

T.C. İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**VERİ ZARFLAMA ANALİZİ VE MATBAA SEKTÖRÜNDE BİR
UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EMRE ÖZDEMİR 2200001373

Anabilim Dalı: İşletme

Programı: Kalite ve Üretim Yönetimi

Tez Danışmanı: Doç.Dr Murat Taha BİLİŞİK

T.C. İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**VERİ ZARFLAMA ANALİZİ VE MATBAA SEKTÖRÜNDE BİR
UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EMRE ÖZDEMİR 2200001373

Anabilim Dalı: İşletme

Programı: Kalite ve Üretim Yönetimi

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Üyesi Murat Taha BİLİŞİK

Jüri Üyeleri : Dr. Öğr. Üyesi Pınar SARP HÜSEYİN

Dr. Öğr. Üyesi Levent POLAT

ÖNSÖZ

“Veri Zarflama Analizi ve Matbaa sektöründe Bir Uygulama” konulu yüksek lisans tez çalışmamda bana yardımcı olan, destekleyen, akıl veren Doç. Dr. Murat Taha BİLİŞİK’e çok teşekkür ederim.

Ders aşamasında, bilgilerini aktarıp ve desteklerini esirgemeyen İstanbul Kültür Üniversitesi değerli akademisyenlerine çok teşekkür ederim.

Farklı sektörlerde ve departmanlarda faaliyet gösteren sınıf arkadaşlarıma, bilgilerini ve tecrübelerini anlattıkları için çok teşekkür ederim.

Emre ÖZDEMİR

2200001373

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TABLO LİSTESİ.....	vi
1.GİRİŞ	1
2.VERİMLİLİK ve ETKİNLİLİK KAVRAMLARININ İNCELENMESİ	3
2.1 Verimlilik Kavramının Tanımı ve Kapsamı.....	4
2.2 Verimliliği Etkileyen Faktörler	7
2.2.1 Verimliliği Etkileyen İç Faktörler	7
2.2.2 Verimliliği Etkileyen Dış Faktörler	11
2.3 Etkinlik	13
2.4 Etkinlik Kavramının Tanımı ve Kapsamı	14
2.5 Verimlilik ve Etkinlik Arasındaki Fark.....	18
2.6 Etkinlik Ölçümü ve Teknikleri	21
2.6.1 Parametrik Yöntemler	22
2.6.2. Parametrik Olmayan Yöntemler	26
2.6.3 Diğer Yöntemler	29
2.7 Girdi Tıkanıklığı Sorunu.....	31
2.8 Etkinlik Ölçüm Tekniklerinde Yeni Gelişmeler	32
2.8.1 Ekonometrik Gelişmeler	33
2.8.2 Çoklu (Muhtemelen İstenmeyen) Çıktılar	35
2.8.3 Verimliliği Ölçmek İçin Geliştirilen Diğer Yeni Yöntemler	36
3.VERİ ZARFLAMA ANALİZİNİN TEORİK YAPISI.....	37
3.1 Yeni Etkinlik Teorisi	37
3.1.1 DEA ve Etkinlik Ölçüm Ekonomisi.....	39
3.2 VZA Uygulama Süreci.....	39
3.2.1 Karar Birimlerinin Belirlenmesi	40
3.2.2. Yeterli Sayıda Güvenilir Girdi ve Çıktı Seçmek	41
3.2.3 Girdi ve Çıktıların Ölçümü.....	42
3.2.4 Uygun VZA Modelinin Seçilmesi.....	43

3.2.5 Referans Kümesinin Tanımlanması	43
3.2.6 Etkinlik Değerleri.....	43
3.2.7 Verimsiz Karar Birimleri İçin Potansiyel İyileştirmeler	44
3.2.8 Sonuçların Değerlendirilmesi	45
3.3 VZA Modellerini Çözmek İçin Kullanılan Programlar	45
3.4 VZA Değerlendirmesi.....	46
3.4.1 VZA'nın Güçlü Yönleri.....	47
3.4.2 VZA'nın Zayıf Yönleri	47
4.VERİ ZARFLAMA ANALİZİNİN MATBAA SEKTÖRÜNDE UYGULAMASI.....	48
4.1 Problemin Tanımı.....	48
4.2 Araştırmanın Amacı ve Kapsamı.....	48
4.3 Evren ve Örneklem.....	49
4.4 Veri Toplama Şekli	49
4.5 Girdi ve Çıktıların Seçimi	50
4.6 Modelin Seçimi	51
4.7 Veri Zarflama Analizinin Matbaa Sektöründe Uygulaması	52
5.SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	53
6.KAYNAKÇA.....	55

Enstitüsü : Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Dalı : İşletme

Programı : Kalite ve Üretim Yönetimi

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Murat Taha BİLİŞİK

Tez Türü ve Tarihi : Yüksek Lisans – Ocak 2025

ÖZET

VERİ ZARFLAMA ANALİZİ VE MATBAA SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

Emre ÖZDEMİR

Etkinlik ve verimlilik kavramları pratikte benzer olarak algılansa da teorik olarak temelleri farklıdır. Bu çalışmanın ana teması etkinlik ve verimlilik kavramlarının incelenmesi ve ölçümüdür.

Bu çalışmanın uygulama bölümünde 17.21.13 (Koli, kutu ve benzeri muhafazalar, oluklu kâğıttan veya mukavvadan) Nace koduna sahip üretim yapan işletmelerin etkinlikleri, matematiksel programlama tabanlı etkinlik ölçüm yöntemi olarak tanımlanan veri zarflama analizi ile yapılmıştır. Çalışmada yer alan İllere Göre Üretim Kapasiteleri tablosu, Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği internet sitesinden alınmıştır.

Veri Zarflama Analizinin uygulama aşamasında Efficiency Measurement System-EMS programı kullanılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Veri Zarflama Analizi, Etkinlik, Verimlilik

University : Istanbul Kültür University
Institute : Institute of Graduate Studies
Department : MBA
Programme : Quality and Production Management
Supervisor : Murat Taha BİLİŞİK
Degree Awarded and Date : MBA-January 2025

ABSTRACT

DATA ENVELOPMENT ANALYSIS AND AN APPLICATION IN THE PRINTING SECTOR

Emre ÖZDEMİR

Although the concepts of effectiveness and efficiency are perceived as similar in practice, their theoretical foundations are different. The main theme of this study is the examination and measurement of the concepts of effectiveness and efficiency.

In the application part of this study, the activities of enterprises producing with the Nace code of 17.21.13 (Cartons, boxes and similar enclosures, made of corrugated paper or cardboard) were carried out with data envelopment analysis, which is defined as a mathematical programming-based efficiency measurement method. The Production Capacities by Provinces table in the study was taken from the website of the Union of Chambers and Commodity Exchanges of Türkiye.

Efficiency Measurement System-EMS program was used in the application phase of Data Envelopment Analysis.

Keywords: Data Envelopment Analysis, Effectiveness, Efficiency

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Kuruluşların Karşılması Gereken Performans Kriterleri.....	4
Tablo 2: Etkinlik, Etkililik, Verimlilik Karşılaştırması.....	20
Tablo 3 Karar Verme Birimleri.....	49
Tablo 4 Türkiye’de 17.21.13 Nace Kodu İle Üretim Yapan Firmaların İllere, Göre Üretim Kapasiteleri (TOBB).....	50
Tablo 5 Veri Zarflama Analizi Etkinlik Sonuçları.....	52

1.GİRİŞ

İşletmeler sürdürülebilirliklerini sağlamak için performanslarını ölçmeli ve performanslarını değerlendirmelidir. Etkinlik, etkililik, kalite ve yenilik vb. diğer kavramlar performans ölçme sürecinde yer alan önemli performans göstergeleridir.

Performans ölçümünde kullanılan kavramlar genellikle birbirleri yerine kullanılmakta ve performansın değerlendirilmesinde hata oranını arttırmaktadır. Bunun sebebi ise göstereler ile ilgili her bilim alanında keskin ayırımların olmaması ve kullanılan alanlarına ilişkin farklı noktalara değinmesi olarak belirtilmektedir. Göstergeler farklı noktalara değinmelerine rağmen hepsi performans göstergeleri içeriğinde performans ölçüm süreçlerinde bulunmaktadır.

İşletmeler değişen koşullara uyum sağlamak için performans ölçümleri yapmaları gerekmektedir. Performans değerlendirmesi yaparken yer aldıkları alandaki performans göstergeleri kavramlarını birbirlerinden ayıracak bilgi ve tecrübeye sahip olmalıdır.

Performans göstergeleri kamu yönetimi, mühendislik, eğitim, ekonomi, finans, iç denetim, üretim ve daha birçok alanda birbirinin yerine kullanılabilir ve çoğu zaman karıştırılsa ve her alanda farklı anlamlara sahip olsa da performansı ölçmenin en önemli aracıdır.

Proaktif bilgi gerektiren sürekliliğini ve sürdürülebilirliğini sağlamak için şirketlerin performanslarını iyileştirmeleri gerekiyor. Bu bilgi, performans ölçüm süreciyle elde edilebilecek performans boyutu/göstergesi (başarı göstergeleri) aracılığıyla elde edilebilmektedir Etkinlik, etkililik, verimlilik, karlılık, performans ve hatta kalite ve yenilik kavramları performans ölçüm sürecinde önemli performans göstergeleridir. Bu terimler çok öneme sahiptir, sıklıkla birbirinin yerine kullanılır ve sıklıkla karmaşık bir kullanıma sahiptir. Bunun nedeni, her alanda etkili olan göstergeler arasında net bir ayrımın bulunmaması ve uygulama alanına göre anlamlarının farklılık göstermesidir.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde verimlilik ve etkinlik kavramlarının teorik yapıları incelenmiştir. Verimlilik kavramının tanımı ve kapsamı hakkında bilgiler verilmiştir. Verimliliği etkileyen faktörlere yer verilmiştir. Verimliliği etkileyen iç ve dış faktörlerin etkileri anlatılmıştır. Ayrıca ikinci bölümde etkinlik kavramı üzerinde durulmuştur. Etkinlik ve verimlilik kavramları arasındaki farklar açıklanmıştır. Etkinlik lm yöntemleri ve bu yöntemler ile ilgili gelişmeler hakkında detaylı bilgiler verilmiştir.

Bu çalışmanın nc bölümde veri zarflama analizinin teorik yapısı hakkında bilgiler verilmiştir. Veri zarflama analizinin, uygulama süreci hakkında bilgiler verilmiştir. Veri zarflama analizinde kullanılan programlar değinilmiştir. Veri zarflama analizi sonuçlarının nasıl değerlendirileceği hakkında bilgiler verilmiştir. Veri zarflama analizinin güçlü ve zayıf yönleri açıklanmıştır.

Bu çalışmanın dördüncü bölümünü uygulamanın yapıldığı bölümdür. Uygulamadaki problemin tanımı yapılmıştır. Araştırmanın amacı ve kapsamı belirtilmiştir. Uygulamadaki verilerin nasıl toplandığı belirtilmiştir. Uygulamadaki girdi ve çıktıların seçimlerinin nasıl yapıldığı belirtilmiştir. Hangi veri zarflama analizi modelinin seçildiği ve bu seçimin neden yapıldığı belirtilmiştir.

Bu çalışmanın son bölümünde çalışma ile ilgili genel değerlendirme ve uygulama ile ilgili değerlendirme yapılmıştır. Etkinsizlikleri ve verimsizliklerin nasıl giderileceği ile ilgili öneriler verilmiştir.

2.VERİMLİLİK ve ETKİNLİLİK KAVRAMLARININ İNCELENMESİ

Son yıllarda ulusal refahın artırılmasına yönelik çok sayıda ekonomik araştırma yapılıyor; her ne kadar performans kriterlerinden biri olarak verimlilik ve etkililik kavramlarına odaklansa da geniş bir ekonomik teori yelpazesini de kapsamaktadır. Ekonomik sektörün gelişimi iş dünyasının verimliliği ile ilişkilidir ve bu boyut verimliliğin, kaynak yönetiminin, üretim sürecinin ve ulaşılan ekonomik süreçlerin makroekonomik boyutunu oluştursa da şirketlerin performansı verimliliğin mikroekonomi boyutunu oluşturmaktadır. Ekonomik göstergelerin bir bütün olarak yorumlanması; operasyonların ve piyasa davranışlarının kaynakların optimum kullanımını sağlama ve ekonomik büyüme potansiyeli yaratma yeteneği, verimlilik ve etkinlik düzeyine bağlıdır. Verimlilik; sadece üretim süreci öncesinde ve sırasında var olması gereken bir olgu olarak değil, aynı zamanda yeni pazarların yaratılması, kaynak sağlanması ve her şeyden önemlisi uzun vadeli yeni kalkınma açısından çok yönlü bir ekonomik olgu olarak tanımlanmaktadır. Üretim sonrası bir süreç olan planlardır.

Son yıllarda yapılan çalışmalarda, finansal performansın yönetim yaklaşımlarıyla iç ve dış etkileşimli bir kavram olarak değerlendirilmesine olanak tanıyarak yeni yönetim sistemleri veya süreçlerinin önemli bir parçası haline gelmiş ve planlama, organize etme ve liderlik etme gibi işletme faaliyetlerini desteklemeye başlamıştır.

Verimliliği kavramsal olarak tartışmadan önce kavramın daha iyi anlaşılabilmesi için felsefi açıdan değerlendirmek faydalı olacaktır. Japonya Verimlilik Merkezi (Akal, 2005, 45-46) tarafından tanımlanan üretkenlik; "Bu, doğru olanı mümkün olduğu kadar doğru ve ekonomik bir şekilde yapmaya yönelik bir yaşam tarzı ve özellikle konu insanlar olduğunda, mevcut şeyleri sürekli iyileştirmeye yönelik bir fikir." Bu anlayış, "bugün dünden, yarının da bugünden daha iyi olması gerektiği" görüşünü destekleyen düşüncedir.

Drucker'a göre verimlilik (Drucker, 1997, 17); "Ekonomik ve sosyal yaşamın sürekli değişen yaşam koşullarına uyarlanması, yeni teknik ve yöntemlerin uygulanmasına yönelik çabalar ve buna ek olarak insani gelişmenin korunması" olarak tanımlanabilir.

Bu kadar çok boyutlu bir kavramı basit ilişkiler üzerinden değerlendirmek, ölçmek ve yorumlamak onu biraz aşağı çekmektedir. Ancak kurumsal düzeyde; Kaynakların elde edilmesinden kullanımına, ulaşılan hedeflerden yeni stratejilerin belirlenmesine kadar konunun tüm yönleriyle değerlendirilmesi oldukça yoğun bir çalışma gerektirmektedir. İş ve insan davranışları arasındaki etkileşim bağlamında değerlendirilmesinin oldukça karmaşık ve zor olduğunu da söylemek gerekmektedir.

2.1 Verimlilik Kavramının Tanımı ve Kapsamı

Yaygın olarak üretkenlik olarak bilinir, iş performansının en önemli ölçülerinden biri veya diğer adıyla üretkenliktir. Genel kapsamına rağmen "bir üretim veya hizmet sisteminin ürettiği çıktı ile bu çıktıyı elde etmek için kullanılan girdi veya girdiler arasındaki ilişki" (Prokopenko, 2003, 22) olarak üretim odaklı bir kavram olarak tanımlanmaktadır. Tanımda olduğu gibi üretimde kaynakların etkin yönetimi ve kullanımı olarak yorumlanmakla birlikte bazen verimlilik tanımından ayrı tutulamamaktadır. Verimlilik belirli verilere dayanır ve belirli verilerle ölçülen çıktının girdiye oranı olarak tanımlanmaktadır (Norsworthy & Jang 1992).

1950'lere kadar	1960'lar	1970'ler	1980'ler	1990'lar	2000'li yıllar
Etkililik	Etkililik	Etkililik	Etkililik	Etkililik	Etkililik
	Etkinlik	Etkinlik	Etkinlik	Etkinlik	Etkinlik
		Verimlilik	Verimlilik	Verimlilik	Verimlilik
			Esneklik	Esneklik	Esneklik
				Yaratıcılık	Yaratıcılık
					Sürdürülebilirlik

Tablo 1 :Kuruluşların Karşılanması Gereken Performans Kriterleri

Terminolojide planlama olarak bilinen verimlilik kavramının kökeni çok eskilere dayanmakta: Son yüzyılda iktisatçılar bunu ürün ve girdi oranı olarak değerlendirmeye başlamış ve net bir anlam kazanmıştır (Kök & Deliktaş, 2003, 31-56). Bu yaklaşımda verimlilik şematik olarak şu şekilde ifade edilmektedir;

$$\text{Verimlilik} = \text{Çıktı} / \text{Girdi}$$

Bu değerlendirmeye göre verimlilik; üretim süreçleri sonucunda üretilen ürünlerin (ıktı), bu ürünleri oluşturmak için kullanılan üretim birimlerine (girdi) oranı olarak tanımlanmaktadır. Buna dayanarak; Sonuç şu ki, "herhangi bir üretim birimi, kullanılan üretim faktörlerinin birleşiminden önceki dönemlere göre daha fazla veya daha iyi ürün elde ederse, verimliliğe ulaşmış demektir" (Akal, 2005, 45-46). Bu sonuç, üretim süreçlerinde kullanılan teknikler nedeniyle girdi miktarlarında, üretim kapasitesinde ve üretim kompozisyonunda meydana gelen değişikliklerin bir göstergesidir. Bu değişiklikler üç şekilde sunulmaktadır;

Aynı girdiyle daha fazla çıktı, daha az girdiyle aynı çıktıyı elde etmek, çıktıyı girdiden daha fazla arttırmaktır.

Burada tek bir girdiye ve tek bir ürüne dayalı olarak sunulan verimlilik değerlendirmesi iyi bir metrik olsa da bazen yetersiz kalabiliyor ve yanlış sonuçları yansıtabilmektedir (Tarım, 2001, 11-13). Bu tür sapmaları azaltmak için çok girişli ve çok çıkışlı analizler yapılmaktadır. Ancak farklı çıktı ve girdi unsurları, maliyet veya değer analizi gibi yöntemler kullanılarak benzer veya eşdeğer birimlere dönüştürülür. Daha sonra toplam çıktı ve girdi faktörleri arasındaki ilişkiye bakılarak bir sonuca varılır; bu, belirli birimler arasındaki ilişkiden ziyade ekonomik birim ilişkisi olarak yorumlanır. Bu gösterge için çeşitli girdi ve çıktıların nasıl ölçüleceği ve toplanacağı konusunda belirsizlik bulunmaktadır (Norsworthy & Jang, 1992, 8-10).

