

VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE OECD ÜLKELERİNİN TELEKOMÜNİKASYON SEKTÖRLERİNİN ETKİNLİĞİNİN ÖLÇÜLMESİ

Oğuz KAYNAR*, Metin ZONTUL**, Hüdaverdi BİRCAN***

Özet

Veri Zarflama Analizi(VZA), çok sayıda girdi ve çıktının söz konusu olduğu organizasyonel birimlerin göreceli etkinliklerini ölçmekte kullanılan doğrusal programlama tabanlı bir tekniktir. 1978 yılında Charnes, Cooper, Rhodes tarafından geliştirilen bu teknik, birden çok girdi ve çıktı faktörünü aynı anda değerlendirmesi, girdi ve çıktılar arasında önceden bilinen analitik bir fonksiyon gerektirmemesi, doğrusal programlama yardımıyla kolayca çözülebilmesi, etkinsizliğin kaynağı ve giderilmesi noktasında karar vericilere alternatif yaklaşımlar sunması nedeniyle kısa sürede popüler hale gelmiş ve bir çok değişik alanda uygulanmıştır. Bu çalışmada, Veri Zarflama Analizi yardımıyla ülkemizin de üyesi bulunduğu OECD ülkelerinin telekomünikasyon sektörlerinin etkinlik skorları ölçülerek karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, ülkemiz telekomünikasyon sektöründe yapılması gereken iyileştirmeler tespit edilmiş ve gerekli görülen öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: VZA, Göreceli Etkinlik Ölçümü, Telekomünikasyon

The Efficiency Measurement Of The Telecommunication Sectors Of The OECD Countries By Using Data Envelopment Analysis The Efficiency

Abstract

Data Envelopment Analysis (DEA) is linear programming technique which is used in relative efficiency measurement of organizational units with multiple inputs and multiple outputs. The technique developed by Charnes, Cooper, Rhodes in 1978 has been popular in a short time and has been used in various areas because of the fact that it evaluates multiple inputs and outputs factors at the same time, it does not require a preknown analytic function between inputs and outputs, it is solved by linear programming easily and it gives an alternative approach to decision makers to determine resource of inefficiency and to eliminate inefficiency. In this study, efficiency scores of telecommunication sectors in the OECD countries have been measured and compared by means of Data Envelopment Analysis. According to analysis results, improvements necessary for our telecommunication sector has been determined and necessary recommendations have been given.

Keywords: DEA, Relative Efficiency Measurement, Telecommunication

* Öğr. Gör. Dr., Cumhuriyet Üniversitesi SMYO Bilgisayar Prog.

** Öğr. Gör. Dr., Cumhuriyet Üniversitesi SMYO Bilgisayar Prog.

*** Yrd. Doç. Dr., Cumhuriyet Üniversitesi İİBF Fakültesi İşletme Böl.

1.GİRİŞ

Parametrik olmayan bir yöntem olan Veri Zarflama Analizi (VZA) ilk olarak Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından önerilmiştir. Önceleri daha çok kar amacı gütmeyen organizasyonlar için kullanılan VZA daha sonraları kar amaçlı şirketler ve işletmeler içinde kullanılmaya başlanmıştır. Yöntem, girdi ve çıktılar arasında fonksiyonu önceden belirli analitik bir yapı gerektirmemesi, aynı anda birden çok girdi-çıkıtı faktörünü bir arada değerlendirebilmesi, doğrusal programlama yardımıyla modellenerek çözülebilmesi ve kolay yorumlanması nedeniyle ilk yayınlandığı 1978 yılından itibaren yoğun bir ilgi görmüştür. Seiford vd. (1990), Seiford (1996) ve Taveres (2002) tarafından yapılan kapsamlı bibliyografik tarama, veri zarflama analizinin tarihsel süreci ve bu gün geldiği noktayı görmek açısından önemlidir.

Charnes vd.(1978), benzer girdiler kullanarak benzer çıktılar üreten, girdiyi çıktıya dönüştürmekten sorumlu birimlere “Karar Verme Birimi (Desicion Making Unit)” adını vermişlerdir. Bu karar verme birimleri kurum, şirket, firma, bölüm, işletme, üniversite olabildiği gibi tek bir kuruma ait girdi ve çıktıları gösteren yıl değerleri de olabilir. Veri Zarflama Analizi ile gözlenen yada incelemeye alınan karar birimleri arasında en az girdi birleşimini kullanarak en çok çıktı birleşimini üreten “en iyi” karar birimleri belirlenebilmektedir. En iyi olarak belirlenen karar birimleri etkinlik sınırını oluştururken herhangi bir karar biriminin etkinliği bu sınıra göre ölçülmektedir. Yöntem, sınır üzerinde yer alan en iyi karar birimlerini etkin olarak değerlendirirken, sınır üzerinde yer almayan diğer karar birimlerini ise etkinsiz olarak değerlendirmektedir. VZA kapsamında görece etkinsiz olarak değerlendirilen karar birimleri için referans kümesinde yer alan etkin karar birimlerine bakılarak, etkinsizliğin kaynağı hakkında yorumlar yürütmek mümkündür. Böylelikle VZA, etkinsiz karar birimlerinin etkinliklerinin iyileştirilmesi için neler yapılması gerektiği noktasında yöneticilere ve karar vericilere yol göstererek yeni açılımlar sunar.

Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından ortaya konan CCR modeli toplam etkinliği ölçmektedir. Toplam etkinlik, teknik etkinlikle, ölçek etkinliğinin birleşiminden oluşmaktadır. Banker, Charnes, Cooper (1984) tarafından ortaya konan BCC modeli yardımıyla saf teknik etkinliği ölçmek mümkün hale gelmiştir. CCR modelin çözümü sonucunda bulunan toplam etkinlik skorunun BCC modeli sonucunda bulunan saf teknik etkinlik skoruna bölünmesiyle ölçek etkinlik skoru elde edilebilmektedir. BCC modelinin CCR modelinden tek farkı, bu modele eklenen konvekslik kısıtından kaynaklanmaktadır. Bu iki modelin dışında toplamsal model, çarpımsal model gibi modeller geliştirilmiştir. (Charnes vd. 1982:223 ; Sueyoshi ve Chang 1989:208)

Etkinlik analizinin bütünü dikkate alındığında etkinsiz olarak değerlendirilen karar birimleri için elde edilen değerlerin güvenilirliğini belirleyen bir çok faktör bulunmaktadır. Etkinsizlik sebebi olarak bazı girdi veya çıktı faktörlerinin modele

dahil edilmemiş olmaları, homojen olmayan karar birimlerinin birlikte değerlendirilmeleri, yönetici tarafından kontrol edilemeyen faktörlerin bulunması ve bunların matematiksel modelde gerektiği şekilde ifade edilememiş olması sayılabilir. Kontrol edilemeyen değişkenler ve homojen olmayan karar birimlerinin çeşitli kategorilere ayrılarak değerlendirilmesi Banker ve Morey (1986a, 1986b) tarafından gerçekleştirilmiştir.

Veri zarflama Analizi uygulanırken hiçbir önsel bilgiye ihtiyaç duyulmamaktadır. Bazı durumlarda analiz sonuçlarında ağırlıkların büyük bir çoğunluğu sıfır değeri alabilmekte yada çok bir kısım ağırlıklar çok büyük değerler alırken bir kısım ağırlıklar ise çok küçük değerler alabilmektedir. Roll vd. (1991:3) tarafından belirtildiği üzere tekniğin en temel sorunlarından bir tanesidir. Bu durumların giderilmesine yönelik olarak Garanti Bölgesi (Assurance Region) ve Koni Oran (Cone Ratio) gibi ağırlıkların sınırlandırılmasına ilişkin yaklaşımlar önerilmiştir. (Roll vd. 1991 ; Roll ve Golany 1993; Charnes vd. ,1990)

Veri zarflama analizi ilk yayınlandığı 1978 yılından itibaren bir çok değişik alanda uygulanmıştır. VZA'nin uygulandığı alanlara örnek olarak, hastaneler, sigorta şirketleri, havayolu şirketleri, hava limanları, eğitim, üretim, elektrik, spor, reklam, otoyollar, bankacılık, tarım, şehirler, bölge ve ülkelerin kıyaslanması, kütüphaneler, oteller, telekomünikasyon sektörü verilebilir.

