

OECD ÜLKELERİNİN TELEKOMÜNİKASYON SEKTÖRLERİNİN ETKİNLİĞİNİN VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE ÖLÇÜLMESİ-2

Oğuz KAYNAR^(*)
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. Bu çalışmada, Veri Zarflama Analizi yardımıyla ülkemizin de üyesi bulunduğu OECD ülkelerinin telekomünikasyon sektörlerinin etkinlik puanları 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

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. 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

I.Giriş

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.

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 Telephone 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

^(*) Öğr.Gör.Dr.Cumhuriyet Üniversitesi SMYO Bilgisayar Programlama

^(**) Yrd.Doç.Dr. Cumhuriyet Üniversitesi İİBF İşletme Bölümü

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.

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.

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 Modelleri

Charnes vd (1978), benzer girdiler kullanarak benzer çıktılar üreten, girdiyi çıktıya dönüştürmekten sorumlu birimlere “Karar Verme Birimi (Decision Making Unit, DMU)” 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 birden çok girdi ve çıktıya sahip bu karar birimlerinin göreceli etkinliği ölçülebilmektedir.

Veri Zarflama Analizi’nde karar verme biriminin etkinlik skoru toplam faktör verimliliğinden faydalanılarak, çıktıların ağırlıklı toplamının girdilerin ağırlıklı toplamına bölünmesiyle tanımlanmaktadır. Her bir karar biriminin kendi etkinlik skorunu en büyük yapacak şekilde girdi ve çıktı ağırlıklarını seçebileceği ve aynı ağırlık değerleri altında tüm diğer karar birimlerinin etkinlik skorlarının bire eşit yada daha küçük olacağı varsayılmaktadır. Bu kısıtlar altında çözülen modelin amaç fonksiyonunun değeri bire eşit olan karar birimleri etkin olarak değerlendirilir ve sınır üzerinde yer alırlar. Etkin sınır üzerinde yer almayan yani etkinlik skoru birden küçük olan karar birimleri ise etkinsiz olarak nitelendirilir. VZA kapsamında göreceli olarak 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.

A. 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

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

kısıtlar

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

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

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 için 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 göreceli etkin olduğuna 1.0 dan küçük bulunduğu ise ilgili karar biriminin göreceli 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 çözümü 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

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

kısıtlar

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

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

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

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 dual model Eşitlik 2.3 olarak verilmiştir. (Cooper vd. 2000:43)

Model DLP_i

min θ
kısıtlar

2.3

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

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

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

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. Tümlayıcı 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

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

kısıtlar

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

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

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

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

kısıtlar

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

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

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

Zarflama Modeli:

Model DLP_o :

$\max \varphi_k$

2.6

kısıtlar

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

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

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

kısıtsız

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.

B. BCC Modelleri

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 ölçeğe 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.

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

II. Uygulama

OECD üyesi ülkelerin telekomünikasyon sektörlerinde karşılaştırma ve performans kıyaslaması yapmak amacıyla, daha önce yapılmış çalışmamıza bir alternatif olmak üzere, 2 farklı yeni model oluşturulmuş ve incelemeler bu

modeller üzerinden gerçekleştirilmiştir (Kaynar ve ark, 2005). Analiz kapsamında kullanılan modeller ve bu modellere ilişkin girdi-çıkıtı değişkenleri Tablo 3.1’de verilmiştir.

Günümüzde kamusal ve ticari alandaki bir çok faaliyet, telekomünikasyon alt yapısı üzerinden sunulan bilişim hizmetleriyle gerçekleşmektedir. Hayatımıza her geçen gün daha çok giren e-devlet, e-ticaret, e-öğrenme, e-üniversite gibi kavramlar önümüzdeki yıllarda daha da yaygınlaşarak, gerek bireysel gerekse toplumsal hayatın vazgeçilmez unsurları olacaklardır. OECD ülkelerinde, telekomünikasyon alt yapısı üzerinden sağlanan bilişim hizmetlerindeki etkinliğini ölçmek amacıyla M1 modeli geliştirilmiştir. M1 modeli 2 adet girdi ve 3 adet çıktıdan oluşmaktadır. Modelin girdilerini, telekomünikasyon alt yapısının büyüklüğünü gösteren sabit telefon hat sayısı ve mobil abone sayısı oluşturmaktadır. Modelin çıktılarını ise internet abone sayısı, ülke isimlerinin kısaltmaları ile sonlanan web sayfası adedi (www ve http ile başlayanların tümü) ile, güvenli iletişim protokollerini kullanan ana bilgisayar sayısı oluşturmaktadır. Güvenli iletişim protokolünü kullanan ana bilgisayar sayısının büyüklüğü, o ülkedeki e-ticaretin gelişmişliğini gösteren en önemli parametrelerden birisidir. Bilişim sektöründeki çalışanların sayısı ve ülkelerdeki toplam bilgisayar sayıları ile ilgili veri bulunamadığından dolayı bu değişkenler modele dahil edilmemiştir.