İş verimliliği; makine ve ekipman, insan gücü, sermaye düzeyi, teknolojik gelişmelere uyum, iş yönetimi, iş organizasyonu, yeniliğe açıklık, i eğitim vb. konuları içermektedir. Bu birçok faktöre bağlıdır. Tüm faktörler dikkate alınarak yeni yaklaşımlar, lme ve değerlendirme yöntemleri geliştirilmektedir. ıktı/girdi oranı gibi tek bir ölçüm yöntemine dayanmak, verimlilik tahmininde hata payını artırmaktadır (Prokopenko, 2004, 19).

Bilgi teknolojisi, ekonomik kalkınma, tam zamanlı üretim ve dağıtım sistemleri vb. güncel gelişmeler iş performansının yanı sıra eğitimin de anlaşılmasını mümkün kılmıştır. Genel olarak verimlilik artışı ile iş hayatının kalitesinin bir arada olduğu anlayışı kök salmaya başlamıştır. Bu nedenle verimliliğin ekonomik ve sosyal kavramlarla ilişkilendirilerek değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu gelişme ışığında artık verimlilik: Şirketin hedeflere ve hedeflere ulaşma düzeyine ne kadar yakın olduğu, faydalı çıktılar yaratmak için kaynakların ne kadar etkin kullanıldığı, teorik olarak hesaplanan çıktıyla karşılaştırıldığında fiili çıktı ve verimliliğin zaman içinde gerçekleşmesi gibi kriterlere ne kadar yakın olduğunun bir ölçüsü olarak değerlendirilir(Lavlor, 1985, 18-43).

Mikroekonomik boyutlarıyla verimlilik kavramı, kaynakların optimal kullanımı ve mikro faktörlerin optimal kullanımı olarak değerlendirilebilir. İş hayatında kısa vadeli hedefler, uzun vadeli hedefler, taktiksel hedefler ve yönetim hedefleri önemlidir (Elion 1984). Yine kurumsal düzeyde Jamall'ın sınıflandırmasına göre aşağıdaki ifadeler verimli kabul edilmektedir (Jamall, 1983, 69).

Çalışanları ve çalışma koşullarını iyileştiren yöntemler, çalışanları daha fazla çalışmaya motive eden yöntemlerdir. Elde edilen ürünlerin, kullanılan kaynaklar, kârlı koşullar ve gelecekteki kârlılık stratejisi ile niteliksel ve niceliksel ilişkisidir. Girdilerin sabit olduğu bir durumda verimlilik arttıkça gelirler de artar. Bir işletmenin tüm fonksiyonlarını geliştiren bir araçtır.

Makro düzeyde verimlilik, milli gelirin oluşumu, ekonomik büyüme ve kalkınma, yaşam standardı, ödemeler dengesi, enflasyon kontrolü ve hatta eğlence ve boş zaman etkinlikleri seçimi gibi sosyal ve ekonomik olayları etkilemektedir. Yoksulluk ve işsizlik arasındaki kısır döngünün verimliliğin artırılmasıyla kırılabileceği düşüncesi giderek yaygınlaşmaktadır. Kaynakların optimal kullanımının yanı sıra, toplumun ekonomik ve sosyal yapısında iyi yönetişimin kurulmasında ulusal verimlilik de önemli bir rol oynamaktadır. Milli gelirin dağılımı ve kullanımı esas olarak sosyal hedefler tarafından belirlenmektedir. Bunlara ek olarak; Aynı zamanda insan hakları ve demokrasi, çalışma standartları, sürdürülebilir kalkınma gibi daha ileri sosyal ve ekonomik konularla da ilgilidir (Propenko, 2004, 20).

2.2 Verimliliği Etkileyen Faktörler

Çeşitli iç ve dış olgular, süreçler ve mevcut üretim teknolojisinin etkin kullanımı iş performansını etkileyebilmektedir. Bu etkiyi daha ziyade verimlilik artışı olarak değerlendirmek gerekir; bu sadece "işleri daha iyi yapan bir şirket" değil, daha da önemlisi "doğru şeyleri daha iyi yapan bir şirket" olarak ifade edilmektedir. İşletme yönetimi kararları alınırken şirketlerin finansal kapasitelerinin dikkate alınması en önemli ölçütlerden biri olarak görülmektedir. Şirketin karar alma sürecinin yapısı, çıktı yapısını etkileyen en önemli faktörlerden biri olarak yer almaktadır. Zor şirket kararları deneyimli danışmanların yardımıyla daha kolay uygulanabilmektedir (Norsworthy,& Jang, 1992, 8-10).

2.2.1 Verimliliği Etkileyen İç Faktörler

Mukherjee ve Singh'e (S.K.) göre şirket içinde performansı etkileyen bazı faktör ve süreçlerin kontrolü diğerlerine göre daha kolay olduğundan bunları iki grupta değerlendirmek daha doğru olacaktır (Mukherjee & Singh, 1975, 35). Esnek olmayan (kolayca değiştirilemeyen) faktörler; Buna teknolojiler, ürünler, ham maddeler ve ekipmanlar dahil edilmektedir. Esnek (kolay değiştirilebilir) faktörler; İşgücü, prosedürler, talimatlar, şirkete özgü organizasyon sistemleri, yönetim ve çalışma yöntemlerinden oluşmaktadır (Prokopenko, 2003, 85).

2.2.1.1 Esneklik Faktörleri

Bu faktörler; İmalat şirketlerinin verimliliğini artırma hedefindeki katı ve esnek olmayan faktörler olarak gösterilmektedir. Değişiklikler stratejik olarak gerçekleşir. Bu faktörler birbirinden farklı bakıldığında;

Ürün: Ürün faktörü verimliliği, bir ürünün üretim için gerekli özellikleri ne kadar iyi karşıladığının ölçüsü olarak gösterilmektedir. Bu gereksinimler, müşterinin belirli bir kalitedeki bir ürün için ödemeye hazır olduğu tutarı belirleyen ürünün değerini belirlemektedir. Daha iyi tasarım ve teknik değişikliklerle ürünün kullanım değeri artırılabilir. Bu değişiklikleri kolaylaştırmak için iç kontroller yapılmaktadır. Örneğin: verimliliğin anahtarı, ar-ge, mühendislik, pazarlama ve satış gibi birimler arasındaki iletişimi geliştirmek için engelleri ortadan kaldırmaktır.

Bir ürünün "yer", "zaman" ve "fiyat" avantajlarını tam olarak karşılayabilmesi için, doğru yerde, doğru zamanda, doğru fiyatlandırma politikasıyla satılması gerekmektedir. Ayrıca aynı maliyetle daha fazla fayda ya da daha düşük maliyetle aynı performansı sunabiliyorsak verimliliği artırmak için maliyet-fayda analizinden de faydalanılabilmektedir.

Fabrika, tesis, makine ve ekipmanlar: Verimliliğin artırılması sürecinde bu faktörlerin önemli değişikliklere uğraması gerekmektedir. Bunlar;

- Bakım sistemi kurmak,
- Makine ve ekipmanları en uygun koşul ve şartlarda kullanmak,
- Darboğazları gidererek ve resmi düzenlemelere uygun önleyici tedbirleri uygulayarak kapasiteyi artırmak,
- Makine ve ekipmanları verimli bir şekilde kullanmak,
- Makine ve ekipmanların verimliliği; örneğin kullanıcı davranışı, kullanıcı yaşı, kullanıcı eğitimi, ekipman modernizasyonu, maliyetler, yeni yatırımlar, fabrikada üretilen ekipmanlar, kapasite bakımı ve genişletilmesi, envanter, üretim planlama ve kontroller dikkate alınarak artırılabilir.

Teknoloji: Verimliliği etkileyen en önemli faktörlerden biri teknolojidir. Ürün hacminin büyümesi, ürün tasarımının gelişmesi, ürün farklılaşması, kalite yöntemleri ve pazarlama yöntemleri teknolojinin gelişmesine bağlı olarak görülmektedir.

Malzemeler ve enerji: Üretimde malzeme ve enerji maliyetlerini azaltmak için kullanılan mikro işlemler mükemmel sonuçlar doğurmaktadır. Üretimde kullanılan hammadde ve yardımcı malzemeler (kimyasallar, yağlar, yakıtlar, yedek parçalar, teknik malzemeler ve ambalaj malzemeleri) verimlilik açısından çok önemli faktörlerdir.

- Malzeme verimi: kullanılan malzeme birimi başına faydalı ürün veya enerji verimidir. Bu geri dönüş doğru malzeme seçimine, malzeme kalitesine ve proses kontrolüne bağlıdır.
- Atık ve çöp kullanımı ve kontrolünün yapmaktır
- Ana üretim sürecinde daha iyi kullanım sağlamak için önceki süreçlerdeki malzemelerin kalitesini iyileştirmektir.
- Düşük kaliteli ve ucuz malzemelerin ithal ikamesini arttırmaktır.
- Aşırı envanter kullanımını önlemek için envanter yönetimini iyileştirin ve envanter devir hızını arttırmasını sağlamaktır
- Tedarik kaynaklarının geliştirilmesi veya değiştirilmesidir.

2.2.1.2 Esnek faktörler

Bu faktörler; bu, yönetimin performansı ölçmek için kullandığı değerlendirme yöntemini ve planlamaya müdahale edebilecek doğru alanlarda değiştirilebilecek faktörleri içermektedir. Bunlar; işgücü, kurumsal organizasyon yapısı ve kurumsal işletim sistemi, çalışma yöntemleri, prosedürler, yönergeler, süreçler ve yönetim stilleri olarak kabul edilmektedir.

1. Emek: Üretim aşamasında kullanılan emek, verimliliği artıran en önemli faktörlerden biridir ve "kolaylık" ve "verimlilik" gibi çok önemli iki role sahiptir. Yetkinlik, çalışanların işlerine ne kadar odaklandıklarını ifade etmektedir. İnsanların motive edilmesi gerekmekte, çünkü sadece yetenekleri açısından değil, aynı zamanda çalışma istekleri ve isteklilikleri açısından da farklılık gösterirler. Yönetim etkili teşvik sistemlerini belirleyip uygulayabilirse üretkenlik önemli ölçüde artırılmalıdır. Ayrıca personelin yönetime katılımı ve iş birliği de verimliliğe dayalı bir yönetim yöntemidir. Yüksek ancak ulaşılabilir bir performans standardı da verimliliğin arttırılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Performans standardı çalışanlara güven ve çalışma isteği vermektedir. Yapma arzusu; Çalışanın yaptığı işten duyduğu memnuniyet olarak gösterilmektedir.

2. İŖi ilgi çekici hale getirmek, motivasyon ve iŖin zenginleŖtirilmesiyle sağlanır ve yüksek üretkenliği sağlayan önemli bir unsur olarak görülmektedir. alıŖanları daha verimli kılan bir diğer faktör ise verimliliktir. Verimlilik, bir alıŖanın çabalarının çıktı ve kalite için belirlenen hedeflere ulaŖma derecesi olarak tanımlanır. Yöntemin, tekniğin, kiŖisel becerilerin, bilginin, davranıŖın ve performansın bir fonksiyonu olarak tanımlanır. alıŖanın etkili bir iŖ yapma yeteneği ve isteği, eğitim, geliŖtirme, iŖ rotasyonu, sistematik iŖ geliŖtirme, iŖ iyileŖtirme ve kariyer planlaması yoluyla artırılabilir.
3. Organizasyon yapısı ve sistemler: alıŖma hayatına dinamizm katılarak hedefler uygulamaya ve yeni hedeflere yönlendirilebilir. Bu nedenle, durumu yeniden düzenlemeye veya sürdürmeye karar vermek için organizasyon yapısını zaman zaman gözden geçirmek önemlidir. Tersine, organizasyonda katılık olduğunda verimsizlik ortaya çıkmaktadır. Bir Ŗirket talepteki deęiŖikliklere duyarlı olamaz, iŖgcndeki deęiŖiklikleri fark edemez, yeni üretim yeteneklerini, teknolojik deęiŖiklikleri vb. etkileyememektedir. DıŖ faktörlerin farkında olmayabilir. Genellikle yatay iletiŖim olmadığından karar alma süreci yavaŖlar, bürokratik prosedürler uzun sürmekte, fiili temel operasyon süreçleri daha uzun sürüyor ve verimlilik dŖmektedir. Ne kadar iyi dŖnlmŖ ve tasarlanmıŖ olursa olsun sistemlerin her durumda etkin alıŖacaęı söylenemez ancak verimliliği en üst düzeye çıkarmak için sistemin tasarımında dinamik ve esnek olmasını sağlamak gerekmektedir.
4. İŖletme Yöntemleri ve Yönetim Tarzları: İŖletme sermayesinin sınırlı, teknoloji ve emeğin daha sınırlı olduğu geliŖmekte olan ülkelerde, deneyimle geliŖtirilen iŖ yöntemleri verimlilik artıŖı için uygun bir alan oluŖturmaktadır. İŖ yöntemi teknikleri; İŖ verimliliğini, iŖi hareketini, kullanılan araçları, malzeme ve makineleri kullanma yöntemlerini ve iŖyeri görünümünü geliŖtirip iyileŖtirerek manuel iŖ süreçlerini iyileŖtirmektedir. Genel olarak, mevcut tüm kaynakların verimli kullanılması konusunda yönetimin üzerine dŖen sorumlulukları yerine getirdiğine, iŖletme yönetiminin ise verimliliğin artırılması konusunda önemli bir sorumluluğa sahip olduğuna inanılmaktadır.

Verimlilik uzmanlarına göre, Amerikan endüstrisindeki kalite ve verimlilik sorunlarının %85'i yönetim sorunlarıdır ve bunu düzeltmek için çalışanları değil yönetimi yeniden değerlendirmeniz gerekmektedir (Dolenga, 1985, 39-45).

2.2.2 Verimliliği Etkileyen Dış Faktörler

İşletme performansını etkileyen dış faktörler, kurumsal kontrol ve izleme dışında, iş performansını etkileyen politik, sosyal ve hukuki faktörlerden oluşmaktadır. Firmaların dış faktörleri dikkate alarak hareket etmesi gerekmektedir. İşletme performansını etkileyen dış faktörler, kısa veya uzun vadede işletme yönetimi tarafından kontrol edilmektedir. Verimlilik değişikliklerinin gerçek nedenlerini bulmaya çalışıyorlar çünkü bunların milli gelir, enflasyon, rekabet gücü ve sosyal refah üzerinde önemli etkileri olduğunu varsaymalıdır. Bunu yapmanın en iyi yolu toplumsal düzeyde iyi bir ölçüm mekanizması oluşturmaktır. Dışsalıklar "makro performans" olarak yorumlanırsa üç başlık altında incelenmektedir: yapısal düzenlemeler, doğal kaynaklar, yönetim ve altyapı olarak kabul edilmektedir.

2.2.2.1 Yapısal Değişiklikler

Ekonomik sistemin en önemli üretken göstergelerinden biri istihdam yapısındaki değişikliklerdir. Ekonomide üç sektörlü kredi olarak bilinen bu değişimin ilk aşamasında istihdamın tarımdan sanayiye, son aşamada ise sanayiden hizmet sektörüne doğru bir değişim söz konusu olmaktadır. Nüfus hareketlerine ve ulusal göçlere yol açabilecek bu değişim, birçok ekonomik ve sosyal sonucu beraberinde getirir de en önemli sonucun verimlilik artışı olduğu değerlendirilmektedir. Ekonomik hayattaki değişim, tasarruf ve yatırımların artması yoluyla sermaye oluşumunu teşvik ettiği gibi, sermayenin bileşimini değiştirerek verimliliği de etkilemektedir. Bugün yüksek verimlilikle; modern araçların, bilgisayarların, mikroşlemcilerin ve montaj hatlarının kullanımının bir fonksiyonu olarak değerlendirilmekte ve bu oluşumların kaynağı olarak ekonomik değişim gösterilmektedir. Verimlilik ve endüstriyel yapıyla yakından ilişkili bir diğer ekonomik faktör ise ölçek ekonomileridir.

Özellikle küçük ve orta ölçekli işletmeler, stratejik üretim hedefleri belirleyerek ve uzmanlaşarak optimum ölçeğe ulaşabilir ve verimliliği artırabilmektedir.

Girişimciler, ürünlerini yerli veya yabancı rakiplerine göre fiyat ve fiyat dışı özellikler açısından daha çekici hale getirmelerini sağlayan tasarım, üretim ve pazarlama yöntem ve becerileri olarak adlandırılan rekabet gücündeki değişiklikleri koruyarak yüksek verimlilik elde etmeye çalışmaktadır.

Yüksek doğum oranları ve düşük doğum oranları nedeniyle dünya nüfusunun değişmesi, işgücüne katılan kadın sayısının artması, çalışanların eğitim ve sağlık durumlarındaki iyileşmeler, kültürel ve toplumsal anlayış ve anlayıştaki değişiklikler gibi faktörler küreselleşme eğilimine bağlı davranışlar verimliliğin önemli dış faktörleridir. Özellikle gelişmekte olan ülkeler: Ekonomik gelişme ve teknolojik değişimin baskısı altında sosyal ve kültürel yapıyı yeni politikalara göre değiştirerek, eğitim ve yayıncılık araçlarını kullanarak kendilerini kurumsallaştırmaya çalışmaktadır.

2.2.2.2 Doğal Kaynaklar

Bir ülke için verimlilik artışının kaynağı olarak önemli olmasına rağmen çoğu zaman ihmal edilen insan, enerji, toprak ve hammadde gibi doğal kaynaklardır. Üretim kapasitesi, aktivasyonu ve kullanımı yoluyla verimliliğin en önemli faktörlerdendir. Üretim teknolojilerine erişimin sınırlı olduğu ülkelerde iş becerileri, eğitim, davranış ve motivasyon gibi faktörler kalkınma kaynaklarıdır. Bu koşulların bir sonucu olarak yatırımlar uzun vadede beşerî sermayenin verimliliğini artırmaktadır.

Enerji arzı, sermaye/işgücü oranını etkileyerek verimliliği etkileyebilir. Enerji maliyetlerindeki değişiklikler kalkınmayı ve verimliliği önemli ölçüde etkileyen faktörlerden biridir. 1970'li yıllardaki fiyat hareketleri, farklı enerji kaynakları arayışlarını hızlandırmış ve üretim teknolojilerinin verimsiz yöntemlere kaymasına neden olmaktadır.

Tarımsal girdi maliyetlerinin artırılması, yeni arazi kullanımlarının sınırlandırılması, tarım tekniklerinin toprak erozyonunu önleyecek şekilde revize edilmesi ve kaynakların akılcı kullanımı gibi yaklaşımlar arazi verimliliğini artırabilmektedir.

Düşük sermaye ve işgücü faktörlerinin kullanımı genellikle maden kaynaklarının hazır olduğu gelişmiş ülkelerde olmaktadır.

