

AVRUPA BİRLİĞİ ÜLKELERİ ARASINDA İNTERNET KULLANIM ETKİNLİĞİ: SIMAR VE WILSON YAKLAŞIMI

INTERNET USAGE EFFICIENCY ANALYSIS BETWEEN COUNTRIES IN EUROPE: A SIMAR AND WILSON APPROACH

Ferda Esin GÜLEL

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü
fegulel@msgsu.edu.tr

ÖZET: Dünya genelindeki bilgisayar ağlarını ve kurumsal bilgisayar sistemlerini birbirine bağlayan elektronik iletişim ağı olan İnternet, günümüzde hayatımızın vazgeçilemez bir parçasıdır. Bu çalışmada Avrupa Birliği'ne üye, üyeliğe aday ve adaylığı resmen kabul edilmiş ülkelerin internet kullanımlarının göreceli etkinlik skorlarını ölçmeyi amaçlayan doğrusal programlama tabanlı Veri Zarflama Analizi'ne Simar ve Wilson yaklaşımı kullanılarak ülkelerin internet kullanım etkinliği tahminleri elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İnternet; Veri Zarflama Analizi; Bootstrap; Simar ve Wilson

ABSTRACT: *Internet, the electronic communication network that connects worldwide computer networks and institutional computer systems, is an essential part of our lives today. In this study, linear programming based Data Envelopment Analysis which measures the relative internet usage efficiency scores of European Union member states, candidate states and states whose candidacy has officially been approved, has been used and estimates of efficiencies have been obtained by using Simar & Wilson approach.*

Keywords: *Internet; Data Envelopment Analysis; Bootstrap; Simar and Wilson*

JEL Classification: C14; C15

1. Giriş

İnsanlık tarihinin en önemli icatlarından olan internet, dünya genelindeki bilgisayar ağlarını ve kurumsal bilgisayar sistemlerini birbirine bağlayan elektronik iletişim ağıdır (Merriam Webster's Dictionary & Thesaurus, 2008). TDK, internet sözcüğü yerine “*genel ağ*”ı önermiştir. İngilizce *internetwork* teriminin kısaltması olarak kullanılan internet kelimesi, günlük dilde daha da kısaltılarak *net* şeklinde de kullanılmaktadır.

İnternet üzerine ilk çalışmalar, SSCB'nin ilk yapay dünya uydusu Sputnik'i uzaya fırlatmasına karşılık, ABD'nin teknoloji liderliğini yeniden ele geçirmek için 1958'de “İleri Araştırma Projeleri Ajansı”nı (ARPA veya DARPA) kurmasıyla başlamıştır. ABD'nin en zeki insanlarından oluşan bir ekip olan ARPA, ABD'nin ilk başarılı uydusunu geliştirmiştir. Daha sonraki yıllarda, bilgisayar ağları oluşturmaya ve iletişim teknolojilerine odaklanmış, 1969 yılında ABD Savunma Bakanlığı'nda ARPANET'in kurulması ile internetin temelleri atılmıştır. ARPANET, günümüz İnternet'inin başlangıç ağlarından biridir (Gromov, 1998).

Dünya bildiğimiz anlamda internetle yani “world wide web” terimiyle 1991'de tanışmış ve bu tarihten sonra internet, hızla yaygınlaşmıştır (ODTÜ BİDB, 2005).

Teknoloji tarihi incelendiğinde, bulunuşundan 50 milyon kullanıcıya ulaşmak için geçen sürede İnternet'in en hızlı yol alan icat olduğu görülür.

