



Received: November 20, 2017
Accepted: December 24, 2017
Published Online: December 25, 2017

AJ ID: 2017.05.02.OR.07
DOI: 10.17093/alphanumeric.356455

The Evaluation of Turkish Container Terminal Efficiency Using by Data Envelopment Analysis (DEA)

Aynur Acer, Ph.D. *



Assist. Prof, Department of International Logistics and Transportation, School of Applied Sciences, Istanbul Arel University, Istanbul, Turkey, aynuracer@arel.edu.tr

Mehpare Timor, Ph.D.



Prof, Department of Quantitative Methods, School of Business, Istanbul University, Istanbul, Turkey, timorm@istanbul.edu.tr

* Arel Üniversitesi Tepekent Yerleşkesi, Erguvan Sok. No:26/K Türkoba Mah. Tepekent, Büyükçekmece, 34537 Büyükçekmece İstanbul / Türkiye

ABSTRACT

At the present time, Turkish container ports have large container terminals, where the highest traffic volume of the Europe has been achieved. Due to increasing volume of international trade, ports required to review their performances regularly in order to use their capacities optimally. Effectiveness and efficiency has become more and more important, when evaluating ports' performances. Because of competitive and environmental effects on ports' economical structure, they need to use their limited resources as efficient as they can. This paper the efficiency of ports and their corresponding container terminals, which have a positive impact to country and located region's economical structure is analyzed. In order to measure terminal efficiency, inputs and outputs decisions have been based on operational efficiency. Data Envelopment Analysis (DEA) has been used, moreover, efficient and inefficient ports have been decided relatively.

Keywords:

Efficiency, Container Terminals, DEA

Kümeleme ve Veri Zarflama Analizi (VZA) ile Konteyner Terminal Etkinliklerinin Belirlenmesi

ÖZ

Günümüzde Türk Konteyner limanları Avrupa'nın trafik hacminin en fazla olduğu konteyner terminallerine sahip limanlar konumuna gelmiştir. Uluslararası ticaretin artmasıyla birlikte limanların kapasitelerini optimal kullanabilmeleri için performanslarını düzenli gözden geçirmeleri gerekmektedir. Liman performansının değerlendirilmesinde etkinlik ve verimlilik kavramları önem arz etmektedir. Konteyner limanları rekabet veya çevresel etkilerin yarattığı olumsuzluklara karşı verimli çalışarak sınırlı olan kaynaklarını tasarruflu kullanmak durumundadır. Bu çalışmada Türkiye'de ülke ve bölge ekonomisine doğrudan katkısı olan konteyner terminallerin etkinliği analiz edilmiştir. Konteyner terminal etkinliklerinin ölçülmesinde operasyonel etkinlik temel alınarak girdi ve çıktılar belirlenmiştir. Yöntem olarak Veri Zarflama Analizi (VZA) kullanılmış, etkin ve etkin olmayan limanlar göreceli olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler:

Etkinlik, Konteyner Terminalleri, VZA

Bu çalışma, Prof. Dr. Mehpare TİMOR danışmanlığında, Aynur ACER tarafından hazırlanan "Liman Konteyner Terminal Etkinliklerinin VZA ile Belirlenmesi" başlıklı doktora tezinden türetilmiştir



