

ÜRETİM VE VERİMLİLİK ARTTIRMA TEKNİKLERİ

(EĞİTİM NOTLARI)

YRD. DOÇ. DR. MURAT ATAN
Ekonometri Bölümü

NİSAN - 2005

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

GİRİŞ.....	1
1. VERİMLİLİK KAVRAMI ve İLİŞKİLİ KAVRAMLARA	
KISA ve GENEL BİR BAKIŞ	2
1.2. VERİMLİLİK YÖNETİMİ VE VERİMLİLİĞİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER ...	3
1.3. VERİMLİLİK PLANININ HAZIRLANMASI.....	5
1.4. VERİMLİLİK PROGRAMININ YAPILMASI.....	5
1.5. VERİMLİLİK NEDEN ÖLÇÜLMELİDİR?.....	5
1.6. İŞLETME VERİMLİLİĞİNİ İŞ ETÜDÜ YÖNTEMLERİYLE ANALİZİ	5
1.7. VERİMLİLİK ÖLÇÜMÜ	6
1.8. VERİMLİLİK NASIL ÖLÇÜLÜR?	6
2. VERİMLİLİK NELERE BAĞLIDIR ?.....	7
3. VERİMLİLİK ÖLÇÜMÜNDE YAKLAŞIMLAR	8
3.1. VERİMLİLİK ÖLÇÜMÜNDE GELENEKSEL YAKLAŞIMLAR.....	9
3.2. VERİMLİLİK ÖLÇÜMÜNDE YENİ YAKLAŞIMLAR.....	11
3.2.1. <i>VERİ ZARFLAMA ANALİZİ</i>	12
3.2.1.1. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ'NİN	
UYGULANMASINDAKİ AMAÇLAR	14
3.2.1.2. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ ÜZERİNE KISA BİR	
DEĞERLENDİRME:	15
3.2.1.3. TEMEL VERİ ZARFLAMA ANALİZİ MODELLERİ	15
3.2.1.4. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ MODELİNİN	
UYGULANABİLMESİ İÇİN GEREKLİ ADIMLAR.....	18
3.2.1.4.1. GÖZLEM KÜMESİNİN SEÇİLMESİ	18
3.2.1.4.2. GİRDİ VE ÇIKTI KÜMELERİNİN SEÇİLMESİ.....	18
3.2.1.4.3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE GÖRELİ ETKİNLİK	
ÖLÇÜMÜ	18
3.2.1.4.4. HER BİR KARAR BİRİMİ İÇİN DETAY ANALİZİ.....	19
3.2.1.4.5. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	19
3.2.2. <i>MALMQUIST TOPLAM FAKTÖR VERİMLİLİĞİ İNDEKSİ</i>	19
4. SONUÇ.....	22

GİRİŞ

İşçilere daha çok ücret, işverenlere daha çok kar, devlete daha çok vergi sağlamanın havuzunu oluşturan verimlilik, iç ve dış pazarlarda rekabet eden bir işletmenin kalite, satış sonrası hizmetler ve imaj gibi kozları arasında seçkin bir yer tutar. Bir işletme, ürettiği mallara yönelik talebi sürekli kılabilmek ve böylece pazarlarda tutunabilmek için ürün fiyatını düşük tutmak, ürün kalitesini yükseltmek, satış sonrasında sunduğu hizmetleri geliştirmek ve imaj yaratmak için olduğu kadar, verimlilik düzeyini yükseltmek için de savaş vermek durumundadır. En yalın hali ile verimlilik kavramı bir örnek ile şu şekilde açıklanabilir.

Toprağa on buğday tanesi atıldığında ondan en çok dokuz tane alınıyorsa bu üretimin verimsiz olduğu söylenebilir. Böyle bir süreç kaynakları azaltıcı nitelikte olduğundan, bir gün elde toprağa atacak buğday bırakmayacaktır. Bu durumda yapılacak en iyi iş, ekilenden daha çoğunu biçmenin yöntemlerini öğrenmek ya da bu olmuyorsa buğday tanelerini toprağa atmaktan vazgeçmektir.

Toprağa on buğday tanesi atıldığında oradan yalnızca atılan ölçüsünde buğday tanesi alınıyorsa, bu üretimin başabaş noktasında olduğu söylenebilir. Başabaş noktasındaki bir üretim verimli olarak nitelendirilemeyeceği gibi, verimsiz olarak da nitelendirilemez. Bu surumda, olduğu gibi kalacak olan eldeki kaynakların bir gün yerinde yeller esmesinden kaygılanılması kadar, tepe tepe yığılacığından umutlanılması da yetersizdir.

Yok, toprağa on buğday ekildiğinde ondan en az on buğday alınıyorsa, işte o zaman bu üretimin verimli olduğu söylenebilir. Ancak burada dikkat etmek gerekiyor: Ekilen on buğday karşılığında on bir buğday tanesi biçmek de, on bir bin buğday tanesi biçmekte üretimin verimli olması demektir.

Verimliliği yükseltmek demek, eldeki emek, sermaye ve toprak gibi kaynaklardan eskisine göre daha çok ürün elde etmek demektir. Verimlilik artışları bireylerin yaşam koşullarını derinden etkileyen sayılı değişkenlerden biridir. Genel olarak toplumu oluşturan bireylerden hiçbirin gelirini azaltmadan en azından bir kişinin gelirini yükseltebilmek, büyük oranda verimlilik artışlarına bağlıdır.

Yukarıda anlatıldığı ölçüde çok yalın bir anlamı olan verimlilik, toplumsal olarak da böylesine açık mıdır? Ne yazık ki, hayır! Solomon Fabricant, başka başka insanların başka başka anlamalarda kullandığı “verimlilik” sözcüğünün ilk sıralarda geldiğini belirtmektedir. Ona göre verimlilikten işçiler başka, işverenler başka, hükümet de başka bir anlam çıkarma eğilimi sergilemektedir. İşçiler yönünden “ücret karşılığı olmaksızın daha çok çalışma” biçiminde anlamlandırıldığı için ürküntüyle karşılanan verimlilik işverenler yönünden “karlılıkta bir yükselme”, hükümet yönünden ise “vergilerdeki artış” diye anlaşılabilir.

Ancak bütün bu yorumlar, verimliliğin çok farklı tanımları olan değil, yalnızca çok farklı kesimleri ilgilendiren bir kavram olduğunu göstermektedir. Çünkü öz olarak verimlilik tek bir anlam taşımakta ve kaynakların ürüne dönüşebilirlik düzeyini

yansıtmaktadır. İktisat yazınında “çıktı/girdi” ya da “katma değer/girdi” biçiminde gösterilen tanımlar da verimlilik kavramının bu özüyle sıkı sıkıya ilişkilidir. Bunların ilkinde göre belli kaynaklardan daha çok çıktı elde edilmesi ya da çıktının kaynaklardan daha hızlı çoğalması verimlilikteki bir yükselmeyi gösterir.

Enerji ya da hammadde tüketimini bir miktar artırıp daha yüksek miktarlarda ürün ortaya koymak, bu nitelikte bir verimlilik artışı olarak ortaya çıkar. Benzer bir biçimde belli bir işletmede çıktı düzeyi olduğu gibi kalırken, kaynak tasarrufunun sağlanması da verimlilikteki bir yükselmeyi dile getirir. Daha az enerji ya da daha az hammadde kullanma sonucunda eski çıktı düzeyine ulaşılması, kaynak tasarrufu yoluyla sağlanan bir verimlilik yükselişi olarak anlam kazanır.

1. VERİMLİLİK KAVRAMI ve İLİŞKİLİ KAVRAMLARA KISA VE GENEL BİR BAKIŞ

İnsanın hayatını sürdürebilmesi, ihtiyaçlarını karşılamasına bağlıdır. İster tek başına olsun, isterse aile ya da toplum içinde, ihtiyaçlarını karşılayamayan insan yaşayamaz.

Peki, nedir bu ihtiyaçlar?

En başta beslenme, barınma ve giyinmedir. İnsanlığın gelişimi ile ihtiyaçları da gelişip çeşitlenmiştir. Sağlığını koruma, yeni bilgiler edinme, edinilen bilgileri gelecek kuşaklara aktarma, kültür ve sanatla uğraşma, dinlenme, eğlenme, başka insanlarla iletişim kurma, seyahat etme gibi pek çok ihtiyaç ortaya çıkmıştır. İnsanların daha kolay, daha güzel, daha mutlu yaşayabilmesi, gittikçe bu çok çeşitli ihtiyaçların karşılanmasına bağlı duruma gelmiştir. Ama ne yazık ki bu çok yönlü insan ihtiyaçlarının büyük bir bölümü doğada hazır bulunmamaktadır. Yeryüzündeki ilk insanlar doğada buldukları gıdalarla beslenip, yine doğada hazır buldukları şeyleri barınak ve giyecek olarak kullanmalarına karşın, insan nüfusu çoğalıp her bakımdan gelişmeye ve ihtiyaçları çeşitlenmeye başlayınca, doğada hazır durumdaki bu kaynaklar bu ihtiyaçları karşılayamaz duruma gelmiştir.

Demek ki, insanların sadece doğanın sunduğu nimetleri olduğu gibi alıp kullanarak yaşamlarını sürdürmeleri mümkün değildir. Doğada bulunmayan insan ihtiyaçların karşılanabilmesi için üretim sürecine geçilmesi gerekmiştir.

Üretim faaliyeti çağlar boyunca çok büyük gelişmeler göstermiştir. Başlangıçta taştan basit aletler yaparak ihtiyaçlarını büyük kısmını karşılayan insanoğlu, bugün gökyüzünde gezen uçaklar, uzayda dolaşan gemiler, binlerce kilometre uzaktan fotoğraf çeken makineler üretebilmektedir. Üretim, varolan kaynaklardan yararlanıp bu kaynakların biçimlerini ve özelliklerini değiştirip ve bir araya getirerek yeni ürünler elde etme sürecidir. Üretimi gerçekleştirebilmek için kullanılan kaynaklar sınırsız değildir. İnsan nüfusunun sürekli artması sınırlı olan bu kaynakların daha iyi kullanılmasını zorunlu kılmıştır.

