of Financial Institutions: International Survey and Directions for Future Research”, **European Journal of Operational Research**, Vol: 98, 1997, ss. 175-212.
- BESEN, F. Buket; **Performans Yönetim Sistemi ve Veri Zarflama Analizi’nin Sağlık Sektöründe Uygulanması**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1994.
- BOUSSOFIANE, A., DYSON, R. ve RHODES, E.; “Applied Data Envelopment Analysis”, **European Journal of Operational Research**, II, No: 6, 1991, ss. 1-15.
- BOZDAĞ, N., ALTAN, Ş. ve ATAN M.; “Toplam Etkinlik Ölçümü: Veri Zarflama Analizi ve Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama”, **5. Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu**, Adana, 2001.
- BÜLBÜL, Serpil ve AKHİSAR, İlyas; “Türk Sigorta Şirketlerinin Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi ile Araştırılması”, Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigortacılık Yüksek Okulu, 2005, <http://www.ekonometridernegi.org/bildiriler/o3s2.pdf>, S.E.T. 17.04.2007.
- BÜYÜKKILIÇ, Deniz ve YAVUZ, İlknur; **İmalat Sanayinde Toplam Faktör Verimliliği: Teknik Değişim, Teknik Etkinlik (1994-2001)**, MPM Yayınları No: 685, Ankara, 2005.
- BÜYÜKKILIÇ, Deniz; Verimlilik, (www.ekodialog.com), S. E. T. 30.04.2007.

- CAVES, R. E., CHRISTENSEN, L. ve DIEWERT, W. Erwin; “The Economic Theory Index Number and the Measurement of Output and Productivity”, **Econometrica**, 50, ss. 1393-1414.
- CHARNES, A., COOPER, W. W. ve RHODES, E.; “ Evaluating Program And Managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through “, **Management Science**, Vol: 27, No: 6, 1981, ss. 668-697.
-; “Measuring the Efficiency of Decision Making Units”, **European Journal of Operational Research**, 2, 1978, ss. 429-444.
- CHIN, Nancy ve TONGZON, Jose; “Total Factor Productivity Growth at Sectoral Level: The Case of Singapore Hotel Industry”, 2004, <http://www.uq.edu.au/economics/appc2004/Papers/cs5D1.pdf>, L.A.D. 17.04.2007.
- CİNGİ, Selçuk ve TARIM, Armağan; “Türk Banka Sisteminde Performans Ölçümü DEA-Malmquist TFP Endeksi Uygulaması”, **Türkiye Bankalar Birliği Araştırma Tebliği Serisi**, 2000.
- COELLI, Timothy James, CHRISTOPHER, J. O'Donnell, RAO, D.S. Prasada ve BATTESE, George E.; **An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis**, Kluwer Publication, Boston, 1998.
- COELLI, Timothy James ve RAO, D.S. Prasada; “Total Factor Productivity Growth in Agriculture: A Malmquist Index Analysis of 93 Countries, 1980-2000”, Working Paper No: 02/2003, **Centre for Efficiency and Productivity Analysis**, School of Economics, The University of Queensland, 2003.
- COELLI, Timothy James; “A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program”, **Center for Efficiency and Productive Analysis Working Paper**, No.8, 1996.
- COOPER, W. W., SEIFORD, L. M. ve TONE, K.; **DEA; A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software**, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2000.
- COOPER, W. W., SEIFORD, L. M., ve ZHU, Joe; **Data Envelopment Analysis: History, Models and Interpretations, in Handbook on Data Envelopment Analysis**, Chapter 1, 1-39, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2004.