Tablo1: Çalışmada Kullanılan Model ve Değişkenler

Model M1 : Bilişim etkinliği modeli		
Sabit telefon hat sayısı	G	
Mobil telefon abone sayısı	G	
İnternet abone sayısı	Ç	Farklı teknolojiler üzerinden internete bağlanan abone sayılarının toplamıdır.
Web sayfası sayısı	Ç	
Ana bilgisayar sayısı	Ç	Sadece veri iletişimi sırasında güvenli socket katman (Secure Socket Layer) protokolünü kullanan ana bilgisayar sayısı dikkate alınmıştır.
Model M2 : Personel etkinlik modeli		
Toplam personel sayısı	G	
Toplam telekom geliri	Ç	Sabit ve mobil telekom gelirlerinin toplamıdır.
Sabit telefon hat sayısı	Ç	
Mobil telefon abone sayısı	Ç	
İnternet abone sayısı	Ç	
Kablo-tv abone sayısı	Ç	

G: Girdi Ç: Çıktı

İkinci model olarak sektörde çalışan personelin etkinliğini ölçmek amacıyla M2 modeli oluşturulmuştur. Telekomünikasyon sektöründe personel

etkinliğini ölçmek amacıyla en çok kullanılan göstergeler, personel başına telekom geliri, personel başına sabit hat sayısı, personel başına mobil abone sayısı şeklindeki oranlardır. Bu nedenle M2 modelinin girdi değişkenini personel sayısı, modelin çıktılarını ise, toplam telekomünikasyon geliri, sabit hat sayısı, mobil abone sayısı, internet abone sayısı ve kablo tv abone sayısı oluşturmaktadır.

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.

Çalışmamızda tüm modellerin çözümünde “DEA Solver” adlı paket program kullanılmıştır. M1 ve M2 modeli girdi ve çıktıya yönelik olarak, CCR ve BCC modelleri ile incelenmiştir. Daha öncede açıklandığı gibi girdiye yönelik modeller, en azından var olan çıktı seviyesi garanti ederken, girdilerde ne oranda azaltma yapılabileceğini gösterir. Çıktıya yönelik modeller ise, girdi seviyesini koruyarak çıktılarda ne oranda artış yapılması gerektiğine ilişkin bilgiler vermektedir. Analiz kapsamında oluşturulan iki model için de CCR modeli ile elde edilen toplam etkinlik skorlarının, BCC modeliyle elde edilen saf teknik etkinlik skorlarına bölünmesi ile ölçek etkinlik skorları ayrıca hesaplanmıştır.

OECD ülkelerinde telekomünikasyon alt yapısı üzerinden sağlanan bilişim hizmetlerindeki etkinliği ölçmek amacıyla geliştirilen M1 modelinin çözümüne ilişkin sonuçlar Ek-1’ de verilmiştir. Tablo 3.2’de ise bu sonuçlar özetlenmiştir.

Bilişim hizmetlerindeki etkinliğini ölçme kapsamında 25 ülke analize dahil edilmiştir. Girdiye yönelik modellerde 4 ülke toplam etkin, 8 ülke teknik etkin, 4 ülke ise ölçek etkin olarak değerlendirilmiştir. Çıktıya yönelik gerçekleştirilen analizlerde de benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 2: Bilişim Hizmetleri Etkinlik Modeli (M1) Skorları

	CCR-I	BCC-I	Ölçek Etk.-I	CCR-O	BCC-O	Ölçek Etk.-O
Etkin ülke sayısı	4	8	4	4	8	4
Etkin olmayan ülke sayısı	21	17	21	21	17	21
Ortalama etkinlik skoru	0.5512	0.7296	0.7443	0.5512	0.6447	0.8664
Standart sapma	0.3017	0.2762	0.2489	0.3017	0.3317	0.1376
En büyük etkinlik skoru	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
En küçük etkinlik skoru	0.0996	0.2552	0.1854	0.0996	0.1219	0.4808

Ek 1’de görüldüğü gibi, girdi yönlü modelde en kötü toplam etkinlik skoruna Macaristan (0.1603), Meksika (0.1502), Yunanistan (0.0996) sahipken

en kötü teknik etkinlik skorlarına, Türkiye (0.2688), Meksika(0.2678) ve Fransa (0.2551) sahip olmuştur. Girdiye yönelik ölçek etkinlik skorunda ise Macaristan (0.2043) ve Yunanistan (0.1854) en düşük skora sahip ülkeler olmuşlardır. Çıktıya yönelik yapılan analizlerde ise en kötü toplam etkinlik skorları Türkiye (0.1789), Macaristan(0.1603), Meksika (0.1502) ve Yunanistan da (0.0996) görülmüştür. Çıktıya yönelik teknik etkinliğin karşılaştırılmasında ise son sırayı Yunanistan (0.0122) alırken, ölçek etkinlik skorunda en son sırada Finlandiya (0.4808) yer almıştır.