İşte, “**verimlilik**” adını verdiğimiz kavram da, üretim sırasında kullandığımız insan gücü, hammadde, alet ve makineler, enerji, su, toprak, gübre gibi kaynaklarla üretim sonunda elde ettiğimiz ürün arasındaki ilişkiyi, yani girdi - çıktı oranını anlatır. Birim zamanda, örneğin bir günde, bir ayda ya da bir yılda, ürettiğimiz mal ya da hizmetin büyüklüğünü ölçüp onu üretmek için kullandığımız kaynağın ya da kaynakların miktarına bölersek, verimlilik oranını buluruz. Çeşitli hesaplamalar sonunda bulunacak verimlilik oranları ya da katsayıları, tek başlarına pek fazla anlam ifade etmez. Bu oranları karşılaştırmalı olarak değerlendirmek gerekir. Söz konusu karşılaştırmalar ise bir işletmenin çeşitli bölümleri, değişik işletmeler, sektörler ya da ekonomiler arasında yapılabileceği gibi, tek bir ürün, işletme, sektör ya da ekonomi düzeyinde veya değişik zaman dilimleri arasında da yapılabilir.

Aynı sürede aynı kaynakları kullanarak daha çok ve daha üstün nitelikli ürün elde edilebilirse verimlilik artmış olur. Bunun için de kaynakların akılcı ve tutumlu kullanmasını bilmek, onlardan daha iyi yararlanmanın yollarını araştırıp öğrenmek zorunluluğu doğmuştur. Bu nedenle verimlilik kavramının kendisi, ölçülmesi ve verimliliği artırma yolları geçmişten günümüz birçok çalışmanın konusu olmuştur.

1.2. VERİMLİLİK YÖNETİMİ VE VERİMLİLİĞİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Coğrafi sınırların etkisinin ortadan kalktığı günümüz iş dünyasında, rekabet gücünün ayakta kalmanın tek yolu olduğu artık tartışmasız kabul edilmektedir.

Bir işletmenin rekabet gücüne sahip olması, ürettiği ürünlerin diğer işletmelerin ürünleriyle kalite, fiyat ve müşteri memnuniyeti açısından yarışabilecek düzeyde olması anlamına gelir.

Rekabet gücünü yakalayabilmenin öncelikli iki yolunun üretim ve pazarlama maliyetlerini düşürmek ve ürün farklılaştırması olduğu söylenebilir. Bir işletmenin diğer işletmelerle rekabet edebilmesi için maliyet, ürün kalitesi, ürün özellikleri ve satış sonrası hizmetlerden biri ya da bir kaçısı açısından farklılık yaratabilmesi gerekmektedir.

Bir işletme rekabet edebilmek için ürünlerini ya daha az girdi kullanarak üretmeli, ya da aynı miktarda girdi kullanarak çıktı miktarını arttırmalıdır. Görüldüğü gibi her iki durumda da “daha yüksek verimlilik” söz konusudur ve işletmeyi rekabet edebilir konumuna taşımak mümkündür.

İşletmelerin verimlilik düzeylerinin düşük olması, bir yandan kendi karlılıklarını ve rekabet olanaklarını olumsuz yönde etkilerken, öte yandan, üreticilerin kullandıkları kaynaklarla üretebileceklerinin altında üretim yaptıkları anlamına geldiğinden, toplumun refah düzeyinin olabileceğinden daha düşük olması anlamına gelmektedir.

Bu nedenle verimlilik, sadece işletmelerin sorunu değildir. Çalışanlar, işverenler ve tüketiciler dahil olmak üzere toplumun tüm kesimlerinin yaşam düzeylerini etkileyen temel bir sorundur.

Bu bağlamda, çalışanların, girişimcilerin ve devletin, kısaca üretim sürecinin çeşitli katmanlarında yer alan her kurumun ve bu kurumlarda görev yapan her bireyin kendi çapında verimlilik artışına katkıda bulunması gerekmektedir.

Verimliliğin artırılması için çözümler araştırılırken işletme, içinde bulunduğu çevreyle birlikte, bir bütün olarak ele alınmalıdır.

Buradaki çevresel (dışsal) faktörler, işletmenin kontrolü dışında olan, ancak kurumsal verimliliği önemli derecede etkileyen faktörler olarak tanımlanabilir. Bu faktörler siyasal, toplumsal ve makro ekonomik değişkenlerle, hükümet politikalarıyla, ulusal ve uluslararası mekanizmalarla ilişkili olan faktörlerdir.

Verimliliği etkileyen içsel faktörler ise, organizasyonun yapısı, üretim, çalışma ortamı ve çalışma yöntemleri, işgücü, makine ve ekipmanların teknolojiye ve üretime uygunluğu, kapasite kullanımı, hammaddenin niteliği ve kullanımı, yönetim...vb faktörler olarak sıralanabilir.

İşletmeler vizyon ve misyonlarını belirlerken, verimliliklerini etkileyen içsel ve dışsal faktörleri gerçekçi bir şekilde irdelemeli ve bu faktörlerin kendilerine getirebileceği fırsatları ve tehditleri saptamalıdır.

Bu noktada izlenebilecek iki verimlilik stratejisinden söz edilebilir: Girdileri küçültmek ve çıktıyı büyütme.

İşletme çıktıyı büyütme stratejisini seçerse aşağıdaki seçenekler üzerinde düşünecektir;

- Çıktı artışını azalan girdilerle sağlamanın yollarını araştırmak,
- Çıktı artışını sabit girdilerle sağlamanın yollarını araştırmak,
- Çıktı artışını daha az girdi artışıyla sağlamanın yollarını araştırmak.

İşletme, girdileri azaltma stratejisini seçerse, başvuracağı seçenekler aşağıdaki seçenekler olacaktır:

- Daha az girdi ile daha çok çıktı üretmenin yollarını araştırmak,
- Daha az girdi ile aynı çıktıyı üretmenin yollarını araştırmak,
- Daha çok girdi azalması ile daha az çıktı azalmasını gerçekleştirmenin yollarını araştırmak.

Yukarıdaki seçeneklerden hangisinin seçileceğini, içsel ve dışsal faktörler belirler. Örneğin yeni yatırımlar için finans olanağı olmayan bir işletmenin, pazar koşulları çok uygun olsa bile çıktı artışını girdi artışıyla sağlama seçeneğini seçemeyeceği açıktır. Finans durumu iyi olan bir kuruluş ise refah dönemlerinde rahatlıkla söz konusu stratejiyi seçebilir.

Öte yandan finans ve pazar olanaklarının daraldığı kriz dönemlerinde içsel ve dışsal faktörler, işletmeyi, girdileri azaltarak verimliliği büyütme stratejisini seçmeye zorlayabilir.

Dolayısıyla tek bir optimum verimlilik stratejisinden ve tek bir optimum seçenekten söz edilemez. Durumsal koşullar, diğer bir anlatımla var olan içsel ve dışsal

faktörler, işletmenin genel politika ve stratejisini ve bu genel politika ve stratejilere dayalı olarak optimum verimlilik stratejisini belirler.

1.3. VERİMLİLİK PLANININ HAZIRLANMASI

İşletme, verimlilik stratejisini belirledikten sonra verimlilik planını hazırlar. Bu planı hazırlarken öncelikle verimlilik ölçümü yapılarak işletmenin mevcut durumu ortaya konmalıdır. Mevcut durum belirlendikten sonra hedefler saptanmalıdır. Ancak işletmenin kısa, orta ve uzun vadeli hedefleri saptanırken ekonomik, sektörel ve talebe yönelik tahminlerde gerçekçi olunması, planlanan durumla gerçek durum arasında sapmalara karşı alınabilecek önlemler de gözönünde bulundurulmalıdır.

1.4. VERİMLİLİK PROGRAMININ YAPILMASI

Verimlilik planıyla birlikte verimlilik programlarının da yapılması gerekir. Program neyin, nasıl, nerede ve kim tarafından yapılacağını gösterir.

Belirli bir dönem içinde yapılacak çalışmaların, hangi kaynaklarla yapılacağı, sürelerinin ne olacağı ve sonuçlarının nasıl değerlendirileceği programda belirtilir.

1.5. VERİMLİLİK NEDEN ÖLÇÜLMELİDİR?

İşletmeler, ancak uzun dönemde dışsal faktörlerin verimliliği artırıcı yönde değişimi için çaba gösterilebilir. Buna karşın içsel faktörlerin işletmenin kendi kontrolü altında olan faktörler olduğu düşünülürse bu faktörlerin değişimini rastlantılara bırakmak ya da sezgisel yöntemler kullanmak yerine, iş dünyasında sonuçları kanıtlanmış verimlilik artırma tekniklerini kullanmak, verimlilik artışını izleyebilmek ve kontrol edebilmek açısından uygun bir yaklaşım olacaktır.

1.6. İŞLETME VERİMLİLİĞİNİ İŞ ETÜDÜ YÖNTEMLERİYLE ANALİZİ

Verimlilik artırma teknikleri kullanılarak çok az maliyetle önemli oranda verimlilik artışı sağlanabilir. İş etütlerinin bu noktada önemli bir yeri vardır.

İş etütleri, iş düzenlemeyi, işlerin standartlaştırılmasını veya işletmenin üretim verilerinin doğru biçimde belirlenmesi yoluyla işletme verimliliğinin artırılmasını sağlar.

Bu nedenle, bir işletme verimliliğini arttırabilmek için iş etüdü tekniklerini kullanmak zorundadır.

1.7. VERİMLİLİK ÖLÇÜMÜ

İşletme düzeyinde verimliliğin ölçülmesi verimliliği iyileştirmenin temelidir. Bu işletmenin mevcut durumunu görmek için yapılabileceği gibi, aynı iş kolundaki benzer işletmelere göre durumunu kıyaslamak üzere de yapılabilir.

Hangi düzeyde ve hangi amaçla olursa olsun verimliliği ölçmek, verimlilik yönetiminin ilk adımıdır. Verimliliği ölçmeden yönetmek ve iyileştirmek olanaklı değildir.