1. Giriş

Telekomünikasyon, ticaretin serbestleşmesi, uluslararası standardizasyon ve taşıma, küreselleşmenin dört temel yapı taşı olarak kabul edilmektedir (Peters, 2001; Goulielmos ve Pardali, 2002; Janelle ve Beuthe, 2002; Hoffman ve Kumar, 2002). Taşıma türlerinden biri olan denizyolu taşımacılığı 1970'li yıllardan günümüze küresel değişimler (demografi, nüfus, nakit seviyesi gibi), ithal mallara olan talep artışları, gelişmekte olan ülkelerin beklentileri ve ülkelerin GSYİH' daki artışları gibi nedenlerden dolayı her yıl büyüme kaydetmiştir. Dünya ticaretinde giderek önemi daha da artmaya başlayan ve geleneksel yöntemlere göre çok sayıda avantajı olan konteyner taşımacılığı, denizyolu taşımacılığı içinde büyük rol üstlenmektedir. Özellikle mega gemilerin inşasıyla birlikte terminallerde daha uzun ve derin rıhtım alanlarının oluşması, daha büyük vinçlerin kullanılması, derin yaklaşım kanallarının inşa edilmesi ve art bölgede daha büyük depolama alanlarına ihtiyaç duyulması gibi nedenler limanların daha büyük yatırım yapma gereksinimlerini ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle terminaller hem yatırım yapmaya ihtiyaç duymakta hem de sahip oldukları kaynakları maksimum kullanmak istemektedirler. Bu ihtiyaç terminallerin personel, ekipman, araç-gereç, terminal verimliliği gibi konulara yönelmelerini sağlamıştır.

Dünyada konteyner ticaretini ele aldığımızda 2015 yılı küresel ticarete taşınan konteyner sayısı % 2.5 artış göstererek 175,5 milyon TEU'ya ulaşmıştır. Limanlarda elleçlenen konteyner sayısı ise %1.32'lik artışla 689 milyon TEU'dur. Aynı yıl Türkiye'de faaliyet gösteren liman işletmeleri toplamda %8.6'lık artışla 416 milyon ton yük hacmine ulaşmıştır. Limanlarda elleçlenen toplam konteyner rakamı 8.2 milyon TEU olarak gerçekleştirilmiş ve TEU bazında bir önceki yıla oranla - %1.3 oranında bir düşüş kaydedilmiştir (TÜRKLİM, 2016).

Gönderici ve taşıyıcı arasındaki yük hareketini kolaylaştırmak için çeşitli görevler üstlenen terminaller, konteyner taşımacılığında önemli ara noktalar olarak hizmet vermektedir. Terminallerde taşıma, depolama ve elleçleme işlemlerinin yanı sıra parça yüklerin konsolidasyon işlemleri ve ekipman yönetimi, kontrol ve bakımı gibi ek işlemlerde yapılabilmektedir. Bir konteyner terminali; gemilerin yanaştığı rıhtım alanı, konteynerlerin geçici olarak depolandıkları sahalar, konteynerlerin taşındığı apron ve araçların giriş-çıkış yaptığı kapılardan oluşmaktadır. Bu alanlara ek olarak demiryolu bağlantısını, CFS alanlarını, kapalı depolama alanlarını ve liman idaresi dışında yer alan acente ve servis sağlayıcılara ait olan binaları içermektedir (Thomas ve diğ., 2007). Konteyner terminallerinin müşteri memnuniyeti ve maliyet avantajı yaratarak diğer terminallerle rekabet edebilmesi için operasyonlarını ve etkinliklerini belirli periyotlarda gözden geçirmeleri gerekmektedir. Bu yüzden terminal performansını etkileyen ve verimliliği arttıran kriterlerin belirlenmesi esastır.

2. Çalışmanın Amacı

Bir terminalinin rakipleri ile rekabet edebilmesi hem uygun alt ve üst yapı tesislerine, kaliteli işgücü ve yüksek teknolojiye sahip olması hem de bu sahip olduğu kaynakları optimal kullanması gerekmektedir. Bu durumda terminal operasyon etkinliği ve kaynak verimliliği önem arz etmektedir. Bu çalışmada konteyner terminallerinin göreceli etkinlikleri Veri Zarflama Analizi (VZA) kullanılarak belirlenmiş olup, etkisiz terminallere kaynakları iyileştirme konularında tavsiyelerde bulunmaktadır.