2.2.2.3 Hükümet Politikası ve Altyapısı

Kamu kurumlarının uygulamaları, fiyatlar, gelir ve ücret düzenlemeleri, ulaştırma ve iletişim, enerji ekonomisi tedbirleri ve teşvikleri gibi pek çok kamu yönetimi karar ve politikasının verimlilik üzerinde önemli etkisi bulunmaktadır. Kamu kurumları tarafından uygulanan politikalar, uzun vadeli planların tanımlanması, geliştirilmesi ve değiştirilmesine yönelik yasal ve kurumsal eylemlerin sonucudur. Kamu kurumlarının önemli faaliyetlerinden biri de toplumsal verimliliği artırmak, böylece kaynakların daha fazla ve daha kaliteli ürün üretmek için kullanılmasını sağlayabilmektir.

2.3 Etkinlik

Genellikle birbirinin eşanlamlısı olarak algılanan etkililik ve verimlilik kavramları, konunun daha net tanımlanması ve çözüm üretilmesi amacıyla teorik ve ampirik çalışmalarda ayrıştırılmıştır. Ayrıca etkililik ve verimlilik kavramlarının teorik boyutuna göre farklı bilimsel temellere dayandığı söylenmektedir. Bu çalışma ekonomik bir çalışma olmasına rağmen hem verimlilik hem de etkililik kavramları teorik olarak ele alınmış ve incelenmiştir.

Ekonomik olarak mevcut kaynaklar ve mevcut üretim teknolojileri; İnsanların istediği mal ve hizmetleri veya sonsuz ihtiyaçlarını karşılayacak kadar büyük değildir. Mal ve hizmetlere yönelik sınırlı üretim olanakları ve karşılanmayan ihtiyaçlar, bir mutsuzluk evreni yaratmaktadır. Ekonomide kıtlık olarak tanımlanan böyle bir sorun, mevcut kaynakların daha ekonomik kullanılmasını gerektirmektedir. İktisadın temel bir sorunu olarak kabul edilen bu soru, uzun yıllar iktisatçılar tarafından kıtlıktan kaynaklanan refah ve ekonomik başarının kriteri olarak ele alınmış ve aktivizm olarak nitelendirilmiştir.

2.4 Etkinlik Kavramının Tanımı ve Kapsamı

Kavramsal olarak birçok alanda kullanılan etkinlik: Ekonomik olarak "bazı kaynakları veya malları yeniden dağıtarak diğerlerini kötüleştirmeden, insanların bir kısmının veya tamamının kendi değerleri açısından iyileştirilmesinin mümkün olmadığı bir durum" olarak tanımlanmaktadır. Bu anlamda iktisatçıların bu terimi daha çok Pareto etkinliği alanında ele aldıkları görülmektedir. Başka bir deyişle, üretim faktörlerinin endüstriyel mal ve hizmetler ile ürünün tüketicileri arasındaki dağılımı bazı kişilerin durumunu kötüleştirmiyorsa ekonomik aktiviteye veya Pareto etkinliğine ulaşılmaktadır. Bir değişim, diğerlerinin refahını azaltmadan bazı bireylerin refahını artırırsa, toplumun refahı artar ve böylece ekonomik verimlilik sağlanır, olarak tanımlanmaktadır.

Teknik olarak "fiili çıktının potansiyel çıktıya oranı" olarak tanımlanan ekonomik verimlilik, aynı zamanda "belirli bir miktarın optimum dağılımı ile mal ve hizmet üretmenin en iyi yolu" anlamına gelen tahsis verimliliğine göre de değerlendirilmektedir. Ayrıca modern neoklasik üretim teorisinde olduğu gibi, ekonominin mevcut kaynak stokunun ve üretim teknolojisinin kısa vadede sabit olduğu varsayılarak statik verimlilikten de bahsedilmektedir. Daha sonra bu sınırlayıcı varsayımlar gevşetilerek, dinamik verimlilik, kaynakların ve teknolojinin değişmesiyle elde edilir; bu, "ekonominin genel refahının teknolojinin gelişmesi veya kaynakların artmasıyla değişmediği" durumu ifade edilmektedir (Kohler, 1986, 121).

Teorik olarak bu varsayımlarla açıklanan ekonomik faaliyet hipotezleri yönetilebilir niteliktedir. Ekonomik açıdan bakıldığında üreticilerin motivasyon davranışları, girdi ve çıktıların dağılımına göre optimizasyon ilkesine dayalı olarak analiz edilebilmektedir. Mevcut kaynakların ve ürünlerin yeniden dağıtılması kararından kaynaklanan marjinal gelirin, marjinal maliyetleri karşılayıp karşılamadığı değerlendirilmelidir. Eğer sınırlı bir fayda ve maliyet eşitliği söz konusu değilse, dağıtım en iyi dağıtım değildir. Bu durumda marjinal geliri marjinal maliyetten daha fazla artıran unsurlar ve marjinal maliyeti marjinal gelirden daha az artıran unsurlar değiştirilerek toplam refah arttırılır.

İki tüketici ve iki malın olduğu basitleştirilmiş bir ekonomide değişim eğrisi, değişim ve tüketim için Pareto optimumunun olduğu geometrik sınırdır (Varian, 1990, 479-480). Sözleşme eğrisinin dışındaki malların birleşiminden eğri üzerindeki malların birleşimine geçiş, en az bir tüketicinin veya her ikisinin durumunu iyileştirebilir. Bu eğri üzerindeki bir ekonomi genel dengeye ulaşmış ve Pareto etkinliğine ulaşmıştır. Çok sayıda mal ve tüketici için Pareto etkinliği, herhangi iki ürün için ikame arzının, her iki ürünü de tüketen tüm tüketiciler için eşit olması durumunda elde edilmektedir.

Pareto etkin durum, ayrı bir üretici ve tüketici olarak ifade edilmektedir. Üreticiler üretim sözleşmesi eğrisi üzerindeyken ekonomi genel dengeye ulaşmış ve Pareto optimumuna ulaşmıştır (Hyman, 1986, 525).

Ekonomik verimliliğin sağlanabilmesi için yukarıda da belirtildiği gibi ekonomide tam rekabet koşullarının hâkim olması gerekmektedir (Yıldırım, Eşkinat & Kabasakal, 2005, 14). Rekabet koşullarında şirketlerin daha verimli çalışması gerekiyor çünkü maliyetlerini piyasa fiyatlarına getiremezlerse piyasadan çekilebilmektedirler. Kusurlu piyasa rekabeti, dışsallıklardan ve kamu mallarından kaynaklanan piyasa başarısızlıkları koşullarında, şirketin piyasa gücüne sahip olduğu, fiyatı kontrol edebildiği ve büyük kâr marjına sahip olduğu durumlarda verimlilik sağlanamaz, sağlansa bile verimlilik sağlanamaz, tamamen rastgele olduğu kabul edilmektedir. Bu nedenle çoğu piyasa tam verimlilik sınırının altında çalışmaktadır.

Firmaların, mevcut bilgi teknolojisi girdi kombinasyonlarını kullanarak maliyetleri en aza indirmek veya gelirleri en üst düzeye çıkarmak gibi farklı hedeflerle davranmaları beklenmektedir. Verimsizlikler, bir şirketin bu hedeflerin dışında birden fazla hedef doğrultusunda hareket etmesi, hedeflerinden sapması veya hedefler üzerindeki baskıyı azaltmasından kaynaklanmaktadır. Örneğin maliyetleri en aza indirme baskısı azaldığında şirket yönetiminin çabalarının da azaldığını görülmektedir. Bu durumda kar maksimizasyonu yerine tatmin edici bir kar, pazar konumu ve satış seviyesini korumak gibi savunmacı bir yaklaşım benimsenmektedir. Ayrıca idari maaşların yüksek olmasına, asistan sayısının artmasına, aşırı çalışmaya ve aşırı bürokrasiye yol açmaktadır. Burada teknik verimsizlik ve X verimliliği kavramları konuya açıklayıcı bir boyut katmaktadır.

Faktör kullanımında etkinliğin azalması sonucu ortaya çıkan irrasyonel üretim, teknik verimsizlik süreci ve kaynakların X etkinliği ile rasyonel olarak kullanılamaması süreciyle açıklanmaktadır. Leibenstein'a göre teknik olarak X performansı (Leibenstein, 1966, 392-415) şirketin belirli bir teknoloji ve üretim faktörü ile ürettiği mallardan birinin üretim değerini, diğerlerini azaltmadan artıramamasıyla ilgilidir. Bir şirketin maliyet aşmaları sonucunda elde edebileceği verimli çalışma düzeyine neden olan önemli bir şey X verimliliğidir. Ayrıca, rekabetçi koşulların tam olarak işlemediği ve daha fazla pazar yoğunlaşmasının X verimsizliğinin bir sonucu olarak kaynak kullanımının israfına yol açtığı pazarlarda önemli bir X verimliliği ortaya çıkarmaktadır.

İstikrarsızlık, enflasyon ve reklam gibi ekonomi genelindeki verimsizliklerin neden olduğu israf, çoğunlukla eksik rekabetçi pazarlarda, özellikle de oligopolistik pazarlarda meydana gelmektedir.

Olayın idari boyutuna göre; Organizasyonların belirledikleri hedeflere ulaşmak için üstlendikleri faaliyetler sonucunda bu hedeflere ne ölçüde ulaştıklarını belirleyen bir performans ölçüsü olarak kabul edilmektedir. Dolayısıyla verimlilik "hedeflerle" bağlantılı bir kavramdır ve hedeflerin iş çıktılarına bağlanarak gerçekleşme düzeyini tanımlamaktadır. Performans boyutu nedeniyle performans, şirketin elde ettiği sonuçlara, yönetici ve çalışanların davranışlarına, bilgi ve becerilerine, kullanılan teknik beceri ve yöntemlere ve hatta şirketle olan ilişkilere bağlı olan tüm çabaların sonucu olmaktadır. Çevre Peter Drucker'a (Drucker, 1997, 59) göre yönetim ve organizasyon açısından verimlilik; İşleri doğru yapmak ve amirin performansını değerlendirmek anlamında kullanılan bir terimdir. Daha geniş anlamda doğru olanı yapmak olarak tanımlanmaktadır. Bir başka deyişle üretim sürecinde girdi ve çıktı ile işlerin en hassas şekilde yapılabilmesidir.

Öte yandan verimlilik, nesnel bir durumu gerçekleştirebilecek nesnel yaklaşımları veya alternatifleri belirleme yeteneği olarak da görülmektedir (Stoner, 1978, 13). Böyle bir durumda deneyimli ve saygın bir yönetici, yapılacak doğru işi veya yöntemleri geliştirip seçebilme opsiyonuna sahiptir.

Etkinlik literatürü ve modern üretim teorisinde etkinliğin yeri 1933'teki Knight çalışması (Fare, Grosskopf & Lovell 1985, 3-5); Verimliliği "faydalı girdinin faydalı çıktıya oranı" olarak tanımlaması, verimliliğin modern ölçüsünü ortaya çıkarmaktadır. Ancak pratikte ilk sorun, tüm girdi ve çıktılar alındığında ne yapacağımız değil, bundan sonra ne yapmamız gerektiğidir.

Pazar gücünün üreticiler için önemini vurgulayan araştırmasında (Fare, Grosskopf & Lovell, 1985, 3-5) Hicks, "rekabetçi bir pazar ortamında ayakta kalabilmek için verimliliğin gerekli olduğunu, rekabet azaldığında verimliliğin azaldığını" ve bir şirketin bu gücü kullandığını savunmaktadır. Avantajları karı maksimuma çıkarmak ve bir hedefe ulaşmak için piyasada daha az sorun yaratmaktır.

Koopmans Teknik Etkinliği (Koopmans, 1951, 15); "Başka bir çıktıyı azaltmadan ve/veya girdiyi artırmadan herhangi bir çıktıyı artırmanın teknik olarak mümkün olduğu durumlarda ortaya çıkan bir durum" olarak tanımlanmaktadır. Debreu, bir "kaynak kullanım oranı" ve bir endeks veya teknik verimlilik ölçüsü türeten ilk bilim insanıdır.

Stigler "Göz önünde bulundurulmuş bir ürün biriminin doğru değişkenleri, doğru sınırları ve doğru finansal hedefleri tanımlayıp tanımlamadığı, onun etkinliğini veya etkisizliğini gösterecektir." Kopp daha sonra bu maddeyi ustaca uygulayarak çelik üretiminde oluşan kalıntıların sınır değerlerinin hesaplanmasında etkili ölçümlerin zararlı ve başarısız sonuçlar verdiğine dikkat çekmiştir (Kopp, 1981, 477-503).

Üretim teorisindeki dualite yaklaşımı, aslında verimlilik konusuna pek fazla ilgi duymayan Shephard ile başlayan, gelinen son boyuttur. Dualite teorisi, üretim teknolojisinin yapısal özelliklerinin eşitliğini önermektedir çünkü belirli değer fonksiyonlarına (gelir, kar, maliyetler gibi) ve üretim olanakları kümesinin yarattığı koşullara atıfta bulunmaktadır (Fare, Grosskopf & Lovell, 1985, 3-5).

Bu genel ve önemli çalışmalardan sonra verimlilik ve ölçümle ilgili hipotezleri test eden ve yeni kanıtlar sunan diğer çalışmaları içeriklerine göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır (Fried, Lovell & Schmidt, 1993, 44).

1. Ortalama ve en iyi teknoloji uygulamaları, rekabet baskıları,
2. Mülkiyet türü (kamu veya özel), firma verimliliği ve ölçeği, düzenleyici uygulamalar,
3. Arazi mülkiyeti ve tarım
4. Gelişmekte olan ülkelerde işgücü ve teknoloji seçimi, belirsizlik,
5. Üretkenlikteki faktör artışı.

Bu çalışmalar genellikle ekonometrik içerikli ve kısmi programlamalı sayısal çalışmalardır. Etkinlikte Charnes ve Cooper'ın (Charnes, Cooper & Lewin, 1995, 58) çalışmasıyla doğrusal programlamaya dayalı analizler başlamıştır. Bu çalışma daha sonra erken veri zarflama analizini başlatan çalışmalardan biri oldu. Seiford'a göre VZA temelli verimlilik analizi, Farrell'in çalışmasına dayansa da Eduardo Rhodes'un (Seiford, 1996, 48) teziyle başlamıştır.

2.5 Verimlilik ve Etkinlik Arasındaki Fark

Verimliliğin üretim teknolojisindeki değişikliklerden, üretim sürecinin verimliliğinden ve üretim ortamından etkilendiği de ortaya çıkmaktadır. Tüm bu çabalar, Abramovitz'in dediği gibi (Lovell, 1993, 18-43) "cehaletimizi ilerletmeye" çalışmak yerine, performansın net bir şekilde anlaşılabilmesini ve ölçülebilmesini sağlamayı amaçlamaktadır.

Verimlilik ve etkililik sıklıkla birbirinin yerine kullanılsa da verimliliğin bir bütün olarak kaynak verimliliğini ölçtüğü, verimliliğin üretim yoluyla elde edilen gelir olarak değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Kök & Deliktaş, 2003, 56). Verimlilik ve etkililik terimlerinin sıklıkla karıştırılmasının veya birbirinin yerine kullanılmasının ana nedenlerinden biri, verimlilik ve üretkenlik değişikliklerinin veya kaynaklarının iç içe geçmesidir. Dolayısıyla bu iki kavram birbirinden ayrılması zor iki unsur haline gelmektedir. Ancak şunu söylemek mümkündür; verimliliğin en önemli belirleyicilerinden biridir.

Bu ifadeyi "verimlilikteki değişim, üretkenlikte değişime yol açan faktörlerden biridir" şeklinde de ifade etmek mümkündür. Bu açıklamaya göre bir şirketin üretim operasyonlarının verimliliğini sağlamadan verimliliğe ulaşması mümkün değildir.

Ancak yakın zamana kadar hiçbir bilim adamı verimlilik değişikliğinin üretkenlik değişikliği üzerindeki potansiyel etkisi hakkında gerçekten bir şey söylemedi ve bu değişikliklere sanki aynı şeymiş gibi davranılmaya devam edilmiştir. Verimlilikteki değişikliklerin verimlilikteki değişiklikleri de içerdği bir değişim modeli yaratmaya yönelik ilk girişim ve aynı zamanda verimlilik ve üretkenlik kavramları arasındaki biçimsel farkı ortaya koyan ilk çalışma; Nishimizu ve Page (Nishimizu & Page, 1982, 920-936) tarafından başlatılmıştır; Verimlilik artışını üretim sınırlarındaki hareketlere ayırarak verimliliğin üretkenliğin kaynağı olduğunu göstermeye çalıştıklarını görülmektedir. Daha sonraki çalışmalar, verimlilikteki bir değişikliğin üretkenlik artışına katkıda bulunabileceği durumlarda, verimlilik artış modellerini üretkenlik artış modellerine dönüştürmeye odaklanılmıştır. Bu çalışmalardan birinde Fried ve meslektaşları üretkenlik modeline verimlilik eklemenin faydalı olabileceği durumlar tartışılmıştır (Lovell, 1993, 18-43). Böyle bir modelde kullanılan veriler çok önemlidir.

Bu tür modellerde tek dönemli zaman serilerinin yanı sıra sadece miktara dayalı değil miktar ve fiyata dayalı panel veriler de kullanılabilmektedir. Ayrıca belirli bir varsayım (kar maksimizasyonu ve basit teknoloji varsayımı) yalnızca miktar verilerine dayalı tek dönemli zaman serileri kullanılabilmektedir. Ancak verimlilikteki değişim sadece teknik değişimi içeren bir değişim olarak değerlendirilirse panel veriler sadece niceliksel verilerden oluşmaktadır. Ancak verimlilikteki değişim hem teknik verimliliği hem de cazip verimliliği içeriyorsa panel verinin fiyat-miktar verilerini bir arada içermesi gerekmektedir.

Yukarıda örnek olarak verilen bu ve benzeri mali çalışmalarla faaliyete yeni boyutlar kazandırılmaya çalışmıştır. Bu çalışmalardan şu sonuca varılmakta: Eğitimden, üretim faktörlerinin fiziksel boyutlarına ve kalitesine, hatta kısa vadeli teknolojik değişikliklerden optimal nüfus politikalarına kadar pek çok faktör, verimliliği doğrudan artırmakta ve dolaylı olarak verimlilikteki değişikliklere katkıda bulunmaktadır.