Etkin olmayan ülkelerin referans kümesinde yer alan etkin ülkeler incelenecek olursa; girdiye yönelik CCR modelinde en çok referans alan ülkeler sırasıyla ABD (21), Kore(20), Almanya(1) ve Kanada(1) olmuştur. Girdiye yönelik teknik etkinlik modelinde ise en çok referans alan ülkeler sırasıyla Danimarka (13), ABD(9), Kore(8), Norveç (6), Finlandiya (2), Avusturya (2), Almanya(1), Kanada (0) olmuştur. Çıktıya yönelik toplam etkinlik modelinde en çok referans alan ülkeler girdiye yönelik modeldekilerle aynı sonuçlara sahiptir. Teknik etkinlik sonuçları incelendiğinde ise en çok referans alan ülkeler sırasıyla, Danimarka (14), ABD(13), Kore (12) Almanya (3), Finlandiya (2), Kanada (2), Norveç (2), Avusturya (2) olmuştur.

Çıktı yönlü M1 modelinde Türkiye'nin toplam etkin olarak değerlendirilebilmesi için girdi ve çıktılarında yapması gereken iyileştirmeler Tablo 3.3'de verilmiştir.

Tablo 3: Çıktı Yönlü M1 Modelinde Türkiye için Yapılması Gereken İyileştirmeler

Etkinlik skoru(θ^*) : 0.1789, Çıktıya ilişkin genişleme faktörü (φ^*) : 5.5896						
	Mevcut değer	Olmaması gereken	Fark	Fark (%)	Yüzde	Aylak değerler
Sabit telefon hat sayısı	18,959	18,959	0	0.00		0
Mobil abone sayısı	18,420	18,420	0	0.00		0
İnternet abone sayısı	3,412	19,071.85	15,659.85	458.96		0
Ana bilgisayar sayısı	400	2,235.86	1,835.86	458.96		0
Toplam web sayfası	65,855	716,639.26	65,0784.26	988.21		348,533.58

Türkiye için referans kümesini Kanada, Kore ve ABD oluşturmaktadır. Referans kümesindeki ülkeler için λ değerleri sırayla $\lambda_{Kanada} = 0.0667$, $\lambda_{Kore} = 0.5510$, $\lambda_{ABD} = 0.0132$ şeklindedir(Ek-3). Referans kümede yer alan etkin karar birimlerinin, λ değerleri oranındaki doğrusal kombinasyonları sonucunda oluşacak hipotetik karar biriminin koordinatları, Türkiye'nin

ulaşması gereken koordinatlar olacaktır. Hesaplamalar aşağıda verildiği şekildedir.

$$(\hat{x}_k, \hat{y}_k) = \left(\sum_{j \in \mathfrak{N}_k} x_j \lambda_j, \sum_{j \in \mathfrak{N}_k} y_j \lambda_j \right)$$

$$\text{hipotetik karar birimi } \hat{x}_k = \begin{bmatrix} \hat{x}_1 \\ \hat{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Kanada} & \text{Kore} & \text{ABD} \\ 21,435 & 27,213 & 192,994 \\ 10,858 & 29,046 & 128,500 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.0667 & 0.5510 & 0.0132 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 18,959 \\ 18,420 \end{bmatrix}$$

$$\text{hipotetik karar birimi } \hat{y}_k = \begin{bmatrix} \hat{y}_1 \\ \hat{y}_2 \\ \hat{y}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Kanada} & \text{Kore} & \text{ABD} \\ 9,772 & 31,271 & 90,407 \\ 7,768 & 562 & 106,884 \\ 1,078,849 & 531,788 & 26,697,304 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.0667 & 0.5510 & 0.0132 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 19,071 \\ 2,235 \\ 716,639 \end{bmatrix}$$

Türkiye bilişim sektöründe sahip olduğu girdilerle, üretmesi gereken çıktıları üretememiş ve bu noktada etkinsiz olarak değerlendirilmiştir. Türkiye'nin mevcut çıktıları ile olması gereken çıktıları arasında çok büyük farklar gözlemlenmiştir. Bunun sonucu olarak Türkiye'nin bilişim etkinlik skoru 0.1789 gibi oldukça küçük bir değer çıkmıştır. Türkiye'nin bilişim sektöründe etkin hale gelebilmesi için mevcut internet abone sayısını % 458.9 oranında artırarak 3,142,000' den, 19,071,850'e, güvenli iletişim protokolü kullanan ana bilgisayar sayısını 400'den 2,235'e ve toplam web sayfası sayısını 65,855'den 716,639'a yükseltmesi gerekmektedir.