İşletmelerde verimliliği düşüren nedenler arasında nitelikli eleman çalıştırılmaması, AR-GE ve bilgi yetersizliği, eksik kapasite ile çalışma, maliyetlerin yüksekliği, pazarlama problemleri ve rekabet sorunları sayılabilir.

Bir işletmede yönetsel süreçlere ilişkin karar mekanizmasının sağlıklı bir şekilde işlemesi için işletme içindeki veri akışının sağlıklı, sürekli ve zamanında gerçekleşmesi gerekir.

Verimlilik ölçümleriyle girdi bileşimini değiştirmek ve her girdiyi yüksek verimlilik düzeyinde kullanmak mümkündür. Girdileri olması gerekenden düşük verimlilikle kullanmak ekonomik anlamda israfa neden olur.

Üretim sürecinde kullanılan girdi ne kadar az, sonuçta elde edilen ürün ne kadar çok olursa, verimlilik o kadar yüksek olacaktır.

Böylece verimlilik yükseldikçe parça başına maliyetler düşecektir. Maliyetler bir yandan karlılığı belirlerken, bir yandan da rekabet gücünü belirler. Bu bakımdan girdilerini yüksek verimlilik düzeyinde kullanan işletmelerin karlılık ve rekabet gücünün yüksek olacağı açıktır.

1.8. VERİMLİLİK NASIL ÖLÇÜLÜR?

Tek bir girdi kullanan ve bununla da yalnızca tek bir mal üreten bir işletme de girdiyi, çıktıyı, dolayısıyla da girdi başına çıktı olarak tanımlanan verimliliği ölçmekte bir zorluk yoktur. Çıktı miktarını girdiye bölmek yeterlidir.

Ancak girdi ve çıktı türlerinin çoğaldığı durumlarda sorunla karşılaşılmaktadır. Burada baş gösteren zorluklardan birincisi girdilerin, ikincisi çıktıların ölçümü konusundadır.

Acaba 10 kilo ARMUT ile 10 kilo ELMA NASIL toplanabilir?

Bu durumda girdiler ve çıktılar, ancak içerdikleri ortak varlık açısından toplanabilir. Elma ile armut toplanamazsa da ortak noktaları olan ağırlık bakımından toplanabilir. İşte verimlilik ölçümlerinde yapılan işlem de budur. Bir işletmede çıktı ya da katma değer, girdilere bölünerek söz konusu girdilerin verimlilikleri ölçülebilir.

Sonuçta, yöneticilerin işletmelerinin vizyonunu ve misyonunu belirlerken, dünyada ve ülkede meydana gelen olayları, değişen yönetim ve organizasyon trendlerini de göz önünde bulundurmalarının yönetimin olmasa olmaz koşullardan olduğu söylenebilir.

Son yıllarda yönetsel kavram ve yaklaşımlarda da gerçekleşen değişimler ise, işletmelerin performans ölçütlerinin sorgulanarak pek çok sayıda yeni görüş, yeni kavram ve tekniğin ortaya atılmasına neden oldu.

20. yüzyılın son çeyreğinden beri dünyadaki haberleşme ve bilgi işleme, internet, globalleşmeyle birlikte coğrafi ve ekonomik olarak ulusal sınırların anlamını yitirmesi uluslararası rekabeti arttırdı.

Globalleşen dünya, tercihleri ve zevkleri hızla değişen ve gelişen tüketiciler, verimliliğin dinamik bir kavram olduğu gerçeğini ortaya çıkarttı.

Artık tüm işletmeler, rakiplerinden bir adım önde olmanın tek yolunun verimliliklerini arttırmaktan geçtiğinin ve verimliliklerini iyileştirmek üzerine düşünmenin ve bu kavramı değişen koşullara göre geliştirmenin gerekliliğinin bilincine varmalılar.

2. VERİMLİLİK NELERE BAĞLIDIR ?

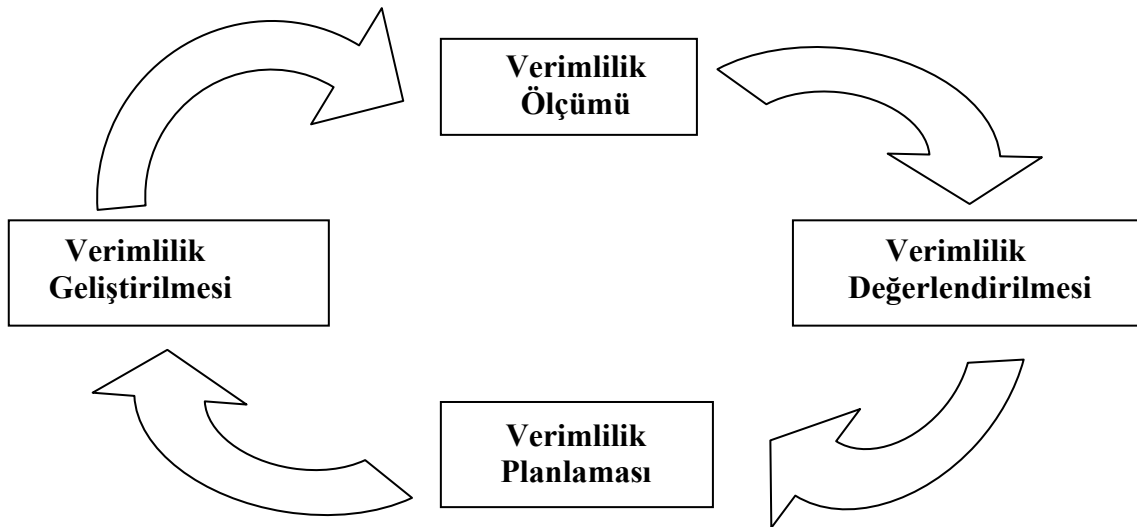
Şimdi de verimlilik artışının, hangi etkenlere bağlı olduğuna, kaynaklarının neler olabileceğine ve verimliliğin nelerden etkilenebileceğine kısaca değinelim.

- ✚ **Ürün tasarımında ve bileşimindeki değişimler**, verimlilik oranlarının zaman içinde değişmesine yol açar. Bu tür değişimler, ürünü alıcı için beğenilir ve çekici kılan, imalatı kolaylaştırıcı, maliyeti azaltıcı yönde alınan önlemlerle sağlanabilir ve üretim akışını hızlandırarak verimliliği olumlu yönde etkiler. Üründeki tasarım ve bileşim değişimleri, teknik bilginin oluşum ve yayılma sürecindeki hıza bağlı olarak üretimi ve verimliliği etkiler.
- ✚ Üretim İşleminin gerçekleştirildiği **üretim sürecinin niteliğindeki gelişmeler** verimliliği artırır. Bunlar, bilimsel ve teknolojik gelişmelerin üretime uygulanmasından kaynaklanan gelişmelerdir. Öte yandan, işletmelerin bünyesinde gerçekleştirilebilecek araştırma-geliştirme çalışmaları ve işletme içi teknik ve yönetici personelden sağlanabilecek yaratıcı katkıların da, üretim sürecinde girdi tasarrufu sağlayıcı, üretim akışını hızlandırıcı yeni düzenlemeler getirerek verimliliği artırabileceği bir gerçektir.
- ✚ **Üretim sürecinin kapsamında meydana gelebilecek değişiklikler** verimliliği etkiler. Kimi zaman işletmeler hammadde yerine yarı mamul alıp sadece bunları işleyerek kapsam daraltmasına gidebilirler. Böyle durumlarda, genellikle, riski ve maliyeti fazla olan birimler devreden çıkartılacağından, verimlilik düzeyinde gelişme gözlenir.

- ✚ **Örgüt ve yönetimdeki değişmeler** de verimliliği etkiler. İşyeri örgütlenmesinde, yerleşme planında, malzeme taşınmasında, üretim planlama ve denetiminde, aktif ve pasif varlıkların yönetiminde sağlanan başarılar, verimliliği artırır.
- ✚ **Üretimde kullanılan sabit sermaye kapasitesi** (makine ve donatı) ancak yeni yatırım ve genişleme projeleri ile artırılabilir. Bu nedenle, söz konusu girdinin kısa dönemde sabit olduğunu kabul etmek yanlış olmaz. Öte yandan, benzer biçimde ve kısa dönemde, sendikalaşmanın da işgücü girdisini sabitleştirdiği (en azından bu girdideki azaltmaları engellediği ya da güçleştirdiği) bir başka gerçektir. Bu durumda, kurulu sermaye kapasitesinin ve işgücü girdisinin mümkün olduğunca eksiksiz kullanımı, verimliliği artırıcı yönde etki yapar. Kurulu kapasitenin tamamının kullanılmasını önleyici piyasa koşulları, konjonktürel dalgalanmalar, ekonominin yapısal bozuklukları, darboğazlar (ithalat güçlükleri, enerji kısıtlamaları, grevler vb.) kapasite kullanımını, dolayısıyla verimliliği olumsuz yönde etkileyen faktörlerdir.
- ✚ Verimliliği etkileyen en önemli faktörlerden biri de **girdilerin kalitesidir**. Girdilerin kalitesindeki artış, birim çıktı başına gerekli girdi miktarında azaltma yapma olanağı sağladığı için, verimliliği artırıcı bir etki yapar. Sözgelimi, işgücü girdisinin niteliğinin yükselmesi, işçilerin kapasite ve ustalıklarının, zihinsel yeteneklerinin, öğrenim ve eğitim düzeylerinin, iş tecrübelerinin, işyerindeki tutum ve davranışlarının, beslenme ve sağlık koşullarının geliştirilmesine bağlıdır. Bunun için işgücünün sürekli olarak eğitilmesi, işçi-işveren ilişkilerinin uygar demokratik ölçüler içinde yürütülmesi, çalışanların yeterli beslenmelerinin sağlanması ve iş kazaları ve meslek hastalıklarını azaltıcı önlemlerin alınması, işgücü girdisinin niteliğini yükseltici, dolayısıyla verimliliği artırıcı nitelik taşır.