Telekomünikasyon sektöründe kullanılan donanım ve hizmetlerin tüm sektörlerin lokomotifi konumunda bulunması, sektör tarafından oluşturulan etkileşimli iletişim ağlarının, toplumsal ve ekonomik yaşamın temel ortamı haline gelmesi, temel sektörlerde rekabetin sağlanması ve diğer ülke pazarlarına erişimin kolaylaştırması gibi nedenlerden dolayı telekomünikasyon sektörü ülkelerin geleceğinde önemli bir role sahiptir.

Veri zarflama analizinin telekomünikasyon sektöründe uygulanmasına ilişkin çalışmalar arasında, Sueyoshi(1998), Peng ve Lien (2001), Koski ve Majumdar (2000), Giokas ve Pentzaropoulos (2000), Pentzaropoulos ve Giokas (2002), Uri (2001a,b,c) sayılabilir. Sueyoshi (1998) çalışmasında Japon Nippon Telegraph ve Telophone şirketinin özelleşme öncesi ve sonrası etkinliğini kıyaslamıştır. Çalışmada özelleşme öncesi ve sonrasında şirketin yıllara göre etkinliğindeki değişme incelenmiştir. Giokas ve Pentzaropoulos (2000) çalışmalarında Yunanistan telekomünikasyon şirketi OTE' ye ait ülke bazındaki 36 bölgenin etkinliğini karşılaştırmışlardır. Pentzaropoulos ve Giokas (2002) bir diğer çalışmalarında ise Avrupa da yer alan ana telekomünikasyon işletmelerinin operasyonel etkinliğini kıyaslamışlardır. Uri (2001a) ise Amerikada yer alan telekomünikasyon şirketlerinin üretim etkinliğini incelemiştir.

Bu çalışmada telekomünikasyon sektörünün hem ülkemizdeki durumunu ele almak, hem de gelişmiş ülkelere oranla nerede olduğumuzu görmek amacıyla, telekomünikasyon sektörü incelenmiştir. Bu çerçevede ülkemizin de üyesi olduğu

OECD ülkelerinin telekomünikasyon sektörlerinin etkinliği çeşitli açılardan ele alınarak, veri zarflama analizi yardımıyla karşılaştırılmıştır.

2. VZA MODELLERİ

2.1 CCR Modelleri

VZA tekniği olarak adlandırılan parametrik olmayan programlama yaklaşımı esas olarak kesirli programlama (Fractional Programming) formundadır. Charnes, Cooper ve Rhodes(1978) tarafından geliştirilen bu model, CCR modeli olarak adlandırılır. Veri zarflama analizi modellerinde, birbirleriyle kıyaslanacak N adet karar biriminin olduğu ve her bir karar biriminin m adet girdi kullanarak s adet çıktı ürettiği varsayılır. Bu durumda her hangi bir k , ($k = 1, \dots, N$) karar biriminin etkinliği Eşitlik 2.1 verilen kesirli programlama modelinin çözümünden elde edilir.

Model FP_i

$$\max \theta = \frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik}} \quad 2.1$$

st.

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_{rj} y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{ij} x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, N$$

$$u_{rk}, v_{ik} \geq 0, \quad r = 1, \dots, s ; \quad i = 1, \dots, m$$

Modelde kullanılan semboller aşağıda verildiği şekilde tanımlanır;

x_{ik} : Etkinliği ölçülen k karar birimine ait i . girdi miktarı,

y_{rk} : Etkinliği ölçülen k karar birimine ait r . çıktı miktarı,

x_{ij} : j . karar biriminin kullandığı i . girdi miktarı,

y_{rj} : j . karar biriminin kullandığı r . çıktı miktarı,

u_{rk} : k . karar birimi tarafından r . çıktıya verilen faktör ağırlığı,

v_{ik} : k . karar birimi tarafından i . girdiye verilen faktör ağırlığı,

Eşitlik 2.1'de verilen kesirli programlama modeli her bir karar birimi ayrı ayrı çözülür. N adet optimizasyon problemi içerisinde sadece amaç fonksiyonu

değişecek fakat kısıtlar aynı kalacaktır. Çözüm sonrasında, her bir karar birimi kendi toplam faktör verimliliğini maksimum yapacak ağırlıkları belirler ve bu ağırlıklar $v_{1k}^*, v_{2k}^*, \dots, v_{mk}^*$ ve $u_{1k}^*, u_{2k}^*, \dots, u_{sk}^*$ şeklinde ifade edilir. Daha sonra bu ağırlık değerleri kullanılarak optimum etkinlik değeri olan θ^* elde edilir. θ^* değeri kısıtlardan dolayı 1.0 değerini geçemez. Hesaplamalar sonucunda θ^* , 1.0 olarak bulunursa ilgili karar biriminin toplam etkin olduğuna 1.0 dan küçük bulunduğu ise ilgili karar biriminin toplam etkin olmadığına karar verilir.

Etkinliği ölçülen karar birimi kendisi için en avantajlı olan faktör ağırlıklarını belirlerken bazı faktörler için bu ağırlıklar sıfır değerini alabilmektedir. Bu durum, ilgili girdi ve çıktı faktörü modelde kullanılmasına karşılık, etkinlik skorunu etkilememesine yol açacaktır. Bu sorunun çözüme ilişkin olarak Charnes vd.(1979), Eşitlik 2.1 ile verilen modelde yer alan $u_{rk} \geq 0$ ve $v_{ik} \geq 0$, kısıtlarının $u_{rk} \geq \varepsilon$ ve $v_{ik} \geq \varepsilon$ şeklinde değiştirilmesini önermişlerdir. ε sabiti, pratikte 10^{-6} gibi küçük bir değerdedir.

Eşitlik 2.1 ile verilen kesirli programlama modeli, çözümü daha kolay olan doğrusal programlama (Linear Programming) modeline dönüştürülerek, simplex algoritması yardımıyla kolaylıkla çözülebilir. Çarpan modeli olarak da isimlendirilen bu model Eşitlik 2.2 de verilmiştir. (Cooper vd, 2000:23)

Model LP_i

$$\max \theta = \sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk} \quad 2.2$$

st

$$\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik} = 1 \quad j = 1, \dots, N$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ij} \leq 0$$

$$u_{rk}, v_{ik} \geq 0, \quad r = 1, \dots, s ; \quad i = 1, \dots, m$$

Dönüşüm işlemi sırasında Eşitlik 2.1 ile verilen kesirli formdaki amaç fonksiyonun paydası normalize edilip 1.0 değerine eşitlenerek doğrusal programlama modelinde kısıtların olduğu yere yerleştirilmiştir. Daha sonra kesirli programlama modelinde verilen kısıtın her iki tarafı payda değeri ile çarpılarak düzenlenmiştir. Paydada yer alan değer pozitif bir reel sayı olduğundan eşitsizliğin her iki tarafının da aynı reel sayı ile çarpılması eşitsizliği bozmayacaktır.