Yapılan literatür taramasında EBSCO, Elsevier Science Direct, Taylor & Francis Journals, Web of Science ve Ulakbim veri tabanları kullanılmıştır. Literatürde VZA kullanarak yapılan etkinlik analizi ile ilgili çok sayıda çalışma yer almaktadır. Bu çalışmalar arasında okullar (Charnes ve diğ., 1981), hastaneler (Banker ve Morey, 1986), banka şubeleri (Sherman ve Gold, 1985), endüstriyel şirketler (Zhu, 1996), firmalar, eğitim kurumları, deniz veya havalimanları yer almaktadır. Liman ile alakalı ilk çalışma Roll ve Hayuth (1993) tarafından VZA kullanılarak teorik olarak yapılan çalışmadır. Aşağıda verilen Tablo 1.'de dünyada veri zarflama analizi kullanılarak denizyolu liman ve terminallerinde yapılan çalışmalar, kullanılan girdi ve çıktı değişkenleri ve uygulanan VZA yöntemleri yer almaktadır.

| Yazarlar | Yıl | Yöntem | Girdiler | Çıktılar |
|-------------------|------|---------|----------------------------|--------------------------------------|
| Tongzon | 2001 | VZA-CCR | -Yanaşma yeri sayısı | - Elleçlenen Konteyner Miktarı (TEU) |
| | | | -Kreyn sayısı | -Gemi Operasyon Hızı |
| | | | -Römorkör Sayısı | |
| | | | -Çalışan Sayısı | |
| Valentine ve Gray | 2001 | VZA-CCR | -Toplam Rıhtım Uzunluğu | -Konteyner Sayısı |
| | | | -Konteyner Rıhtım Uzunluğu | -Toplam Miktar (ton) |
| Itoh | 2002 | VZA | -Terminal Alanı | -Elleçlenen Konteyner Sayısı |
| | | | -Rıhtım Kreyn Sayısı | |
| | | | -Çalışan Sayısı | |
| | | | -Terminal Uzunluğu | |
| Wang vd. | 2003 | VZA-CCR | -Rıhtım Uzunluğu | -Elleçlenen Konteyner Miktarı (TEU) |
| | | VZA-BCC | -Terminal Alanı | |
| | | SFA | -Rıhtımdaki Vinç Sayısı | |
| | | | -Sahadaki Vinç Sayısı | |
| Estache vd. | 2004 | VZA | -Rıhtım Uzunluğu | -Elleçlenen Yük |
| | | | -Çalışan | |
| Park ve De | 2004 | VZA-CCR | -Yanaşma Kapasitesi | -Gemi Sayısı |
| | | VZA-BCC | -Yük Elleçleme/Ton | -Ciro |
| | | | -Gemi Sayısı | -Müşteri Memnuniyeti |
| | | | | -Yük Elleçleme |
| Cullinane ve Wang | 2006 | VZA | -Rıhtım Uzunluğu | Elleçlenen yük (TEU) |
| | | | -Terminal Alanı | |
| | | | -Rıhtım Vinç Sayısı | |
| | | | -Saha Vinç Sayısı | |
| Rios ve Maçada | 2006 | VZA-BCC | -Kreyn Sayısı | -Elleçlenen Konteyner Miktarı |
| | | | -Yanaşma Yeri Sayısı | -Ort. Elleçlenen Konteyner Sayısı |
| | | | -İşgücü Sayısı | |
| | | | -Terminal Alanı | |
| Panayides vd. | 2008 | VZA | -Saha Ekipman Sayısı | |
| | | | -Terminal Uzunluğu | - Elleçlenen Konteyner Miktarı (TEU) |
| | | | -Terminal Alanı | |
| | | | -Kreyn Kapasitesi | |