Türkiye'nin bilişim hizmetlerinde etkin olması için sahip olması gereken girdi ve çıktı değerleri, etkinlik skoru yardımıyla da hesaplanabilir.

Eğer Türkiye tüm çıktılarını etkinlik skorunun tersi ($\phi^* = 1/\theta^*$) oranında genişletebilir, varsa girdilerindeki fazlalığı ve çıktılarındaki eksiklikleri giderebilirse etkin olarak değerlendirilecektir. Rol model olan hipotetik karar biriminin koordinatları ,

$$\hat{x}_k = x_k - s^-, \quad \hat{y}_k = \phi^* y_k + s^+$$

$$\text{hipotetik karar birimi } \hat{x}_k = \begin{bmatrix} \hat{x}_1 \\ \hat{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Türkiye} \\ 18,959 \\ 18,420 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{Aylak Değ.} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 18,959 \\ 18,420 \end{bmatrix}$$

$$\hat{y}_k = \begin{matrix} \text{hipotetik karar birimi} \\ \begin{bmatrix} \hat{y}_1 \\ \hat{y}_2 \\ \hat{y}_3 \end{bmatrix} \end{matrix} = 5.5896 \times \begin{matrix} \text{Türkiye} \\ \begin{bmatrix} 3,412 \\ 400 \\ 65,855 \end{bmatrix} \end{matrix} + \begin{matrix} \text{Aylak Değ.} \\ \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 348,533 \end{bmatrix} \end{matrix} = \begin{bmatrix} 19,071 \\ 2,235 \\ 716,639 \end{bmatrix}$$

şeklinde hesaplanır. Sonuçlarda göstermektedir ki, Türkiye bilişim sektöründe sahip olduğu girdilerle, üretmesi gereken çıktıları üretememiş ve bu noktada etkinsiz olarak değerlendirilmiştir. Türkiye'nin mevcut çıktıları ile olması gereken çıktıları arasında çok büyük farklar gözlemlenmiştir. Bunun sonucu olarak Türkiye'nin bilişim etkinlik skoru 0.1789 gibi oldukça küçük bir değer çıkmıştır. Türkiye'nin bilişim sektöründe etkin hale gelebilmesi için mevcut internet abone sayısını % 458.9 oranında artırarak 3,142,000' den, 19,071,850'e, güvenli iletişim protokolü kullanan ana bilgisayar sayısını 400'den 2,235'e ve toplam web sayfası sayısını 65,855'den 716,639'a yükseltmesi gerekmektedir.

Bilişim hizmetlerine ilişkin ortalama etkinlik skorları incelendiğinde, girdiye yönelik modellerde 12 ülkenin toplam etkinlik skorunun, 15 ülkenin teknik etkinlik skorunun, 14 ülkenin ölçek etkinlik skorunun, ortalama etkinlik skorlarından büyük olduğu görülmüştür. Çıktıya yönelik ortalama etkinlik skorları dikkate alındığında, 12 ülkenin toplam etkinlik skoru, 14 ülkenin teknik etkinlik skoru, 13 ülkenin ölçek etkinlik skorları, ortalama etkinliğin üzerinde değer almıştır.

Telekomünikasyon sektöründe çalışan personelin etkinliğini ölçmek amacıyla geliştirilen M2 modelinin analiz sonuçları Ek-2'de verilmiştir. Ayrıca bu sonuçlar Tablo 3.4'de özetlenmiştir.

Tablo 4: *Personel Etkinlik Modeli (M2) Skorları*

	CCR-I	BCC-I	Ölçek Etk.-I	CCR-O	BCC-O	Ölçek Etk.-O
Etkin ülke sayısı	3	8	3	3	8	3
Etkin olmayan ülke	24	19	24	24	19	24
Ortalama etkinlik skoru	0.6319	0.7704	0.8249	0.6319	0.7360	0.8631
Standart sapma	0.2031	0.1958	0.1662	0.2031	0.2142	0.1316
En büyük etkinlik skoru	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
En küçük etkinlik skoru	0.3366	0.3909	0.4345	0.3366	0.3712	0.5621