Eşitlik 2.2 ile verilen model çözümü sonucunda, etkinliği ölçülen k karar birimi için $\theta^* = 1$, $v_{ik}^* > 0$ ve $u_{rk}^* > 0$ olmak üzere en az bir v^*, u^* optimal çözümü varsa karar birimi k etkindir. Diğer durumlarda ise karar birimi k etkin değildir. Etkin olmayan bir karar birimi için $j \in \{1, 2, \dots, N\}$ ve

$$\mathfrak{R}_k = \left\{ j : \sum_{r=1}^s u_{rk}^* y_{rj} = \sum_{i=1}^m v_{ik}^* x_{ij} \right\}$$

olursa bu küme karar birimi k için referans kümesini oluşturacaktır. Bu küme aynı zamanda etkinlik sınırını oluşturan kümenin de bir alt kümesidir. Her ne kadar bulunan ağırlık değerleri karar birimi k için seçilmiş olsalar da başka karar birimleri için bu ağırlıklar daha uygun olabilmekte ve kısıtın her iki tarafını eşitleyerek etkinlik değerini 1.0 yapabilmektedir. İşte bu tip karar birimleri sınır üzerinde yer alarak k karar birimi için referans kümesini yada diğer bir deyişle rol modellerini tanımlarlar. Bu durumda etkin olmayan karar birimi k , girdilerini belirli bir oranda azaltarak kendisine referans olan bu karar birimlerinin doğrusal kombinasyonları sonucunda oluşan ve etkin olan hipotetik karar birimine benzemeye çalışacaktır.

Kısıt sayısının daha az olması ve yönetsel açıdan önemli bilgiler içermesi nedeniyle Eşitlik 2.2 verilen matematiksel modelin dual formu da incelenmelidir. Zarflama modeli olarak da adlandırılan bu model Eşitlik 2.3 olarak verilmiştir. (Cooper vd. 2000:43)

Model DLP_i

2.3

min θ

st

$$\theta x_{ik} - \sum_{j=1}^N x_{ij} \lambda_{jk} - s_{ik}^- = 0 \quad i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^N y_{rj} \lambda_{jk} = y_{rk} + s_{rk}^+ \quad r = 1, \dots, s$$

$$s_{ik}^-, s_{rk}^+, \lambda_{jk} \geq 0, \theta \text{ kısıtsız} \quad j = 1, \dots, N$$

Dual modelde yer alan θ ve λ_{jk} dual değişkenleri yönetsel açıdan önemli bilgiler içermektedir. Dual değişken θ 'nın yorumlanması kolaydır. Doğrusal programlamadaki dualite teoremi gereğince, optimal bir çözüm bulunması durumunda Eşitlik 2.2 verilen primal modelle, Eşitlik 2.3 ile verilen dual modelin amaç fonksiyonlarının değeri bir birine eşittir. θ etkinlik skorunu gösterirken

λ_{jk} değişkeni referans kümenin belirlenmesinde kullanılır. $\lambda_{jk} > 0$ olan karar birimleri etkin olarak değerlendirilir ve bu karar birimleri, etkin olmayanlar için referans kümesini oluştururlar. Genellikle, eğer k etkin ise, o zaman referans kümesindeki tek karar birimi kendisi olacaktır ve dual değişken, λ_{kk} 'nın değeri 1.0'a eşit bulunacaktır. Modelde yer alan s_{ik}^- ve s_{rk}^+ değişkenleri ise, sırasıyla girdilerdeki fazlalığı ve çıktılardaki eksikliği gösteren aylak değişkenlerdir.

Modelin çözümü sonucunda elde edilen optimal değerler θ^* , s_{ik}^- , ve s_{rk}^+ şeklinde tanımlanırsa, etkinliği ölçülen karar birimi k için aşağıdaki durumlardan biri geçerli olacaktır. (Copper vd ,2000:45)

i) $\theta^* < 1$ ise karar birimi k etkin değildir. Çünkü LP_i ve DLP_i aynı optimal amaç değerine sahiptir.

ii) Eğer $\theta^* = 1$ ve aylak değişkenlerden herhangi birinin değeri sıfırdan farklı ise ($s_{ik}^- \neq 0, s_{rk}^+ \neq 0$) karar birimi k etkin değildir. Tümleyici aylaklık teoremi gereği, dual modeldeki pozitif aylak değişkenlere karşılık gelen, primal modeldeki v_{ik}^* ve u_{rk}^* değişkenler sıfıra eşit olmak zorundadır. Bu değişkenlerden (v_{ik}^* ve u_{rk}^*) birinin sıfır olması durumunda ise $\theta^* = 1$ olsa dahi karar birimi k tam etkin olarak değerlendirilmez.

iii) Eğer $\theta^* = 1$ ve tüm aylak değişkenler sıfır ise ($s_{ik}^- = 0, s_{rk}^+ = 0$) tümleyici aylaklık teoremi gereği, aylak değişkenlere karşılık gelen tüm v_{ik}^* ve u_{rk}^* pozitif olacağından karar birimi k etkin olarak değerlendirilir.

Etkin olmayan k bir karar birimi için, $\lambda_{jk}^* > 0$ değerini alan tüm karar birimleri, etkin olmayan bu karar biriminin referans kümesini oluştururlar. Bu küme $\mathfrak{R}_k = \{j \mid \lambda_{jk}^* > 0, j \in (1, 2, \dots, N)\}$ şeklinde ifade edilir. Eğer k karar birimi girdi ve çıktılarını, referans küme içerisindeki karar birimlerinin doğrusal kombinasyonları ile oluşturulacak rol modelin girdi ve çıktılarıyla aynı yapabilirse etkin duruma gelebilecektir. Rol modelin koordinatları $\hat{x}_{ik}, \hat{y}_{rk}$ şeklinde tanımlanırsa ;

$$\hat{x}_{ik} = \sum_{j \in \mathfrak{R}_k} x_{ij} \lambda_{jk} \quad \text{ve} \quad \hat{y}_{rk} = \sum_{j \in \mathfrak{R}_k} y_{rj} \lambda_{jk}$$

şeklinde ifade edilir. Rol model karar birimi k 'ya oranla daha az girdi kullanarak daha çok çıktı üretmiş ve etkin olarak değerlendirilmiştir. Rol modelin koordinatları etkinlik skoru ve aylak değişkenler yardımıyla da tanımlanabilir. Bu

durumda $\hat{x}_{ik} = \theta^* x_{ik} - s_{ik}^-$, $\hat{y}_{rk} = y_{rk} + s_{rk}^+$ şeklinde ifade edilir. Verilen ifadeye göre etkin olmayan karar birimi k , eğer tüm girdilerini θ^* oranında daraltır ve girdilerindeki fazlalıkları (s_{ik}^-) çıkarabilirse, rol modelle aynı girdilere sahip olacaktır. Benzer şekilde eğer çıktılardaki eksiliğini, aylak değişkenler adar (s_{rk}^+) kadar artırabilirse rol modeli ile aynı çıktı vektörüne sahip olacaktır. Sonuç olarak karar birimi k , girdi ve çıktılarında bahsedilen iyileştirmeleri gerçekleştirdiği takdirde etkin olarak değerlendirilecektir (Cooper vd., 2000:47-48).

Eşitlik 2.1, 2.2 ve 2.3 ile verilen modeller girdi yönelimli modeller olarak adlandırılır. Girdiye yönelik modeller, çıktılar sabit tutularak girdilerin ne oranda azaltılabileceğini incelerken, çıktıya yönelik modeller, girdileri sabit tutarak çıktılarının ne oranda artırılması gerektiği incelerler.

Çıktıya yönelik kesirli programlama modeli (FP_o) Eşitlik 2.4'te verilmiştir. Modelden de görüleceği üzere, FP_o modeli girdiye yönelik olarak verilen FP_i modeline çok benzemektedir. FP_i amaç fonksiyonundaki kesrin pay ve paydası yer değiştirmiş ve amaç fonksiyonu maksimum yerine minimum olarak değiştirilmiştir.