3. VERİMLİLİK ÖLÇÜMÜNDE YAKLAŞIMLAR

Verimliliği ölçebilmek amacıyla tanımlamaya ihtiyaç duyulur. Basit olarak çıktının girdiye bölünmesinden ibaret görünen verimlilik ölçümünün sanıldığından çok daha fazla boyutu olduğunu söylemek yanlış olmaz.



Şekil 1. Verimlilik Çemberi

Şekil 1’de gösterilen verimlilik çemberi, verimlilik ölçümünün bir döngünün parçası olduğunu açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Ölçüm dinamik bir süreçtir ve tekrarlanması gereklidir. Amaç verimlilik artışı ile katma değer yaratabilmek ise, önce ele aldığımız birimin verim açısından nerede olduğunu bilmesi, yani ölçüm yapılması gereklidir. Durumun değerlendirilmesinin ardından belli bir plan çerçevesinde hareket edilerek nihai amaca varmaya çalışılır.

3.1. VERİMLİLİK ÖLÇÜMÜNDE GELENEKSEL YAKLAŞIMLAR

Verimlilik kavramı ve ölçülerek değerlendirilmesi dünya gündeminde ağırlık kazandıkça bir dizi ölçme yaklaşımı ortaya çıkmıştır. Günümüz literatürüne göz atılacak olursa bunları geleneksel yaklaşımlar ve yeni yaklaşımlar olarak ayırmanın mümkün olduğu görülür. Aşağıda Tablo 1’de verimlilik ölçme ve değerlendirme modellerinin sınıflaması toplu olarak verilmiştir.

Tablo 1. Verimlilik Ölçme ve Değerlendirme Modellerinin Sınıflaması

MODELLER	Verimlilik Haricindeki Performans Göstergeleri (Etkinlik, Kalite vs.)	Fiziksel Girdi/Çıktı	Parasal Girdi/Çıktı	Toplam Faktör Verimliliği	Kısmi Verimlilik	Ortalama / Marjinal Verimlilik
J.Kendrick – D. Creamer Modeli			X	X Katma Değer	X	Ortalama
J.E. Faraday Modeli			X	X Katma Değer		Ortalama
M.R.Ramsay Modeli			X	X	X	Ortalama
L. Greenberg Modeli			X		X Katma Değer İşgücü	Marjinal
C.E. Craig – C.R.Harris Modeli			X	X Toplam Verimlilik		Ortalama
M. E. Mundel Modeli		X	X	X		Ortalama
K. Tsujimura Modeli		X	X		X Katma Değer İşgücü	Ortalama
I. G. Smith Modeli		X	X	X	X	Marjinal
D.J.Sumanth Modeli		X	X		X	Ortalama
J.Bryd Modeli	Etkinlik Etkililik	X	X		X	Ortalama
W. T. Stewart Modeli			X	X		Ortalama
S.C. Aggarwal Modeli			X	Bileşik Verimlilik Endeksi	X	Ortalama
K.Kurosawa Modeli	İşçi Etkinliği		X		X Katma Değer	Ortalama
P.Mali Modeli	Etkinlik Etkililik		X	X		Ortalama
S.Elion – B.Gold – J.Soesan Modeli		X	X		X	Ortalama
Amerikan Verimlilik Merkezi Modeli	İktisadilik	X	X	X	X	Ortalama
Norveç Verimlilik Merkezi Modeli			X		X Katma Değer	Ortalama
R.O.Mason Modeli	Etkinlik	X Fiziksel Süreç	X Mali Süreç	X Süreç Bazında		Ortalama
G.S.Sardana – P.Vrat P-O-P Modeli	Kapasite Kullanımı Kalite Etkinlik		X	X Alt Sistemler İçin		Ortalama

Yukarıda Tablo 1’de yapılan sınıflandırmada modellerin hemen hemen hepsinin mikro yaklaşıma sahip, oran temelli modeller olduğunu söylemek gereklidir. Modeller birbirinden genellikle ölçme ile amaçladıkları sonuçlar, çıktıyı tanımlamalarındaki farklılıklar, parasal ya da fiziksel (miktar) göstergeler hesaplamaları, kısmi ya da toplam faktör verimliliğine yönelmeleri gibi özellikleri ile ayrılmaktadırlar. Eğer yaklaşım özel bir takım isimlendirmeler, ya da süreç bazında bölümlendirmeler içeriyor ise, bu da vurgulanmıştır. Olağan verimlilik formülleri dışında diğer performans göstergelerine yer veren modellerde, hangi göstergelerin yer aldığı da yine tablodan elde edebileceğimiz bir bilgi olarak sunulmuştur. Temel hesaplamalarda modellerin değerler ya da fiziksel miktarlar ile çalışanları işaretlenmiştir. Eğer hem fiziksel hem de parasal girdi-çıkıtı hesaplamaları işaretlenmişse, yarı fiziksel ya da yarı parasal olarak adlandırılabilir kimi göstergelerin var olduğu sonucuna varılmalıdır. Yine tablodan elde edilebilecek bilgiler arasında, modellerin hangilerin toplam faktör verimlilik isimlendirmesi kullandığını, hangilerin süreçlerinin tümünü, hangilerinin alt süreçleri ayrı ayrı dikkate aldığı da vardır. Son olarak hesaplamaların belli bir döneme ait ortalama rakamları mı esas aldığı, yoksa yine belli bir dönemdeki değişim değerlerinden mi hareket ettiği ortalama/marjinal ayırımı ile belirtilmiştir.

3.2. VERİMLİLİK ÖLÇÜMÜNDE YENİ YAKLAŞIMLAR

Oransal yaklaşımlarla verimlilik ölçümünün sorunlarından biri, birden fazla girdi ve çıktı içeren durumlarda değerlendirmenin güçlüğüdür.

Verimliliğin boyutlarından biri olan etkinlik, üretim ekonomisi içerisinde önemli bir kavramdır. Etkinlik, fiili girdi kullanımının, belli tekniklerle saptanmış standartlarla karşılaştırılması yoluyla bulunan bir göstergedir ve girdilerin ne derece iyi kullanıldığının ölçüsünü verir. Etkinliği bütünsel bir şekilde ele almayı, çok çıktı içeren üretim süreçlerinde etkinliği bileşenlerine ayırarak incelemeyi ve bunu yaparken genel kabul görmüş bir teknoloji kullanmayı amaçlayan bir çalışmada, Webster Sözlüğündeki tanımdan yola çıkılarak etkinlik basitçe şu şekilde tanımlanmıştır: “*istenen bir dizi sonucun üretilmesinin kalite ya da derecesi*”, yani bir üretici davranışsal amaçlarına ulaşmış ise etkin, ulaşmamış ise etkinsiz olacaktır. Üreticiyi tatmin edecek durum ile, yani davranışsal amacına ulaşmış olduğu durum ile, üreticinin veri durumu arasındaki fark, yani etkinsizlik, hem değer (maliyet, getiri, kar) hem de miktar cinsinden ölçülüp değerlendirilebilir.

Belirlenmiş olan bir davranışsal amaca göre toplam etkinlik ölçüsü üçe ayrılabilir. Teknik Etkinlik, Yapısal Etkinlik ve Kaynak Dağılım Etkinliğidir.

Teknik Etkinlik, literatürdeki basit tanımıyla, üreticinin üretim olanakları kümesi sınırında yer aldığı durumun adıdır. Üreticinin bu sınırın altında yer alması teknik etkinsizliği gösterir. **Yapısal Etkinlik**, teknik etkinliğe sahip bir üretici eğer üretim olanakları eğrisinin kalabalıklaşmamış ya da ekonomik bölümünde üretimde bulunuyorsa söz konusudur. Hem teknik etkinliğe, hem de yapısal etkinliğe sahip bir üretici, eğer davranışsal amacına hizmet eder biçimde, üretim olanakları kümesinin kalabalıklaşmamış bir alt kümesi içinde üretimini gerçekleştiriyorsa, **Kaynak Dağılım Etkinliğine** sahip olduğu söylenir. Üretim olanakları kümesinin bu alt kümesi, üreticinin fiyat kısıtlamaları ve davranışsal amaçları tarafından belirlenmektedir. Bir

üretici bu üç ayrı şekilde de ve aynı anda etkin ise tam etkin bir üretim gerçekleştiği söylenir.

Bu etkinlik ölçüleri, tamamen etkin olan firmaların üretim fonksiyonunun bilindiğini varsayar. Pratikte üretim fonksiyonu asla bilinmediği için Farrell, fonksiyonun örneklemedeki verilerinin kullanılması suretiyle tahmin edilmesini önermiştir. İlk öneri Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından değerlendirilmiş ve Veri Zarflama Analizi yaklaşımının doğmasına neden olmuştur. Diğer öneri ise Aigner ve diğerlerini harekete geçirmiş ve stokastik sınır modelinin doğması ile sonuçlanmıştır.

3.2.1. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

Veri zarflama analizi, birden çok ve farklı ölçeklerle ölçülmüş ya da farklı ölçü birimlerine sahip girdi ve çıktıların karşılaştırma yapmayı zorlaştırdığı durumlarda, karar birimlerinin görece performansını ölçmeyi amaçlayan doğrusal programlama tabanlı bir tekniktir.

Analizin temelinde benzer türden karar birimlerinin üretim etkinliklerinin değerlendirilmesi yer alır. Analize konu olacak karar birimlerinin aynı hedefe yönelik benzer işlevler görmesi, aynı pazar şartlarında çalışması ve gruptaki bütün birimlerin verimliliklerini nitelendiren etmenlerin, yoğunluk ve büyüklüklerindeki farklılıklar hariç aynı olması şartları aranır.

En basit durum olarak tek girdi ve çıktıya sahip bir birim için etkinlik çıktı/girdi olarak; gelişmiş örgütlerde ise girdi ve çıktı sayısındaki farklılık dikkate alınarak etkinlik, ağırlıklı çıktı/ağırlıklı girdi toplamı ile tanımlanabilir. Ancak bu son tanımda yer alan ağırlıkları ortak değerler olarak belirlemek, özellikle karşılaştırılan birimlerin birbirinden farklı karmaşık yapıları sebebiyle çok güçtür. Bu konuda Farrell'in 1957'deki çalışması başlangıç çalışması olarak ele alınırsa Charnes, Cooper ve Rhodes (CCR) tarafından 1978'de ortaya konulan araştırma, teknik etkinliğin değerlendirilmesinde parametrik olmayan yaklaşımdaki daha sonraki tüm gelişmeler için kuşkusuz bir temel oluşturmuştur.