Dünya çapında bilgi paylaşımını sağlamasının yanısıra günlük hayatı kolaylaştırıcı (bankacılık işlemleri, alışveriş, e-posta, gazete vb.) yönleri, günümüzde interneti insanlar için vazgeçilemez hale getirmiştir. İnternetin yaygınlığının ölçülmesi, internet penetrasyonu ile gerçekleştirilmektedir. İnternet penetrasyonu, internet kullanımının toplam nüfusa oranı olarak tanımlanabilir. Son verilere göre kıtaların internet penetrasyonu karşılaştırıldığında en yüksek oranın %63.5 ile Avrupa kıtasında olduğu görülmektedir. İkinci sırada %56.2 ile Amerika, diğer sıralarda ise %27.5 ile Asya ve %15.6 ile Afrika gelmektedir (İnternet World Stats, 2012). Bu çalışma, hem internet penetrasyonunun en yüksek olması hem de verilerin elde edilebilirliği açısından Avrupa kıtasını kapsamaktadır. Bu veriler üzerinde doğrusal programlamaya dayalı parametrik olmayan bir yöntem olan Veri Zarflama Analizi (VZA) kullanarak Avrupa Birliği'ne üye, üyeliğe aday ve adaylığı resmen kabul edilmiş ülkelerin internet kullanım etkinlik skorlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

İlk olarak 1957 yılında Farrel tarafından ortaya atılan Veri Zarflama Analizi (VZA), aynı girdileri kullanarak aynı çıktılar üreten aynı tip üreticilerin görece etkinliğini ölçmeyi amaçlayan doğrusal programlama tabanlı parametrik olmayan bir tekniktir. Charnes, Cooper, Banker ve Rhodes'in 1978'deki çalışmalarıyla teknik etkinliğin değerlendirilmesinde geliştirilmiştir. VZA, girdi-çıktılar arasında fonksiyonel bir ilişki istememesinden dolayı en çok tercih edilen yöntemdir. Ancak VZA tahmincilerinin yansızlık özelliğini sağlamaması, bu yöntemin dezavantajlarından biridir. Ayrıca, VZA sonucunda elde edilen etkinlik skorunun görece (relative) olması özilişki (otokorelasyon) sorununa neden olabilir. Bu görece etkinlik skoru üzerinden daha sonra yapılacak analizlerin de yanlış sonuçlar verebileceği söylenebilir. Literatürde yaygın olarak karşılaşılan yaklaşım, etkinlik skorları belirlendikten sonra, bu skorları bağımlı değişken olarak bir regresyon modeline dahil etmektir. Bu model ile etkinlik skorunu açıklayan bağımlı değişkenler ile tahminler yapılmaktadır. VZA sonucunda bulunan etkinlik skorlarındaki özilişki sorunu nedeniyle, bağımlı değişkenin etkinlik skoru olarak alındığı modellerden elde edilen sonuçlar olmayacağı iddia edilebilir. Simar&Wilson (2000b) ve Kneip vd. (1998) makalelerinde, VZA tahmincilerinin özelliklerini araştırmışlar ve elde edilen görece etkinlik skorlarındaki özilişki sorununu gidermek için Simar ve Wilson (1998), bootstrap yaklaşımının VZA ile birlikte kullanımını önermişlerdir.

Yanlış olan VZA sonuçlarını yansız hale getirmek için Simar ve Wilson (1998)'in önerdiği bootstrap yöntemini kullanarak yapılan son zamanlardaki çalışmalar arasında Halkos ve Tzeremes (2012), Curi, Gitto ve Mancuso (2011), Gitto and Mancuso (2012), Nicola, Gitto ve Mancuso (2012), Wanke (2012) sayılabilir.

Çalışmada öncelikle VZA ve Simar&Wilson Bootstrap yöntemi anlatılarak Avrupa Birliği'ne üye, üyeliğe aday ve adaylığı resmen kabul edilmiş ülkelerin verileri ile bu yöntemin uygulaması yapılacaktır.

2. Veri Zarflama Analizi

Veri Zarflama Analizi (VZA), girdi ve çıktılara göre karar verme birimlerinin (KVB) etkinliklerini görece olarak belirleyen parametrik olmayan bir tekniktir. Parametrik olmayan bir teknik olması sebebiyle, girdi ve çıktılar arasında belirli bir fonksiyonel

ilişki gerektirmez. VZA, ölçeğe göre sabit ya da değişen getiri olmasına göre iki farklı model olarak ele alınabilir. Ölçeğe göre getiri kavramı, girdilerde bir değişme olduğunda çıktılardaki değişimin yönünü ifade eder. Ölçeğe göre sabit getiri toplam etkinlikleri verirken ölçeğe göre değişen getiri; hem artan hem azalan hem de sabit getiri olabileceği anlamına gelir ve saf teknik etkinlikleri verir (Karakoç, 2003). Bu nedenle çalışmada ölçeğe göre değişen getiri tipi tercih edilmiştir.