Model FP_o

$$\min \varphi = \frac{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik}}{\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk}} \quad 2.4$$

st.

$$\frac{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ij}}{\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rj}} \geq 1 \quad j = 1, \dots, N$$

$$u_{rk}, v_{ik} \geq 0 \quad r = 1, \dots, s ; \quad i = 1, \dots, m$$

Kısıtlardan dolayı amaç fonksiyonunun değeri 1.0'den daha küçük olamaz. Eğer amaç fonksiyonunun değeri 1.0 olarak bulunursa karar biriminin etkin olduğuna 1.0 dan daha büyük bir değer bulunması durumunda ise karar biriminin etkin olmadığına karar verilir. Karar birimleri için bulunacak olan faktör ağırlıkları ile ilgili yorumlar FP_i modeli için yapılan yorumlarla aynıdır. Kesirli

formda verilen FP_o modelinin, çarpan ve zarflama modelleri Eşitlik 2.5 ve 2.6'da verilmiştir.

Çarpan Modeli:

Model LP_o

$$\min \varphi = \sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik} \quad 2.5$$

st

$$\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk} = 1 \quad j = 1, \dots, N$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ij} \leq 0$$

$$u_{rk}, v_{ik} \geq 0, \quad r = 1, \dots, s ; \quad i = 1, \dots, m$$

Zarflama Modeli:

Model DLP_o :

$$\max \varphi_k \quad 2.6$$

s.t

$$\varphi_k y_{rk} + t_{rk}^+ = \sum_{j=1}^N y_{rj} \mu_{jk} \quad r = 1, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^N x_{ij} \mu_{jk} = x_{ik} - t_{ik}^- \quad i = 1, \dots, m$$

$$t_{ik}^-, t_{rk}^+, \mu_{jk} \geq 0, \theta \text{ kısıtsız} \quad j = 1, \dots, N$$

Girdi yönelimli DLP_i modeli ile çıktı yönelimli DLP_o modeli arasında $\lambda = 1/\mu$ ve $\theta = 1/\varphi$ olacak şekilde sıkı bir ilişki vardır. Gerekli dönüşümler yapılarak iki model arasında geçiş yapılabilir. Girdi odaklı modelin çözülmesi ile çıktı odaklı modelin çözüm kümesi de elde edilebilir ($\lambda^* = 1/\mu^*$, $\theta^* = 1/\varphi^*$).

$\theta^* \leq 1$ olma şartı $\varphi^* \geq 1$ olma şartını beraberinde getirir. Ölçeğe göre sabit getiri durumunda karar birimlerinin etkinlik değerleri girdiye ve çıktıya yönelik olarak değişiklik göstermez. Çıktıya yönelik modellerde sınır içerisinde yer alan ve etkin olmayan birimleri için $\varphi^* > 1$ olur. Dual modellerde θ^* değeri girdi vektörü için minimum radyal daralmayı ifade ederken φ^* değeri ise çıktı vektörü için maksimum radyal genişleme oranını ifade eder. Kısacası çözüm sonucunda

bulunan φ^* genişleme oranının tersi, ilgili karar birimi için etkinlik değerini verecektir. Dolayısı ile karar birimlerinin etkinliği yine $0 < 1/\varphi^* \leq 1$ aralığında kalacaktır. φ^* değeri ne kadar büyük olursa ilgili karar birimi için etkinlik değeri o oranda küçük olacaktır. Eğer $\varphi^* = 1$ ve tüm aylak değişkenlerin değeri sıfır ise çıktı vektöründe herhangi bir genişlemeye ihtiyaç olmadığı ve ilgili karar biriminin etkin sınır üzerinde yer aldığı söylenir.

2.2 BCC MODELLERİ

CCR modelleri ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında karar birimlerinin toplam etkinliğini belirlemek için kullanılır. BCC modelleri ise ölçeğe göre değişen getiri altında etkinlik skorunu ölçmektedir ki bu varsayım altında bulunan etkinlik skorları teknik etkinlik olarak adlandırılır. Teknik etkinlik skorunun belirlenmesiyle ölçek etkinlik skorunu da ölçmek mümkün hale gelmiştir. Eldeki girdi bileşiminin en uygun biçimde kullanılarak mümkün olan maksimum çıktının üretilmesindeki başarı teknik etkinlik, ve uygun ölçekte üretim yapmadaki başarı da ölçek etkinliği olarak adlandırılır. Toplam etkinlik skoru ise her iki etkinlik skorunun çarpımı olarak tanımlanır.

Banker, Charnes ve Cooper(1984) tarafından geliştirilen BCC modeline ilişkin zarflama modeli aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned}
 & \text{Model } DLP_{BCCi} & 2.7 \\
 & \min \theta_B \\
 & \text{st} \\
 & \theta x_{ik} - \sum_{j=1}^N x_{ij} \lambda_{jk} - s_{ik}^- = 0 & i = 1, \dots, m \\
 & \sum_{j=1}^N y_{rj} \lambda_{jk} = y_{rk} + s_{rk}^+ & r = 1, \dots, s \\
 & \sum_{j=1}^N \lambda_j = 1 \\
 & s_{ik}^-, s_{rk}^+, \lambda_{jk} \geq 0, \theta \text{ kısıtsız} & j = 1, \dots, N
 \end{aligned}$$

CCR ve BCC modellerinin dual formları arasındaki tek fark $\sum_{j=1}^N \lambda_j = 1$

kısıtından kaynaklanmaktadır. Bu kısıt, konvekslik kısıtı olarak adlandırılır ve etkinlik sınırının ölçeğe göre değişen getiri özelliği göstermesine neden olur.

Üretim sınırının ölçüğe göre değişken getiri özelliği göstermesinden dolayı BCC modeli yardımıyla hesaplanan teknik etkinlik skorları girdi ve çıktıya yönelik olarak farklı değerler alır. Oysa CCR modelinde her iki durumda da hesaplanan toplam etkinlik skoru aynı değere sahiptir. Teknik etkinlik skorunun BCC modelinin çözümü sonucunda bulunması, Toplam etkinlik skorunun da CCR modeli ile bulunması, Ölçek etkinlik skorunun aşağıda verilen tanım çerçevesinde hesaplanmasına olanak verir.

$$\theta_{ölçek} = \frac{\theta_{toplam}}{\theta_{teknik}} = \frac{\theta_{CCR}}{\theta_{BCC}}$$

3. UYGULAMA

OECD üyesi ülkelerin telekomünikasyon sektörlerinde karşılaştırma ve performans kıyaslaması yapmak amacıyla 2 farklı model oluşturulmuş ve incelemeler bu modeller üzerinden gerçekleştirilmiştir. Analiz kapsamında kullanılan modeller ve bu modellere ilişkin girdi-çıktı değişkenleri Tablo 3.1'de verilmiştir.

Ülkelerin operasyonel etkinliğini ölçmek için, yoğunlukta mali bilgileri içeren değişkenlerin kullanıldığı M1 modeli geliştirilmiştir. Operasyonel yada işletimsel etkinlik, var olan telekomünikasyon alt yapısı ve yatırımlar üzerinden elde edilen telekomünikasyon gelirlerinin büyüklüğünün bir göstergesi olarak yorumlanmaktadır. M1 modeli yardımıyla OECD ülkelerinin en az girdi ile en çok telekomünikasyon geliri elde etmedeki performanslarının ölçülmesi amaçlanmaktadır. Bu çerçevede oluşturulan M1 modeli, 4 girdi ve 3 çıktıdan oluşmaktadır. Modelin girdileri, yatırım ve ithalat giderleri, personel sayısı, sabit telefon hat sayısı ve mobil abone sayısı şeklindedir. Modelin çıktıları ise sabit telekomünikasyon gelirleri, mobil telekomünikasyon gelirleri ve ihracat gelirleri oluşturmaktadır.