Personel etkinlik modelinin girdi ve çıktıya yönelik analiz sonuçları incelendiğinde, 27 ülkeden 3 ülke toplam etkin, 8 ülke teknik etkin ve 3 ülke ise ölçek etkin olarak bulunmuştur. Girdiye ve çıktıya yönelik olarak toplam

etkin değerlendirilen ülkeler Kore, İspanya ve Japonya'dır. Kore etkin olmayan 20 karar birimi için referans verilirken, İspanya 18, Japonya ise 16 kere referans verilmiştir. Kore, Japonya, Yeni Zelanda, İspanya, Belçika, Almanya, İtalya girdi ve çıktıya yönelik analizlerde teknik etkin olarak değerlendirilen ülkelerdir. Teknik etkin olan ülkeler içerisinde en çok referans verilen ülke Kore olurken, en az referans verilen ülke ise ABD ve Almanya olmuştur.

Ortalama etkinlik skorları açısından bir kıyaslama yapıldığında; girdiye yönelik analizlerde 13 ülke toplam etkinlik skorunda, 15 ülke teknik etkinlik skorunda 16 ülke ise ölçek etkinlik skorunda, ortalamanın üzerinde performans göstermiştir. Çıktıya yönelik analizlerde ise karşılaştırılan 27 ülkeden, 13'ü toplam etkinlik ve teknik etkinlik açısından, 16 ülke ise ölçek etkinliği açısından ortalamaların üzerinde performans göstermişlerdir.

Tablo 3.4 incelendiğinde personel etkinlik modelinin girdiye yönelik analizinde en düşük toplam etkinlik skoru 0.3366 ile Slovak Cumhuriyetinde, en düşük teknik etkinlik skoru 0.3909 ile Avustralya'da, en düşük ölçek etkinlik skoru ise 0.4345 ile yine Slovak Cumhuriyetinde görülmüştür. Çıktıya yönelik analiz sonuçları incelendiğinde ise en düşük toplam etkinlik skoruna sahip ülke Slovak Cumhuriyeti (0.3366), en düşük teknik etkinlik skoruna sahip ülke Avustralya (0.3712) ve en düşük ölçek etkinlik skoruna sahip ülke ise ABD (0.5621) olmuştur.

M2 modelinin girdiye yönelik analizi sonucunda Türkiye'nin toplam etkinlik skoru 0.6815, teknik etkinlik skoru 0.6836 ve ölçek etkinlik skoru 0.9970 olarak bulunmuştur. Çıktıya yönelik değerlendirmede ise, Türkiye 0.6815 değerinde toplam etkinlik skoruna, 0.6857 değerinde teknik etkinlik skoruna ve 0.9940 değerinde ölçek etkinlik skoruna sahip olmuştur. Bu skorlarla Türkiye ortalama etkinlik skorlarının üzerinde bir performans göstermiştir.

Tablo 5: Girdi Yönlü M2 Modelinde Türkiye için Yapılması Gereken İyileştirmeler

Etkinlik skoru (θ^*): 0.6815					
	Mevcut değer	Olmaması gereken	Fark	Yüzde (%)	Aylak değerler
Toplam çalışan sayısı	69,940	47,666.51	-22,273.49	-31.85	0
Toplam telekom gelirleri	5,888	20,668.64	14,780.64	251.03	14,780.64
Sabit telefon hat sayısı	18,959	18,959	0	0.00	0
Mobil abone sayısı	18,420	28,199.87	97,79.87	53.09	9,779.87
İnternet abone sayısı	3,412	4,973.55	1,561.55	45.77	1,561.55
Kablo-tv abone sayısı	909	909	0	0.00	0

M2 modeli için girdiye yönelik toplam etkinlik analizinde Türkiye'nin referans kümesinde Kore ve İspanya yer almaktadır. Türkiye'nin etkin sınıra iz düşürülmesi için girdi ve çıktılarında yapması gereken iyileştirmeler Tablo 3.5'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre Türkiye, personel sayısını 69,940 kişiden 47,666 kişiye düşürse bile etkin olarak değerlendirilmeyecektir. Bunun nedeni çıktılardaki eksiklikten kaynaklanmaktadır. Çünkü rol model olan karar birimi 47,666 kişilik personel ile 20.688 milyar\$ sabit telekom geliri elde etmiş, 28.199 milyon mobil aboneye ve 4,973 internet abonesine hizmet vermiştir. Dolayısı ile Türkiye girdisini etkinlik skoru oranında daraltsa bile çıktılarındaki eksikliğini aylak değişkenler kadar artırmadan etkin olamaz.