| Yazarlar | Yıl | Yöntem | Girdiler | Çıktılar |
|------------------|------|--------|-------------------------|-------------------------------------|
| Al-Eraqı vd. | 2008 | VZA | -Yanaşma Yeri Uzunluğu | -Gemi Sayısı |
| | | | -Stok Alanı | -Elleçlenen Miktar |
| | | | -Elleçleme Ekipmanları | |
| Tongzon vd. | 2008 | VZA | -Liman Çalışan Sayısı | -Gemi Sayısı |
| | | | -Konteyner Vinç Sayısı | -Elleçlenen Konteyner Miktarı (TEU) |
| | | | -Yanaşma Yeri Sayısı | |
| | | | -Yanaşma Yeri Uzunluğu | |
| | | | -Terminal Alanı | |
| Wu ve Goh | 2010 | VZA | -Yanaşma Yeri Derinliği | |
| | | | -Terminal Alanı | |
| | | | -Yanaşma Yeri Uzunluğu | -Elleçlenen Konteyner Miktarı (TEU) |
| Hung vd | 2010 | VZA | -Ekipman Sayısı | |
| | | | -Terminal Alanı | |
| | | | -SSC Kreyn | Konteyner Miktarı (TEU) |
| | | | -Konteyner Yanaşma Yeri | |
| Trujillo vd. | 2013 | VZA | -Terminal Uzunluğu | |
| | | | -Yanaşma Yeri Uzunluğu | Elleçlenen Konteyner Miktarı (TEU) |
| | | | -Toplam Alan | |
| Yuen vd. | 2013 | VZA | -Kreyn | |
| | | | -Yanaşma Yeri | |
| | | | -Toplam Uzunluk | Konteyner Miktarı (TEU) |
| | | | -Liman Kara Alanı | |
| | | | -Rımtım Kreyn Sayısı | |
| Schoyen ve Odeck | 2013 | VZA | -Saha Gantry Kreynleri | |
| | | | -Yanaşma Yeri Uzunluğu | |
| | | | -Terminal Alanı | Konteyner Miktarı (TEU) |
| | | | -Saha Kreyni | |
| | | | -SC | |
| Rajasekar ve Deo | 2014 | VZA | -Römorkör | |
| | | | -Yanaşma Yeri Sayısı | -Konteyner Miktarı (TEU) |
| | | | -Yanaşma Yeri Uzunluğu | -Toplam Trafik |
| | | | -Ekipman Sayısı | |
| | | | -Çalışan Sayısı | |

Tablo 1. Literatürde Yapılan Liman Etkinliği Çalışmaları

Türkiye’de yapılan çalışmalar incelendiğinde Baysal ve diğerleri (2004), TCDD tarafından işletilen 7 limanın etkinliğini ölçmek için VZA CCR modelini kullanmıştır. Bayar (2005), çalışmasında yanaşma yeri uzunluğu ve konteyner vinç sayısını girdi olarak, elleçlenen konteyner miktarını da çıktı değişkeni olarak kullanmış ve TCDD’ye bağlı beş limanda girdi ve çıktıya yönelik veri zarflama analizi yöntemlerini uygulayarak değerlendirmiştir. Ateş (2010) tarafından Türkiye’de konteyner taşımacılığına hizmet veren özel veya kamu tarafından işletilen 13 konteyner terminal verileri 2005 - 2009 yılları arasındaki veriler dikkate alınarak incelenmiştir. Bu çalışmada girdi değişkeni olarak yanaşma yeri uzunluğu, konteyner vinç sayısı, yanaşma yeri sayısı, konteyner stok alanı ve çıktı olarak da elleçlenen konteyner miktarı-TEU cinsinden kullanılarak liman verimlilikleri yıllık olarak belirlenmiştir. Çağlar (2012) tarafından yapılan çalışmada VZA yöntemi uygulanarak 39 adet Türk özel limanlarının konteyner, genel yük ve dökme yük terminallerinin etkinlikleri maksimum kapasite yönlü mühendislik yaklaşımı ile değerlendirilmiştir. Ateş ve Esmer (2013), 2009 küresel finans krizi öncesi

ve sonrasında Türkiye’de faaliyet gösteren 13 konteyner terminalindeki etkinlik değişimini VZA yöntemiyle değerlendirmişlerdir. Güner vd. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada Türkiye’de 1997 yılında özelleştirilen beş limana ait veriler değerlendirilerek limanların operasyonel etkinlik seviyeleri VZA ile incelenmiştir. Güner (2015) yılında yapılan diğer bir çalışmada ise 2010 yılı verilerinden yararlanarak Marmara, Karadeniz, Ege ve Akdeniz bölgesinde yer alan 13 limanın alt ve üstyapı tesisleri etkinliği ile operasyonel ve finansal etkinlik incelenmiştir.