Su, elektrik ve altyapı hizmetleri gibi, telekomünikasyon hizmetleri de ayırım gözetmeksizin isteyen her bireye ülkelerin sunması gereken temel hizmetlerin başında yer alır. Telekomünikasyon hizmetlerinin ülke genelindeki yaygınlığını gösteren en önemli parametreler abone yoğunluklarıdır. OECD ülkelerindeki telekomünikasyon hizmetlerinin yaygınlığına ilişkin etkinliği ölçmek amacıyla M2 modeli oluşturulmuştur. M2 modeli 1 adet sanal girdi ve 5 adet çıktıdan oluşmaktadır. Sanal girdi değeri bütün ülkeler için 1'e eşitlenmiştir. Modelin çıktıları ise 4 farklı abone yoğunluğu (sabit hat, mobil, internet ve kablo-tv) ve nüfus değişkeni oluşturmaktadır. Nüfus değişkeninin değeri, karar verici tarafından artırılıp azaltılmadığından dolayı, bu değişken kontrol edilemeyen değişken olarak adlandırılır. Nüfus değişkeninin kontrol edilemeyen bir çıktı değişkeni olarak modele dahil edilmesinin nedeni, nüfusu yüksek olan

ülkelerin düşük abone yoğunluklarına sahip olmalarından kaynaklanan dezavantajlı durumu ortadan kaldırmaktır.

Tablo 3.1 Çalışmada kullanılan model ve değişkenler

Model M1 : Operasyonel etkinlik modeli		
Değişken	G/Ç	Açıklama
Yatırım+İthalat (milyon \$)	G	Sabit ve mobil telekom altyapısının bakımı, genişletilmesi, yenilenmesi için yapılan harcamaları ve her türlü telekomünikasyon cihazının (santral, verici, radyo link cihazları, transmisyon, telefon cihazı, vb.) ithalatını kapsar.
Toplam personel sayısı	G	Sabit ve mobil telekom sektöründe çalışanların toplam sayısıdır.
Sabit telefon hat sayısı (bin)	G	Sabit telekom alt yapısının büyüklüğünü gösteren en önemli değişkendir.
Mobil telefon abone sayısı (bin)	G	Mobil sektörün büyüklüğünü ifade eder.
Sabit telefon gelirleri (milyon \$)	Ç	Telefon görüşmeleri, teleks, data gelirlerini (internet, kiralık hat vb) toplamını ifade eder.
Mobil telefon gelirleri (milyon \$)	Ç	Telefon görüşmeleri, kısa mesaj ve data ve haber servislerinden elde edilen gelirlerdir.
İhracat gelirleri (milyon\$) (ihracat)	Ç	Her türlü telekomünikasyon cihazının ihracından elde edilen gelirleri kapsar.
Model M2 : Abone yoğunlukları ve hizmet yaygınlığı etkinlik modeli		
Sanal Girdi	G	Bütün ülkeler için 1
Sabit telefon hat yoğunluğu	Ç	100 kişiye düşen sabit telefon sayısı
Mobil abone yoğunluğu	Ç	100 kişiye düşen cep telefonu sayısı
İnternet abone yoğunluğu	Ç	100 kişiye düşen internet abone sayısı
Kablo-tv abone yoğunluğu	Ç	1000 kişiye düşen kablo-tv abone sayısı
Nüfus	Ç	Kontrol edilemeyen değişken olarak alınmıştır.

Modellerde kullanılan veriler 2002 yılına ait olup, OECD tarafından yayınlanan “OECD Communication Outlook 2003” adlı kaynaktan ve “ITU World Telecommunication Database” isimli veri tabanı programından elde edilmiştir. Modellerin çözümünde ise “DEA Solver” adlı program kullanılmıştır.

Abone sayısı 1 milyonun altında yer alan İzlanda ve Lüksemburg gibi ülkeler her iki modelde içinde analize dahil edilmemiştir. M1 modeli girdi ve çıktıya yönelik olarak, M2 modeli ise sadece çıktıya yönelik olarak 2. bölüm kapsamında ele alınan CCR ve BCC modelleri ile çözülmüştür. CCR modeli ile elde edilen toplam etkinlik skorlarının, BCC modeliyle elde edilen saf teknik etkinlik skorlarına bölünmesi ile ölçek etkinlik skorları ayrıca hesaplanmıştır.

Operasyonel etkinlikle ilgili M1 modeline göre elde edilen analiz sonuçları Ek-1'de verilmiştir. Girdiye ve çıktıya yönelik olarak değerlendirilen 28 ülkeden 6 ülke toplam etkin, 9 ülke teknik etkin, 6 ülke ise ölçek etkin bulunmuştur. Girdi ve çıktıya yönelik modellerde ölçek etkinlik skorları genel olarak yüksek bulunmuştur. Bu sonuç, analiz kapsamında değerlendirilen ülkelerin genel olarak uygun ölçekte faaliyet gösterdikleri şeklinde yorumlanabilir.

Girdi yönlü modellerde en kötü toplam ve ölçek skoruna Slovak cumhuriyeti (0.3604) sahipken, en kötü teknik etkinlik skoruna (0.5373) sahip ülke Polonya bulunmuştur. Analiz sonucunda Japonya, ABD, Norveç, Finlandiya, İrlanda ve İsveç toplam etkin olarak değerlendirilmiştir. Toplam etkinlik sıralamasında en alt dört sırada yer alan ülkeler ise sırasıyla Yunanistan, Polonya, Çek cumhuriyeti ve Slovak Cumhuriyeti'dir. Türkiye ise girdi yönlü modellerde 0.7309'luk toplam etkinlik skoru ile 18. sırada yer alırken, 0.7557 lik teknik etkinlik skoruyla 22. sırada yer almıştır. Türkiye için girdiye yönelik ölçek etkinlik skoru ise 0.9672'dir. Ayrıca toplam etkin olarak değerlendirilen ülkeler yanında, Kore, Slovak cumhuriyeti ve Yeni Zelanda teknik etkin olarak değerlendirilmiştir.

Slovak cumhuriyeti teknik etkin ülkeler arasında yer almasına karşın, toplam etkinlik sıralamasında en son sırada yer almıştır. Bu durum, Slovak Cumhuriyetinin ölçek etkinlik skorunun (0.3604) çok düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Teknik etkin olan Slovak cumhuriyeti, çalıştığı ölçek büyüklüğünden kaynaklanan dezavantajlı durum nedeniyle toplam etkin olarak değerlendirilememiştir. Ölçeğe göre getirinin yönü incelendiğinde, Slovak cumhuriyetinin ölçeğe göre artan getiriye sahip olduğu görülür. Sembolik olarak anlatılacak olursa, ölçeğe göre artan getiriye sahip etkin olmayan ülkeler, girdilerinde meydana getirebilecekleri bir birimlik artış ile bir birimden daha fazla çıktı artışı sağlayabilecekken, daha az üretmeyi tercih etmek zorunda kalmışlardır. Bu demektir ki, söz konusu ülkeler bir birimlik artıştan daha fazla çıktı üretip, gelişme potansiyelini sonuna kadar kullanabilecekken bir takım dışsal nedenlerden dolayı (ki bu nedenler dezavantajlı coğrafi yapı, nüfus, iklim şartları vb. şekilde ifade edilebilir) kapasitelerinin altında üretmeyi tercih etmişler ve etkisizliklerini artırmışlardır.