		Verimlilik Düzeyi	
		Düşük	Yüksek
Etkililik Düzeyi	Yüksek	– Etkili fakat verimliliği düşüktür. – İstenilen ve hedeflenen sonuçlara ulaşılmakta, ancak kaynaklar iyi kullanılmamakta ve yüksek maliyetle sonuca ulaşılmaktadır.	– Örgüt hem etkili hem de verimlidir. – Örgüt en az kaynak kullanımı ve en az maliyetle, istenilen ve hedeflenen sonuçlara ulaşmaktadır
	Düşük	– Örgütün hem etkililik hem de verimlilik düzeyi düşüktür. – Kaynaklar iyi kullanılmamakta ve maliyetler yüksektir, istenilen ve hedeflenen sonuçlara ulaşılmamaktadır	– Örgüt verimli fakat etkili değildir. – Örgüt kaynakları iyi kullanıyor, maliyetler düşük ancak hedeflenen sonuçlara ulaşılmamaktadır.
Etkinlik Düzeyi	Yüksek	– Örgüt etkin fakat verimliliği düşüktür. – En az kaynak kullanımı ve çaba ile maksimum sonuçlar elde edilmekte ancak ekonomik anlamda istenilen sonuca ulaşamamaktadır.	– Örgüt hem etkindir hem de istenilen verimliliğe ulaşılmaktadır. – En az kaynak kullanımı ve çaba ile maksimum sonuçlar elde edilmekte, ekonomik olarak da istenilen sonuca ulaşılmaktadır.
	Düşük	– Örgütün hem etkinlik hem de verimlilik düzeyi düşüktür. – Kaynaklar iyi kullanılmamakta, fazla çaba harcanmakta ve maliyetler yüksektir, istenilen ve hedeflenen sonuçlara ulaşılmamaktadır.	– Örgüt verimli ancak etkin değildir. – Kaynak kullanımı iyi değil, gerekli faaliyetler için fazla çaba harcanmakta, ancak işler düşük maliyetle gerçekleştirilmekte ve elde edilen sonuçlar ekonomiktir.

Kaynak: Küçük, 2017 ve Çetin, Turan, Çeven, 2018

Tablo 2 : Etkinlik, Etkililik ve Verimlilik Karşılaştırılması

Ayrıca etkinlik ve verimlilik arasında oluşum süresi açısından da fark bulunmaktadır. Verimlilik daha ziyade kısa vadeli bir olgu ise, etkinlikte de uzun vadeli bir olgu olarak kabul edilmektedir. Örneğin bir sektörü tüm faktörlerin optimum kullanımıyla daha verimli hale getirmek kısa vadeli bir değişiklikse, verimliliği artırıcı bir oluşumu kaynak israfını dengeleyerek verimliliğe dönüştürmek uzun vadeli bir değişikliktir.

2.6 Etkinlik Ölçümü ve Teknikleri

Üretim ekonomisinin teorik arka planı: Üretim bileşenlerinin etkin alt bileşenlerinin kesinliğini kabul eden sınır özellikleri, maliyet minimizasyonu ve gelir maksimizasyonu veya kar fonksiyonu gibi ikili değerler, maliyeti minimize eden girdi-talep fonksiyonları, geliri maksimize eden çıktı arz fonksiyonları ve kar maksimizasyonu gibi sınır özellikleri üzerine inşa edilmiştir. Üretim arzı ve girdi talebi fonksiyonlarıdır. Teorik olarak odak noktası daha çok üretim faaliyetleri ve bunların sonuçlarıdır ve sınır kavramını çağrıştıran da bu faaliyetlerle ilişkili kısıtlayıcı uygulamalardır. Cobb-Douglas'tan sonra yaklaşık altmış yıllık ampirik üretim analizleri, önemli veriler üzerinde en küçük kareler istatistiksel yöntemini kullanarak regresyon yoluyla fonksiyonları tahmin etmeye çalışmıştır.

Kısacası: Performans ölçümü, üretim ve maliyet fonksiyonlarının analizine dayanmaktadır. Ancak bu tür değerlendirme yöntemleri ortalama performansı yansıttığı için verimliliği tam olarak ölçülememektedir. Ayrıca ortalama üretim fonksiyonu, teorik maksimizasyon amacını yansıtan marjinal fonksiyonla çelişmektedir. Bu nedenle, EKK tarafından oluşturulan maliyet eğrisi maksimum değil, yalnızca tatmin edici bir davranış düzeyini yansıtmaktadır (Hammond, 1986,971-984). Ekonometrik yaklaşımlarla değerlendirilen operasyonel verimlilik ölçümleri hataya açıktır. Bu durum yeni tekniklerin geliştirilmesini ve modern sınır analizi ve sınır üretim operasyonlarının temelini oluşturmayı mümkün kılmaktadır. Ayrıca matematiksel programlama teknikleri ve ekonometrik ve istatistiksel yaklaşımlarla verimliliğin ölçülmesi mümkün hale gelmektedir.

Performans analizine ilişkin ilk ampirik çalışmalar, onu Debreu ve Koopmans'ın çalışmalarına dayanarak geliştiren Farrell tarafından yapıldığından, bu yaklaşıma bazen "Farrell'in performansı ölçme yöntemi" adı da verilmektedir. Farrell firma verimliliğinin tahsis ve teknik verimlilik olmak üzere iki unsuru olduğunu ileri sürmüş ve analizini bu fonksiyonları temsil eden endeksleri kullanarak geliştirmiştir (Farrell, 1957, 253-290). Farrell'in yaklaşımı tek ürün üretim teknolojisine dayanmasına, bazı sınırlayıcı varsayımlarda bulunmasına ve yapısal verimsizlikleri hesaba katmamasına rağmen, sonraki yaklaşımların geliştirilmesinde bir dönüm noktası olarak kabul edilmektedir. Limit yaklaşımı olarak ifade edilebilecek bu yorum, üretim fonksiyonunun ve tüm girdi kombinasyonları ile çıktı kombinasyonlarının oluşturduğu üretim setinin üst limit olarak alınması anlamına gelmektedir.

Daha sonra modern teoride sınır fonksiyonlarının tahmini DEA gibi matematiksel programlama teknikleriyle yapılmaya başlanmıştır. Üretim sınırlarını belirlemeye ve keşfedilen sınırlara göre göreceli verimliliği ölçmeye yönelik matematiksel yaklaşım, ekonometrik yaklaşımdan farklılık göstermektedir. Her iki yaklaşım da farklı zarf (sınır) verilerini kullanır ve farklı tekniklerle analiz yapabilmektedir. Amacı, rastgele gürültüyü ve üretim teknolojisinin yapısını tespit etmek için çeşitli şeyler yaratmaktır. Her iki yaklaşım da birbirine üstünlük kuramayan yaklaşımlardır. İki yaklaşım bazı yönlerden farklılık göstermektedir ancak yaklaşımların temel faktörleri ve avantajlarının kaynakları iki grupta özetlenebilmektedir (Lovell, 1993, 18-43).

2.6.1 Parametrik Yöntemler

Parametrik yöntemlerde, üretim fonksiyonunun geçerliliği analitik olarak kabul edilmekte ve fonksiyonun parametreleri tahmin edilmeye çalışıldığı bir süreç olarak bilinmektedir. Basit oran analizlerinden farklı olarak parametrik yöntemlerin etkinliği, bir çıktı ile birkaç girdi arasındaki ilişkiyi inceleyen çoklu regresyon yöntemleri kullanılarak ölçülmektedir. Bu yöntem, bağımlı değişkende (çıktıda) değişikliğe neden olması muhtemel bağımsız değişkenlerin (girdilerin) etkisini belirlemeye çalışmaktadır.

Parametrik yaklaşım bir sınır yaklaşımı olduğundan gözlem setindeki en verimli durumun regresyon çizgisinin (etkin üretim sınırı) üzerinde olduğu varsayılmaktadır. Bu sınırın dışına çıkan üretim bileşenlerinin verimsiz olduğu kabul edilmektedir. Verimsizliğin aynı çıktı düzeyi için daha yüksek maliyetlerden veya aynı girdi düzeyi için daha düşük çıktı düzeylerinden kaynaklandığı söylenmektedir. Bu yöntemde de rastgele hatanın olduğunu kabul edilmekte ve tam etkin üretim sınırında hatanın sıfır olduğunu bulunmaktadır.

Parametrik yaklaşımın regresyon analizinin bazı dezavantajları bulunmaktadır. Birincisi, çoklu regresyonda yalnızca bir çıktının dikkate alınması ve girdilerle ilişkilendirilmesi nedeniyle, çoklu çıktılarda diğer tüm çıktılar bir çıktının değeriyle ifade edilir veya bu tür üretim alanlarında kullanılamamaktadır. İkincisi, göreceli verimliliği ölçmek için pek bir anlam ifade etmeyen bir çerçeve tanımlanmıştır. Büyüme hızı en yüksek olan karar birimi en verimli olarak kabul edilmekte ve diğerleri buna göre orantılı olarak değerlendirilmektedir. Burada elde edilen firmanın efektif büyüme hızı, LCM yönteminin temelini oluşturan "sapma minimizasyonu" varsayımına göre en büyük pozitif sapmayı veren değere doğru saptırılmaktadır.

Parametrik yaklaşımlarda rastgele hatanın varlığının kabul edilmesi, analizlerde ölçüm hatalarının daha kolay belirlenmesine olanak sağladığı için diğer yaklaşımlara göre avantajlı hale gelmektedir. Ancak rastgele hata ile verimsizliği birbirinden ayırma sorunu büyük bir zorluktur. Bunu ayırt etmek için dağılımla ilgili farklı varsayımlar kullanılarak farklı yaklaşımlar geliştirilmiştir. Berger ve Humprey, verimliliği ölçmek için üç temel parametre sınırlayıcı yaklaşım önermiştir (Berger & Humprey, 1997, 185). Bunlar; Stokastik sınır yaklaşımı, dağılımdan bağımsız yaklaşım ve kalın sınır yaklaşımı olarak belirlenmiştir.

2.6.1.2 Skolastik Limitin Yakınsaması

Skolastik limitin yakınsaması: Bağımlı değişkenler ile bağımsız değişkenler arasında fonksiyonel bir ilişki kurularak hata payının ifade edilebildiği ekonometrik yöntemlerin kullanıldığı bir yaklaşımdır. Aigner ve Chu ilk olarak N firmadan oluşan bir örneklemden elde edilen verileri kullanarak Cobb-Douglas tipi parametrik sınır üretim fonksiyonunun tahmini tartışılmıştır (Coelli, 2004, 172-174).

Bu yaklaşım;

$Iny_i = x_i B - u_i$ $i = 1, 2, \dots, N$ modeliyle tanımlanmaktadır.

Burada Iny_i , i'inci firmanın üretim düzeyinin logaritmik değeridir. x_i , ilk elemanı "1" olan bir $(K+1)$ satır vektörüdür ve geri kalan elemanları, i'inci şirketin kullandığı K girdi miktarlarının logaritmasıdır.

$B = (B_0 \ B_1 \dots \ B_K)$, $(K+1)$ tahmini bilinmeyen parametrelerin bir sütun vektörüdür. Bu, negatif olmayan bir rastgele değişkendir ve bu sektördeki firmaların üretiminin teknik verimsizliğini ifade eder.

Daha sonra Aigner, Lovell ve Schmidt ile Meeusen ve Van den Broeck'ün de aralarında bulunduğu iki ayrı grup, denkleminde negatif olmayan rastgele değişken olan stokastik marjinal üretim fonksiyonunu eşzamanlı ve bağımsız olarak kurdular. Eklenerek elde edilmiştir.

$Iny_i = x_i B + v_i - u_i$, $i = 1, 2, \dots, N$

Bu denklemle tanımlanan model, sınır rastgele değişkeninin değeri $x_i B + v_i$ ile sınırlandırıldığından buna stokastik sınır üretim fonksiyonu adı verilmiştir. Rastgele hata v_i pozitif veya negatif olabileceğinden stokastik marjinal ürünler, marjinal modelin deterministik kısmı olan $x_i B$ miktarı kadar değişmektedir (Coelli, 1996, 39).

İki firmanın (i, j) gözlenen girdi ve çıktıları, girdileri yatay eksen, çıktıları ise dikey eksen olacak şekilde bir grafik üzerinde belirlenmektedir. Firma i , x_i 'yi elde etmek için y_i 'yi kullanmaktadır. Gözlenen giriş-çıkış değeri x_i değerinin yanında nokta $(\bullet)$ ile gösterilmektedir. Stokastik marjinal sonucun değeri, üretim fonksiyonu $y_i = (x_i B + v_i)$ 'de bir çarpı işaretiyle gösterilmekte çünkü rastgele hata v_i pozitif olmaktadır. Benzer şekilde j firması x_j girdilerini kullanarak y_j çıktısını üretmektedir. Ancak, rastgele hata v_j negatif olduğundan marjinal sonuç $y_j = (x_j B + v_j)$ üretim fonksiyonunun kapsamına girmektedir. Stokastik sınır çıkışları y_i ve y_j , v_i ve v_j rastgele hata değerleri belirlenemediği için gözlemlenmemektedir. Ayrıca stokastik sınır modelinin önemli bir kısmının stokastik sınırın çıktıları arasında yer aldığı görülmektedir. Rastgele hatalara karşılık gelen verimsizliğin etkileri daha büyükse, gözlemlenen sonuçlar limitin kritik kısmından daha büyük olabilme olasılığı bulunmaktadır.

Stokastik sınır modeli, bazı düzenleyici koşulların ihlali nedeniyle deterministik modellerde mümkün olmayan, geleneksel maksimum olasılık yöntemlerini kullanarak standart hataların ve hipotez testlerinin tahmin edilmesine olanak tanımaktadır. Bu yöntem, "sıradan en küçük kareler" tahminlerinin taraflı parametrelerini kullanır, taraflıdır, ancak kesişme parametrelerinin negatif taraflı SEKK tahmini β , SEKK hesaplamalarındaki farktan elde edilen hata dağılımının örnekleme elemanları kullanılarak ayarlanabilmektedir.

Ancak bu yaklaşım sorunsuz değildir. Temel itirazlardan biri; Genel olarak, kısmi bölünme biçiminin önceden bir temeli olmamasıdır. Kesilmiş normal (Stevensen) ve iki parametrelili gama (örneğin Greene) gibi daha genel dağılım biçimlerinin yaratılması bu sorunu hafifletmektedir. Ortaya çıkan verimlilik ölçümleri ise dağılımsal varsayımlara duyarlı bulunmaktadır (Coelli, 1996, 96).

2.6.1.3 Serbest Dağıtım Yaklaşımı

Yalnızca panel veri, hata terimleri ve bileşenleri, rastgele hata ve pasif gözlem kullanılarak, belirli kısıtlamalar altında her türlü dağıtımın gerçekleşebileceğini varsayan bir yaklaşımdır. Panel veri yaklaşımı olarak da adlandırılan bu yaklaşımda, her firmanın performansı uzun vadede sabit veya en azından istikrarlı olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle uzun dönemde ölçüm hataları sıfıra yaklaşmaktadır. Bu varsayımlar pozitif verimsizlik koşulları altında geçerli kılmaktadır. Uzun vadede değişmediği varsayılan şirketin etkinliği, teknik değişiklikler, yasal ve kurumsal değişiklikler, piyasa koşullarındaki değişiklikler ve diğer bazı faktörler nedeniyle etkinliği önemli ölçüde değişen birimin, beklenenden sapması durumunda dikkate alınmaktadır (Berger & Humprey, 1997, 175-212).

2.6.1.4 Sıkı Sınır Yaklaşımı

Bu yaklaşım, dağılıma ilişkin yapılan varsayımlar bakımından stokastik sınır ve serbest dağılım yaklaşımlarından farklılık göstermektedir. Stokastik kısıtlama ile serbest dağıtım yaklaşımı arasındaki temel fark; Bunlar, gözlemlenen değerler ile varsayılan değerler arasındaki farkı açıklayan verimsiz gözlemlerin ve rastgele hata unsurlarının dağılımına ilişkin varsayımlardır. Sıkı sınırlar yaklaşımında bu iki unsura ilişkin herhangi bir varsayım bulunmamaktadır.

Gözlenen ve beklenen değerler arasındaki farkın yalnızca en büyük ve en küçük değerlerinin rastgele hata oluşturduğu, geri kalan değerlerin ise etkisiz gözlem olduğu varsayılmaktadır. Dolayısıyla yoğunluk sınırı, tek bir üretim biriminin verimliliğini ölçmek için uygun olmayan bir yaklaşım haline gelmektedir. Yani karar biriminin verimliliğinin bir puanla değerlendirilmesine olanak sağlamamaktadır. Ancak kesin verimlilik düzeyini tahmin etmek daha kolay hale gelmektedir.

Uygulamada bu yaklaşımlardan en yaygın olarak ücretsiz dağıtım yönteminin kullanıldığını görülmektedir. Bu üç yaklaşımın kullanımı sürekli olarak eleştirilmekte ve aşağıdaki iki başlıkta ifade edilmiştir (Berger & Humprey, 1997, 185).

2.6.2. Parametrik Olmayan Yöntemler

Parametrik yöntemlerin eksikliklerini gidermek amacıyla tanıtılan bu yöntemler, matematiksel programlamayı kullanan yaygın bir ölçüm yöntemi olarak bilinmektedir. İlk kez Farrell ve arkadaşları tarafından kullanılan bu ölçüm yöntemi analitik bir fonksiyona dayanmamaktadır. Dolayısıyla birden fazla girdisi ve çıktısı olan üretim alanlarında verimliliği ölçebilecek esnekliğe sahiptir. Parametrik olmayan verimlilik ölçümlerinin çoğunluğu girdi ve çıktıların ölçüm birimlerinden bağımsız olduğundan, farklı büyüklükteki şirketlerin aynı anda ölçülmesine olanak sağlamaktadır. Bu ölçümler, amaç fonksiyonlarını ayrı ayrı optimize ederek ve her karar biriminin göreceli verimliliğini hesaplayarak her karar birimi için uygun kümeyi belirlemektedir. Parametrik yöntemler ise sektördeki tüm firmaları dikkate alarak ortalama verimliliği ölçmektedir. Bu yöntemlerde gözlem seti aktif ve inaktif gözlemler olmak üzere iki gruba ayrılmakta ve pasif karar biriminin verimliliğinin artırılması için yapılması gerekenler konusunda yol gösterici öneriler sunmaktadır. Ancak bu yöntemin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. En önemli dezavantajı karar biriminin giriş ve çıkış verilerindeki boşluklar ve hatalardır. Ayrıca seçilen girdi ve çıktı bileşenlerinin çıktıdaki değişimi iyi yansıtmadığı durumlarda performans ölçümü başarısızlıkla sonuçlanmaktadır.

Parametrik olmayan ölçüm yöntemleri "girdi" ve "çıkıtı" performansını ayrı ayrı ölçülebilmektedir. Girdi bazlı performans ölçüm yöntemleri, belirli bir düzeyde çıktı üretebilecek girdilerin optimal kombinasyonunu belirlemeye yönelik bir yöntemdir.