VZA'nın görece etkinliği ölçme şekli iki aşamalı olarak kısaca şu şekilde özetlenebilir:

- 1) Herhangi bir gözlem kümesi içinde en az girdi bileşimini kullanarak en çok çıktı bileşimini üreten "en iyi" gözlemleri (ya da etkinlik sınırını oluşturan karar birimlerini) belirler.
- 2) Söz konusu sınırı "referans" olarak kabul edip, etkin olmayan karar birimlerinin bu sınıra olan uzaklıklarını (ya da etkinlik düzeylerini) "oransal" olarak ölçer.

Son yıllarda VZA modelleri yönetim biçiminde ve yöneylem araştırması uygulamalarında çok geniş bir uygulama alanı bulmuştur. VZA'nın kullanılabileceği bazı konular şunlardır:

- Eş Grupların Kullanımı: VZA, her etkin olmayan birim için ona karşılık gelen bir küme etkin birim tanımlar ve bu birimler etkin olmayan birimler ile eş grup

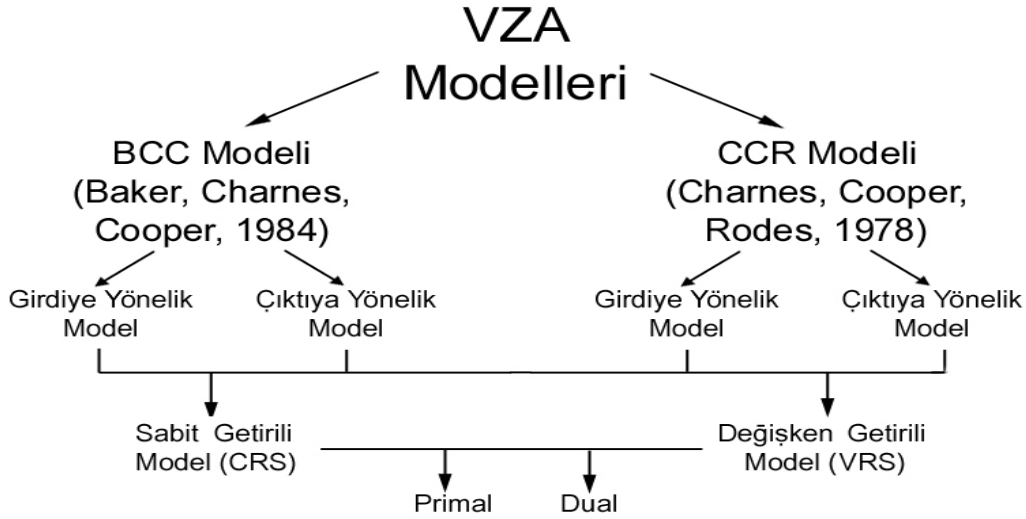
oluştururlar. Eş gruptaki her birim etkin olmayan birimin girdi-çıkıtı yönlendirmesini alır ve etkin olmayan olmayan birimle aynı ağırlıkları kullanarak etkin hale gelir.

- Hedef Belirleme: Pratikteki uygulamalarda sıklıkla görelî etkin olmayan birimlerin performanslarının iyileştirilmesinde rehber olmak üzere hedeflerin belirlenmesi arzu edilir. VZA ile girdi ve çıktı seviyelerinde hedefler belirlemek mümkündür.
- Etkin Stratejilerin Belirlenmesi: VZA, kolaylıkla birimlerin içinde çalıştıkları politikaları ve programları karşılaştırmada kullanılabilir. Ayrıca modelin uygun çözümü ile yönetsel ve program etkinliklerini değerlendirebilir.
- Zaman Boyunca Etkinlik Değişimlerinin Gözlenmesi: VZA ile etkinliği saptanmış bir firma daha sonraki dönemlerde etkililiğini yitirebilir ve referans olma özelliğini kaybeder.
- Kaynak Ataması: VZA, görelî etkin ve etkin olmayan birimleri belirlediği gibi etkin olmayan birimler için kaynak koruma ve/veya çıktı artırma potansiyelleri için tahminler verir. Bunların ikisi de yöntemi kaynakların birimlere atanması için uygun kılar. Görelî etkin ve etkin olmayan birimlerin belirlenmesi kaynakların prensipte hangi yönde transfer edilmeleri hakkında ilk işareti verir.

VZA'nın kullanılabilmesi için öncelikle aynı kararların uygulandığı ve benzer organizasyona sahip olan karar verme birimlerinin seçilmesi gerekmektedir. Karar verme birimlerinin etkinliğinin ölçülebilmesi için bu birimlere ait girdi ve çıktı değişkenleri belirlenmelidir. VZA modelinin ayrıştırma yeteneğinin çok olabilmesi için girdi ve çıktı sayısının çok olması arzulanır. Bu nedenle mümkün olduğunca çok sayıda girdi ve çıktı elemanı seçilmelidir. Ancak seçilen girdi ve çıktı elemanlarının her karar birimi için kullanılıyor olması gerekmektedir. Seçilen girdi sayısı m , çıktı sayısı da p ise en az $m + p + 1$ tane karar birimi araştırmanın güvenilirliği açısından gerekli bir kısıttır. Diğer bir kısıt ise değerlendirmeye alınan karar verme birimi sayısı, değişken sayısının en az 2 katı olmalıdır.

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

Veri zarflama analizi hem ölçeğe göre sabit getiri (CRS) hem de değişen getiri (VRS) varsayımı altında kullanılabilir. Yine, bu yöntem hem veri girdi ile en fazla çıktıyı elde etme (output-oriented) hem de veri çıktıyı en az girdi ile elde etme (input-oriented) yaklaşımlarına göre etkinlik ölçümünü yapar. Bu yaklaşımlardan veri çıktıyı en az girdi kullanımı ile elde etme yaklaşımı, veri üretim miktarlarını azaltmaksızın üretimde kullanılan girdi miktarlarının oransal olarak ne kadar azaltılabileceğini belirlemeye çalışır. Öte yandan, veri girdi ile en fazla çıktıyı elde etme yaklaşımı ise veri girdi setini değiştirmeksizin üretim miktarlarının oransal olarak ne kadar arttırılabileceği üzerinde durur. Ancak, ölçeğe göre sabit getiri olduğunda her iki ölçüm aynı sonuçları verir.



Şekil 2. VZA Modelleri

Karar verme birimlerinin toplam teknik etkinliklerini ölçmekte VZA'nın temel varsayımı, karar verme birimlerinin ölçüğe göre sabit getiri (CRS) varsayımdır. Bu varsayıma göre geliştirilen VZA modeli aynı zamanda CCR (Charnes-Cooper-Rhodes) Modeli olarak da ifade edilmektedir. Bu varsayım daha sonra Banker, Charnes ve Cooper [1984] tarafından değiştirilerek ölçüğe göre değişken getiri (VRS) varsayımı geliştirilmiştir. Bu varsayıma göre geliştirilen VZA modeli aynı zamanda BCC (Banker-Charnes-Cooper) Modeli olarak ifade edilmektedir. Bu şekilde karar verme birimlerinin ölçek farklılıklarının arındırılarak saf teknik etkinliklerinin hesaplanması sağlanmıştır.

3.2.1.1. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ'NİN UYGULANMASINDAKİ AMAÇLAR

- Karşılaştırılan birimlerin her biri için girdi-çıkıtı boyutlarından herhangi birinde görece etkinsizliğin kaynaklarının ve miktarlarının belirlenmesi,
- Etkinliğe göre birimlerin sınıflandırılması,
- Karşılaştırılan birimlerin yönetimlerinin değerlendirilmesi,
- Birimlerin kontrolleri dışındaki program ve politikaların verimliliklerini değerlendirmek ve program etkinsizliği ile yönetsel etkinsizliği ayırt etmek,
- Değerlendirme altındaki birimler için kaynakların yeniden atanması amacıyla niceliksel bir temel oluşturulması. Bu yeniden atama politikalarının genel amacı sınırlı kaynakları, istenilen çıktılarını üretmekte daha etkin kullanılabilecek birimler arasında değiştirmektir.
- Birimler arasındaki karşılaştırma ile doğrudan doğruya ilişkili olmayan amaçlar için etkin birimlerin ya da etkin girdi-çıkıtı ilişkilerinin belirlenmesi,
- Spesifik girdi-çıkıtı ilişkileri için yürürlükteki standartların gerçekleşen performansa göre incelenmesi ve gözden geçirilmesi,
- Önceki çalışmalardaki sonuçların karşılaştırılması (ERKUT ve POLAT, 1993).

3.2.1.2. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ ÜZERİNE KISA BİR DEĞERLENDİRME:

VZA'nın uygulanabilmesi için gerekli olan adımlar şunlardır:

- Karar verme birimlerinin seçilmesi
- Girdi ve çıktı kümelerinin seçilmesi
- VZA ile görelî etkinlik ölçümü
- Her bir karar birimi için detay analizi
- Sonuçların değerlendirilmesidir.

VZA, doğru şekilde kullanıldığı zaman çok etkin bir araçtır. Onu güçlü yapan bazı özellikleri şöyle özetlenebilir:

- VZA, çok girdi ve çok çıktıyı işleyecek yetenektedir.
- VZA, doğrusal form dışında, girdi ve çıktıları ilişkilendiren bir fonksiyonel forma ihtiyaç duymaz.
- VZA ile etkinlikleri hesaplanan karar birimleri görelî olarak tam etkinliğe sahip olanlarla kıyaslanır.
- Girdiler ve çıktılar çok farklı birimlere sahip olabilirler. Bu durumda, anları aynı biçimde ölçebilmek için çeşitli varsayımlar kullanmaya, dönüşümler yapmaya gerek yoktur.