M1 modelinin çıktıya yönelik analiz sonuçları, girdiye yönelik modellerde elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Girdiye yönelik modellerde olduğu gibi çıktıya yönelik modellerde de en kötü toplam ve ölçek etkinlik skoruna (0.3604) Slovak cumhuriyeti sahipken, en kötü teknik etkinlik skoruna (0.5181) sahip ülke yine Polonya olmuştur. Girdiye yönelik incelemelerde toplam ve teknik etkin olarak değerlendirilen ülkeler, aynı zamanda çıktıya yönelik olarak da toplam ve teknik etkin olarak değerlendirilmişlerdir.

Girdi yönlü M1 modelinde ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında Türkiye için referans kümesini Norveç ve ABD oluşturmaktadır. Ölçeğe göre değişken getiri altında ise Türkiye'nin referans kümesinde Japonya, Norveç, ABD yer

almaktadır. Kısaca Türkiye referans kümesinde yer alan ülkelerin oluşturacağı hipotetik karar birimini, kendisine rol model olarak, girdi ve çıktılarında gerekli iyileştirmeleri yapıp, rol modelin girdi ve çıktı değerlerine ulaşabilirse etkin hale gelebilecektir.

Türkiye'nin girdi ve çıktılarında yapması gereken iyileştirmeler, ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında Tablo 3.2'de verilmiştir. Türkiye, toplam etkinsizliğin yanında, girdi ve çıktıları arasındaki oransızlık nedeniyle karışım etkinsizliğine de sahiptir. Girdi ve çıktılara ait aylak değişkenlerin sıfırdan farklı bulunması karışım etkinsizliğinin göstergesidir. Aylak değişkenlerden dolayı girdilerde ve çıktılarda yapılması gereken iyileştirme yüzdeleri birbirinden farklı bulunmuştur. Toplam çalışan sayısı ve sabit telefon hat sayısına ilişkin aylak değişkenler sıfır olarak bulunsaydı, Türkiye tüm girdilerini %26.1 daha azaltarak yada tüm girdilerini etkinlik skoru (0.7309) oranında daraltarak etkin hale gelebilecekti. Girdilerdeki bu daralma sonrasında eğer aylak değişkenler kadar ek iyileştirme yapılabilirse Türkiye etkin olabilecektir. Tablodaki sonuçlara göre, Türkiye'nin etkin olarak değerlendirilmesi için, yatırım ve ithalatı gösteren girdisini %26,91, toplam çalışan sayısını %57.61, sabit telefon hat sayısını %76,68 oranında azaltıp, mobil telekom gelirlerindeki eksikliğini de %129.31 oranında artırması gerekmektedir.

Tablo 3.2 Girdi yönlü M1 modelinde Türkiye için yapılması gereken iyileştirmeler

Etkinlik skoru(θ^*): 0.7309					
	Mevcut değer	Olması gereken	Fark	Yüzde (%)	Aylak değerler
Yat+ithalat	3 155	2 306.0014	-848.99856	-26.91	0
Top. çalışan sayısı	69 940	29 650.268	-40 289.732	-57.61	21 469.143
Sabit telefon hat sayısı	18 959	4 421.2307	-14 537.769	-76.68	9 435.9741
Mobil abone sayısı	18 420	4 857.0878	-13 562.912	-73.63	8 606.1599
Sabit telekom gelirleri	5 130	5 130	0	0.00	0
Mobil telekom gelirleri	758	1 738.1439	980.14392	129.31	980.14392
İhracat	938	938	0	0.00	0

Benzer bir analiz, çıktıya yönelik olarak da gerçekleştirilebilir. Ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında Türkiye'nin mevcut altyapısıyla çıktılarında yapması gereken iyileştirmeler Tablo 3.3' de verilmiştir.

Türkiye tüm çıktıların $(1/\theta^* - 1) = (1.3682 - 1) = 0.3682 = \%36.82$ kadar daha artırıp mobil gelirlerindeki eksikliğini gidererek, girdilerdeki fazlalıklardan kurtulabilirse, etkin olarak değerlendirilecektir. Tablo 3.3'de görüleceği üzere Türkiye, sabit telekom gelirlerini ve ihracat gelirlerini %36.82, mobil gelirlerini %213 oranında artırırsa bile etkin olamayacaktır. Türkiye çıktılarında bu iyileştirmeleri yaparken, girdi değişkenleri içinde toplam çalışan sayısında %42, sabit telefon hat sayısında %68 ve Mobil abone sayısında %63.9 ek bir iyileştirme

yapmak durumundadır. Çünkü rol model olan karar birimi daha az girdiyle bu çıktıları üretmektedir.

Tablo 3.3 Çıktı yönlü M1 modelinde Türkiye için yapılması gereken iyileştirmeler

Etkinlik skoru (θ^*) : 0.7309, Çıktıya ilişkin genişleme faktörü (φ^*) : 1.3682					
	Mevcut değer	Olması gereken	Fark	Yüzde (%)	Aylak değerler
Yat+ithalat	3 155	3155	0	0.00	0
Toplam çalışan sayısı	69 940	40 566.582	-29 373.418	-42.0	29 373.418
Sabit telefon hat sayısı	18 959	6 048.9914	-12 910.009	-68.0	12 910.009
Mobil abone sayısı	18 420	6 645.3176	-11 774.682	-63.92	11 774.682
Sabit telekom gelirleri	5 130	7 018.7077	1 888.7077	36.82	0
Mobil telekom gelirleri	758	2 378.0749	1 620.0749	213.73	1 341.0027
İhracat	938	1 283.3427	345.34265	36.82	0

M2 Modelinin çözümlenmesi ile elde edilen sonuçlar Ek-2'de verilmiştir. Tablodan da görüleceği üzere CCR ve BCC modelleri için bulunan sonuçlar aynıdır. Bu durum karar birimlerinin ölçek etkinlik skorlarının 1.0 olduğunu gösterir.

M2 modeline göre değerlendirilen 27 ülkeden 7 tanesi hem teknik hem de toplam etkin olarak bulunmuştur. En düşük toplam ve teknik etkinlik skoruna (0.2526) Meksika sahiptir. Toplam ve teknik etkin olarak değerlendirilen ülkeler referans kümelerinde yer alma sayılarına göre sırasıyla, İtalya, İsveç, Hollanda ABD, Norveç, İsviçre ve Kore'dir. Japonya, Almanya, Fransa gibi gelişmiş ülkeler nüfuslarının çok olmasından dolayı diğer ülkelere göre yeterli büyüklükte abone yoğunluğu sağlayamadıklarından etkin olamamışlardır. Etkinlik sıralamasında en kötü beş ülke ise sırasıyla, Macaristan, Polonya, Slovak cumhuriyeti, Türkiye ve Meksika'dır.

Türkiye 0.3741'lık etkinlik skoru ile Meksika dan sonra en düşük etkinlik skoruna sahip ülke olarak değerlendirilmiştir. Türkiye sabit ve mobil alt yapı büyüklüğüne rağmen nüfusunun fazla olması nedeniyle çok düşük abone yoğunluklarına sahip bir yapı sergilemektedir. Analiz sonuçları da bu gerçeği doğrulamaktadır. Nüfus büyüklüğünün çıktı olarak modele dahil edilmesine karşın Türkiye'nin etkinlik skoru yinede çok düşük bulunmuştur.

M2 modelinin çözümünde Türkiye'nin referans kümesini İsviçre ve ABD oluşturmaktadır. Türkiye'nin etkin olarak değerlendirilebilmesi çıktılarında yapması gereken iyileştirme miktarları hesaplanarak Tablo 3.4'de sunulmuştur. Sonuçlara göre, Türkiye sabit hat yoğunluğunu %56.5'e, mobil abone yoğunluğunu %56.7'ye, internet yoğunluğunu %33.17'ye ve 1000 kişi başına düşen kablo-tv abone sayısını 220'ye çekebilirse etkin olarak değerlendirilecektir. Bu değerlerde göstermektedir ki, Türkiye için kablo-tv ve internet hizmeti yüzde olarak en çok

artırılması gereken hizmetlerdir. Türkiye gerek internet abone sayısında gerekse kablo-tv abone sayısında OECD ortalamasının çok altında değerlere sahiptir.