Bu teknikler aynı zamanda karar verme biriminin bilgi ürünü düzeyindeki verimsiz girdilerini ne ölçüde azaltması gerektiğini belirlemek için de kullanılmaktadır. Çıktı odaklı performans ölçüm tekniklerinde; Belirli bir girdi seviyesinde üretilebilecek maksimum çıktı seviyelerini belirlemek veya belirli bir girdi kombinasyonu için pasif bir karar ünitesini aktif hale getirmek için çıktıların ne kadar arttırılması gerektiğini belirlemek için girişimlerde bulunmaktadır.

İki temel analiz yöntemine parametrik olmayan etkili ölçüm yöntemleri adı verilmiştir (Berger & Humprey, 1997, 185). Verilerle çevrili analiz ve ücretsiz imha için bir çerçevedir. Ayrıca "Kurumsal Rekabet Edebilirlik Değerlendirmesi Analizi" adı verilen üçüncü bir yaklaşım olarak gösterilmektedir (Parkan & Wu, 1999, 201-217)

2.6.2.1 Veri zarf analizi

Parametrik olmayan yöntemler arasında veri zarf analizi en yaygın kullanılan doğrusal programlama tekniği olarak tanımlanmaktadır. Performansı ölçülen homojen şirketleri karşılaştırır ve diğerlerini buna göre değerlendirmekte, en iyi gözlemin yapıldığı şirketi referans (performans sınırı) olarak almaktadır. VZA'da etkinlik sınırı varsayılan gözleme değil gerçek gözleme dayanmaktadır. Rastgele hata parametresi elbette kullanılmamaktadır. Ancak çok uç değerleri olan şirketlerin elenmesi gerekmektedir (Lovell, 1993, 18-43)

2.6.2.2 Serbest zarf modeli

Serbest zarf modeli, VZA'nın özel bir formu olarak analiz yapan bir model olarak bilinmektedir. Bu modelde VZA modelinin sınırını oluşturan kenarları birleştiren noktalar üretim kümesinin parçası olarak yer almamaktadır. Bunun yerine, "serbest düzenleme zarfı" (Parkan & Wu, 1999, 201-217) adı verilen, gözlem noktaları ve bunlarla ilişkili alanları içeren bir üretim grubuna bakılmaktadır.

2.6.2.3 Şirket Rekabet Edebilirlik Değerlendirme Analizi

Bu analiz, her birimin kaynak kullanımı ve üretim esasına göre faaliyet gösterdiği varsayılarak, bir birimin kaynak kullanımı ve üretiminin ayrı ayrı değerlendirilip değerlendirilebileceğini öne sürmektedir.

Bir üretim biriminin verimliliği, kullanılan üretim faktörleri ile girdi maliyetleri ve satış geliri sağlayan ürünler değerlendirilerek analiz edilebilmektedir (Parkan & Wu, 1999, 201-217).

Analize başlamadan önce öncelikle kaynak kullanımı ve üretim değişkenleri M ve H kümelerine bölünür ve her kümenin göreceli önemini gösteren kalibrasyon sabitleri belirlenmelidir. Uygun bölüm sabitlerini belirlemek için çeşitli yöntemler kullanılabilir. Örneğin uzmanların görüşleri dinlenerek göreceli öneme sahip bir ağırlık dağılımı oluşturulabilmekte ve bu dağılımın ortalaması nihai ağırlık dağılımı olarak alınmaktadır. Verimlilik değerlendirmesinin tüm birimlere uygulanabilmesi için dağıtım sabitleri normalleştirilmiştir. Tüm bölüm sabitlerinin eşit olduğu varsayılarak analiz aşağıdaki adımlara göre gerçekleştirilir. j'inci karar biriminin kaynak tüketimindeki verimsizliğini, j'inci karar biriminin üretimdeki verimsizliğini, j'inci karar biriminin girdi ve çıktı verimsizliği kategorilerinin ağırlıklı ortalaması olan birleşik verimsizlik kategorisidir.

Her karar birimi tüketilen kaynaklara ve üretilen ürünlere göre gruplandırıldığında en az kaynak kullanan ve en çok üreten en verimli/ideal birimler belirlenmektedir. Kurumsal rekabetçi değerlendirme analizi, birim verimliliğini ideal birime göre kategorik olarak hesaplar ve değerlendirilen birim ideal birime yaklaştığında verimli, idealin ötesine geçtiğinde ise etkisiz olarak tanımlanmaktadır.

Son olarak: Parametrik olmayan yöntemler, rastgele hatalar, limitlerin oluşturulmasında ölçüm hatasının bulunmaması, bir birimin bir dönemde iyi, diğerinde kötü olma ihtimali, hataların olmaması gibi varsayımlara dayalı olarak analizlerinde olası hatalara yol açabilmektedir. Girdi ve çıktıların ekonomik açıdan ölçülmesi, performans ölçümünde hatalara yol açabilmektedir.

2.6.3 Diğer Yöntemler

Bu iki gruba ait olmayan alternatif yaklaşımlar da vardır. Bu yaklaşımlardan en popüler olanlarından ikisi burada kısaca tartışılmaktadır.

Hedef programlama

Bu alanda yapılan önemli bir çalışmada Aigner ve Chu (1968), üretim ilişkisini açıklayan bir denklemi şu şekilde sunmuşlardır (Parkan & Wu, 1999, 201-217).

$$y_i \leq f(x_i, B)$$

Üretim limitinin Cobb-Douglas üretim fonksiyonu tarafından belirlendiğini varsayalım, burada aşağıdaki yaklaşımı önerilmiştir, $f(x, B) = \prod_{i=1}^n b_i x_i^{\alpha_i}$ bu denklem şuna tabidir:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} [f(x, B) - y] = 0 \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$[f(x, B) - y]$$

Amaç negatif olmayan bir parametre belirlemek ve sapmaların toplamını veya sapmaların karesini en aza indiren bileşen olarak tanımlanmaktadır. Bu model aynı zamanda bir matematiksel programlama yöntemi olarak gösterilmektedir. Bu tekniğin çeşitleri Førsund ve Hjalmarsson (1979–1987), Førsund ve Janson (1977) ve Albriksen ve Førsund (1990) tarafından Cobb-Douglas varsayımı korunarak kullanılmaktadır. Yan terimlere bir translog kısıtlaması ekleyerek, Nishimizu ve Page (1982, üretim kısıtlaması), Charnes, Cooper ve Sueyoshi (1988, maliyet kısıtlaması) ve Fare, Grosskopf, Lovell ve Yaisawarng (1990, üretim mesafesi kısıtlaması) bu teknikleri kullanarak modeller oluşturulmuştur.

Sapmalar tek yönlüdür ve herhangi bir sapma görülmemektedir. Schmidt bu ilişkiyi ilk kez açıklamıştır. Schmidt; Bu, negatif olmayan sapmaların üstel bir dağılıma sahip olduğu nesnel bir programlama problemi için deterministik üretim fonksiyonunun $f(x, \beta)$ maksimum olasılık tahminine eşit olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda hedef programlama modelinde, negatif olmayan sapmaların yarı normal dağılımı için $f(x, \beta)$ 'nin deterministik limiti maksimum olabilirlik tahminine eşit olduğu gözlemlenmiştir (Lovell, 1993, 18-43).

Bu dikkat çekici sonuçlar, hedef program modelinin beğenilmesine yol açtı. Nesnel programlama kısıtlama parametrelerini tahmin etmek yerine doğrudan hesapladığından, bu hesaplamalar standart hataya bir bağlantıyla gösterilmemiştir. Maksimum olabilirlik yöntemiyle yapılan limit tahminleri ve hedef programlamayla belirlenen limit bağlantıları istatistiksel olarak elde edilmektedir.

Bununla birlikte Schmidt, maksimum olabilirlik tahminlerinin istatistiksel özelliklerinin bu bağlamda belirsiz olduğunu, bunun da B'ye bağımlı dizilerin düzenli maksimum olabilirlik tahminini Y'nin belirsiz hale getirdiğini savunmaktadır. O halde stokastik hedef programlamanın etkinliğini ölçecek bir model; Banker (1989), Vassdal (1989) ve Banker, Datar ve Kemerer (1991) tarafından geliştirilmiş ve çeşitli uzantılar önerilmiştir (Fried, Lovell & Schmidt, 1993, 38-40) Tüm hedef programlama yaklaşımları, her birinin tanımladığı kısıtlamaya dayalı tekniklerdir. Teknik verimlilik, üretim sınırına olan mesafeye dayanmaktadır ve çekici verimliliği, ekonomik verimliliğin teknik verimliliğe oranı olarak kabul etmektedirler. Sınırsız teknolojiler mesafe ve sınırların temel mantığına uygun, mesafenin sınırdan tek yönlü sapmalarla temsil edildiği yaklaşımlardır. Esas olarak sınırları tanımlamak ve mesafeyi ölçmek için kullanılan teknikler bakımından farklılık göstermektedirler.

Hiçbir zaman tanımlanamayan “limit” kavramı üzerine birçok çalışmanın yer aldığı ve limit yaklaşımı kullanmadan verimliliği ölçmeye çalışan bir literatür bulunmaktadır. Bu literatürdeki çalışmalar, toplam verimliliği çevreden (çevre sınırlaması) veya çevreleyen yüzeyden uzaklığa göre ölçmeye çalışmamıştır. Bu çalışmaların çoğunda etkililik ölçüsü, program etkililiğinin ekonometrik ve matematiksel analizinden ziyade tahsis verimliliğine odaklanmaktadır ve kullanılan yöntem ekonometriktir.

Sınırsız verimlilik ölçümü literatürü, Hopper'ın 1965 yılında Hindistan'daki alt toprak işlemenin yüksek verimliliğine ilişkin çalışmasından ilham almıştır. Sıradan en küçük kareleri kullanarak Cobb-Douglas üretim fonksiyonlarını (üretim kısıtlamalarını değil) tahmin etmek için bir sonuç elde edilmiştir. Daha sonra, her girdinin marjinal ürününü çıktının değeriyle ve girdinin marjinal ürününü fiyatıyla karşılaştırarak standart LCM'yi her girdiye uyguladı ve bu sonuca ulaşılmıştır. Herhangi bir eşitlik karşılaştırması tahsis verimliliğini varsayar ve herhangi bir

eşitsizliğin işareti ve büyüklüğü tahsis verimsizliğinin yönünü ve ciddiyetini göstermektedir (aynı zamanda üretim fonksiyonunun parametreleri tahmin edildiğinden hesaplanabilen maliyetler). (Fried, Lovell & Schmidt, 1993, 38-40).

2.7 Girdi Tıkanıklığı Sorunu

Yan ürün eğrisi belirli bir noktadan sonra pozitif bir eğim aldığında veya üretim ekonomik bölgenin dışına çıktığında aşırı girdi, üretim faktörlerinin bir kombinasyonu olarak ifade edilmektedir. Bu durum üretim ve verimlilik analizinin en önemli sorunlarından biri olarak kabul edilmektedir. Bu durum firmanın üretim sürecinde kullandığı faktörleri kontrol edilemeyen nedenlerden dolayı azaltamaması durumunda ortaya çıkarmaktadır. Sendika baskısı nedeniyle verimsiz işlerin işten atılamaması, ekonomik ve sosyal politikalar nedeniyle girdi kullanımının istenilen seviyelere indirilememesi bu duruma örnek olarak gösterilmektedir.

Parametrik olmayan matematiksel programlama modelleri, girdi bileşimindeki bu durumun büyük ölçüde hariç tutulduğunu varsaymaktadır. Yani bu modellere göre firmanın bu ek tıkanıklık faktörlerini ücretsiz olarak ortadan kaldırması gerekiyor. Ancak bu durumun her zaman ve her koşulda gerçekleşmesi zor olduğundan zayıf bir eliminasyon varsayımı kullanılmaktadır. Bu varsayımla girdi bileşimindeki bozulmanın etkileri analiz edilebilmektedir. Bu DEA temelli yaklaşım, gelir sıkışıklığını ve etkilerini belirlemeye çalışmaktadır; Fareler, Grosskopf ve Lovell (Coelli, 1996, 64) tarafından tartışıldığı gibi besin bazlı ve değişken ölçekli (VRS) DEA çözümlerinde ifade edilebilmektedir.

Bu modelden elde edilen teknik etkinlik değerleri, modelin güçlü eliminasyon modeliyle tahmin edilen teknik etkinlik değerinden büyük veya ona eşit olmaktadır. Çünkü zayıf eliminasyon varsayımı altında, teknik etkinlik açısından sıkışıklıktan kaynaklanan verimsizlik ortadan kaldırılmaktadır. Ayrıca güçlü ve zayıf eliminasyon varsayımlarına sahip DEA modelleri kullanılarak iki model arasındaki teknik etkinlik farklılıkları belirlenmekte ve girdi sıkışıklığı verimliliği (CE) hesaplanabilmektedir. Bu yöntem, güçlü eleme (SS) ile zayıf eleme (SS) arasındaki sınırların çizilmesiyle açıklanabilir (Coelli, 1996, 64).

Zayıf eliminasyon varsayımı altında, üretim sınırının pozitif bir eğime sahip olduğu görülmektedir. Eğer firma P'de üretim yapıyorsa, sonsal verimsizlik PP'ye eşittir. Aşırı gelir yükünün etkinliği oransal olarak şu şekilde hesaplanabilir;

$$CE=OP/OP$$

Güçlü çıkarma varsayımı altında hesaplanan teknik etkinlik (TE), zayıf çıkarma varsayımı altında hesaplanan teknik etkinlik değeri (TE) ile sıkışıklık çarpımının çarpımına eşittir.

$$\text{Verimlilik (CE). } OP/OP = (OP \text{ veya } TE = CE \times TEOP) \times (OP/OP)$$

Çıkışlar için zayıf eleme tekniği de kullanılabilir. Bu, belirli bir çıktının negatif gölge fiyatını ifade eden üretim imkânı eğrisinin pozitif bir eğime sahip olmasını sağlamaktadır. Bu, istenmeyen analiz sonuçlarının VZA modellerine eklenmesine olanak sağlar. Üretimde dışsal negatif tasarruf yaratan hava kirliliğini, katı atık ve döküntüleri ölçmek için kullanılabilir. Bu yaklaşımlara VZA teknikleri kullanılarak geliştirilen modellerde rastlanmaktadır.

Bunlara “Performans Ölçümünde Yeni Gelişmeler” başlığı altında kısaca değinilmiştir. Bu yaklaşımla, zayıf eleme varsayımıyla, bir girdi veya çıktı alt kümesi oluşturularak daha ayrıntılı analizler gerçekleştirilebilmektedir.

2.8 Etkinlik Ölçüm Tekniklerinde Yeni Gelişmeler

Bugüne kadar en çok kullanılan ve en iyi bilinen popüler performans ölçüm yöntemleri; parametrik ve parametrik olmayan, deterministik ve stokastik yöntemlerden ve DEA yönteminden bahsedilmiştir. Performansın daha iyi ve daha kapsamlı ölçülmesi için yeni alternatif teknikler geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlar VZA ve çeşitli ve ileri ekonometrik modellerin geliştirilmesi şeklini almaktadır. Bu gelişmeyle birlikte tahminler daha kapsamlı hale gelebilir ve daha yüksek istatistiksel doğruluğa sahip olmaktadır. İyileştirmeler; Ekonometri, çoklu (muhtemelen istenmeyen) çıktı ve verimliliği ölçmenin çeşitli yöntemleri gibi üç ana başlık altında sunulmakta ve Dorfman ve Koop'un (Dorfman & Koop, 2005, 233-240) bir makalesine dayanmaktadır.

2.8.1 Ekonometrik Gelişmeler

Etkin ölçüm modellerinin değerlendirilmesinde kullanılan ekonometri tekniklerinin (mesafe fonksiyonu ve stokastik üretim sınırları vb.) değişimi ve gelişimi birkaç makaleye dayalı olarak açıklanırsa, sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenmiştir. Birçok yeni modelleme tekniğine ek olarak, bu makaleler aynı zamanda farklı modellerin ve tahmin yöntemlerinin göreceli etkinliği hakkında da önemli kanıtlar sunmaktadır.

Greene, makalesinde sabit ve rastgele etkileri ve rastgele parametreleri dikkate alarak stokastik sınır modeline heterojenlik eklemenin alternatif yollarını araştırmıştır. Panel verileri kullanarak stokastik sınır modelinde sabit etkileri tahmin etmeye yönelik geleneksel yaklaşım, aşağıdaki denklemin kullanılmasını gerektirir (Schmidt & Sickles, 1984, 367-374). Verimsizlik, a 'nın sabit etkilerinden kaynaklanır. Greene, daha doğru bir sabit etkiler modeli elde etmek için bu klasik modeli kullanarak kendi modelini önermektedir.

Sonlu karma dağılımları kullanan eski stokastik sınır modeli burada verimlilik rastgele değişkeni (z) kullanılarak geliştirilmiştir. Yani bu modelde $q=1,...,Q$ olduğunda $B = B$ olur. Her firma tek bir üretim sınırıyla karşı karşıyadır kalınmaktadır.

Tüm bu modellerin ortak noktası, firma heterojenliğinin değişkenlik göstermesidir. Greene, yeni modellerde mümkün olan en yüksek olasılığı tahmin etmek için çok daha yüksek sayısal hassasiyete sahip yöntemler geliştirilmiştir. Bu, rastgele parametre ve gizli sınıf modelleri kadar iyi olan sabit ve rastgele etki modellerini düzgün bir şekilde oluşturduğu anlamına gelmektedir.

Yeni modeller için tahmine dayalı modellerin ampirik olarak geliştirilmesi çok önemlidir. Greene, makalesinde çoğunlukla gerçek ve yapay verileri kullanarak ampirik örnekler vererek bunun önemi vurgulanmaktadır. Böylece heterojenliği doğru bir şekilde ele almanın ne kadar önemli olduğu gösterilmektedir.

Han, Orea ve Schmidt, çok parametrelili zaman değişkenlerinin bireysel etkilerinin sınırlamalarını aşmak için oluşturulmuş tahmin edicileri ve stokastik sınır modellerini sunmaktadır (Han, Orea & Schmidt, 2005, 241-267).

Kumbhakar, Battese ve Coell'in rastgele değişkenler ve etkileri üzerine çalışmalarını 2, (0)a terimini sabit bir etki olarak ele alarak genişletilmiştir. Ayrıca öngörücülerin bazı ilginç özelliklerini de ortaya çıkarılmıştır. Örneğin, LCM tahmincisi yalnızca kalıcı olan ve diğer tahmin edicilere göre daha az verimli olan belirli gürültü hatalarını içermektedir. Bu yazarlar ayrıca ek varsayımlar kullanarak çok sayıda moment kısıtını (ve araçlarını) azaltacak yöntemler de geliştirmişlerdir.