Mevcut personel sayısı ile Türkiye'nin toplam etkin olması için üretmesi gereken çıktı miktarları Tablo 3.6'da verilmiştir. Türkiye toplam telekom gelirini 5.888 milyar\$'dan 30.326 milyar\$a, sabit telefon hat sayısını 18.959 milyon'dan 27.818 milyon'a, hizmet verdiği mobil abone sayısını 18.420 milyon'dan 41.337 milyon'a, internet abone sayısını 3.412 milyon'dan 7.297 milyon'a, kablo-tv abone sayısını 909 bin'den 1.333 milyon'a çıkarabilirse etkin olacaktır.

Tablo 3.6: Çıktı Yönlü M2 Modelinde Türkiye için Yapılması Gereken İyileştirmeler

Etkinlik skoru (θ^*): 0.6815, Çıktıya ilişkin genişleme faktörü (φ^*): 1.4673					
	Mevcut değer	Olmaması gereken	Fark	Yüzde (%)	Aylak değerler
Toplam çalışan sayısı	69,940	69,940	0	0.00	69,940
Toplam telekom gelirleri	5,888	30,326.627	2,4438.627	415.06	5888
Sabit telefon hat sayısı	18,959	27,818.115	8,859.1146	46.73	18,959
Mobil abone sayısı	18,420	41,377.036	2,2957.036	124.63	18,420
İnternet abone sayısı	3,412	7,297.5848	3,885.5848	113.88	3,412
Kablo-tv abone sayısı	909	1,333.7553	424.75527	46.73	909

III. 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 incelediğinde 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.

Bilişim hizmetlerindeki etkinliğin ölçüldüğü M1 modeli incelendiğinde ise, değerlendirmeye alınan 27 ülkeden sadece 4'ü toplam etkin olarak değerlendirilmiştir. Bu ülkeler ABD, Kore Almanya ve Kanada dır. Türkiye ise sahip olduğu toplam etkinlik skoru (0.1789) ile sıralamada en kötü skora sahip üç ülke arasında yer almıştır. Bu sonuç, telekomünikasyon altyapısı üzerinden sağlanan veri iletişimi ve bilişim hizmetlerinde Türkiye'nin oldukça geride kaldığının bir göstergesidir. Türkiye'nin bilişim sektöründe etkin hale gelebilmesi için mevcut internet abone sayısını % 458.9 oranında artırarak 3,142,000' den, 19,071,850'e, güvenli iletişim protokolü kullanan ana bilgisayar sayısını 400'den 2,235'e ve toplam web sayfası sayısını 65,855'den 716,639'a yükseltmesi gerekmektedir.

Personel etkinliğini ölçmek için kullanılan M2 modelinin sonuçları incelendiğinde ise, karşılaştırılan 27 ülke içerisinde 3 ülke toplam etkin, 8 ülke teknik etkin olarak değerlendirilmiştir. Toplam etkin olarak değerlendirilen ülkeler Japonya, Kore ve İspanyadır. Tüm modellerde toplam etkin olarak değerlendirilen ABD ise, bu modelde sadece teknik etkin olarak değerlendirilmiştir. Bu model için ABD'nin toplam etkin olarak değerlendirilmemesinin nedeni ise, ölçek etkisizliğinden (0.5621) kaynaklanmaktadır.

Personel etkinliği açısından ise Türkiye toplam etkinlik sıralamasında 0.6815'lik skoruyla 10. olmuştur. Girdiye yönelik teknik etkinlik açısından değerlendirildiğinde 0.6816'lık skorla 17. sırada, çıktıya yönelik olarak ise 0.6857'lik skorla 15. sırada yer almıştır. Bu skorlara göre, Türkiye'nin mevcut personel sayısı ile, olması gerektiğinden daha az gelir elde ettiği ve daha az aboneye hizmet verdiği sonucu çıkmaktadır.

Mevcut personel sayısı ile Türkiye'nin toplam etkin olması için, toplam telekom gelirini 5.888 milyar\$'dan 30.326 milyar\$'a, sabit telefon hat sayısını 18.959 milyon'dan 27.818 milyon'a, hizmet verdiği mobil abone sayısını 18.420 milyon'dan 41.337 milyon'a, internet abone sayısını 3.412 milyon'dan 7.297 milyon'a, kablo-tv abone sayısını 909 bin'den 1.333 milyon'a çıkartmalıdır.