Tablo 3.4 Çıktı yönlü M2 modelinde Türkiye için yapılması gereken iyileştirmeler

Etkinlik skoru: θ^* 0.3741, Çıktıya ilişkin genişleme faktörü : φ^* 2.7628				
	Mevcut Değer	Olması Gereken	Fark	Yüzde (%)
Sanal girdi	1	1	0	0.00
Sabit hat yoğunluğu %	27.6	56.50	28.90	104.70
Mobil abone yoğunluğu %	26.8	56.07	29.27	109.22
internet yoğunluğu %	4.97	33.17	28.20	567.42
1000 kişi başına kablo-tv oranı	13	229.95	216.95	999.90
Nüfus	68,610	68,610	0	0.00

4. SONUÇ

Analiz sonucunda, tüm ülkeler için girdi yönlü teknik etkinlik skorları, çıktı yönlü teknik etkinlik skorlarından daha büyük çıkmıştır. Bu durum, ülkelerin daha etkin olarak değerlendirilebilmeleri için, telekomünikasyon alt yapısı üzerinden sundukları hizmet ve gelirleri daha da artırmaları gerektiğini göstermektedir. Ayrıca tüm modeller için ölçek etkinlik skorları genel olarak yüksek bulunmuştur. Bu durum, karşılaştırılan ülkelerin genellikle uygun ölçekte faaliyette bulduklarını göstermektedir. Etkin olmayan ülkelerin ölçek özellikleri incelendiğinde ise, ülkelerin tamamına yakınının ölçeğe göre artan getiriye sahip olduğu görülmüştür. Bu durum ise, telekomünikasyon sektöründe girdide yapılacak bir birimlik artışla, bir birimden daha fazla hizmet ve gelir üretilebileceğinin bir göstergesidir.

İşletimsel etkinliğin incelendiği M1 modelinin çözümü sonucunda, girdiye ve çıktıya yönelik olarak değerlendirilen 28 ülkeden, 6 ülke toplam etkin, 9 ülke teknik etkin, 6 ülke ise ölçek etkin bulunmuştur. Japonya, ABD etkin olarak değerlendirilen ülkeler içerisinde, en çok referans alan ülkeler olmuştur. Bu sonuç göstermektedir ki etkin olmayan ülkeler, işletimsel açıdan kendilerini bu ülkelere benzetmeye çalışmışlardır. Toplam etkinlik skorunda en kötü ülkeler ise Yunanistan, Polonya, Çek cumhuriyeti ve Slovak cumhuriyeti olmuştur.

M1 modelinin çözümü sonucunda, Türkiye 0.7309'luk toplam etkinlik skoru, 0.7557'lik girdiye yönelik teknik etkinlik skoru, 0.7747'lik çıktıya yönelik teknik etkinlik skorlarıyla, etkisiz olarak değerlendirilmiştir. Türkiye bu skorlarla 28 ülke içerisinde toplam etkinlik sıralamasında 18., girdiye yönelik teknik etkinlik sıralamasında 22. ve çıktıya yönelik etkinlik sıralamasında ise 19. sırada yer almıştır. Sabit telekomünikasyon altyapısının büyüklüğü açısından dünyada 12.

sırada yer alan Türkiye, aynı başarıyı, bu alt yapıyı verimli şekilde işleterek, yüksek değerlerde telekomünikasyon geliri elde etmede gösterememiştir.

Telekomünikasyon hizmetlerinin yaygınlığını ölçmek üzere kullanılan M2 modelinin çözümü sonucunda, tüm ülkelerin ölçek etkinlik skorları 1.0 olarak bulunmuştur. Bunun sonucu olarak da, tüm ülkeler için toplam ve teknik etkinlik skorları eşit çıkmıştır. Bu model için karşılaştırılan 27 ülkeden 7 tanesi etkin bulunmuştur. Etkin ülkeler arasında en çok referans verilen 3 ülke içerisinde, İtalya 13, İsveç 12 ve ABD 9 kere referans gösterilmiştir. Bu modelde en düşük etkinlik skorları beklendiği üzere Türkiye ve Meksika için elde edilmiştir. Bunun nedeni bu iki ülkenin sabit, mobil, internet ve kablo-tv abone yoğunlukları açısından en düşük değerlere sahip ülkeler olmalarından kaynaklanmaktadır.

Çalışma sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda, ülkemiz telekomünikasyon sektörü, her iki modelde etkin olarak değerlendirilmemiştir. Özellikle hizmet yaygınlığı ölçüldüğü modellerde, çok düşük skorlar elde ederek, karşılaştırılan ülkeler arasında sondan 3. sırada yer almıştır. İşletimsel etkinliğin ölçüldüğü M1 modelinde ise 28 ülke arasında 18. sırada yer almıştır. Çalışmanın uygulama kısmında her model için, Türkiye'nin etkinsizliğinin hangi nedenlerden kaynaklandığı ve etkinsizliğinin giderilebilmesi için girdi ve çıktı miktarlarında yapması gereken iyileştirmeler ayrıca incelenmiştir.

VZA kapsamında elde edilen sonuçlar dönemsel olduğundan, ileriki yıllar için çalışmanın tekrarlanması, ülkemiz telekomünikasyon sektörünün ve rakiplerinin durumunun yeniden gözden geçirilmesini sağlayacaktır. Elde edilecek sonuçlara bağlı olarak da, ülkemiz telekomünikasyon sektörünün daha etkin çalışması için gerekli tedbirler ve önlemler alınabilecektir.

EK-1 İşletimsel etkinlik (M1) modelinin etkinlik skorları

OECD Ülkeleri	CCR-I	BCC-I	Ölçek Etk.-I	Ölçek Getirisi	CCR-O	BCC-O	Ölçek Etk.-O	Ölçek Getirisi
Avustralya	0.7499	0.7885	0.9511	Sabit	0.7499	0.7980	0.9398	Sabit
Avusturya	0.7666	0.8911	0.8603	Artan	0.7666	0.8540	0.8977	Artan
Belçika	0.7959	0.8568	0.9290	Artan	0.7959	0.8366	0.9513	Artan
Kanada	0.8004	0.8459	0.9463	Artan	0.8004	0.8347	0.9590	Artan
Çek Cum.	0.4338	0.6694	0.6480	Artan	0.4338	0.5471	0.7930	Artan
Danimarka	0.6113	0.8445	0.7238	Artan	0.6113	0.7470	0.8183	Artan
Finlandiya	1.0000	1.0000	1.0000	Sabit	1.0000	1.0000	1.0000	Sabit
Fransa	0.7236	0.7255	0.9974	Sabit	0.7236	0.7256	0.9972	Sabit
Almanya	0.9270	0.9701	0.9556	Sabit	0.9270	0.9704	0.9552	Sabit
Yunanistan	0.5974	0.6212	0.9617	Artan	0.5974	0.5983	0.9985	Artan
Macaristan	0.7366	0.7727	0.9533	Artan	0.7366	0.7523	0.9792	Artan
İrlanda	1.0000	1.0000	1.0000	Sabit	1.0000	1.0000	1.0000	Sabit
İtalya	0.6498	0.6499	0.9998	Sabit	0.6498	0.6505	0.9989	Sabit
Japonya	1.0000	1.0000	1.0000	Sabit	1.0000	1.0000	1.0000	Sabit
Kore	0.9492	1.0000	0.9492	Azalan	0.9492	1.0000	0.9492	Azalan
Meksika	0.7013	0.8005	0.8761	Sabit	0.7013	0.8622	0.8134	Sabit
Hollanda	0.6372	0.6802	0.9367	Artan	0.6372	0.6590	0.9669	Artan
Yeni Zelanda	0.9038	1.0000	0.9038	Artan	0.9038	1.0000	0.9038	Artan
Norveç	1.0000	1.0000	1.0000	Sabit	1.0000	1.0000	1.0000	Sabit
Polonya	0.5178	0.5373	0.9636	Artan	0.5178	0.5181	0.9993	Sabit
Portekiz	0.6593	0.7939	0.8304	Artan	0.6593	0.7568	0.8712	Artan
Slovak Cum.	0.3064	1.0000	0.3064	Artan	0.3064	1.0000	0.3064	Artan
İspanya	0.8243	0.8342	0.9881	Artan	0.8243	0.8311	0.9917	Artan
İsveç	1.0000	1.0000	1.0000	Sabit	1.0000	1.0000	1.0000	Sabit
İsviçre	0.7841	0.9785	0.8014	Artan	0.7841	0.9700	0.8084	Artan
Türkiye	0.7309	0.7557	0.9672	Sabit	0.7309	0.7747	0.9434	Sabit
İngiltere	0.8929	0.9067	0.9848	Sabit	0.8929	0.9051	0.9865	Sabit
ABD	1.0000	1.0000	1.0000	Sabit	1.0000	1.0000	1.0000	Sabit