- DAFT, Richard; **Management**, 5. Baskı, Harcourt College Publishers, 2000.
- DEAN, Edwin R., HARPER, Michael J. ve SHERWOOD, Mark K.; “Productivity Measurement with Changing-Weight Indexes of Outputs and Inputs”, Discussion paper presented at the OECD Expert Workshop on Productivity: **International Comparison and Measurement Issues**, www.oecd.org/dataoecd/2/5/9/18258.
- DELİKTAŞ, Ertuğrul; “Türkiye Özel Sektör İmalat Sanayiinde Etkinlik ve Toplam Faktör Verimliliği Analizi”, **ODTÜ Gelişme Dergisi**, Cilt: 29, Sayı: 3-4, 2002, ss. 247-284.
-; ”İzmir Küçük, Orta ve Büyük Ölçekli İmalat Sanayinde Üretim Etkinliği ve Toplam Faktör Verimliliği Analizi”, **Working Papers in Economics**, Working Paper No: 06/03, 2006, ss. 1-45.
- DEPRINS, D., SIMAR, L. ve TULKENS, H.; “Measuring Labor Efficiency in Post Offices” in M. Marchand, P. Pestieau and H. Tulkens (eds.), **The Performance of Public Enterprises: Normative, Positive and Empirical Issues**, Amsterdam, North Holland, 1984, ss. 243-267.
- DIEWERT, Erwin ve NAKAMURA, Alice; “Index Number Concepts, Measures and Decomposition of Productivity Growth”, **Journal of Productivity Analysis**, Vol: 19, 2003, ss. 127-159.
-; “The Measurement of Aggregate Total Factor Productivity Growth”, <http://www.econ.ubc.ca/discpapers/dp0205.pdf>, L.A.D. 12.08.2007, 2002.
-; **Concepts and Measures of Productivity: An Introduction**, Services Industries and the Knowledge Based Economy, University of Calgary Press, 2005.
- DIEWERT, W. Erwin; “Capital and The Theory of Productivity”, **American Economic Review**, 79(5), 1980, ss. 260-267.
-; “The Measurement of Productivity”, Discussion Paper, No: 89-04, 1989, **Department of Economics**, University of British Columbia.
- DOMAZLICKY, Bruce R. ve WEBER, William L.; “Total Factor Productivity in the Contiguous United States, 1977-1986”, **Journal of Regional Science**, Vol: 37, No: 2, 1997, ss. 213-233.

- EKREN, Nazım ve EMİRAL, Fatih; “Türk Bankacılık Sisteminde Etkinlik Analizi (Veri Zarflama Analizi Uygulaması)”, **Active Bankacılık ve Finans Dergisi**, Sayı: 24, 2002, ss. 1-32.
- ERKUT, H. ve POLAT, S.; “Türk Sanayinde Verimlilik Analizi İçin Simülasyon Modeli”, **Yayınlanmamış Araştırma Projesi Raporu**, 1993, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- ELDOR, D., ve SUDIT, E.; “Productivity-Based Financial Net Income Analysis”, **Omega** 9, 1981, No.6, ss. 605–611.
- FARE, Rolf, GRIFEL-TATJE, Emili, GROSSKOPF, Shawna ve LOVELL, C. A. Knox; “Biased Technical Change and the Malmquist Productivity Index”, **Scandinavian Journal of Economics**, 99:1, 1997, ss. 119-127.
- FARE, Rolf, GROSSKOPF, Shawna ve LOVELL, C. A. Knox; “An Indirect Approach to the Evaluation of Procuder Performance”, **Journal of Public Economics**, 1988, 37, ss. 71-89.
-; **The Measurement of Efficiency of Production**, Boston, Kluwer-Nijhoff Publishing, 1985.
- FARE, Rolf, GROSSKOPF, Shawna, LINDGREN, B. ve ROOS, P.; “Productivity Development in Swedish Hospitals: A Malmquist Output Index Approach” Discussion Paper 89-3, **Department of Economics**, Southern Illinois University, Carbondale, 1989.
- FARE, Rolf, GROSSKOPF, Shawna, NORRIS, M. ve ZHANG, Z. Y.; “Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Change in Industrialized Countries”, **The American Economic Review**, 84, 1994, ss. 66-80.
- FARE, Rolf ve GROSSKOPF, Shawna; “Reference Guide to OnFront®”, **Economic Measurement and Quality in Lund Corporation**, 1998, <http://www.emq.com>, L.A.D. 19.04.2007.
- FARRELL, M. J.; “The Measurement of Productive Efficiency”, **Journal of the Royal Statistical Society Series A (General)**, Vol: 120, No: 3, 1957, ss. 253-281.
- FISHER, Irving; **The Making of Index Numbers**, Boston and New York, Houfton Mifflin Company, 1922.