Mahsuller; Makalesinde birçok olası tahmini araştırmaktadır. Bu tahminler, AR(1) hatası olan ve olmayan sabit ve rastgele etkileri içeren stokastik bir sınır modelini dikkate alınmaktadır. Zamanla değişen ve sabit verimlilik modelleri, istatistiksel olmayan DEA modelleriyle birlikte yeni geliştirilen "karma etkiler modeli" ile birlikte araştırılmaktadır. Bu kadar farklı veri toplama süreçleriyle ilgilenen modeller geliştirmek için bir Monte Carlo alıştırması kullanılmıştır. Burada tartışılan tüm tahmin ediciler ideal koşullar altında iyi performans göstermiştir (gürültü hataları, zamanla değişmeyen verimlilik ve iç selliğin olmaması). Ancak birçok değerlendirici ampirik olarak karmaşıklığı ortaya koymamıştır.

Bayes ekonometri yöntemleri son zamanlarda oldukça fazla popülerlik kazanmaktadır ve bu popülerlik, özellikle son on yılda, bilgisayarların artan gücünden ve daha önceki simülasyonların geliştirilmesinden yararlanarak daha da artmıştır. Markov Chain-Monte Carlo algoritmalarına yönelik bazı eski simülasyonlar, gizli bilgilerin yüksek boyutlu bileşimlerini içeren modeller için özellikle popüler ve etkili olmaktadır. Stokastik sınır modelinin bu kategoriye girmesi, Bayes yöntemlerinin performans analizinde artan popülerliğini artırmaya yardımcı olur, çünkü gizli veriler verimsizlik olarak yorumlanmıştır (Fernandez, Koop & Steel, 2005, 441-444).

Atkinson ve Dorfman makalelerinde Bayes'in genelleştirilmiş momentler yöntemini kullanılmaktadır (Atkinson & Dorfman, 2005, 445-468). Bu yaklaşım verimlilik analizi literatüründe yenidir ve olabilirlik fonksiyonunun sınırlayıcı varsayımlarını dikkate almadan Bayes yöntemlerinin faydalarını elde etme çabasını yansıtmaktadır.

Griffiths ve O'Donnell ayrıca tahmin edebilen stokastik sınır modellerini tahmin etmek için bir Bayes yaklaşımı benimsemiştir (Griffiths & O'Donnell, 2005, 385-409). Bunlar; Tutarlı bir olasılık dağılımları seti ile tek yönlü verimsiz stokastik ifadenin geleneksel yorumunu dikkatli bir şekilde koruyan yeni stokastik formüller sunarak modelleme durumu iletilmektedir. O'Donnell ve Coelli de Bayes tahmin tekniklerini kullanıyor ancak çok farklı modellere odaklanılmaktadır. Başlangıç mesafe fonksiyonuyla çalışarak, mevcut teorilerinin içeriği, ekonomik teorisin dayattığı monotonluk, yarı dış bükeylik ve dış bükeylik kısıtlamaları altında mesafe fonksiyonunun ampirik sonuçlarını sunar ve geliştirir. Onlar; bu tür kısıtlamalar getirmenin, ekonomi teorisindeki standart varsayımlarla çelişmeyen daha iyi tahminlere yol açabileceğini ve kısıtlı ve sınırsız tahminler arasında önemli farklılıklar olduğunu göstermektedir.

2.8.2 Çoklu (Muhtemelen İstenmeyen) Çıktılar

Çoklu çıktıların etkinliği ve verimliliği hakkında pek çok literatür vardır. Bu uygulamalardan bazıları kirlilik gibi istenmeyen sonuçlarla ilgilidir. Girdi veya çıktı fiyatları ve/veya maliyetler mevcut olduğunda, maliyet ve kar işlevlerini veya dağıtım işlevlerini içeren standart yaklaşımlar kullanılmıştır. Ancak böyle bir veri setinin elde edilmesi mümkün değilse (istenmeyen bir çıktının elde edilmesi neredeyse imkansızdır), çoklu çıktı analizinin gerçekleştirilmesine yönelik yeni yöntemlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Atkinson ve Dorfman problemi uzaklık fonksiyonu yaklaşımıyla çözmeye çalışıyorlar; İstenmeyen sonuç, dışsal bir teknoloji değiştirici olarak ele alınmaktadır. Ayrıca verimlilik ve etkinlikteki değişimler ve bunları etkileyen faktörler belirlenirken istenmeyen çıktıların gölge fiyatının tahmin edilmesine yönelik talepler de kabul edilmektedir.

Ayrıca diğer çoklu sonuç çalışmaları farklı istatistiksel çalışmaları içerir ancak bu yaklaşımlardaki ortak ilgi, çoklu sonuç analizleriyle ne kadar etkililiğin ölçülebileceği meselesidir. Fare, Grosskopf, Noh ve Weber ile Fernandez, Koop ve Steel'in çalışmalarının ortak noktası, her ikisinin de çok değişkenli bir üretim olasılığı eğrisine dayalı yönlendirilmiş mesafe fonksiyonu kavramını sunmalarıdır. Bu eğrinin mesafesi olarak ölçülebilecek birçok yönelim görülmektedir (Dorfman & Koop, 2005, 233-240).

2.8.3 Verimliliği Ölçmek İçin Geliştirilen Diğer Yeni Yöntemler

Ekonometrik yöntemler ile performans ölçümündeki ilerlemeler arasındaki ayrım çok açık değildir. Örneğin; Ekonometrik bir ilerleme olarak Greene'in yukarıda alıntılanan çalışması, gözlemlenmeyen heterojenliği modellemek için farklı yöntemleri incelenmektedir. Verimsizlik gözlemlenmeyen heterojenliğin bir parçası olduğu için Greene, alternatif verimlilik ölçütlerini dikkate alan modelleri dolaylı olarak kullanılmıştır. Diğer çalışmalar da benzer ilişkileri göstermektedir. Örneğin Baltag ve Rich'in çalışmasında genel teknik değişim endeksinin ele alınması onların tahminlerini ampirik gözlemlere yaklaştırmıştır (Baltagi & Rich, 2005, 549-570).

Horrace'ın araştırması, etkililik veya verimliliğin pratikte kesin olmayan tahminlerle elde edildiği gerçeğini vurgulanmıştır. Teorik olarak z , genel olarak kabul edilen bir verimsizlik değeridir. Ancak pratikte z 'nin nokta tahminleri sıklıkla geniş güven aralıklarına (veya Bayes araştırmalarında büyük standart sapmalara) sahiptir. Karar vericiler genellikle şirketleri verimsizliklerine göre veya i şirketinin j şirketinden daha verimli veya verimli olup olmadığına göre sınıflandırmakla ilgilenilmektedir. Eğer verimsizlik doğru bir şekilde tahmin edilemiyorsa, şirketleri verimliliğe göre karşılaştırmak veya sıralamak oldukça tartışmalı olacaktır. Bu durumda Horrace'ın teorik sonuçları bilim insanları için çok faydalıdır. Horrace, kesik normal dağılımlardan oluşan bir sınıfla (genellikle performans analizlerinde kullanılır) çalışarak, performans sıralamasından sonuçlar elde etmek için seçim kuralları geliştirilmiştir. Başka bir deyişle, belirli olası seviyelerde nispeten verimli olması beklenen bir firmalar alt grubu yaratmayı mümkün kılan karar kurallarını tanımlamayı önermektedir (Dorfman & Koop, 2005, 233-240).

3.VERİ ZARFLAMA ANALİZİNİN TEORİK YAPISI

Son yıllarda verimliliği ölçmek için sayısal yaklaşımların oldukça sık kullanıldığı görülmektedir. Bu yaklaşımları kullanmak araştırmacılara veya karar vericilere üç potansiyel avantaj sunmaktadır (Kalirajan & Shand, 1999, 159-160).

3.1 Yeni Etkinlik Teorisi

VZA yöntemini temel alan yeni bir verimlilik teorisinin geliştirilmesi üç önemli aşamadan geçmiştir (Sengupta, 2000, 1). İlk seviye; Ağırlıklandırılmış çıktıların ağırlıklı girdilere oranı olarak teknik açıdan verimliliğin bir değerlendirmesidir. Bazı yönlerden etkili bir performans yaklaşımı olan bu değerlendirme, daha sonra Charnes, Cooper ve Rhodes'un (CCR modeli) bir KVB grubunun göreceli performansını karşılaştırdığı doğrusal bir programlama modeline dönüştürülmüştür. Farrell, 1957'de kesitsel verileri tarım bölgelerinin göreceli verimliliğiyle karşılaştırarak benzer bir yaklaşım geliştirilmiştir. Ayrıca bu yaklaşım ampirik çalışmada yalnızca girdi ve çıktı miktarı verilerinin kullanıldığı ancak fiyat verilerinin kullanılmadığı bir yaklaşım olarak yer almaktadır.

İkinci aşama ise tahsis verimliliği kavramının kullanılmaya başlanmasıyla başlamıştır ve bu da üretim limiti yerine harcama limitinin oluşmasına yol açmıştır. Gözlemsel fiyat verilerini kullanan tahsis etkinliği kriterleri genellikle maliyet kısıtlaması yaklaşımının ekonometrik uygulamalarında popülerdir.

Üçüncü adım ise; Maliyet etkinliğine ek olarak bu, firmaların veya KVB'lerin, tam veya eksik rekabet koşullarında piyasa fiyatlarıyla karşı karşıya kaldıklarında temel politika değişkeni olarak girdileri ve/veya çıktıları kullandıkları aşamadır.

Gelecek için optimum katkı seviyesini kullanmak isteyen bir şirketin katkısını buna göre ayarlaması gerekir. Üretim süreci boyunca piyasa fiyatları öngörülebilir bir düzeyde değişirse, dinamik olarak optimum girdi kombinasyonu elde edilebilir.

Girdi-çıkı odaklı verimlilik analizi yapabilen DEA, iki adımda gerçekleştirilmekte ve üç temel özelliği nedeniyle şirket düzeyinde analiz yapmak isteyen ekonomistler, endüstri mühendisleri ve yöneticiler tarafından tercih edilmektedir (Charnes & Cooper, 1995, 7-9).

Karar birimlerinden minimum girdiyi kullanarak maksimum gücü elde edebilen veya verimlilik sınırı oluşturan karar birimi belirlenerek her birimin durumu göreceli verimlilik puanı halinde derlenir.

Tanımlanan verimlilik sınırına ilişkin olarak, verimsiz olan birimlerin sınıra olan mesafeleri veya verimlilik düzeyleri belirlenmekte ve karar verici birimler, en iyi uygulamaları referans alarak durumlarını iyileştirecek öngörülerde bulunabilmektedir.

Soyut istatistiksel modellerden ve artık ve marjinal katsayı analizine yönelik doğrudan ve alternatif yaklaşımlardan daha iyi performans gösterecek kadar güçlüdürler.

Bu özellikler DEA'yı en iyi kısıtlamaları belirlemek, bireysel karar vericilerin en iyi organizasyonu oluşturmaya yardımcı olmak ve mevcut verileri buna göre analiz ederek yeni yönetsel ve teorik fikirler üretmek için uygun bir yol haline getirir.

VZA, özel sektör birimlerinin yanı sıra kamu hizmet birimlerinin de verimliliğini ölçen bir yöntemdir. Kamu hizmetlerinin piyasa fiyatlarının belirlenmesi zor olduğundan, göreceli verimliliği ölçmek için ağırlıklara ihtiyaç vardır. Yöntem, regresyon tekniklerinin doğrudan kullanılmadığı, birden fazla girdi ve birden fazla çıktıyı içeren ve fiyatın belirsiz olduğu üretim alanlarında girdi ve çıktıların ağırlıklarını (göreceli önemlerini) belirleyerek verimlilik karşılaştırmasına olanak sağlamaktadır.

VZA aynı girdilerle aynı çıktıyı üreten aynı türdeki üreticilerin verimliliğini tahmin etmek için de kullanılır. Tüm istatistiksel yöntemler ortalama eğilim yöntemini kullanarak üreticileri ortalama üreticiye göre değerlendirirken, DEA yöntemi her üreticiyi yalnızca "en iyi" üreticilerle karşılaştırır.

VZA, gözlemlenen girdi ve çıktıları kullanarak ağırlıklı çıktıların ağırlıklı girdilere oranını hesaplayarak her karar verme biriminin göreceli verimliliğini belirler. VZA, çoklu girdi ve çoklu çıktıların tüm faktör verimliliği mantığı ile değerlendirilmesinde geleneksel yöntemlerin sağlayamadığı bütünlüğü sağlayabilmektedir.

Charnes, Cooper ve Rhodes; Farklı karar birimlerine ortak ağırlıklar vermenin zararlı olduğunu farkına vararak, tüm birimlerin ortak girdi ve çıktıları olmasına rağmen, farklı karar birimlerinin girdi ve çıktılarının farklı şekilde ağırlıklandırılması gerektiğini öne sürmüşlerdir (Charnes & Cooper, 1995, 7-9).

DEA bugüne kadar sağlık, eğitim, bankacılık gibi kamu kurumları ile imalat, restoranlar, şehirler ve bölgesel kalkınma gibi sektörlerde kullanılmakta: Karşılaştırma yapmak, yönetim verimliliğini değerlendirmek ve kaynak kullanımının göreceli verimliliğini ölçmek için kullanılmaktadır.

3.1.1 DEA ve Etkinlik Ölçüm Ekonomisi

DEA modelleri herhangi bir piyasa rekabeti teorisini tanımamaktadır. İktisat teorisinde sıklıkla vurgulanan "bazı girdilerin bölünmezliği" ve "yaparak öğrenme ve girdilerin verimliliği" VZA literatüründe neredeyse hiç tartışılmamaktadır. Ayrıca, özel sektör firmaları üzerine inşa edilen VZA modelleri, tam veya eksik rekabet koşulları altında kârın maksimize edildiği varsayımına dayanan ekonomik modellerle rekabet etmektedir. Firmaların fiyat alıcı olduğu tam rekabet koşullarında denge iki koşula bağlıdır (Sengupta, 2000, 1).

Firmalar karı maksimize edecek girdi ve çıktıların optimal kombinasyonunu seçmelidir ve toplam endüstri talebi N sayıda firma tarafından karşılanmalıdır. Birincisi her firmanın bireysel kar maksimizasyonu olarak adlandırılırken, ikincisi piyasaya giriş ve çıkış özgürlüğü olarak adlandırılmaktadır.

VZA modelleri girdi yüzeyindeki denge ve dengesizlik noktaları arasında ayrım yapmaz ve endüstrinin belirli bir firma üzerindeki etkisini tamamen göz ardı edilmektedir.

3.2 VZA Uygulama Süreci

Kısaca VZA, benzer üretim süreçlerine sahip ekonomik karar alma birimlerinin göreceli verimliliğini ölçmek için geliştirilmiş parametrik olmayan bir ölçüm tekniğidir. Birden fazla girdi ve çıktıyı, önceden belirlenmiş fonksiyonel ilişkilere bağlı kalmadan analiz edebilen VZA, her bir karar alma birimindeki verimsizliğin büyüklüğünü ve kaynağını tespit ederek bu doğrultuda düzeltici politikaların

oluşturulmasına yardımcı olabiliyor. Bu özelliklerinden dolayı mal ve hizmet üretiminin birçok alanında yaygın olarak kullanılmaktadır.

İmalat ekonomisinin temel yapısına uyması ve teorik olarak cazip görülmesi nedeniyle performans çalışmalarında güvenilir sonuçlarla kullanılmıştır. VZA'nın alternatif ölçüm yöntemlerine göre daha gelişmiş yöntemler içermesi ve bu olumlu özelliklere sahip olması, mutlak anlamda olumlu sonuçlar üreteceğini garanti etmemektedir. Uygulamada başarılı sonuçlara ulaşmak için uyulması gereken bazı noktalar vardır (Sherman, 1984, 35-53). Bu bölümde bunlardan bahsedilmekte ve VZA'nın güçlü ve zayıf yönleri sistematik olarak tanıtılmaktadır. Ayrıca uygulamada kullanılan bilgisayar araçlarına da değinilmektedir.

3.2.1 Karar Birimlerinin Belirlenmesi

VZA, göreceli verimliliği ölçmeye yönelik bir teknik olduğundan, analizin yapılabilmesi için uygun karar birimlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Yapılan araştırmaya hangi karar verme biriminin uygun olacağı araştırmanın içeriğini oluşturan konuya bağlıdır. Karar birimlerinin seçimi, girdileri çıktılara dönüştüren herhangi bir üretim birimi olduğu varsayılmaktadır.

Karar verme birimi seçerken iki prensip tanımlanmıştır (Ahn, 1987, 80) her karar verme birimi, kullanılan kaynaklardan ve sonuçlardan sorumlu bir birim olarak tanımlanmalı ve ayrıca karar verme birimi sayısından sorumlu olmalıdır ; Marjinal etkinlik tahminlerinin anlamlı olabilmesi için numune kütesinin yeterli olması gerekmektedir.

Bu karar alma birimlerinin üretim açısından oldukça benzer olması, benzer girdileri benzer çıktılara dönüştürmesi ve benzer ortamlarda bulunması gerekmektedir. Başka bir deyişle homojen bir karar alma birimleri kümesi oluşturulmalıdır.

Karar birimlerinin seçimi iki tür sınırlamadan etkilenir; Bunlar, karar alma birimlerinin etkinliğini analiz etmek için kullanılan bireysel birimlerin ve zaman aralıklarının seçimini etkileyen organizasyonel, fiziksel ve mekânsal kısıtlamalardır. Uzun sürelerin tek başına meydana gelen önemli değişiklikleri yansıtmayabileceği, kısa sürelerin ise karar birimlerinin işleyişi hakkında yeterli bilgi sağlayamayacağı unutulmamalıdır.

Performans ölçümünün anlamlı sonuçlar sunabilmesi aynı zamanda seçilen karar birimi sayısına da bağlıdır. Seçilen karar verme birimlerinin etkinliğini ölçmek için gereken birim sayısının girdi ve çıktı sayısının en az üç katı olması gerektiğini savunanlar (Vassiloglu & Giokas, 1990, 591-597) dışında, bunun böyle olduğunu savunanlar da vardır. Sayının en az yirmi olması gerektiği, yapılan araştırmalara göre tecrübeye dayalı (Norman & Stoker, 1991, 43) da mevcuttur.

Uygulamada en sık karşılaşılan durum, seçilen karar biriminin en az iki katı kadar girdi ve çıktıya sahip olması gerektiğidir. Ama hala; Daha sistematik bir yaklaşımla karar birimi şu şekilde tanımlanır; Giriş sayısı m ve çıkış sayısı p ise karar birimi sayısı en az $m + p + 1$ olarak tanımlanmıştır (Boussofiane, Dyson & Rhodes, 1991, 1-15). Şunu söylemekte fayda var; Çok sayıda birim oluşturmak, kümenin girdileri ve çıktıları arasındaki ilişkilerin daha kesin bir şekilde tanımlanmasına olanak tanımaktadır.