VZA'yı avantajlı kılan bazı özellikleri aynı zamanda onun zayıflıklarının da kaynağıdır. Söz konusu zayıflıkları şöyle özetleyebiliriz:

- VZA, uç nokta tekniği olarak değerlendirildiği için, ölçüm hatasına karşı çok duyarlıdır.
- VZA, karar birimlerinin performansını ölçmek açısından yeterlidir, fakat bu değerlendirmenin mutlak etkinlik bazındaki yorumu ile ilgili ipucu vermez.
- VZA, parametrik olmayan bir teknik olduğu için, sonuçlara istatistiksel hipotez testlerinin uygulanması zordur ve VZA, statik bir analiz şeklindedir, bir tek dönemdeki karar birimi verileri arasında bir kesit analizi yapar.
- Her karar birimi için ayrı bir doğrusal programlama modelinin çözümü gerektiğinden, büyük boyutlu problemlerin VZA ile çözümü, hesaplama açısından zaman alıcı olabilir.

3.2.1.3. TEMEL VERİ ZARFLAMA ANALİZİ MODELLERİ

Veri Zarflama Analizi birçok modelle içiçe geçmiş bir metodoloji ve kavramlar bütünüdür. Veri Zarflama Analizi aşağıdaki modellerle eşzamanlı olarak gelişmiştir:

CCR Oran Yöntemi (1978)

- * Tüm etkinliklerin değerlendirilmesi ile ilgilenir.
- * Kaynakları diğer bir deyişle girdileri tanımlar ve tanımlanmış etkin olmamanın miktarını belirler.

BCC Modeli (1984)

- * Etkin olmamanın teknik ve skaler ayrımını yapar.
- * Verilen operasyon düzeyinde tam teknik etkinliği belirler.

CCR Çıktı Yönlü – Primal Modeli:

$$\begin{aligned} \max z_0 &= \phi \\ \phi Y_{r0} - \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj} + S_r^+ &= 0 \quad r = 1, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} + S_i^- &= X_{i0} \quad i = 1, \dots, m \\ \lambda, S^+, S^- &\geq 0 \end{aligned}$$

CCR Çıktı Yönlü – Dual Modeli:

$$\begin{aligned} \min q_0 &= \sum_{i=1}^m v_i X_{i0} \\ \sum_{r=1}^s \mu_r Y_{r0} &= 1 \\ \sum_{r=1}^s \mu_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} &\leq 0 \quad j = 1, \dots, n \\ \mu, v &\geq 0 \end{aligned}$$

Bu modellerde de **s** çıktı; **m** girdi ve **n** karar verici sayılarını göstermektedir. Bu modellerin yorumu da girdi yönlülere benzerdir. Dual modelde ilgili KVB' nin girdilerinin ağırlıklı ortalamasının minimum yapılması amaçlanmaktadır. Karar vericinin çıktılarının ağırlıklı ortalaması 1'e eşitlenmektedir. Ayrıca her KVB için ağırlıklı çıktı ortalamalarının, ağırlıklı girdi ortalamalarından küçük olması bir diğer şarttır. Bu şarta göre etkinlik değeri hesaplanmak istenen KVB' nin girdilerinin ağırlıklı ortalaması minimum 1 olmaktadır. Böylece etkin bir karar verici için etkinlik değeri 1, etkin olmayan bir karar verici için bu değer 1'den büyük olmaktadır.

CCR Girdi Yönlü – Primal Modeli:

$$\begin{aligned} \min z_0 &= \theta \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj} - S_r^+ &= Y_{r0} \quad r = 1, \dots, s \\ \theta X_{i0} - \sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} - S_i^- &= 0 \quad i = 1, \dots, m \\ \lambda, S^+, S^- &\geq 0 \end{aligned}$$

CCR Girdi Yönlü – Dual Modeli:

$$\begin{aligned} \max w_0 &= \sum_{r=1}^s \mu_r Y_{r0} \\ \sum_{i=1}^m v_i X_{i0} &= 1 \\ \sum_{r=1}^s \mu_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} &\leq 0 \quad j = 1, \dots, n \\ \mu, v &\geq 0 \end{aligned}$$

Dual modelden görüleceği üzere, girdi yönlü CCR modelinde sırayla her bir KVB' nin çıktılarının ağırlıklı ortalaması maksimum yapılmaya çalışılır. Kısıtlarda ise ilgilenilen KVB' nin girdilerinin ağırlıklı ortalaması 1'e eşitlenmiştir, böylece girdilerin ağırlıklı ortalaması her bir KVB için 1 olmaktadır. Daha sonraki kısıt çıktılarının ağırlıklı ortalamasının girdilerin ağırlıklı ortalamasından küçük olmasını sağlamaktadır. Bu sayede çıktı/girdi oranı her bir karar verici için en fazla 1 olabilir. Bu bilgilerin ışığında bir karar verici için bulunabilecek optimum çıktı ortalaması en fazla 1 olabilir, bu ise o karar vericinin etkin olduğu anlamına gelir. Etkin olmayan, yani etkinlik sınırının altında kalan KVB'ler için ise çıktılarının ağırlıklı ortalaması, yani etkinlik değeri 1'den küçük olacaktır.

BCC Girdi Yönlü Primal Modeli:

$$\begin{aligned} \min z_0 &= \theta \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj} - S_r^+ &= Y_{r0} & r &= 1, \dots, s \\ \theta X_{i0} - \sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} - S_i^- &= 0 & i &= 1, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1 \\ \lambda, S^+, S^- &\geq 0 \end{aligned}$$

BCC Girdi Yönlü Dual Modeli:

$$\begin{aligned} \max w_0 &= \sum_{r=1}^s \mu_r Y_{r0} + u_0 \\ \sum_{i=1}^m v_i X_{i0} &= 1 \\ \sum_{r=1}^s \mu_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} + u_0 &\leq 0 & j &= 1, \dots, n \\ \mu, v &\geq 0 \\ u_0 &\text{ serbest} \end{aligned}$$

Dikkat edilirse modeller girdi yönlü CCR modellerine oldukça benzemektedirler. Primal modeldeki fark, λ 'ların toplamının 1'e eşit olmasıdır. Dual modele ise yeni bir değişken (u_0) eklenmiştir. Bu değişikliklerle etkinlik sınırının yapısı değişmiştir. CCR modelinde orijinden geçen etkinlik doğrusu BCC modelinde orijinden geçmek zorunda değildir. Bu yapısıyla BCC modeli CCR modelinden ayrılmaktadır. Modellerin diğer değişkenler açısından yorumunda bir farklılık yoktur.

BCC Çıktı Yönlü Primal Modeli:

$$\begin{aligned} \max z_0 &= \phi \\ \phi Y_{r0} - \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj} + S_r^+ &= 0 & r &= 1, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} + S_i^- &= X_{i0} & i &= 1, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1 \\ \lambda, S^+, S^- &\geq 0 \end{aligned}$$

BCC Çıktı Yönlü Dual Modeli:

$$\begin{aligned} \min q_0 &= \sum_{i=1}^m v_i X_{i0} + v_0 \\ \sum_{r=1}^s \mu_r Y_{r0} &= 1 \\ \sum_{r=1}^s \mu_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} - v_0 &\leq 0 & j &= 1, \dots, n \\ \mu, v &\geq 0 \\ v_0 &\text{ serbest} \end{aligned}$$

Görüldüğü gibi girdi yönlü BCC modelinde olduğu gibi burada da model CCR modeline benzemektedir. Çıktı yönlü CCR modelinden farklı olarak primal modelde λ 'ların toplamı 1'e eşittir. Dual modelde ise v_0 değişkeni kullanılmaktadır. Buradaki amaç ölçüğe göre sabit olmayan getiriye sağlamaktır.

3.2.1.4. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ MODELİNİN UYGULANABİLMESİ İÇİN GEREKLİ ADIMLAR

3.2.1.4.1. GÖZLEM KÜMESİNİN SEÇİLMESİ

Veri Zarflama Analizindeki ilk aşama, birbirleriyle karşılaştırmalı etkinlik ölçümü ölçümü yapılacak olan karar birimlerinin seçimini içerir. Bu birimlerinretim teknolojisi açısından birbirine benzer olmaları, diğer bir değişle gözlem kümesinin “homojen” olması, elde edilecek sonuçların anlamlı olabilmesi açısından çok önemlidir. Bu grubun homojen olması, söz konusu grubu oluşturan karar birimlerinin aynı girdi – çıktı karmalarına sahip olmaları ve dışsal etkenlerin birbirinden çok farklı olmadığı anlamına gelir. Gözlem kümesinin içerdiği karar birimi sayısının belirli bir değerin üstünde olması ile türetilen etkinlik ölçütlerinin birbirinden farklı olması olasılığı sağlanır. Aksi taktirde, herhangi bir çıktı / girdi oranında avantajlı olan karar birimi tüm ağırlıkları kendi açısından en çoklar ve etkinlik sınırına erişir. Bu nedenle, etkinlik ölçümünün anlamlı olabilmesi için gözlem kümesinin seçiminde çok titiz davranılması gerekmektedir.

3.2.1.4.2. GİRDİ VE ÇIKTI KÜMELERİNİN SEÇİLMESİ

Veri tabanlı bir etkinlik ölçüm tekniği olduğundan, Veri Zarflama Analizi ile yapılacak ölçümün sağlıklı olabilmesi göz önüne alınan girdi ve çıktılarının anlamlı olması ile olasıdır. Bu aşamadaki amaç, üretim teknolojisini en iyi şekilde ifade edebilecek girdi ve çıktılarının seçilmesidir. Bu nedenle, üretimle ilişkilendirilebilecek bütün aday girdi ve çıktılarının listesi yapılarak işe başlanmalıdır.

Daha sonra, etkinlik ölçümünü yapacak olan uzmanın görüşü ve bazı ön istatistik analizleri yardımıyla birbiri arasında çok yüksek derece korelasyon bulunan ve üretime direkt etkisi olmayan değişkenler elenmelidir. Girdi ve çıktı sayılarının azaltılmasıyla Veri Zarflama Analizinin ayrıştırma tekniği artar.