Charnes, Cooper ve Rhodes'ın, ölçeğe göre sabit getiri altında ileri sürdüğü modeli Banker, Charnes ve Cooper (1984) geliştirerek ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında BCC modelini önermişlerdir.

VZA'da kullanılacak model seçimi, girdi ve çıktıların kontrol edilip edilemediğine bağlıdır. Belirli bir çıktıyı en etkin şekilde üretebilmek için kullanılacak en uygun girdi niteliğinin belirlenmesi için girdiye yönelik (enküçükleme), belirli bir girdi ile en fazla ne kadar çıktı elde edilebileceğinin belirlenmesi için ise çıktıya yönelik (enbüyükleme) model tercih edilmelidir. Bununla birlikte karar verici, sadece KVB'lerin etkinlik durumlarıyla ilgileniyor ve etkinlik türünü önemsemiyorsa her iki model de kullanılabilir. Çalışmada çıktıyı enbüyükleme yönünde bir model kurulmuştur. Çıktıya yönelik ölçeğe göre değişen getiri şeklinde belirlenen VZA modeli aşağıda verilmiştir:

$$\hat{\theta}_k = \min \sum_{i=1}^m v_i x_{ik}$$

Modelin kısıtları;

$$\sum_{r=1}^t (u_r y_{rk}) = 1$$

$$\sum_{r=1}^t (u_r y_{rj}) - \sum_{i=1}^m (v_i x_{ij}) \leq 0$$

$u_r, v_i \geq 0, j = 1, \dots, n, r = 1, \dots, t, i = 1, \dots, m$ 'dir. Burada kullanılan indisler aşağıdaki gibidir:

$\hat{\theta}_k$: k ülkesinin etkinliği tahmini

u_r : r'inci çıktıya atanan ağırlık

v_i : i'nci girdiye atanan ağırlık

y_{rk} : k ülkesinin r'inci çıktı değeri

x_{ik} : k ülkesinin i'inci girdi değeri

n : ülke sayısı

t : çıktı sayısı

m : girdi sayısı

3. Simar ve Wilson Bootstrap Yöntemi

Bootstrap, Efron (1979) tarafından tanıtilen istatistiksel çıkarıma için çalışılan verinin örneklem dağılımına bağlı iteratif bir yöntemdir. Simar ve Wilson (1998,1999,2000), VZA tahminlerinin istatistiksel özellikleri sağlaması için bootstrap yaklaşımını geliştirmiştir. Bootstrap yönteminin adımları izlenerek yansız hale getirilmiş tahminler elde edilir. $\hat{\theta}_k$; k ülkesinin etkinliği, β_i^* ; $\hat{\theta}_k$ kümesinden yerine koyarak çekilen değerler kümesi ve ϵ_i^* ; $K(\cdot)$ Kernel fonksiyonundan bağımsız olarak çekilmek üzere bu adımlar aşağıda verilmiştir:

- (1) Her bir KVB için $\hat{\theta}_k$, $k = 1, \dots, n$ hesaplanır.
- (2) $\hat{\theta}_i^* = \begin{cases} \beta_i^* + h \epsilon_i^* & , \beta_i^* + h \epsilon_i^* \leq 1 \\ 2 - \beta_i^* - h \epsilon_i^* & , d.d. \end{cases}$ kullanılarak $\hat{\theta}_i^*$ 'dan ($i = 1, \dots, n$) $\theta_{1b}^*, \dots, \theta_{nb}^*$ olacak şekilde n genişliğinde örneklem türetilir.
- (3) x_b^* sözde (pseudo) veri seti oluşturulur:
 $x_b^* = \{(x_{ib}^*, y_i) \mid i = 1, \dots, n\}$, $x_{ib}^* = (\hat{\theta}_i / \theta_{ib}^*) x_i$, $i = 1, \dots, n$
- (4) x_b^* veri setine dayalı olarak $\hat{\theta}_k$ 'nın $\hat{\theta}_{k,b}^*$ ($k = 1, \dots, n$) hesaplanır:

$$\hat{\theta}_{k,b}^* = \min \left\{ \theta \setminus y_k \leq \sum_{i=1}^n u_i y_i, \theta x_k \geq \sum_{i=1}^n u_i x_{k,b}^*; \theta > 0; \sum_i u_i = 1; u_i \geq 0, i = 1, \dots, n \right\}$$
- (5) 2-4 adımları $\{\hat{\theta}_{k,b}^*, b = 1, \dots, B\}$, $k = 1, \dots, n$ elde edilinceye kadar B kez tekrarlanır. Simar&Wilson (1999), B=2000 iterasyonu önermişlerdir.

Bu adımlar Wilson (2010) tarafından yazılmış FEAR paketi ile R programında uygulanabilir.

4. Uygulama

Çalışmada Avrupa Birliği'ne üye 27 ülkenin, aday 4 ülkenin ve adaylığı kesinleşmiş 5 ülkenin internet kullanımında göreceli etkinliğinin ölçülmesine karar verilmiştir (EUROPA). Verileri yeterli görülmeyen üye ülkelerden Malta ve Kıbrıs, aday ülkelerden Hırvatistan, Makedonya Cumhuriyeti, İzlanda, adaylığı kesinleşmiş ülkelerin tamamı dışarıda bırakılmış analiz 26 ülke üzerinden yapılmıştır. VZA modelinin kullanılabilirliği için en az karar birim sayısının = 2 x (Girdi Sayısı + Çıktı Sayısı) olması koşulunun sağlanması için 26 ülke bu model için yeterlidir.

Girdi ve çıktı belirlenmesinde Charnes vd. (1978) göre karar verme birimlerinin değişkenliğini etkileyen tüm faktörler dikkate alınmalıdır (Cave vd., 1988).

Avrupa Birliği'ne üye, üyeliğe aday ve adaylığı resmen kabul edilmiş ülkelerin internet kullanım etkinlik skorlarının araştırıldığı bu çalışmada, belirli bir bölge veya ülkede internet kullanımının toplam nüfusa oranını gösteren internet penetrasyonunun çıktı olarak alınmıştır. İnternet penetrasyonunu etkileyen faktörler olarak düşünülen girdi faktörleri aşağıdaki gibidir:

- Bilgisayar erişimli hançalkı oranı
- Evdeki sabit telefon (100 kişi başına)

- Cep telefonu aboneliği (100 kişi başına)
- İnternet erişimli hanehalkı
- Genişbant bağlantı oranı
- 15-64 yaş oranı
- Kentsel nüfus oranı
- Bilişim ve Teknoloji için GSYİH'dan ayrılan oran

Girdi ve çıktılara ait veriler Eurostat, Worldbank ve OECD sitelerinden derlenmiştir. 2009 yılına ait veriler ile değişen getiri ölçeği esas alınarak çıktıya yönelik sonuçlar R programlama dilinde FEAR paketi kullanılarak elde edilmiştir (Wilson, 2010).