M1 modeli için etkin bulunan ülkeler ve referans kümede yer alma sayıları

	Japonya	ABD	Finlandiya	Norveç	İrlanda	İsveç			
CCR-I	19	16	10	10	1	0			
CCR-O	19	16	10	10	1	0	Yeni Zelanda	Slovak Cum.	Kore
BCC-I	15	13	10	11	5	0	12	0	0
BCC-O	16	15	9	11	5	0	11	0	0

Ek-2 Hizmet yaygınlığı modelinin (M2) etkinlik skorları

OECD ülkeleri	CCR-O	BCC-O	Ölçek Etk.-O
Avustralya	0.7674	0.7674	1.0000
Avusturya	0.9888	0.9888	1.0000
Belçika	0.9538	0.9538	1.0000
Kanada	0.9256	0.9256	1.0000
Çek Cumhuriyeti	0.7893	0.7893	1.0000
Danimarka	0.9900	0.9900	1.0000
Finlandiya	0.9747	0.9747	1.0000
Fransa	0.9130	0.9130	1.0000
Almanya	0.9376	0.9376	1.0000
Macaristan	0.5958	0.5958	1.0000
İrlanda	0.8538	0.8538	1.0000
İtalya	1.0000	1.0000	1.0000
Japonya	0.8661	0.8661	1.0000
Kore	1.0000	1.0000	1.0000
Meksika	0.2816	0.2816	1.0000
Hollanda	1.0000	1.0000	1.0000
Yeni Zelanda	0.7452	0.7452	1.0000
Norveç	1.0000	1.0000	1.0000
Polonya	0.5667	0.5667	1.0000
Portekiz	0.9308	0.9308	1.0000
Slovak Cum.	0.4822	0.4822	1.0000
İspanya	0.8553	0.8553	1.0000
İsveç	1.0000	1.0000	1.0000
İsviçre	1.0000	1.0000	1.0000
Türkiye	0.3741	0.3741	1.0000
İngiltere	0.9550	0.9550	1.0000
ABD	1.0000	1.0000	1.0000

M2 modeli için etkin bulunan ülkeler ve referans kümede yer alma sayıları

	ABD	İsveç	İtalya	Hollanda	Norveç	Kore	İsviçre
CCR-I	9	12	13	10	5	1	1
BCC-O	9	12	13	10	5	1	1

KAYNAKÇA

- Banker, R.D., A. Charnes, W.W. Cooper,(1984),“Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis”, *Management Science*, Vo 130, 1078-1092
- Banker, R.D., R. C. Morey, (1986a)“Efficiency Analysis for Exogenously Fixed Inputs and Outputs”, *Operations Research* Vol 34(4), 513-523.
- Banker, R.D., R. C. Morey, (1986b), “The Use of Categorical variables in Data Envelopment Analysis”, *Management Science*, Vol 32(12), 1613-1627.
- Charnes A., W.W. Cooper, E. Rhodes, (1978), “Measuring The Efficiency of Decision Making Units”, *European Journal of Operations Research*, Vol 2, 429-444
- Charnes, A., W.W. Cooper, E. Rhodes, (1979), “Short communication: Measuring the efficiency of decision making units”, *European Journal of Operational Research*, 3:339
- Charnes,A., W. W. Cooper., L. Seiford., J. Stutz, (1982),“Multiplicative model for efficiency analysis” *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol 16, 223-224
- Charnes,A., W. W. Cooper., Q.L. Wei, D.B.,Sun, (1990), “Polyhedral Cone Ratio DEA Models with an Illustrative Application to Large Commercial Banks”, *Journal of Econometrics*. Vol 46, 73-91
- Cooper, W.W., L.M. Seiford, K.Tone, (2000), *Data Envelopment Analysis A Comprehensive Text With Models,Applications, Referances And Dea Solver*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht
- Giokas, D. I., G. C. Pentzaropoulos,(2000),“Evaluating Productive Efficiency in Telecommunications: Evidence from Greece”, *Telecommunications Policy*, Vol 24, 781-794
- Koski, H.A, S.K Majumdar,(2000), “Convergence in Telecommunications Infrastructure Development in OECD countries”, *Information Economics and Policy*, Vol 12,111-131
- Lien,D.,Y.Peng,(2001), “Competition and Production Efficiency: Telecommunications in OECD countries”, *Information Economics and Policy*, Vol 13(1), 51-76
- Pentzaropoulos, G. C., D. I. Giokas,(2002), “Comparing the Operational Efficiency of the main EuropeanTelecommunications organizations: A quantitative Analysis”, *Telecommunications Policy*, Vol 26,595-606

- Roll, Y., B. Golany,(1993),“Alternate Methods of Treating Factor Weights in DEA”,*Omega International Journal of Management Science*, Vol 21, 99-109
- Roll,Y., W. D. Cook, B. Golany,(1991),“Controlling Factor Weights in Data Envelopment Analysis”, *IIETransactions*, Vol 23, 2-9
- Seiford,L.M., R.M. Thrall, (1990), “Recent Developments in DEA”, *Journal of Econometrics*. Vol 46, 7-38.
- Seiford,L.M.,(1997),“A bibliography for Data Envelopment Analysis (1978-1996)”, *Annals of Operations Research*. Vol 73, 292-438
- Sueyoshi T., Y. L. Chang, (1989), “Efficient algorithm for additive and multiplicative models in Data Envelopment Analysis”, *Operations Research Letters*, Vol 8, 205-213
- Sueyoshi, T.,(1998), Privatization of Nippon Telegraph and Telephone: Was it a Good Policy Decision?”, *European Journal of Operational Research*,107(1), 45-61
- Tavares, G., (2002), “A bibliography of Data Envelopment Analysis (1978-2001), RUTCOR Research Report”, *RRR 01-02*
- Uri N. D., (2001a), “Incentive Regulation and the Change in Productive Efficiency of Local Exchange Carriers”, *Applied Mathematical Modelling*, Vol 25, 335
- Uri, N. D.,(2001b),“The effect of incentive Regulation on Productive Efficiency in Telecommunications”, *Journal of Policy Modeling*, Vol 23, 825-846
- Uri, N. D.,(2001c), “Changing Productive Efficiency in telecommunications in the United States”, *International Journal of Production Economics*, Vol 72, 121-137