3. Metot

Veri zarflama analizi, birden fazla girdiyi birden fazla çıktıya dönüştüren, bir dizi karar verme birimlerinin (KVB) veya eş kurumların performansını değerlendirmede kullanılan veri odaklı bir yaklaşımdır (Cooper ve diğ., 2011). Yöntem, ilk olarak Farrell (1957) tarafından birimlerin etkinliklerinin doğrusal programlama yardımıyla ölçülmesinde kullanılmış sonrasında ise Charnes ve diğ. (1978) tarafından geliştirilmiştir. Günümüze kadar yapılan çalışmalarda konteyner terminallerinin operasyonel ve süreç etkinliğinin değerlendirilmesinde VZA kullanılmıştır. VZA yöntemine göre, terminale ait üretim veya maliyet sınırlarının karşılaştırılması ile o terminalin etkinliği ve verimliliği belirlenebilmektedir. Bu çalışmada parametrik olmayan performans ölçüm yöntemlerinden biri olan VZA yönteminin çıktıya yönelik CCR modeli farklı ölçü birimlerinden oluşan girdi ve çıktı değişkenlerinin göreceli etkinliklerini ölçmede kullanılmıştır. VZA’ da kullanılan adımlar ve kısıtlar aşağıda yer almaktadır (Timor ve Mimarbaşı, 2013);

3.1. Karar Verme Birimlerinin (KVB) Seçilmesi

VZA’da ilk yapılması gereken birbirleriyle karşılaştırmalı etkinlik ölçümü yapılacak olan karar verme birimlerinin seçilmesidir. Ahn (1987), KVB/DMU seçimi ile ilgili iki farklı görüş ortaya koymuştur. Bunlardan birincisi her bir KVB’ nin kullandığı kaynaklarla ürettiği çıktılardan sorumlu herhangi bir birim olarak tanımlanmış olmalı, ikincisi ise etkinlik sınır ölçümü ve sonucunun anlamlı çıkabilmesi için üzerinde çalışılan KVB’ lerin sayısının yeterince büyük olmasıdır. Elde edilecek sonuçların anlamlı olabilmesi için karar birimlerinin üretim teknolojisi açısından birbirine benzer olmaları, gözlem kümesinin homojen olması gerekmektedir (Tarım, 2001). KVB’nin homojen olması kadar önemli bir diğer faktör ise KVB’lerinin sayısı ile değişken sayısı arasındaki ilişkidir. Bununla ilgili de farklı görüşler mevcuttur. Boussofiand vd. (1991), girdi sayısı m , çıktı sayısı da p ise en az $(m+p+1)$ tane karar biriminin olması gerektiğini belirtmektedir. Analiz sonuçlarının doğru olması için analize dahil edilecek KVB’lerinin homojen olması büyük önem arz etmektedir. KVB sayısı ile ilgili diğer görüşler ise (m) girdi, (s) çıktı, (N) KVB sayısı olmak üzere (Timor ve Lorcu, 2010);