- FORSUND, Finn, LOVELL, Knox ve SCHMIDT, Peter; “A Survey of Frontier Production Functions and of their Relationship to Efficiency Measurement”, **Journal of Econometrics**, Vol: 13, 1980, ss. 5-25.
- FORSUND, Finn ve SARAFOĞLU, Nikias; “On the Origins of Data Envelopment Analysis”, Memorandum No: 24, **Department of Economics University of Oslo**, 2000.
- FULGINITI, Lilyan E.ve PERRIN, Richard K.; “LDC Agriculture: Nonparametric Malmquist Productivity Indexes”, **Journal of Development Economics**, Vol: 53, 1997, ss. 373-390.
- GOVINDRAJON, Rajishekar; “Supplier Evaluation Using Data Envelopment Analysis”,<http://poly.asu.edu/technology/dcst/Projects/December2003/GovindarajanRajashekar.pdf>, L.A.D. 17.07.2007, 2003.
- GRIFELL-TATJÉ, E. ve LOVELL, C. A. Knox; “Profits and Productivity”, **Management Science**, Vol: 45, No: 9, 1999, ss. 1177-1193.
- GROSSKOPF, Shawna; **Efficiency and Productivity**, in H.O. Fried, C.A.K. Lovell & SS. Schmidt (eds), *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*, Oxford University Press, New York, 1993.
- GÜLCÜ, Aslan, COŞKUN, Akin, YEŞİLYURT, Cavit, COŞKUN, Sibel, ESENER, ve Timur, ESENER; “Cumhuriyet Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi’nin Veri Zarflama Analizi Yöntemiyle Göreceli Etkinlik Analizi”, **Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, Cilt: 5, Sayı: 2, 2004, ss. 87-104.
- GÜLCÜ, Aslan; “Cumhuriyet Üniversitesi Araştırma Hastanesi Üzerinde Veri Zarflama Analizi (VZA) Yöntemi ile Görece Verimlilik Analizi”, **Verimlilik Dergisi**, No: 4, 2001, ss. 113-138.
- HAYS, William L.; **Statistics for the Social Sciences**, Holt, Rinehart and Winston, Inc., Newyork, 1973.
- <http://genelkultur.ansiklopedisi.net/verimlilik-ve-onemi/9113/>, S. E. T. 21.08. 2007.
- İNAN, Alpan; “Banka Etkinliğinin Ölçülmesi ve Düşük Enflasyon Sürecinde Bankacılıkta Etkinlik”, **Bankacılık Dergisi**, Sayı: 34, 2000.
- JORGENSON, D. W. ve GRILICHES, Z.; “The Explanation of Productivity Change”, **Rewiev of Economic Studies**, Vol: 34, No: 3, 1967, ss. 249-283.

- KALIRAJAN, Kaliappa ve SHAND, Richard Tregurtha; “Frontier Production Functions and Technical Efficiency Measures”, **Journal of Economic Surveys**, 13(2), 1999, ss. 149-172.
- KARADAĞ, Metin, ÖNDER, A. Özlem ve DELİKTAŞ, Ertuğrul; “Growth of Factor Productivity in the Turkish Manufacturing Industry at Provincial Level”, **Regional Studies**, 39 (2), 2005, ss. 213-223.
- KARASOY, Hilâl; **Veri Zarflama Analizi**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2000, İstanbul.
- KARTAL, Mahmut; **Bilimsel Araştırmalarda Hipotez Testleri (Parametrik ve Nonparametrik Teknikler)**, 2. Baskı, Erzurum, Şafak Yayınevi, 1998.
- KESKİN BENLİ, Yasemin; **İstanbul Menkul Kıymetler Borsası İmalat Sanayi İçin Etkinlik ve Toplam Faktör Verimliliği Analizi**, Ankara, Seçkin Yayıncılık, 2006.
- KILIÇKAPLAN, Serdar, ATAN, Murat ve HAYIRSEVER, Feride; “Avrupa Birliği’nin Genişleme Sürecinde Türkiye Sigortacılık Sektöründe Hayat Dışı Şirketlerin Verimliliklerinin Değerlendirilmesi”, <http://muratatan.info/academic/bulletin/19.pdf>, S. E. T. 21.08. 2007.
- KILLI, Mine; **Toplam Etkinlik ve Veri Zarflama Analizi Üzerine Karşılaştırmalı Yaklaşımlar ve Bir Uygulama**, Ankara Gazi Üniversitesi Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, 2004.
- KIRIKAL, Ly; “Productivity, the Malmquist Index and the Empirical Study of Banks in Estonia”, **Financial Sector Research in Estonia: Research Seminar Papers**, Tallinn, 2004, ss. 109–130.
- KÖK, Recep ve DELİKTAŞ, Ertuğrul; **Endüstri İktisadında Verimlilik Ölçme ve Strateji Geliştirme Teknikleri (İş Dünyasından Örneklerle)**, Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Yayınları, İzmir, 2003.
- KÖROĞLU, Kâzım; **Verimlilik Yönetimine Japon Yaklaşımı ve Kazukiyo Kurosawa Modeli**, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları No: 507, Ankara, 1993.
- KUMAR, Surrender; “A Decomposition of Total Factor Productivity Growth: A Regional Analysis of Indian Industrial Manufacturing Growth”, **National**