Doğal olarak girdi ve çıktı sayısının çok fazla olması karar birimleri sayısının da artmasını gerektirir. Bu da gözlem kümesinin homojenliğini bozar. Verilerin ölçüm hatalarından arındırılması da çok önemli bir faktördür. Hangi girdi ve çıktının üretim teknolojisini en iyi şekilde temsil ettiği, çeşitli girdi – çıktı senaryolarının Veri Zarflama Analizi tekniği ile sınanması yoluyla bulunur. Hiç kuşkusuz, üretim sürecini iyi bir şekilde simgeleyemeyen bir girdi – çıktı modeli sonucu elde edilecek etkinlik ölçütleri de son derece sağlıklı olacaktır.

3.2.1.4.3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE GÖRELİ ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ

Karşılaştırmalı analizi yapacak olan karar birimlerinden oluşan gözlem kümesi ve ilgili girdi – çıktı kümeleri seçildikten sonra, etkinlik ölçümü yapacak olan analist, mevcut üretim ortamı için en uygun olan Veri Zarflama Analizi modelini seçer. Her bir

karar birimi için ilgili doğrusal program “Ağırlıklı” model ya da “Zarflama” modeli çözümlenerek çözüm kümelerine ulaşılır.

3.2.1.4.4. HER BİR KARAR BİRİMİ İÇİN DETAY ANALİZİ

Doğrusal programlardan elde edilen çözüm kümelerinin ışığı altında, etkin olmayan her bir karar biriminin yöneticisine işletmenin etkin duruma dönüştürülebilmesi için ne gibi önlemler alması gerektiğine ilişkin bilgiler türetilir.

3.2.1.4.5. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Veri Zarflama Analizinin son aşamasında, gözlem kümesine ait etkin olan ve etkin olmayan karar birimleri için ortak bulgular araştırılır. Ayrıca, gözlem kümesini oluşturan karar birimlerinin ait olduğu endüstri dalının genel durumu hakkında değerlendirmeler yapılır.

3.2.2. MALMQUIST TOPLAM FAKTÖR VERİMLİLİĞİ İNDEKSİ

Etkinlik ve verimlilik gibi kavramlar, kaynakların sınırlı olduğu dünyamızda her zaman önemli olmuş ve olmaya devam edeceklerdir. Günümüzde yaşanan rekabet, firmaları kaynaklarını en etkin şekilde kullanmaya zorlamaktadır. Bunu sağlamak için firmaların rekabet ettikleri sektör içinde performanslarını görece olarak değerlendirmesi ve etkinlik sınırlarında yer almak için referans almaları gereken işletmeleri belirlemesi gerekir. Firmaların istenilen çıktılarını elde etmek sürecinde girdilerinin hangi seviyeye kadar kullanıldığının belirlenmesinde etkinlik ve verimlilik analizleri çok önemli yönetim araçlarıdır. Günümüzde parametrik olmayan etkinlik/verimlilik analizleri giderek çok daha popüler hale gelip yaygın kullanıma sahip olmaktadır. Bunlardan en sık kullanılanı veri zarflama analizidir. Veri zarflama analizi (VZA), birden çok ve farklı ölçeklerle ölçülmüş ya da farklı ölçü birimlerine sahip girdi ve çıktıların karşılaştırma yapmayı zorlaştırdığı durumlarda, karar birimlerinin görece performansını ölçmeyi amaçlayan doğrusal programlama tabanlı bir tekniktir.

VZA, statik bir analiz şeklindedir, bir tek dönemdeki karar birimi verileri arasında bir kesit analizi yapar ayrıca VZA ile etkinliği saptanmış bir karar birimi daha sonraki dönemlerde etkinliğini yitirebilir ve referans olma özelliğini kaybedebilmektedir. Oysa ki etkinlik değerlendirme sürecinde, zaman içinde etkinliğin nasıl gelişmekte olduğunu incelemek de önem taşımaktadır. Bunun için, zaman boyutunu da içeren Malmquist Toplam Faktör Verimliliği indeksi geliştirilmiştir. Bu indeks, zaman içinde verimliliğin ölçülmesine ilişkin yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu konuda literatürde iki temel makale mevcuttur. Bunlar; Nishimizu ve Page ile Fare, Grosskopf, Norris ve Zhang çalışmalarıdır. İlk çalışmada, Aigner ve Chu'nun doğrusal programlama yaklaşımını kullanarak parametrik üretim sınırının belirlenmesini ve TFV değişiminin etkinlik değişimi ve teknik değişim bileşenlerinin toplamı olarak hesaplanabileceğini göstermiştir. İkinci çalışmada, Caves, Christensen ve Diewert de tanımladığı şekliyle TFV endeksinin ölçümü için VZA temelli bir teknik geliştirmiş ve

bir öncekine benzer şekilde TFV değişiminin etkinlik değişimi ve teknik değişme bileşenlerinin toplamı olarak hesaplanabileceğini göstermiştir. Bu iki çalışma arasındaki önemli fark Nishimizu ve Page parametrik yaklaşım kullanırken Fare, Grosskopf, Norris ve Zhang uzaklık fonksiyonları parametrik olmayan yöntemle belirlemekte ve buradan Malmquist endeksinin hesaplanmasına geçilmektedir

Malmquist indeksinin popüler olmasının üç temel nedeni vardır.

Birincisi, Tornqvist indeksi ve Fisher'in ideal indeksinden farklı olarak toplam faktör verimliliğinin hesaplanabilmesi için maliyetin minimize edilmesi ya da gelirin maksimumlaştırılması gibi varsayımları yoktur.

İkincisi, Tornqvist indeksi ve Fisher'in ideal indeksinin hesaplanmasında gerekli olan fiyatların belirlenmesi gibi bir zorunluluk aranmamaktadır. Bazen ilgili fiyat verileri sağlıklı olmayabilir. Bu durum da Malmquist TFV indeksinin tercihine neden olmaktadır.

Üçüncüsü, panel verileri kullanarak hesaplama yapılabilmektedir.

Ayrıca bunlara ek olarak, uzaklık fonksiyonundan hareketle hesaplanan Malmquist TFV indeksi verimlilikteki değişimleri iki ayrı bileşene göre inceler. Bunlar, *etkinlik değişimi* ve *teknik değişim*dir. Etkinlik değişimi, karar birimlerinin etkin sınıra yaklaşma sürecinin bir değerlendirmesini verirken, teknik değişme etkin sınırın zaman içindeki değişimini verir.

Malmquist Toplam Faktör Verimliliği indeksi konusunda Caves, Christensen ve Diewert (1982) TFV indeksinin ölçümü için VZA temelli bir teknik geliştirmiş, TFV değişiminin etkinlik değişimi ve teknik değişme bileşenlerinin toplamı olarak hesaplanabileceğini göstermiştir. Uzaklık fonksiyonları yardımıyla indeks kurma fikrini ortaya atan Sten Mamquist'den dolayı indekse, Mamquist adı verilmiştir.

Malmquist toplam faktör verimliliği endeksi, ortak teknolojiye göre her bir veri noktasının farklarının oranlarını hesaplayarak, iki veri noktası arasındaki toplam faktör verimliliğindeki değişmeyi ölçer. Bu ölçüm için uzaklık fonksiyonu kullanılmaktadır. Uzaklık fonksiyonu çok-girdili, çok-çıkıtlı üretim teknolojilerini, maliyet minimizasyonu ya da kâr maksimizasyonu gibi hedefleri belirtmeden, tanımlamada kullanılmaktadır. Girdi uzaklık fonksiyonu, çıktı vektörü verildiğinde, oransal olarak en çok büzülen girdi vektörüne bağlı olarak üretim teknolojisi tanımlanır. Benzer olarak, çıktı uzaklık fonksiyonu, girdi vektörü verildiğinde, oransal olarak genişleyen girdi vektörüne bağlı olarak üretim teknolojisini tanımlar.

Çıktıya göre uzaklık fonksiyonu, \vec{x} ile üretilebilecek mümkün \vec{y} lerin kümesi $\Omega(\vec{x})$ ile gösterilmek üzere,

$$d_0^s(\vec{x}, \vec{y}) = \min \left\{ \delta \left| \left(\frac{\vec{y}}{\delta} \in \Omega(\vec{x}) \right) \right. \right\}$$

olarak tanımlanmaktadır. Uzaklık fonksiyonu $d_0(\vec{x}, \vec{y})$ nin alacağı değerler, y vektörü $\Omega(\vec{x})$ sınırı üzerinde ise 1; y vektörü $\Omega(\vec{x})$ içindeki teknik etkin olamayan bir noktayı tanımlıyorsa > 1 ve \vec{y} vektörü $\Omega(\vec{x})$ dışındaki mümkün olmayan bir noktayı tanımlıyorsa < 1 dir.

Fare ve diğerlerinin (1994) makalesi izleyerek, esas alınan t dönemi ve izleyen ($t + 1$) dönemi arasındaki çıktıya göre Malmquist (çıkıtı eksenli) TFV değişim endeksi, uzaklık fonksiyonu çerçevesinde

$$m_0(\vec{x}_t, \vec{y}_t, \vec{x}_{t+1}, \vec{y}_{t+1}) = \sqrt{\frac{d_0^t(\vec{x}_{t+1}, \vec{y}_{t+1})}{d_0^t(\vec{x}_t, \vec{y}_t)} \times \frac{d_0^{t+1}(\vec{x}_{t+1}, \vec{y}_{t+1})}{d_0^{t+1}(\vec{x}_t, \vec{y}_t)}}$$

olarak hesaplanır. Bu gösterimde $d_0^t(\vec{x}, \vec{y})$, ($t + 1$) dönemi gözleminin t dönemi teknolojisinden olan uzaklığını ifade eder. m (.) fonksiyonun değerinin 1 den büyük olması t döneminden ($t + 1$) dönemine TFV’de büyüme olduğunu, 1 den az olması ise aynı dönemler dikkate alındığında TFV’de azalma olduğunu göstermektedir. Yukarıdaki eşitlik başka bir şekilde aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

$$m_0(\vec{x}_t, \vec{y}_t, \vec{x}_{t+1}, \vec{y}_{t+1}) = \frac{d_0^{t+1}(\vec{x}_{t+1}, \vec{y}_{t+1})}{d_0^t(\vec{x}_{t+1}, \vec{y}_{t+1})} \sqrt{\frac{d_0^t(\vec{x}_{t+1}, \vec{y}_{t+1})}{d_0^{t+1}(\vec{x}_t, \vec{y}_t)} \times \frac{d_0^t(\vec{x}_{t+1}, \vec{y}_{t+1})}{d_0^{t+1}(\vec{x}_t, \vec{y}_t)}}$$

Eşitliğin sağ tarafındaki ilk terim t ve dönem ($t + 1$) arasındaki Farell’in çıktıya yönelik etkinlik değişiminin ölçüsüdür. Karekök içindeki ifade ise teknik değişimi göstermektedir.