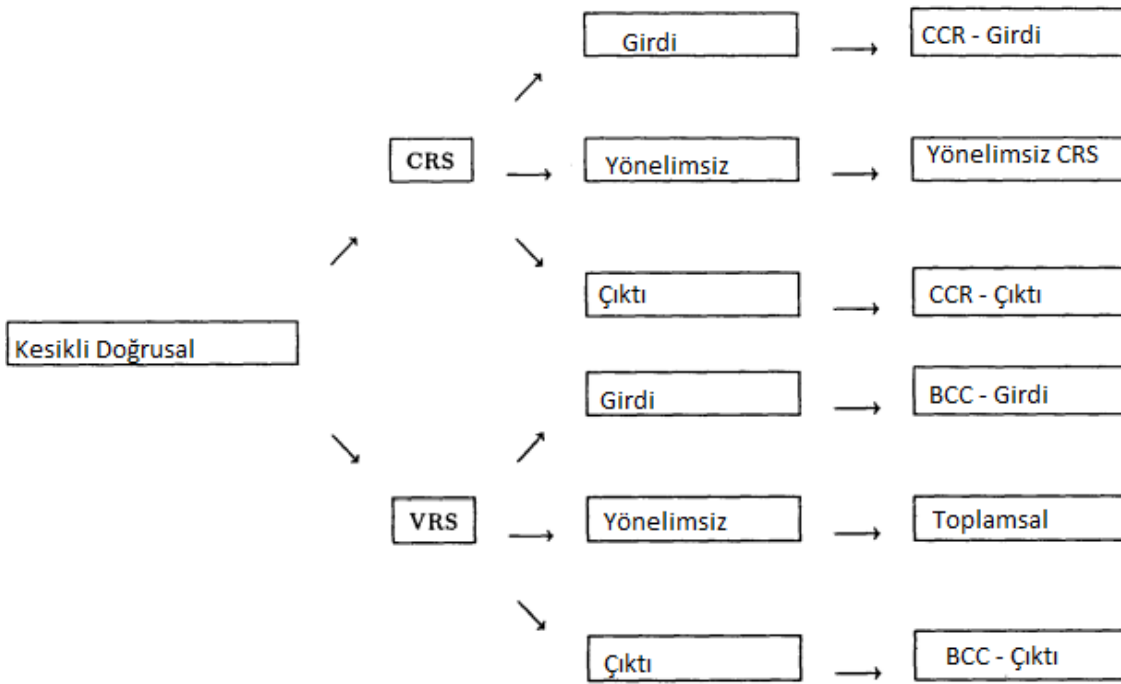
$$a) \quad N \geq \max \{m \times s, 3 \times (m + s)\} \text{ 'dir (Cooper vd., 2001).}$$

$$b) \quad N \geq 2(m + s) \text{ 'dir (Dyson vd., 2001).}$$

Karar verme birimleri belirlendikten sonra bir sonraki aşamada girdi ve çıktı değişkenlerinin belirlenmesi gerekmektedir. VZA, bir etkinlik ölçüm tekniği olduğundan seçilen girdi ve çıktılardan üretim teknolojisini en iyi şekilde ifade edebilecek girdi ve çıktılardan oluşturulması son derece önemlidir.

3.2. VZA Yönteminin Belirlenmesi ve Görelî Etkinlik Ölçüsü

Veri zarflama analizi modelleri ile ilgili çok sayıda sınıflandırma yapılmıştır. İlk önce girdiye ve çıktıya yönelik olarak, ölçeğe göre sabit getiri (CRS) varsayımı altında ağırlıklı veri zarflama modelini içine alan CCR modeli öne sürülmüştür. Bunun ardından ölçeğe göre değişken getiri (VRS) varsayımını dikkate alan BCC modeli geliştirilmiştir. Daha sonra da bu iki modelinde yetersizlikleri dikkate alınarak birçok model geliştirilmiş ve farklı sınıflandırmalar yapılmıştır. Tüm bu sınıflandırmalar dikkate alındığında veri zarflama analizinde temel olarak üç yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler girdi ve çıktı odaklı CCR (Charnes-Cooper-Rhodes) yöntemi, BCC (Banker-Chaenes-Cooper) yöntemi ve toplamsal yöntemdir. Şekil 1'de VZA modelleri ölçeğe göre sabit ve değişken getiri olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Ölçeğe göre sabit ve değişken modellerde girdi odaklı, çıktı odaklı ve yönelimsiz olmak üzere kendi içinde üç gruba ayrılmıştır.