Seçilen karar alma birimlerinin büyüklük açısından homojen bir yapıya sahip olması gerekmektedir. Homojen birimlerin benzer üretim teknikleri ve aynı girdi-çıkış kombinasyonlarını kullanarak verimlilik analizleri yapılarak doğru sonuçlar elde edilmektedir. Ölçek boyutları dengesizse büyük ölçekli karar alma birimleri verimsiz birimler olarak tanımlanmıştır. Bu durum özellikle şirketlerde, bankalarda ve okullarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Ölçek büyüklüklerini uyumlu hale getirmek için girdi ve çıktıları farklı şekillerde ölçerek bazı düzeltmeler yapmak gerekmektedir.

3.2.2. Yeterli Sayıda Güvenilir Girdi ve Çıkış Seçmek

VZA'da kullanılan girdi ve çıktılar, çalışmanın karar birimlerinin karşılaştırılmasında temel teşkil ettiğinden çok dikkatli seçilmelidir. Her ne kadar işlevsel bir varsayım olmasa da farklı girdi ve çıktı grupları ile aynı karar birimi için farklı verimlilik değerleri elde edildiğinden, üretim süreciyle nedensel olarak ilişkili girdi ve çıktıların seçilmesi gerekmektedir. Önemli bir model değişkeninin göz ardı edilmesi, bu değişkeni kullanan ünitenin performansının düşük olmasına neden olmaktadır.

Ancak modele çok fazla girdi ve çıktı eklemek DEA'nın verimli ve verimsiz birimleri ayırt etme yeteneğini zayıflatmaktadır. Çünkü; Araştırmada kullanılan girdi ve çıktıların sayısı arttıkça tüm karar alma birimleri her geçen gün daha verimli hale gelmektedir. Bu nedenle analiz edilen birimin gerçek verimliliği yansıtmamaktadır. Girdi ve çıktı sayısının arttırılması gerekiyorsa karar birimlerinin sayısının da arttırılması gerekmektedir. Modelde kullanılan girdi ve çıktı sayısının azaltılması gerekiyorsa yüksek düzeyde korelasyona sahip veriler çalışma dışı bırakılmalıdır. Optimum girdi-çıkıtı kombinasyonu farklı senaryolar denenerek belirlenebilmektedir.

VZA'da kullanılan girdi ve çıktılar belirlendikten sonra tüm karar birimleri için bu girdi ve çıktı verilerinin elde edilmesi gerekmektedir. Herhangi bir ünite için eksiksiz ve güvenilir veri elde etmek mümkün değilse, bağıl verim hesabı nedeniyle o ünitenin ve tüm cihazların verim değerleri tartışılmaz hale gelmektedir. Bu durumda verisi eksik olan birimin çalışmadan çıkarılması gerekmektedir.

3.2.3 Girdi ve Çıktıların Ölçümü

VZA modelinin en önemli özelliklerinden biri, araştırmada kullanılan girdi ve çıktıların farklı birimlerle ifade edilebilmesidir. Girdiler ve çıktılar, muhasebe verilerinden türetilen para birimi veya oransal değerler biçiminde "ilişkili değişkenler" olabilmektedir. Bunlara ek olarak; Bunlar aynı zamanda adet, kg, metre, litre, TL gibi “miktar değişkenleri” olarak da değerlendirilebilmektedir.

Analizlerde orantılı olarak ölçülen değişkenler ile niceliksel değişkenlerin kombinasyonu sonuçları etkilemektedir. Bu durum girdiler ve çıktılar arasında uyumsuzluk yaratmaktadır.

Farklı birimlerin kullanılması VZA'yı avantajlı bir teknik haline getirirse de çözüm sonuçlarını önemli ölçüde etkileyen bir sonuç üretebilme ihtimali onu dezavantajlı hale gelebilmektedir.

Dikkate alınması gereken bir diğer husus ise; Araştırmacı, ele aldığı veri setini, bu seti etkileyen olası nedenleri ve gözlemlendiği dönemin özel durumlarını dikkatli bir şekilde değerlendirmeli ve gerekiyorsa veri çıkarılmalıdır. VZA çalışmalarında seçilen çıktı değişkeninin işareti negatif ise model çözüm algoritması doğru sonuç vermeyecektir. Bu durumda negatif çıktılı bir karar birimi modelden çıkarılır veya

istatistiksel çözüm durumunda tüm girdiler ve çıktılar z değeriyle standart normal değişkenlere dönüştürülmektedir. Böylece karar birimlerinin sayısı veya çıktı girdisi azaltılmadan, dönüştürülen değişkenlerle model çözölmektedir.

3.2.4 Uygun VZA Modelinin Seçilmesi

Farklı araştırma amaçlarına yönelik analizi kolaylaştırmak için farklı VZA modelleri kullanılmaktadır. Bunlar daha önce detaylı olarak açıklanan girdi veya çıktı odaklı modeller olabileceğı gibi CCR, BCC gibi farklı yaklaşımlar kullanılarak oluşturulan modeller yer almaktadır. Ayrıca CCR modeli ölçeğe göre sabit getiri esasına dayanmasına rağmen BCC modeli CCR'ye göre daha fazla sayıda etkin karar birimi sağlayabilmektedir. Bu nedenle mevcut üretim ortamına en uygun modelin seçilmesi oldukça önemli bir konudur.

3.2.5 Referans Kümesinin Tanımlanması

DEA; Etkin olmayan karar alma birimlerinin, görelili olarak etkin birimlerin uyguladığı yönetsel ve örgütsel yöntemleri kullanarak aynı verimliliğı elde edebilecekleri varsayımına dayanmaktadır. Dolayısıyla etkin bir KVB'nin (referans kümesinin) varlığı, aynı girdi-çıkıtı kombinasyonları ile etkin olmayan KVB için daha iyi bir çıkıtı elde edilebileceğinin kanıtıdır.

Literatür, verimsiz bir karar alma biriminin, sadece girdi-çıkıtı kombinasyonları açısından değil, yönetim uygulamalarında da iyice araştırılıp referans setindeki birimlerle karşılaştırılması gerektiğini vurgulamaktadır.

3.2.6 Etkinlik Değerleri

Charnes ve Cooper'a göre herhangi bir karar birimi aşağıdaki durumlar oluştuğunda %100 verimliliğe ulaşabilir (Charnes & Cooper & Lewin & Seiford 1995).

KVB;

a- aşağıdaki durumlar dışında çıkıtı eklenemez; i- bir veya daha fazla girdiyi arttırmak,

ii- başka bir çıkıtıyı değiştirmek,

Hesaplamalar sonucunda her karar birimi için 0-1 (veya 0-100 yüzde) aralığında bir verimlilik değeri bulunmaktadır. Verimliliği 1 (%100) olan üniteler "en iyi gözlem" setini oluşturmaktadır. Etkinlik değerleri 1'in altında olan karar verme birimleri nispeten verimsizdir. Etkin olmayan karar birimlerinin 1'den sapması, göreceli verimsizliğin bir ölçüsünü sağlamaktadır.

3.2.7 Verimsiz Karar Birimleri İçin Potansiyel İyileştirmeler

VZA uygulamalarının en önemli özelliklerinden biri, verimsiz karar birimleri için verimliliklerini artırabilecek ulaşılabilir hedefler (kaynakları korumak ve/veya çıktıyı artırmak) belirleme yeteneğidir. Hesaplamalarda aktif cihazların mevcut teknolojiyi kullandığı varsayıldığından, aktif cihazların teknolojisinin pasif cihaz için de geçerli olduğu kabul edilmektedir.

Göreceli olarak etkili ve etkisiz birimlerin belirlenmesi, esasen kaynakların hangi yöne taşınacağı konusunda bilgi sağlamaktadır. Ayrıca her karar biriminin kaynak tasarrufu ve üretimi artırma olanaklarının bilinmesi, kaynak transferinin düzeyi hakkında bilgi sağlamaktadır.

Benzer birimlerin karşılaştırmalı analizi sonucunda doğrusal programlama tekniği ile elde edilen amaç fonksiyonu 1'e eşit olduğunda etkinlik belirlenmekte ve amaç fonksiyonu 1'e eşit olmayan birimler karşılaştırılmaya çalışılmaktadır. Literatürde bu sürece potansiyel iyileşme adı verilmektedir.

Analiz sonucunda etkin olarak belirtilen karar birimlerinde yer alan güç değişkenlerinin değerinin "sıfır" olması gerekmektedir. Çünkü serbest değişkenler girdi ve çıktıların kullanılmayan kapasitesini göstermektedir. Aktif cihazın giriş ve çıkış açısından boşa kalma gücü bulunmadığından boşa durum değişkeni sıfır olmaktadır.

3.2.8 Sonuçların Değerlendirilmesi

Karar birimleri ayrıntılı bir şekilde incelendikten sonra her birim için tüm girdi ve çıktılar dikkate alınarak genel bir değerlendirme yapılmaktadır. VZA'nın belirlediği hedeflere (örneğin kaynak kullanımındaki verimsizliğin azaltılması) karar birimlerinin farklı tercihleri nedeniyle ulaşılmasa da elde edilen bilgilerin daha sonraki analizlerde kullanılması ve iyileştirmelere açıklık konusunda anlayış ifade edilmektedir. Bu analizlerin önemli bir faydası olarak gösterilmektedir.

3.3 VZA Modellerini Çözmek İçin Kullanılan Programlar

Göreceli verimliliğin ölçümü doğrusal programlamaya dayandığından, doğrusal programlama görevleri bilgisayar programları tarafından verimli bir şekilde çözülebilmektedir. Basit çözüm algoritması, optimal çözüm bulunana kadar işlemlerin tekrarlanmasını gerektirdiğinden, bilgisayar programları bu işlemleri çok verimli bir şekilde gerçekleştirebilmektedir. Optimizasyon çözümlerine yönelik programlar olarak; LINDO, GAMS, QSB, STORM ve bazı yaygın doğrusal programlama bilgisayar programları kullanılmaktadır. Son yıllarda Windows'ta da çalışabiliyor; IDEAS, DEAP, ETAKS, WARWICK-WIN-DOWS_DEA, PIONER ve FRONTIER ANALYST (DEAZONE) gibi spesifik DEA programları da geliştirilmiştir.

Araştırma, farklı programların aynı analize dayalı olarak farklı sonuçlar ürettiğini görülmüştür. Bu, programların güvenilirliğini sorgulanabilir hale getirebilir. Ancak analiz sonuçlarındaki farklılığın temel nedeni programların çözüm algoritmalarındaki farklılıktır.

Son yıllarda analiz amacıyla sıklıkla kullanılan programlar; DEAP ve Frontier, DEA teorisini geliştiren Coelli (Coelli, 1996, 184-186) tarafından yazılan programların 4.0 ve 2.0 versiyonlarıdır. DEAP programı, standart CRS ve VRS modellerine ek olarak çeşitli modelleri çözerek teknik ölçek verimliliğini ve bunların uzantılarını, dağıtımını ve maliyet etkinliğini ölçebilmektedir. Panel veri kullanarak değişimleri ölçebilme yeteneğine sahip, Malmquist DEA yöntemini (Kök & Deliktaş, 2003, 31-56) kullanan bir programdır.

Bu çalışmada kullanılan Frontier Analyst programı; Farklı karar alma birimlerinin verimliliğini ölçmek, birimin performansı ile birlikte katkısının veya çıktıların daha iyi kullanılabilmesi için iyileştirme önerilerinde bulunmak amacıyla kullanılacak bir programdır. Hem sabit hem de değişken ölçeğe göre getiri koşulları altında çıktı ve girdi odaklı analizler gerçekleştirebilmektedir. Bu işlevlere ek olarak üretim limitlerini ve çeşitli dağıtım ve ilişkilendirme setlerini (BANXIA SOFTWARE LIMITED) grafiksel olarak görüntüleyebilmektedir.

3.4 VZA Değerlendirmesi

VZA, üretimin teorik yapısıyla tutarlı sonuçlar üretebildiği için oldukça faydalı bir analitik tekniktir. Yapılan araştırmalar güvenilir sonuçlar vermesine rağmen tüm uygulamalarda başarılı sonuçları garanti etmemektedir. Başarılı sonuçların yanı sıra analizlerde olumsuzluklara da rastlanmaktadır. Bu nedenle hem analiz sürecinde hem de analiz sonrası yorumlarda belli noktalara dikkat edilmesi gerekmektedir (Sherman, 1984, 35-53).

VZA'nın uygun veri ve modellerle kullanılmasıyla verimsiz olarak tanımlanan karar alma birimlerinin aslında göreceli olarak verimsiz olduğu sonucuna varılmaktadır. Verimsizliğin kaynakları referans nüfus verilerinden de belirlenmektedir. Ancak VZA analizlerinde tüm etkin olmayan birimlerin tam olarak belirlenebileceği iddia edilememektedir. Ayrıca belirlenen verimsizlik mutlak bir değer değil, göreceli bir verimsizlik değeri olarak varsayılmaktadır.

Analizde kullanılan verilerin belirlenmesine yönelik belirli kurallar olmasa da önemli bir üretim faktörü olarak farklı endekslerin kullanılması durumunda elde edilen sonuçlar güvenilir değildir. Sonuçların güvenilirliği konusunda yorum yapmak da oldukça zordur.

Çünkü üretim alanında yapılan analizlerde oluşturulan modelde yer alan faktör sayısının arttırılması, verimlilik değerinin de artmasına neden olabilecektir. Gerçi regresyon analizinde de böyle bir durum ortaya çıkabiliyor. Ancak böyle bir sonuç regresyon analizlerinde R^2 ve F Testi değerlerini düşürmektedir. Modelin anlamlılığı azdır ancak VZA'da böyle bir test mümkün olmamaktadır (Tarım, 2001, 11-13).

3.4.1 VZA'nın Güçlü Yönleri

VZA, yalnızca bir seçeneği değil, aynı zamanda verimsiz bir karar biriminin verimliliğini, analiz kümesindeki nispeten etkin birimlerin düzeyine çıkaracak alternatif yolları da belirleyebilmektedir. Burada karar birimine uygun iyileştirme yönteminin seçimi karar vericinin takdirine ve deneyimine bağlıdır.

Özellikle DEA'nın kullanılması, ilgili girdi ve çıktıları tanımlayarak KVB'lerin üretim sürecini daha iyi anlamalarına yardımcı olmaktadır. DEA çalışmaları sayesinde gerekli bilgileri ve analiz sonuçlarını içeren detaylı bir veri tabanı oluşturmak mümkündür. Bu, etkinliği belgeleme fırsatı sağlamaktadır.

VZA'da girdi ve çıktı verilerinin rastgele bir mekanizma tarafından üretilmediği varsayılmaktadır. Dolayısıyla parametrik olmayan ve verilerin belirli bir fonksiyonel dağılım kuralını takip ettiğini varsaymayan bu yöntem, deterministik durumlar için daha uygun bir analiz yöntemidir.

Etkinlik analizi, istatistiksel sınır tahmin yöntemleriyle belirlenen ortalama yerine, en iyi gözlemler sonucunda oluşturulan sınır fonksiyonu baz alınarak yapıldığından, en ilgili birimler örnek alınarak hedefler belirlenir. Bu durum VZA ile yapılan verimlilik analizlerinin önemini ve geçerliliğini arttırmaktadır.

3.4.2 VZA'nın Zayıf Yönleri

VZA genellikle fiziksel giriş ve çıkış birimleri üzerinde test edildiğinden teknik giriş-çıkış verimliliği ile sınırlıdır. Yöntemin özellikleri, çıktıları ve girdilere göreli fiyatlar veya öncelik ağırlıkları atanarak geliştirilebilir. Yöntem, giriş-çıkış ağırlığını serbestçe seçmenize olanak tanımaktadır. Ancak VZA modellerinde karar birimlerinin girdi ve çıktıları atadığı ağırlıklar bilinmemektedir. (Tarım, 2001, 11-13).

4.VERİ ZARFLAMA ANALİZİNİN MATBAA SEKTÖRÜNDE UYGULAMASI

4.1 Problemin Tanımı

Bu çalışmada, Türkiye’de 17.21.13 (Koli, kutu ve benzeri muhafazalar, oluklu kâğıttan veya mukavvalardan) Nace Koduna sahip üretim yapan firmaların etkinlik ve verimliliklerini analiz etmektir. Veriler Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği internet sitesinden alınmıştır. Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği internet sitesinde 17.21.13 Nace Koduna sahip firmaların İllere Göre Üretim Kapasiteleri Tablosundan 19.05.2024 tarihinde alınmıştır. Tabloda Türkiye’de 17.21.13 Nace Kodu ile üretim yapan firmaların verileri yer almaktadır. Bu tabloda illere göre 17.21.13 Nace Kodu ile üretim yapan firmalarda çalışan (Kayıtlı Üretici, Mühendis, Teknisyen, Usta, İşçi, İdari Personel ve Üretim Kapasiteleri) yer almaktadır. Tabloda, kayıtlı üretici sayısı 3 ve daha az olan illere ait firmaların üretim kapasiteleri verileri yer almamaktadır.

Bu veriler ışığında, bu çalışmada 21 ildeki 17.21.13 Nace Kodu ile üretim yapan firmaların etkinlik ve verimlilikleri ölçmektir.

4.2 Araştırmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de 17.21.13 (Koli, kutu ve benzeri muhafazalar, oluklu kâğıttan veya mukavvalardan) Nace Koduna sahip üretim yapan firmalara ait girdi ve çıktı verileri ile etkin sınırı belirlemek, etkin olmayanların verimsizliklerinin kaynağını tespit ederek alınacak önlemleri belirlemektir.

Bu çalışma, diğer veri zarflama analizleri gibi dönemselidir. Karar verme birimlerinin verimlilik skorlarındaki değişim yönü ve büyüklüğünün incelenmesi, analiz sonuçlarına göre tespit edilen verimsizliklerin giderilmesi ve firmaların sürdürülebilirliklerini devam ettirebilmesi için dönemsel ve sürekli olarak etkinlik ve verimlilik analizlerinin yapılması şarttır. Bu çalışmada, verimlilik analizi için Efficiency Measurement System- EMS 1.3 programı kullanılmıştır.

4.3 Evren ve Örneklem

Çalışmadaki veriler Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği internet sitesinden alınmıştır. Türkiye’de 17.21.13((Koli, kutu ve benzeri muhafazalar, oluklu kâğıttan veya mukavvalardan) Nace Koduna sahip üretim yapan 21 il karar verme birimi olarak seçilmiştir.

Analizde seçilen girdi sayısı n ve çıktı sayısı c ise en az $n + c + 1 = 5 + 1 + 1 = 7$ girdi ve çıktıların sayısının en az iki katı $= (5 + 1) * 2 = 12$

Aşağıdaki tabloda karar verme birimleri yer almaktadır.