Ek-1. Bilişim Hizmetleri Etkinlik Modelinin (M1) Etkinlik Skorları

OECD ülkeleri	CCR-I	BCC-I	Ölçek Etk.-I	Ölçek Getirisi	CCR-O	BCC-O	Ölçek Etk.-O	Ölçek Getirisi
Avustralya	0.7886	0.9361	0.8424	Artan	0.7886	0.9214	0.8559	Artan
Avusturya	0.6852	1.0000	0.6852	Artan	0.6852	1.0000	0.6852	Artan
Belçika	0.4068	0.7027	0.5789	Artan	0.4068	0.5149	0.7900	Artan
Kanada	1.0000	1.0000	1.0000	Sabit	1.0000	1.0000	1.0000	Sabit
Çek Cumhuriyeti	0.3155	0.8042	0.3923	Artan	0.3155	0.4024	0.7840	Artan
Danimarka	0.9309	1.0000	0.9309	Artan	0.9309	1.0000	0.9309	Artan
Finlandiya	0.4808	1.0000	0.4808	Artan	0.4808	1.0000	0.4808	Artan
Fransa	0.2299	0.2552	0.9007	Artan	0.2299	0.2308	0.9959	Artan
Almanya	1.0000	1.0000	1.0000	Sabit	1.0000	1.0000	1.0000	Sabit
Yunanistan	0.0996	0.5372	0.1854	Artan	0.0996	0.1219	0.8171	Artan
Macaristan	0.1603	0.7844	0.2043	Artan	0.1603	0.1965	0.8157	Artan
İtalya	0.3557	0.3630	0.9799	Artan	0.3557	0.3569	0.9967	Artan
Japonya	0.4131	0.4175	0.9894	Artan	0.4131	0.5601	0.7376	Sabit
Kore	1.0000	1.0000	1.0000	Sabit	1.0000	1.0000	1.0000	Sabit
Meksika	0.1502	0.2677	0.5612	Artan	0.1502	0.1594	0.9427	Artan
Hollanda	0.6957	0.7200	0.9662	Artan	0.6957	0.7123	0.9766	Artan
Norveç	0.7787	1.0000	0.7787	Artan	0.7787	1.0000	0.7787	Artan
Polonya	0.2837	0.4278	0.6631	Artan	0.2837	0.3019	0.9397	Artan
Portekiz	0.4266	0.8324	0.5125	Artan	0.4266	0.6534	0.6528	Artan
İspanya	0.2538	0.3116	0.8145	Artan	0.2538	0.2637	0.9622	Artan
İsveç	0.6235	0.7962	0.7831	Artan	0.6235	0.7488	0.8328	Artan
İsviçre	0.6854	0.9612	0.7130	Artan	0.6854	0.9363	0.7320	Artan
Türkiye	0.1789	0.2688	0.6657	Artan	0.1789	0.1847	0.9685	Artan
İngiltere	0.8369	0.8548	0.9790	Artan	0.8369	0.8512	0.9832	Artan
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

	ABD	Kore	Almanya	Kanada				
CCR-I	21	20	1	1				
CCR-O	21	20	1	1	Avusturya	Danimarka.	Finlandiya	Norveç
BCC-I	9	8	1	0	2	13	2	6
BCC-O	13	12	3	2	2	14	2	2

Ek-2 Personel Etkinlik Modelinin (M2) Etkinlik Skorları

OECD ülkeleri	CCR-I	BCC-I	Ölçek Etk.-I	Ölçek Getirisi	CCR-O	BCC-O	Ölçek Etk.-O	Ölçek Getirisi
Avustralya	0.3687	0.3909	0.9433	Artan	0.3687	0.3712	0.9935	Sabit
Avusturya	0.5604	0.6740	0.8314	Artan	0.5604	0.6181	0.9066	Artan
Belçika	0.8583	1.0000	0.8583	Artan	0.8583	1.0000	0.8583	Artan
Kanada	0.6861	0.7047	0.9735	Artan	0.6861	0.7007	0.9791	Azalan
Çek Cumhuriyeti	0.7137	0.8697	0.8207	Artan	0.7137	0.8362	0.8535	Artan
Danimarka	0.4364	0.6220	0.7016	Artan	0.4364	0.5028	0.8679	Artan
Finlandiya	0.3806	0.5442	0.6993	Artan	0.3806	0.4244	0.8968	Artan
Fransa	0.6176	0.6308	0.9792	Sabit	0.6176	0.6386	0.9672	Sabit
Almanya	0.6512	1.0000	0.6512	Azalan	0.6512	1.0000	0.6512	Azalan
Macaristan	0.5460	0.7707	0.7084	Artan	0.5460	0.6514	0.8381	Artan
İrlanda	0.3552	0.6312	0.5627	Artan	0.3552	0.4274	0.8311	Artan
İtalya	0.9283	1.0000	0.9283	Azalan	0.9283	1.0000	0.9283	Azalan
Japonya	1.0000	1.0000	1.0000	Sabit	1.0000	1.0000	1.0000	Sabit
Kore	1.0000	1.0000	1.0000	Sabit	1.0000	1.0000	1.0000	Sabit
Meksika	0.4075	0.4174	0.9763	Artan	0.4075	0.4630	0.8801	Azalan
Hollanda	0.7764	0.8206	0.9461	Artan	0.7764	0.8000	0.9704	Artan
Yenizelanda	0.6057	1.0000	0.6057	Artan	0.6057	1.0000	0.6057	Artan
Norveç	0.4045	0.6167	0.6559	Artan	0.4045	0.4952	0.8167	Artan
Polonya	0.6300	0.6459	0.9754	Artan	0.6300	0.6309	0.9987	Sabit
Portekiz	0.6733	0.7952	0.8467	Artan	0.6733	0.7540	0.8930	Artan
Slovak Cum.	0.3366	0.7747	0.4345	Artan	0.3366	0.5506	0.6114	Artan
İspanya	1.0000	1.0000	1.0000	Sabit	1.0000	1.0000	1.0000	Sabit
İsveç	0.6464	0.7976	0.8104	Artan	0.6464	0.7463	0.8662	Artan
İsviçre	0.8144	0.9787	0.8321	Artan	0.8144	0.9728	0.8372	Artan
Türkiye	0.6815	0.6836	0.9970	Artan	0.6815	0.6857	0.9940	Sabit
İngiltere	0.4196	0.4310	0.9734	Azalan	0.4196	0.6017	0.6973	Azalan
ABD	0.5621	1.0000	0.5621	Azalan	0.5621	1.0000	0.5621	Azalan