- Institute of Public Finance and Policy Working Paper**, No: 22, 2004, National Institute of Public Finance and Policy (NIPFP), New Delhi, India.
- KUROSAWA, K.; “An Aggregate Index for The Analysis of Productivity and Profitability”, **Omega** 3, 1975, No.2, ss. 157–168.
- LASPEYRES, E.; “Die Berechnung Einer Mittleren Waaren Preissteigerung”, **Jahrbücher für Nationalo Ekonornie und Statistik**, 16, 1871, ss. 296-314.
- LOETHER, H. J. ve MACTAVISH, D.G.; **Descriptive and inferential Statistics: An Introduction**, Second Edition, Allyn and Bacon, Inc., Boston, 1980.
- MAHADEVAN, Renuka; “A DEA Approach to Understanding the Productivity Growth of Malaysia’s Manufacturing Industries”, **Asia Pasific Journal of Management**, 19, 2002, ss. 587-600.
- MALMQUIST, Sten; “The Making of Index Numbers and Indifference Surfaces”, **Trabajos de Estadistica**, 4, ss. 209-242.
- MAO, Weining ve KOO, Won W.; “Productivity Growth, Technology Progress and Efficiency Change in Chinese Agricultural Production From 1984 to 1993”, **North Dakota State University Agricultural Economics**, Report No: 362, 1996.
- MARIA, Charles Henri Di ve CICCONE, Julien; “Total Factor Productivity Growth, Technical Change and Efficiency Change in Luxemburg’s Industrial Sector”, 2006, [http://www.tudor.lu/cms/lisbonne2006/publishing.nsf/0/B08C6B6257B00520C125720D004C38E1/\\$file/Di_Maria_Ciccone.pdf](http://www.tudor.lu/cms/lisbonne2006/publishing.nsf/0/B08C6B6257B00520C125720D004C38E1/$file/Di_Maria_Ciccone.pdf), L.A.D. 15.04.2007.
- METTERS, Richard, FREI, Frances ve VARGAS, Vicente; “Measurement of Multiple Sites in Service Firms With Data Envelopment Analysis”, **Production and Operations Management**, Vol: 8,(3), 1999, ss. 264-281.
- MILLER, D.M.; “Profitability = Productivity + Price Recovery”, **Harvard Business Review**, 62, 1984, No.3, ss. 145–163.
- MILLER, D.M., ve RAO, P.M.; “Analysis of Profit-Linked Total Factor Productivity Measurement Models at The Firm Level”, **Management Science**, 35, 1989, No.6, ss. 757–767.
- MOLYNEUXAND, Philip ve IQBAL, Munawar, “Draft Chapter of a Book in Prepaton Thirty Years of Islamic Banking: History, Performance and Prospects”, 2004,

- http://www.sbp.org.pk/departments/ibd/Banking_Efficiency.pdf, L.A.D. 20.06.2007.
- MORRISON, C. ve DIEWERT, W. Erwin; “New Techniques in the Measurement of Multifactor Productivity”, **Journal of Productivity Analysis**, I (4), 1990, ss. 276-286.
- NISHIMIZU, M.ve PAGE, J.M.; ”Total Factor Productivity Growth, Technological Progress and Technical Efficiency Change: Dimensions of Productivity Change in Yugoslavia 1965-1978”, **Economic Journal**, Vol: 92, No: 368, 1982, ss. 920-936.
- NORMAN, M. ve STOKER, B.; **Data Envelopment Analysis: The Assesment of Performance**, Jhon Wileysons, Newyork, 1997.
- OULTON, Nicholas; “Index Numbers: A Users’Guide” **Centre for Economic Performance**, London School of Economics, 2006, http://www.banquefrance.fr/gb/fondatio/telechar/oultou_papier_seminaire.pdf, L.A.D. 15.08.2007.
- ÖZCAN, A.; **Celal Bayar Üniversitesi’ne Bağlı Meslek Yüksekokullarının Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi ile Ölçülmesi**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Manisa, 2005.
- PAASCHE, H.; “Über Die Preisentwicklung der Letzten Jahre, nach den Hamburge Borsennotierungen”, **Jahrbücher für Nationalo Ekonornie und Statistik**, 23, 1874, ss. 168-178.
- PEREIRA, Euler, MELLO, G. De, BRIGIDO, Paulo ve MACEDO, R.; “Total Factor Productivity Growth, Technical Progress, and Technical Efficiency Change in the Brazilian Industry in 1996-2000: A Firm-Level DEA Approach”, 2003, <http://www.anpec.org.br/encontro2003/artigos/D35.pdf>, L.A.D. 17.04.2007.
- PROKOPENKO, Joseph; **Verimlilik Yönetimi Uygulamalı El Kitabı**, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları No: 476, Ankara, 2005.
- RAO, Prasada ve COELLI, Timothy James; “A Cross-Country Analysis of GDP Growth, Catch-up and Convergence in Productivity ve Inequality”, **Centre for Efficiency and Productivity Analysis Working Papers**, 5/98, Department of Econometrics, University of New England, Australia, 1998, ss. 1-39.
- RAY, C. Subhash; **Data Envelopment Analysis: Theory and Techniques for Economics and Operation Research**, USA: Cambridge University Pres, 2004.