Şekil 1. VZA Modelleri ve Uygulamaları (Ali, 1994)

Çıktıya yönelik CCR modelinde konteyner terminallerinin de temel amacı olan “belirli bir girdi düzeyinde maksimum çıktı” elde edilmeye çalışıldığı için bu çalışmada çıktı yönelimli CCR modeli uygulanmıştır. Modelin amaç fonksiyonu ve kısıtları aşağıda yer almaktadır (Charnes ve diğ., 1978);

$$\begin{aligned} \text{Amaç Fonksiyonu;} & \quad \min q = \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} \\ \text{Kısıtlar;} & \quad \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} \geq 0 \quad j=1,2,\dots,n \\ & \quad \sum_{r=1}^s \mu_r y_{r0} = 1 \\ & \quad \mu_r, v_i \geq 0, \quad \forall r, i \end{aligned}$$

Modelde her bir karar verme birimine ait optimal değerler q^* ve bu değerlere ait ağırlıklar (v^*, μ^*) verilmiş olsun. Eğer her karar verme birimi için $q^*=1$ iken (v^*, μ^*) kümesinin tüm elemanları 0'dan büyük olacak şekilde en az bir optimal çözüm içeriyorsa o karar birimi etkin olarak değerlendirilmektedir.

3.3. Etkinlik Sınırları

Modelde her bir karar birimi için 0 ve 1 arasında bir etkinlik değeri hesaplanmaktadır. Etkinlik skoru 1'e yakın olan birimler en iyi gözlem kümesini ve etkinlik sınırını oluştururken etkinlik değeri 1'den küçük olan KVB ise görece etkin olarak yorumlanmaktadır.

3.4. Referans Grupları

Veri zarflama analizinde referans kümesi, görece olarak etkin olmayan karar verme birimlerinin her biri için belirlenmektedir. Görece olarak etkin olmayan karar verme birimlerinin referans kümesini, görece olarak etkin karar verme birimleri oluşturmaktadır. Görece olarak etkin olan karar verme birimleri belirli yoğunluk değerleriyle etkin olmayan karar verme birimlerine referans gösterilmektedirler(Savaş, 2014).

4. Uygulama

Bu çalışmada amaç, konteyner terminallerinin göreceli etkinliklerini karşılaştırarak etkin olmayan terminallerin performanslarını değerlendirme ve iyileştirmeleri konusunda onlara yardımcı olmaktır. Analiz sonucu elde edilen bulgular incelenerek terminallerde mevcut kaynakların optimal kullanımı amaçlanmaktadır. Uygulama adımları aşağıda verilmiştir.

4.1. Karar Verme Birimlerinin Seçimi

Karar verme birimlerinin homojen olması elde edilen bulguların doğru ve güvenilir olabilmesi için gereklidir. Çalışmada, yıllık 10.000 TEU üstü konteyner elleçleyen 18 tanesi özel işleticilere ve 2 tanesi ise halen TCDD işletmesine ait olan 20 KVB kullanılmıştır. Aynı zamanda KVB' nin sayısı ile değişken sayısı arasındaki ilişkinin Bölüm 3.1.'de verilen görüşlere uygun olması gerekmektedir.

- Bu görüşlerden birincisine göre $N \geq \max\{m \times s, 3 \times (m + s)\}$ olmalıdır.

Buna göre $m=3, s=2$ olmak üzere;

$20 \geq \max\{3 \times 2, 3 \times (3 + 2)\} \Rightarrow 20 \geq 15$ 'dir ve 20 olarak belirlenen N ilk görüşü sağlamaktadır.

- ikincisi ise $N \geq 2m \times s$ 'dir.

Buna göre $20 \geq 2(3 + 2) \Rightarrow 20 \geq 10$ 'dir ve bu görüş de sağlanmaktadır.