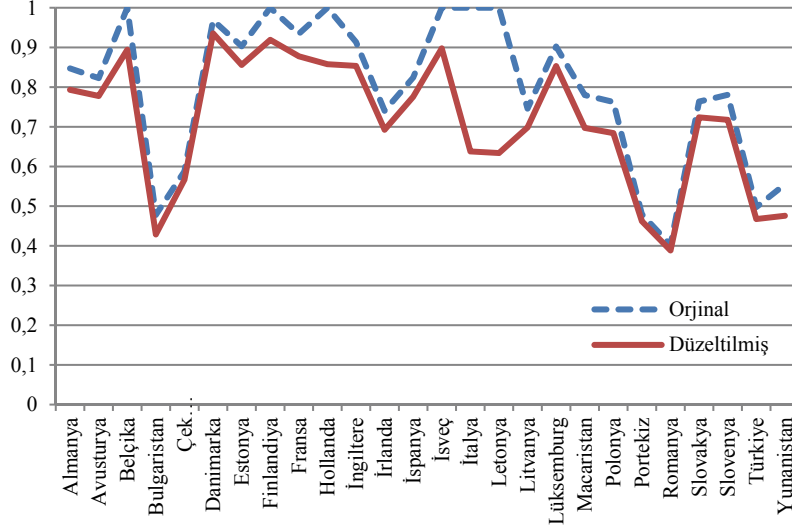
Tablo 1. Bootstrap Etkinlik Skorları

| Ülkeler | Orjinal VZA | Düzeltilmiş VZA | Yan (Sapma) | Standart Hata | Alt Sınır | Üst Sınır |
|-----------------|---------------|-----------------|-------------|---------------|-----------|-----------|
| Almanya | 0,8471 | 0,7934 | 0,0537 | 0,0312 | 0,7534 | 0,8430 |
| Avusturya | 0,8228 | 0,7777 | 0,0451 | 0,0378 | 0,7194 | 0,8207 |
| Belçika | 1,0000 | 0,8941 | 0,1059 | 0,0836 | 0,8103 | 0,9954 |
| Bulgaristan | 0,4781 | 0,4290 | 0,0491 | 0,0372 | 0,3909 | 0,4757 |
| Çek Cumhuriyeti | 0,5879 | 0,5667 | 0,0212 | 0,0160 | 0,5389 | 0,5869 |
| Danimarka | 0,9686 | 0,9354 | 0,0332 | 0,0252 | 0,8904 | 0,9669 |
| Estonya | 0,9030 | 0,8561 | 0,0469 | 0,0304 | 0,8074 | 0,8995 |
| Finlandiya | 1,0000 | 0,9192 | 0,0808 | 0,0688 | 0,8289 | 0,9969 |
| Fransa | 0,9342 | 0,8778 | 0,0564 | 0,0362 | 0,8248 | 0,9308 |
| Hollanda | 1,0000 | 0,8579 | 0,1421 | 0,1039 | 0,7877 | 0,9952 |
| İngiltere | 0,9137 | 0,8537 | 0,0599 | 0,0334 | 0,8102 | 0,9059 |
| İrlanda | 0,7405 | 0,6926 | 0,0479 | 0,0273 | 0,6568 | 0,7343 |
| İspanya | 0,8242 | 0,7757 | 0,0486 | 0,0274 | 0,7365 | 0,8194 |
| İsveç | 1,0000 | 0,8977 | 0,1023 | 0,0569 | 0,8445 | 0,9907 |
| İtalya | 1,0000 | 0,6380 | 0,3620 | 0,3788 | 0,6332 | 0,9919 |
| Letonya | 1,0000 | 0,6340 | 0,3660 | 0,3804 | 0,6345 | 0,9922 |
| Litvanya | 0,7459 | 0,6985 | 0,0474 | 0,0275 | 0,6633 | 0,7422 |
| Lüksemburg | 0,9024 | 0,8530 | 0,0494 | 0,0414 | 0,7891 | 0,9003 |
| Macaristan | 0,7800 | 0,6973 | 0,0827 | 0,0652 | 0,6320 | 0,7763 |
| Polonya | 0,7626 | 0,6843 | 0,0783 | 0,0594 | 0,6235 | 0,7588 |
| Portekiz | 0,4795 | 0,4622 | 0,0173 | 0,0130 | 0,4396 | 0,4787 |
| Romanya | 0,4024 | 0,3886 | 0,0138 | 0,0105 | 0,3699 | 0,4017 |
| Slovakya | 0,7636 | 0,7240 | 0,0396 | 0,0257 | 0,6828 | 0,7607 |
| Slovenya | 0,7807 | 0,7176 | 0,0631 | 0,0537 | 0,6472 | 0,7783 |
| Türkiye | 0,4977 | 0,4677 | 0,0300 | 0,0193 | 0,4394 | 0,4959 |
| Yunanistan | 0,5548 | 0,4759 | 0,0789 | 0,0577 | 0,4369 | 0,5520 |