Malmquist toplam faktör verimliliği endeksinin teknik etkinlikteki değişmeye ve teknolojik değişmeye ayrıştırılması, her iki faktörün toplam faktör verimliliğine olan katkısını belirlenmesine yardımcı olur. Böylece, (3) nolu denklem iki kısma ayrılırsa etkinlikteki ve teknolojideki değişmeyi ayrı ayrı ölçmek mümkün olabilecektir. Buna göre, ED : Etkinlikteki Değişme ve TD : Teknolojik Değişme olmak üzere

$$ED = \frac{d_0^{t+1}(\vec{x}_{t+1}, \vec{y}_{t+1})}{d_0^t(\vec{x}_{t+1}, \vec{y}_{t+1})} \quad TD = \sqrt{\frac{d_0^t(\vec{x}_{t+1}, \vec{y}_{t+1})}{d_0^{t+1}(\vec{x}_t, \vec{y}_t)} \times \frac{d_0^t(\vec{x}_{t+1}, \vec{y}_{t+1})}{d_0^{t+1}(\vec{x}_t, \vec{y}_t)}}$$

şeklinde ifade edilir. (4) nolu eşitlikte, teknik etkinlikte değişme üretim sınırını yakalama etkisi olarak ifade edilirken (5) nolu eşitlikte, teknolojik değişme üretim sınırları eğrisinin kayması olarak ifade edilmektedir.

Diğer yandan, teknik etkinlikteki değişme ile teknolojik değişmenin çarpımı toplam faktör verimliliğindeki değişmeyi vermektedir. Yani,

$$m_0^{t, t+1} = ED \times TD$$

m_0 endeksinin 1'den büyük olması, toplam faktör verimliliğinin t döneminden (t+1) dönemine arttığını, 1'den küçük olması, toplam faktör verimliliğinin t döneminden (t+1) dönemine azaldığını göstermektedir.

4. SONUÇ

VERİMLİ DEĞİL, DAHA VERİMLİ

Verimlilik deyince, belki de ilk dikkat edilmesi gereken noktalardan biri şudur: Verimlilik görelî, eski deyişle nispi bir anlam taşıyor. Bir çalışanın, atölyenin, işletmenin, sektörün ya da ekonominin verimliliğinden söz ederken hep karşılaştırmalar yapmak durumundayız: Başka bir işçiyle, başka bir işletmeyle, başka bir ülkeyle ya da geçen ayla, geçen yılla, geçen 5 yılla... Her neyse. O yüzden “Verimlilik 3’tür, 5’tir, 10’dur, 500’dür” demenin pek bir anlamı yok. “Şu işletmenin verimliliği 5’tir, bunun 7’dir, ötekinin 10’dur” demek gerekiyor. Ya da “Şu sektörde verimlilik geçen yıl şu kadardı, bu yıl şu kadar oldu” dediğimizde anlamlı bir söz etmiş oluyoruz.

Öyleyse, sık sık kullandığımız “verimli olmak” deyişini de gözden geçirmeliyiz. Üretim yapan herkesin, her işletmenin bir verimlilik düzeyi vardır. Bu anlamda, her üretici verimli olur. Önemli olan, neye ve kime göre, ne kadar verimli olduğudur. Dolayısıyla, aslında, “Verimli olmak gerekir” dendiğinde anlatılmak istenen, “verimliliği artırma gereği”dir. Verimli olmak değil, daha verimli olmaktır doğru anlatım biçimi.

Diyelim, bir dizgici aynı araç-gereci kullanarak bir sayfalık metni dün ortalama 5 dakikada, bugün 4.5 dakikada dizmişse, bugün düne göre daha verimli olmuş demektir. Eylül ayında işçi başına 50 çift olan üretim miktarını, ekim ayında 53’e çıkartan bir ayakkabı imalatçısı, işgücü verimliliğini artırdığını söyleyebilir. Ama iş burada bitmiyor elbette. İşgücü verimliliği bakımından ne durumda olduğunu daha iyi anlayabilmek için benzer koşullarda çalışan yurtiçi ve yurtdışındaki başka imalatçılarla da karşılaştırma yapılmalıdır. Ayrıca, işgücü verimliliğini artırırken öteki verimlilik göstergelerinin nasıl değiştiğini görebilmek için sermaye, makine-ekipman, hammadde, malzeme, enerji kullanımını da gözden geçirmek zorundadır.

Verimlilik kavramı, değişim ve gelişme kavramları ile iç içedir. Daha verimli olmak, hem bireyler hem toplumlar için gelişmenin önkoşuludur. Bugün dünden, yarın bugünden daha verimli, dolayısıyla daha gelişmiş bir konumda olabilmek için kendimize, çevremize, işyerimize, ülkemize karşı suya sabuna dokunmaz ve pasif değil, ilgili, yaratıcı ve geliştirici bir tavır içinde olmak zorundayız.

Bir işi planlarken ya da yaparken, şu üç soruyu art arda kendimize soralım: Doğru işi mi yapıyorum? Doğru zamanda mı yapıyorum? Doğru biçimde mi yapıyorum? Her üç soruya da rahatlıkla ve gerçekçi olarak “EVET” yanıtını verebiliyorsak, verimliliğimiz yüksektir ya da daha yüksek olacaktır.

KAYNAKÇA

AKAL., Zühal, İşletmelerde Performans Ölçüm ve Denetimi, Çok Yönlü Performans Göstergeleri, Yayın No: 473, Milli Produktivite Merkezi, Ankara, 2000

ARIKAN Hakan, Verimlilik ve Verimlilik Arttırıcı Teknikler, Hacettepe Üniversitesi Yayınlanmamış Sosyoloji Yüksek Lisans Tezi Ankara - 1993.

BAŞ, İ. Melih, ARTAR, Ayhan, İşletmelerde Verimlilik Denetimi Ölçme ve Değerlendirme Modelleri, MPM, 1991.

BAYSAL, M., E., Veri Zarflama Analizi İle Orta Öğretimde Performans Ölçümü, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1999.

BOUSSOFİANE, A., DYSON R., RHODES E. “Applied Data Envelopment Analysis”, European Journal of Operational Research, Vol.52 No.5, 1991.

CHARNES, A., COOPER, W. W., LEWIN, A.Y., SEIFORD, L. M., Data Envelopment Analysis, Kluwer Academic Publishers, USA, 1994.

CHARNES, A., COOPER, W. W., RHODES, W., Measuring the Efficiency of Decision Making Units, European Journal of Operational Research, Vol.2, 429-444, 1978.

CHARNES, A., COOPER, W. W., SHANLING, L. Using Data Envelopment Analysis to Evaluate Efficiency in the Economic Performance of Chinese Cities, Socio-Econ. Planning Science, Vol. 23, No: 6, 325-344, 1989.

CİNGİ, S ve TARIM, A. (2000), Türk Banka Sisteminde Performans Ölçümü: DEA-Malmquist TFP Endeksi Uygulaması, TBB Araştırma Tebliğleri Serisi 2000-01.

ÇOLAK, Ö., F., ALTAN, Ş., Toplam Etkinlik Ölçümü : Türkiye’deki Özel ve Kamu Bankaları İçin Bir Uygulama, İşletme ve Finans, Sayı : 196, 45 – 55, 2002.

EKREN, N., EMİRAL, F., Türk Bankacılık Sistemindeki Etkinlik Analizi (Veri Zarflama Analizi Uygulaması), Active Bankacılık ve Finans Dergisi, Yıl : 4, Sayı : 24, Sayfa : 6 – 27, 2002.

ELMAS, Pınar., Sanayide Verimlilik Yönetimi, Araştırma ve Meslekleri Geliştirme Müdürlüğü Bülteni, 2002.

GENCER Sadi, Devlet İşletmelerinde Produktivite, Sevk ve İdare dergisi, S.113 Ocak - 1978.

GÜLER, H., ÜNAL, M., Etkinlik Analizi Karar Destek Sistemi (ETAKDS) v1.0, Gazi Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü, Araştırma Projesi, Ankara, 2001.

KARACAER, Ş., Antalya Yöresindeki 4 ve 5 Yıldızlı Otellerde Toplam Etkinlik Ölçümü: Bir Veri Zarflama Analizi Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Haziran, Ankara, 1998.

Milli Prodükktivite Merkezi, Verimliliği Artırıcı Yaklaşım ve Teknikler dizisi.

TARIM, A., Veri Zarflama Analizi : Matematiksel Programlama Tabanlı Görel Etkinlik Ölçüm Yaklaşımı, Sayıştay Yayın İşleri Müdürlüğü, araştırma / İnceleme / Çeviri Dizisi : 15, Ankara, 2001.

TİMUR Hikmet, İş Ölçümü, İş Planlaması, Verimlilik, TODİE Yayını No: 207, Ankara, 1964.

TOKAT Mehmet, Verimliliği Arttırmanın En Etkin Yolu Verimlilik Bilincini Oluşturmaktır. Verimlilik Dergisi MPM özel sayı (25.yıl) Ankara -1995 s. 133

YAVUZ, İlknur. Verimlilik ve Etkinlik Ölçümüne Yeni Yaklaşımlar ve İllere Göre İmalat Sanayiinde Etkinlik Karşılaştırmaları, Milli Prodükktivite Merkezi Yayınları No: 667, Ankara, 2003.

YOLALAN, R, İşletmeler arası Görel Etkinlik Ölçümü, Milli Prodükktivite Merkezi Yayınları: 483, Ankara, 1993.