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

	Japonya	Kore	İspanya					
CCR-I	16	24	18					
CCR-O	16	24	18	Belçika	Almanya	İtalya	Y.Zellanda	ABD
BCC-I	11	17	8	3	0	1	17	0
BCC-O	14	18	7	2	1	1	12	1

Ek-3 Bilişim Hizmetleri Etkinlik Modelinin (M1) CCR-O
Skorları ve Referans Kümeleri

No.	Ülkeler	Skor	1/Skor	Referans kümesi (λ)			
1	Avustralya	0.7886	1.2680	Kore	0.0202	ABD	0.0556
2	Avusturya	0.6852	1.4593	Kore	0.0554	ABD	0.0127
3	Belçika	0.4068	2.4581	Kore	0.1170	ABD	0.0101
4	Kanada	1.0000	1.0000	Kanada	1.0000		
5	Çek Cum.	0.3155	3.1696	Almanya	0.0574	ABD	0.0058
6	Danimarka	0.9309	1.0742	Kore	0.0343	ABD	0.0151
7	Finlandiya	0.4808	2.0799	Kore	0.0265	ABD	0.0143
8	Fransa	0.2299	4.3507	Kore	0.7758	ABD	0.0981
9	Almanya	1.0000	1.0000	Almanya	1.0000		
10	Yunanistan	0.0996	10.0394	Kore	0.1184	ABD	0.0153
11	Macaristan	0.1603	6.2391	Kore	0.0042	ABD	0.0214
12	İtalya	0.3557	2.8114	Kore	0.5867	ABD	0.0684
13	Japonya	0.4131	2.4206	Kore	1.6407	ABD	0.1540
14	Kore	1.0000	1.0000	Kore	1.0000		
15	Meksika	0.1502	6.6559	Kore	0.3797	ABD	0.0182
16	Hollanda	0.6957	1.4375	Kore	0.0908	ABD	0.0409
17	Norveç	0.7787	1.2843	Kore	0.0080	ABD	0.0161
18	Polonya	0.2837	3.5246	Kore	0.2798	ABD	0.0204
19	Portekiz	0.4266	2.3443	Kore	0.1326	ABD	0.0040
20	İspanya	0.2538	3.9408	Kore	0.3889	ABD	0.0464
21	İsveç	0.6235	1.6037	Kore	0.1191	ABD	0.0181
22	İsviçre	0.6854	1.4591	Kore	0.0495	ABD	0.0210
23	Türkiye	0.1789	5.5896	Kanada	0.0667	Kore	0.5510 ABD 0.0132
24	İngiltere	0.8369	1.1949	Kore	0.0059	ABD	0.1827
25	ABD	1.0000	1.0000	ABD	1.0000		
Etkin ülkeler		Referans Sayısı					
Kanada		1					
Almanya		1					
Kore		20					
ABD		21					

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
- 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
- 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
- Kaynar, O., Zontul, M., Bircan, H., (2005), “Veri Zarflama Analizi İle Oecd Ülkelerinin Telekomünikasyon Sektörlerinin Etkinliğinin Ölçülmesi”, *C. Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Fak. Dergisi*, Cilt 6, Sayı 1, 37-57.
- 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
- 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.,(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