Tablo 1'e göre, örneğin, orijinal VZA etkinlik sonucuna bakılırsa Hollanda *tam* olarak etkin gözükmemektedir. Düzeltilmiş VZA tahminine göre etkinlik skoru 0,8579 olmuştur. Bunun anlamı, aynı girdiler kullanıldığında çıktılar %14'ten daha fazla elde edilir. Hollanda için %95 güven aralığı, çıktılarının %78 ile %99 arasında artırılmış olacağını ifade eder.

Tablo 1'de "**orjinal VZA**" sütununda skorları 1'e eşit olan ülkeler *tam* olarak etkindir. Bu ülkeler; Belçika, Finlandiya, Hollanda, İsveç, İtalya ve Letonya'dır. Ancak "**düzeltilmiş VZA**" sütununa bakıldığında ülkelerden hiçbirinin etkin olmadığı görülmektedir. Burada önemli olan ülkelerin etkin olup olmaması değil, etkinlik skorlarındaki yanlılığın giderilmesidir. Orijinal VZA, yanlı sonuçlar vermektedir. Sapmalar beklenildiği gibi pozitiftir (Simar ve Wilson, 2000:783). Orijinal VZA skorlarının güven aralığına bakıldığında (son iki sütun) sapmalardan dolayı orijinal tahminlerin çoğu güven aralıkları dışında kalmaktadır. Güven

aralıkları sapmalara göre düzeltilerek tekrar hesaplandığında daha dar aralıklar elde edilir. Standart hatalar, sapmalara göre küçüktür. Orijinal ve Bootstrap ile düzeltilmiş VZA etkinlik skorlarının grafik üzerinde gösterimi aşağıda verilmiştir:



Şekil 1. Bootstrap Etkinlik Skorları

Görüleceği gibi, çalışmada elde edilen sonuçlar literatürdeki Bootstrap VZA yönteminin VZA yöntemine göre üstünlüğü iddiasını destekler niteliktedir.

5. Sonuç

ABD’de ARPANET’in kurulmasıyla temelleri atılan internet, yıllar içinde aşamalı olarak geliştirilmiş, 1991’de *world wide web* ve 1995’te web sayfası kavramının kullanıma girmesiyle hızla yaygınlaşmıştır. İnternete, başlangıcından 1994 yılı sonuna kadar 110 ülke, 10000 bilgisayar ağı, 3 milyondan fazla bilgisayar ve 25 milyonu aşkın kullanıcı bağlanmıştır (ODTÜBİDB, 2005).

Bu çalışmada Avrupa Birliği’ne üye, üyeliğe aday ve adaylığı resmi olarak kesinleşmiş ülkelerin internet kullanımının göreceli etkinlik skorlarının elde edilmesinde VZA’ya Simar ve Wilson bootstrap yaklaşımı uygulanmıştır. VZA sonucunda elde edilen etkinlik skorlarında özilişki sorunu olması nedeniyle etkinlik skorunun bağımlı değişken olarak kullanıldığı regresyon modellerinde bulunan sonuçlar güvenilir olmayabilir. Bilinen VZA ile elde edilen etkinlik skorları bu nedenle düzeltilmelidir. Simar ve Wilson (1998)’in önerdiği Bootstrap yöntemi ile etkinlik skorlarındaki özilişki sorunu giderilmektedir. Standart VZA ile elde edilen etkinlik skorları yanı sıra olduğundan bu çalışmada Bootstrap ile elde edilen sonuçlar, standart VZA yöntemindeki sonuçlardan daha küçük bulunmuştur. Buna göre VZA sonucunda tam olarak etkin gözükken Belçika, Finlandiya, Hollanda, İsveç, İtalya ve Letonya’nın etkinlik skorlarının, Bootstrap VZA uygulamasından sonra azaldığı görülmüştür. Bootstrap yaklaşımı ile bulunan skorlar, sapması (yanı) düzeltilmiş etkinlik skorlarıdır. Daha sonra bu düzeltilmiş skorlar kullanılarak başka analizler yapılabilir. Etkinlik skorları, R programlama dilinde Wilson (2010) tarafından hazırlanan FEAR paketi kullanılarak elde edilmiştir.