- SEITFORD, L.; “An Investigation at Returns to Scale in Data Omega”, **International Journal of Management Science**, 27, 1999, ss. 1-11.
- SENGUPTA, J. K.; “A Dynamic Efficiency Model Using Data Envelopment Analysis”, **International Journal of Production Economics**, 62, 1999b, ss. 209-218.
-; “Farrell-type Efficiency Under Demand and Price Fluctuations”, **Applied Economics Letters**, 1999a, ss. 505-507.
- SHEPARD, R. W.; **The Theory of Cost and Production Functions**, Princeton University Pres, Princeton, 1970.
- SHERMAN, David; “Data Envelopment Analysis as a New Manegerial Audit Methodology-Test and Evaluation”, **Auditing: A Journal of Practice and Theory**, 4, 1984, s. 35-53.
-; “Hospital Efficiency Measurement and Evaluation: Empirical Test of New Technique”, **Medical Care**, 1984, ss. 922-938.
- SOLOW, Robert M.; “Technical Change and the Aggregate Production Function”, **The Review of Economics and Statistics**, Vol: 39, No: 3, 1957, ss. 312-320.
- SOWLATI, Taraneh ve VAHID, Saba; “Malmquist Productivity Index of The Manufacturing Sector in Canada from 1994 to 2002, with a focus on the Wood Manufacturing Sector”, **Scandinivian Journal of Forest Research**, Vol: 21, No: 5, 2006, ss. 424-433.
- STAVAREK Daniel; “Banking Efficiency in Visegrad Countries Before Joining the European Union”, **European Review of Economics and Finance**, Volume: 3, Number: 3, 2003, ss. 1-32.
- TALLURI, Srinivas; “Data Envelopment Analysis: Models and Extensions”, **Production/Operations Management Decision Line**, 2000, ss. 8-11.
- TARIM, Armağan; **Veri Zarflama Analizi: Matematiksel Programlama Tabanlı Göreli Etkinlik Ölçüm Yaklaşımı**, Sayıştay Yayın İşleri Müdürlüğü, Araştırma/İnceleme/Çeviri Dizisi 15, Ankara, 2001.
- TETİK, Semra; “İşletme Performansını Belirlemede Veri Zarflama Analizi”, **Celal Bayar Üniversitesi İ.İ.B.F. Yönetim ve Ekonomi**, Cilt: 10, Sayı: 2, 2003, ss. 221-229.
- TOP, Aykut; “Verimlilik ve Üretkenlik Üzerine Düşünceler”, **Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt: 5, Sayı: 17, 2002, ss. 31-34.

www.die.gov.tr

YALDIZ, Elmas; “Kavramsal Düzeyde Etkinlik, Etkililik ve Verimlilik Olgularına Bir Bakış”, (<http://www.ceterisparibus.net/arsiv.htm>), S. E. T. 21.08.2007.

YAVUZ, İlknur; **İmalat Sanayi ve Alt Kollarında Toplam Faktör Verimliliği Gelişimi Açısından Mekânsal Bir Değerlendirme-İller Düzeyinde Bir Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi Uygulaması-**, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları No: 670, Ankara, 2003.

.....; **Sağlık Sektöründe Etkinlik Ölçümü (Veri Zarflama Analizine Dayalı Bir Uygulama)**, MPM Yayınları, No: 654, Ankara, 2001.

YAYLALI, Muammer; **Mikroiktisat**, 3. Baskı, Beta Yayınevi İstanbul, 2004.

YOLALAN, Reha; **İşletmelerarası Göreli Etkinlik Ölçümü**, Ankara, MPM Yayınları No: 483, 1993.

YUN, Y. B., NAKAYAMA, H. ve TANINO, T.; “A Generalized Model for Data Envelopment Analysis”, **European Journal of Operational Research**, 157, 2004, ss. 87-105.

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Erzurum’da doğdu. İlk ve orta eğitimini Erzurum’da tamamladı. 2000 yılında Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İktisat Bölümü’nde lisans eğitimine başladı. 2004 yılında bu bölümden mezun oldu. Aynı yıl İktisat Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans eğitimine başladı. 2006 yılında Erzurum Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü’nde araştırma görevlisi olarak işe başladı. Halen Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü’nde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.