İLLER	
ADANA	İZMİR
ANKARA	KAYSERİ
ANTALYA	KOCAELİ
BURSA	KONYA
CORUM	KUTAHYA
DENİZLİ	MANİSA
ESKİŞEHİR	SAKARYA
GAZİANTEP	SAMSUN
MERSİN	TEKİRDAĞ
İSTANBUL	KARAMAN

Tablo 3 – Karar Verme Birimleri

4.4 Veri Toplama Şekli

Bu çalışmada Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği’ne ait Sanayi Veri tabanından Türkiye’de 17.21.13((Koli, kutu ve benzeri muhafazalar, oluklu kâğıttan veya mukavvalardan) Nace Koduna sahip üretim yapan illere göre Üretim Kapasiteleri tablosundaki veriler kullanılmıştır.

4.5 Girdi ve Çıktıların Seçimi

Bu çalışmanın girdileri; Mühendis sayısı, Teknisyen sayısı, Usta sayısı, İşçi sayısı, İdari Personel sayısı olarak belirlenmiştir. Çıktılar ise; Üretim Kapasitesi olarak belirlenmiştir. Girdi değerleri ve çıktı değerleri aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

İl Adı	M	T	U	İ	İD	Kilogram
ADANA	24	11	24	1103	76	121,819,065
ANKARA	12	15	62	421	119	288,267,980
ANTALYA	38	25	31	267	67	55,609,315
BURSA	36	29	48	856	222	183,885,213
ÇORUM	4	4	17	238	26	191,563,000
DENİZLİ	13	11	29	835	146	263,303,122
ESKİŞEHİR	21	18	14	558	99	120,270,651
GAZİANTEP	41	19	157	928	169	186,528,961
HATAY	1	0	15	44	7	10,676,520
MERSİN	21	10	54	179	57	52,680,355
İSTANBUL	170	175	742	6699	1638	2,772,779,089
İZMİR	66	52	208	1410	390	419,167,918
KAYSERİ	38	7	43	731	113	147,081,982
KOCAELİ	57	28	132	948	228	310,488,230
KONYA	12	8	32	314	77	57,044,524
KÜTAHYA	2	3	5	54	15	27,107,233
MANİSA	24	17	22	427	78	262,470,384
SAKARYA	26	24	34	223	58	84,621,115
SAMSUN	1	1	9	70	14	17,832,883
TEKİRDAĞ	22	33	106	503	88	139,615,384
KARAMAN	15	12	65	319	56	55,701,342

Tablo 4- Türkiye’de 17.21.13 Nace Kodu İle Üretim Yapan Firmaların İllere Göre Üretim Kapasiteleri(TOBB)

4.6 Modelin Seçimi

Matbaa sektörünün yapısal durumu itibarı ile girdiler üzerindeki kontrolün bütün süreci her noktasında etkilemesinden dolayı girdi odaklı modeller benimsenmektedir. CCR modeli girdi odaklı önemli bir yöntem olduğu için CCR modeli yöntem olarak seçilmiştir.

Bütün girdi birimlerinin, çıktı birimine etkisi eşit olarak değerlendirme yapılmıştır. İlk olarak idari personel birimi, girdi birimlerinden çıkartılarak analiz yapılmıştır. Yapılan bu analizde çıkan sonuç ile idari personel birimi dahil edilerek elde edilen sonuçlarda farklılığın az olmasından dolayı, idari personel birimi dahil edilerek yapılan analizin sonuçları çalışmada yer almaktadır.

Bu çalışmada, çözüm için EMS 1.3 programı kullanılmıştır. Veriler Microsoft Excel 2019 programı kullanılarak example.xls dosyası formatında hazırlanmıştır. Excel dosyası EMS paket programına aktarılıp programda uygulama yapılmıştır.

4.7 Veri Zarflama Analizinin Matbaa Sektöründe Uygulaması

İLLER	ETKİNLİK SKORU	BENCMARKS	GÖRÜLME SIKLIĞI
ADANA	43,97%	5 (0,36) 16 (0,20)	
ANKARA	85,07%	5 (1,50)	
ANTALYA	25,88%	5 (0,29)	
BURSA	32,84%	5 (0,37) 16 (0,43)	
ÇORUM	100%		17
DENİZLİ	79,41%	5 (1,02) 16 (0,26)	
ESKİŞEHİR	72,01%	16 (0,46)	
GAZİANTEP	24,97%	5 (0,97)	
MERSİN	36,56%	5 (0,28)	
İSTANBUL	51,42%	5 (14,47)	
İZMİR	36,93%	5 (2,19)	
KAYSERİ	43,87%	5 (0,77)	
KOCAELİ	40,69%	5 (1,62)	
KONYA	22,57%	5 (0,30)	
KÜTAHYA	62,37%	5 (0,14)	
MANİSA	100%		4
SAKARYA	47,15%	5 (0,44)	
SAMSUN	37,24%	5 (0,09)	
TEKİRDAĞ	34,49%	5 (0,73)	
KARAMAN	21,69%	5 (0,29)	

Tablo 5- Veri Zarflama Analizi Etkinlik Sonuçları

Girdi odaklı CCR modeli sonuçlarına göre verimlilik yüzdeleri 100 olan Çorum ve Manisa illeri verimli olarak bulunmuştur. Adana, Ankara, Antalya, Bursa, Denizli, Eskişehir, Gaziantep, Mersin, İstanbul, İzmir, Kayseri, Kocaeli, Konya, Kütahya, Sakarya, Samsun, Tekirdağ, Karaman illeri verimsiz olarak bulunmuştur.

5.SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Çalışmada verimlilik-etkinlik analizinin temel teorik kavramları, faaliyet türü ve analizde kullanılan parametrik ve parametrik olmayan ölçüm yöntemleri ayrıntılarıyla anlatılmaktadır. Çalışmada “Veri Zarflama Analizinin teorik, analitik ve pratik yapısı” detaylı olarak ele alınmıştır.

Veri zarfı analizi, örgütsel etkinliğin ölçülmesinde araştırmacılara birçok avantaja sahip hem fiziksel hem de teorik açıdan diğer yöntemlere göre tercih edilen güçlü bir yöntemdir. Çoklu giriş ve çıkışların olduğu alanlarda kullanılabilmesi ve doğrusal yapı dışında herhangi bir fonksiyonel yapısına ihtiyaç duymaması, sık kullanıldığında etkili bir elemanı olmasını sağlar. Bu yöntem, karar birimini nispeten mükemmel verimliliğe ulaşan karar birimiyle karşılaştırır.

Bu karşılaştırma sonucunda veri ortamı analizi, verimsiz karar alma birimi için potansiyel iyileştirme hedeflerini ve verimlilik iyileştirme hedeflerini ortaya çıkardı.

Şirketlerin yoğun rekabetle karşı karşıya olduğu ekonomilerde, performansı değerlendirmek için etkinlik ve verimlilik analizlerinin sıklıkla kullanıldığını görmekteyiz.

Verimliliğin ölçülmesi, şirketlere kullandıkları kaynaklar, katlandıkları maliyetler ve yapmaları gereken tasarruflar hakkında değerli bilgiler sağlamaktadır.

Verimlilik ölçümleri sonucunda elde edilen bilgiler tüketim, üretim, ithalat ve ihracat konularında KVB'ye yapıcı katkı sağlamaktadır.

Küreselleşmeyle birlikte değişen günümüz rekabet ortamında, şirketlerin kısıt kaynaklarla faaliyetlerini sürdürebilmeleri ve üretime dahil olan tüm unsurları etkin bir şekilde kullanabilmeleri mikroekonomik rekabetin en önemli unsurlarından biridir.

Etkinlik uzun vadeli bir olgu iken verimlilik kısa vadeli bir olgudur. Firmalar etkinliklerini arttırmak için finansal kapasitelerini göz önüne alarak aksiyonlar almalıdırlar.

Bu çalışmada Türkiye 17.21.13 (Koli, kutu benzeri muhafazalar, oluklu kâğıttan veya mukavvalardan) Nace Kodu ile üretim yapan firmaların etkinlikleri veri zarflama analizi ile ölçülmüştür.

Çorum ve Manisa illerinde üretim yapan işletmelerin etkin olduğu gözlemlenmiştir. Adana, Ankara, Antalya, Bilecik, Bursa, Denizli, Eskişehir, Gaziantep, Hatay, Mersin, İstanbul, İzmir, Kayseri, Kocaeli, Konya, Kütahya, Sakarya, Samsun, Tekirdağ, Karaman illerinin etkin olmağı gözlemlenmiştir.

İşletmeler etkinlikleri arttırmak için tüm süreçlerinde standardizasyon sağlamaları gerekmektedir. En önemli süreçlerden biri olan satın alma sürecinde standardizasyonu sağlamaları gerekmektedir. Üretimde kullanılacak malzemelerde standardizasyonu sağlamak, diğer süreçlerde karşılaşılabilecek problemlerde aynı çözüm yöntemleri ile çözülebilir. Bu da en önemli kazanç olan zamandan kazanç sağlar. İşletmelerin etkinliklerini arttırabilmek için ilk önce zamandan kazanç sağlamak için hangi aksiyonları almaları gerektiğini belirlemek ve çözüm bulmaları gerekmektedir. İşletmeler personel sayılarını arttırarak veya makine sayılarını arttırarak etkinliklerini belirli seviyede arttırabilir.

İşletmeler tüm süreçlerinde standardizasyonu sağlayarak hem zamandan kazanç sağlayabilir hem de etkinliklerini arttırabilir.

Gelecek çalışmalarda girdi odaklı DEA modeli yerine çıktı odaklı DEA modeli kullanılarak veya girdi ve çıktı odaklı DEA modellerinin bir arada kullanılarak verimlilik ölçümleri yapılabilir. DEA analizinin göreceli verimlilik ölçümlerinin yapıldığı yer olduğu unutulmamalıdır. Bu nedenle girdi ve çıktıların sayısında veya boyutunda yapılan değişiklikler analiz sonuçlarını etkileyebilir. Bu konuyla ilgili gelecekteki araştırmalar farklı girdi ve çıktı değişkenlerini kullanabilir.

6.KAYNAKÇA

Ahn, T.S. (1987), Efficiency Related Issues in Higher Education: A DEA Approach, Ph.D. Thesis, The University of Texas at Austin. s.80

Akal, Z. (2005), İşletmelerde Performans Ölçüm ve Denetimi, Çok yönlü Performans Göstergeleri, MPM Yayınları, Ankara, s.45-46

Atkinson, S.E. Dorfman, J.H. (2005), Bayesian Measurement of Productivity and Efficiency in the Presence of Undesirable Output: Crediting Electric Utilities for Reducing Air Pollution, Journal of Econometrics, v.126, s. 445-468.

Baltagi, B.H. Rich, D.P. (2005), Skill-Biased technical Change in US Manufacturing: A general Indeks Approach, Journal of Econometrics, v.126, s. 549-570.

Berger, A.H. Humprey, D.B. (1997), a.g.e., s.185

Berger, A.H. Humprey, D.B.(1997), Efficiency of Financial Institutions: International Survey and Direction for Future Research, European Journal of Operational Research, v.98, s.175-212.

Boussofiane, A. Dyson, R. Rhodes, E. (1991), Applied DEA, European Journal of Operational Research, v.II/6, s.15

Charnes, A. Cooper, W.W. (1961), Management Models and Industrial Applications of Linear Programming, John Wiley, s.58

Charnes, A. Cooper, W.W. Lewin, A.Y. L.M.Seiford, (1995), Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications, Kluwer Academic Publishers, Boston, s.7-9

Coelli, T. (1996), A Guide to Frontier Version 4.1, A Computer Program for Frontier Production Function Estimation, CEPA Working Paper, s.96

Coelli, T. (1996), A Computer Program for Frontier Production Function Estimation, FRONTIER Version 2.0, Economic Letters, s.39.

Coelli, T. Rao, D.S.P. Battese, G.E. (2004), a.g.e., s.184-186

Coelli, T. (1996), A Guide to DEAP Version 2.1, A DEA Computer Program, CEPA Working Paper, 96/08, Department of Econometrics, University of New England, s.64

Coelli, T. RAO, D.S. Battese, G.E. (2004), a.g.e., s.172-174

Dolenga, H.E. (1985), Productivity: Problem, Paradigms and Progress, SAM Advanced Management Journal, s. 39-45

Dorfman, J.H. Koop, G. (2005), Current Development in Productivity and Efficiency Measurement, Journal of Econometrics, v. 126, s. 233-240.

Drucker, P. F.(1998), Fırtınalı Dönemlerde Yönetim, Çeviri Toksöz, B. İnkılap Yayınları, Ankara, s.17.

Drucker, P.F. (1997), Management; An Abridged and Revised Version of Management: Task, Responsibilities, Practices, Pan Books, New York. s.59.

Elion, S. (1984), The Art of Reckoning Analysis of Performance Criteria, Department of Management Science, Imperial College of Science and Technology, s.24

Färe, R. S.Grosskopf, S. Lovell, C.A.K. (1985), The Measurement of efficiency of Production, Kluwer-Nijhoff Publishing, Boston, s. 3-5

Farrell, M.J. (1957), The Measurement of Productivity Efficiency, Journal of Royal Statistical Society, v.120, s. 253-290.

Fernandez, C. Koop, G. Steel, M.F.J. (2005), Alternative Efficiency Measures for Multiple-Output Production, Journal of Econometrics, v.126, s. 441-444.

Fried, H.O. Lovell, C.A.K. Schmidt, S.S. (1993), a.g.e., s. 44.

Fried, H.O. Lovell, C.A.K. Schmidt, S.S. (1993), The Measurement of Productive Efficiency, Techniques and Applications, Oxford University Press, New York, s.38-40

Griffiths, W.E. O'Donnell, C.J. (2005), Estimating Variable Returns to Scale Production Frontiers with Alternative Stochastic Assumptions, Journal of Econometrics, v.126, s. 385-409.

- Hammond, C.(1986) Estimating the Statical cost Curve: An Application of the Stochastic Frontier Technque, *Applied Economics*, v.18, s. 971-984.
- Han, C. Orea, L. Schmidt, P.(2005), Estimation of a Panel Data Model with Parametric Temporal Variation in Individual Effects, *Journal of Econometrics*, v.126, s. 241- 267.
- Hyman, D.N. (1986), *Modern Microeconomics, Analysis and Applications*, Times Mirror/ Mosby College Publishing, St. Louis, s.525.
- Jamall, S. (1983), Putting a Productivity Improvement Program Into Action, *Industrial Engineering*, February, s.69.
- Kalirajan, K.P. Shand, R.T. (1999), Frontier Production Functions and Technical Efficiency Measures, *Journal of Economic Surveys*, v.13/12, s. 159-160.
- Kendal, UK. Banxia Software Limited, (2003), *Frontier Analysis Version 3.0, Efficiency Analysis Software*, s.40
- Kohler, H. (1986), *Intermediate Microeconomics, Second Edition*, Scot, Foresman and Company, London, s.121.
- Koopmans, T.C. (1951), An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities, in Koopmans, T.C. (ed.),s. 15
- Kopp, R.J. (1981), The Measurement of Productive Efficiency: A Reconsideration, *Quarterly Journal of Economics*, v.96, s. 477-503.
- Kök, R. Deliktaş, E. (2003), Endüstri İktisadında Verimlilik Ölçme ve Strateji Geliştirme Teknikleri, D.E.U. İİBF Yayını, İzmir, s.31,56
- Lavlor, A. (1985), *Productivity Improvement Manuel*, Aldershot, U.K. s.36
- Leibenstein, H.J. (1966), Allocative Efficiency Versus X-efficiency, *American Economic Review*, v. 66, s.392-415.
- Lovell, C.A.K. (1993), *Production Frontiers and Productive Efficiency*, Oxford University Pres, New York, s.18-43

Mukhenjee, S.K. Singh D. (1975); Towards High Productivity, Report of a Seminar on Higher Productivity in Public Sector Production Enterprises, s.35

Nishimizu, M. Page, J.M. (1982), Total Factor Productivity Growth, technological Progress and Technical Efficiency Change: Dimensions of Productivity Change in Yugoslavia 1965-1978, Economic Journal, v.92, s. 920-936,

Norman, M. Stoker, B. (1991), Data Envelopment Analysis, John Wiley, Chichester. Drucker, P. Managing the Non-Profit Organizations, Harper Business, New York, s.43.

Norsworthy, J.R. Jang, S.L. (1992), Empirical Measurement and Analysis of Productivity and Technological Change, Elsevier Science Publishers B.V., Netherland, s.8,10

Parkan, C. Wu, M. (1999), Measurement of Performance of an Investment Bank Using the Operational Competitiveness Procedure, Omega, v.27, s.201-217.

Prokopenko, J. (2003), a.g.e., s.22.

Prokopenko, J. (2003), Verimlilik Yönetimi, Uygulamalı El Kitabı, (Çev. O. Baykal ve diğerleri), MPM Yayınları, Ankara, s.19.

Prokopenko, J. (2004), Verimliliği Teşvik Kuruluşları: Evrim ve Deneyim, ILO, s 20

Prokopenko, J. Bureau of Public Enterprises, New Delhi, (2003), s.85.

Prokopenko, J. Verimlilik Yönetimi, Uygulamalı El Kitabı'ndan (Çev. O.Baykal ve diğerleri, MPM Yayınları, 2003, Ankara), s.40

Schmidt, P. Sickles, R. (1984), Production Frontiers with Panel Data, Journal of Business and Economic Statistics, v.2, s.367-374.

Seiford, L.M. (1996), DEA: The Evaluation of the State of the Art, s.48

Sengupta, J.K. (2000), Dinamic and Stochastic Efficiency Analysis: Economics of DEA, World Scientific, Singapore, London, s.1.

Sherman, H.D. (1984), DEA as a Managerial Audit Methodology Test and Evaluation, Auditing: A Journal of Practice and Theory, s.35-53.

Stoner, J.A.F.(1978), Management, Prentice-Hall International, Inc., London, s.13.

Tarım, A. (2001), Veri Zarflama Analizi: Matematiksel Programlama Tabanlı Görelî Etkinlik Ölçüm Yaklaşımı, s.11-13

The Journal of Productivity Analysis, v.7, s. 99.137.

URL 1 : www.deazone.com./2006.

Varian, H.R. (1990), Intermediate Microeconomics, A Modern Approach, Second Edition, W.W.Norton&Company, Inc., New York, s.479-480.

Vassiloglou, M. Giokas, D. (1990), A Study of the Relative Efficiency of Bank Branches: An Application of DEA, Journal of Operational Research Society, v. 41, s.591-597.

Verimlilik ve Yönetim Geliştirme Programı, MPM Yayınları, Ankara, s.11-13

Yıldırım, K. Eşkinat, R. Kabasakal, A. (2005), Endüstriyel Ekonomi, Ekin Kitabevi, Bursa, s.14.