Referanslar

- BANKER, R.D., CHARNES, A., COOPER, W.W., (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30 (9), 1078-1092.
- CAVE, M., HANNEY, S., KOGAN, M., TREVETT, G. (1988). The use of performance indicators in higher education: a critical analysis of developing practice. *Jessica Kingsley Publishers*, London.
- CHARNES A., COOPER, W.W., RHODES, W. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, 429-444.
- CURI, C., GITTO, S., MANCUSO, P. (2011). New evidence on the efficiency of Italian airports: A bootstrapped DEA analysis. *Socio-Economic Planning Science*, 45, 84-93.
- EFRON, B. (1979). Bootstrap methods: another look at the Jackknife. *Ann Stat* 7(1):1-26.
- EUROPA, The Official Website of The European Union, [Eriřim adresi]: <http://europa.eu/about-eu/member-countries/index_en.htm>, [Eriřim tarihi: 12.03.2011].
- FARREL, M.J. (1957). The measurement of productive efficiency. *J. Royal Statistical Society*, A(120), 253-281.
- GITTO, S., MANCUSO, P. (2012). Bootstrapping the Malmquist indexes for Italian airports. *International Journal of Production Economics*, 135, 403-411.
- GROMOV, G. (1998). Roads and crossroads of the internet history. [Eriřim adresi]: <http://www.netvalley.com/history_of_internet.html#1>, [Eriřim tarihi: 01.11.2012].
- HALKOS, G.E., TZEREMES, N. G. (2012). Industry performance evaluation with the use of financial ratios: an application of bootstrapped DEA. *Expert System with Applications*, 39, 5872-5880.
- HALKOS, G.E., TZEREMES, N.G. (2012). Analyzing the Greek renewable energy sector: a data envelopment analysis approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 2884-2893.
- INTERNET WORLD STATS. (2012). [Eriřim adresi]: <http://www.internetworldstats.com/stats.htm>, [Eriřim tarihi: 06.11.2012].
- KARAKOÇ, N. (2003). *Yönetim ve Organizasyon (Ders Notları)*, Balıkesir.
- KNEIP, A., PARK, B., SIMAR, L. (1998). A note on convergence of nonparametric DEA efficiency measures. *Econometric Theory*, 14, 783-793.
- Merriam Webster's Dictionary & Thesaurus. (2008).
- NICOLA, D.A., GITTO, S., MANCUSO, P. (2012). Uncover the predictive structure of healthcare efficiency applying a bootstrapped Data Envelopment Analysis, *Expert System with Applications*, 39, 10495-10499.
- ODTÜBİDB.(2005). [Eriřim adresi]: <http://www.internetarsivi.metu.edu.tr/tarihce.php>, [Eriřim tarihi: 12.03.2011].
- SIMAR, L., WILSON, P.W. (1998). Sensitivity analysis of efficiency scores: How to bootstrap in nonparametric frontier models. *Management Science*, 44, 49-61.
- SIMAR, L., WILSON, P.W. (1999). Estimating and bootstrapping Malmquist indices. *European Journal of Operational Research*, 115, 459-471.
- SIMAR, L., WILSON, P.W. (2000). A general methodology for bootstrapping in non-parametric frontier models. *Journal of Applied Statistics*, Vol. 27, No. 6, 779-802.

- SIMAR, L., WILSON, P.W. (2000b). Statistical inference in nonparametric frontier models: the state of the art. *The Journal of Productivity Analysis*, 13, 49-78.
- WANKE, P.F. (2012). Efficiency of Brazil's airports: Evidences from bootstrapped DEA and FDH estimates. *Journal of Air Transport Management*, 23, 47-53.
- WILSON, P. W. (2010). FEAR: Frontier efficiency analysis with R.