4.2. Girdi ve Çıktıların Belirlenmesi

Verilerin esas alınarak kullanıldığı göreceli bir ölçüm tekniği olan VZA' da önemli olan girdi ve çıktı değişkenlerinin anlamlı ve doğru olmasıdır. Literatürde konteyner limanlarında VZA ile ilgili çok sayıda değişken ve performans kriterlerinin kullanıldığı görülmektedir. UNCTAD (1976) tarafından yapılan çalışmada terminallerin

performans kriterleri; operasyonel ve finansal göstergeler olmak üzere iki başlık altında değerlendirilmekte ve göstergeler aşağıda Tablo 2.'de yer almaktadır.

| Finansal Göstergeler | Operasyonel Göstergeler |
|--|--|
| Elleçlenen toplam tonaj miktarı | Gemi geliş zamanı |
| Her bir ton için rıhtım işgal geliri | Gemi bekleme zamanı |
| Her bir ton için yük elleçleme geliri | Hizmet zamanı |
| Çalışan harcamaları | Gemi döngü zamanı |
| Her bir yük için sermaye ekipman harcamaları | Her bir geminin tonajı |
| Her bir ton yükün katkısı | Elleçlenen geminin rıhtımda geçirdiği süre |
| Toplam katkı payı | Her bir geminin elleçlemesinde kullanılan posta sayısı |
| | Limanda her bir gemiden saatte yapılan elleçleme |
| | Rıhtımda her bir gemiden saatte yapılan elleçleme |
| | Postaların saatte elleçledikleri yük miktarı |
| | Postaların elleçlemeye harcadıkları zaman |

Tablo 2. Geleneksel Performans Göstergeleri (UNCTAD, 1976)

Literatür taramaları sonucunda daha önce yapılan çalışmalar incelenmiş ve uzman görüşleri de esas alınarak tüm girdi ve çıktı değişkenleri belirlenerek liman yetkililerine sunulmak üzere bir bilgi formu haline getirilmiştir. Terminal operasyon birimleri ile yapılan görüşmeler sonucunda hem konteyner terminal etkinliğine katkı sağlayan ve analizde olması gereken girdi ve çıktı değişkenleri belirlenmesi konusunda görüşleri alınmış hem de bu değişkenlerle ilgili 2015 yılı verileri talep edilmiştir. Belirlenen bu değişkenlerin bir kısmı terminal yetkililerinin o değişkenlerle ilgili bilgi vermek istememesi veya eksik veri gönderimi (toplam gelir, müşteri memnuniyeti, hizmet kalitesi, yükleme süresi, bekleme süresi ve gecikme süresi miktarı vb.) gibi nedenlerden dolayı etkinlik ölçümünde önemli değişkenler olmalarına karşın zorunlu olarak analiz dışı bırakılmıştır.

2015 yılı için terminallerden elde edilen girdi değişkenleri; çalışan sayısı, konteyner terminal rıhtım uzunluğu, terminal alanı, maksimum derinlik, teorik elleçleme kapasitesi, rıhtım vinçleri sayısı (MHC ve SSG), saha-CFS ekipman sayısı, liman içi aktarma araçları sayısıdır. Çıktı değişkenleri ise yıllık elleçlenen TEU miktarı, saatte yapılan vinç hareketi, gemi çalışma oranı, yıllık gemi kabul sayısı olarak yer almaktadır. VZA uygulama öncesinde modele girecek değişkenlerin seçiminde bağımsız değişken setinin bağımlı değişken setini etkileyip etkilemediğini belirlemek için "Kanonik Korelasyon Analizi" uygulanmıştır. Daha sonra değişken azaltılmasında regresyon modellerinden en güçsüz bağımsız değişkenin modelden çıkartıldığı "Backward" adım adım değişken azaltma yöntemi SPSS'de kullanılarak modele girecek değişkenler belirlenmiş ve aşağıda Tablo 3.'de verilmiştir.

| No | KARAR VERME BİRİMLERİ | ÇIKTI DEĞİŞKENLERİ | | GİRDİ DEĞİŞKENLERİ | | |
|----|-----------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|
| | | Elleçlenen TEU Miktarı (teu/yıl) | Yıllık Gemi Kabul Sayısı | Çalışan Sayısı | Terminal Rıhtım Uzunluğu | SAHA +CFS ekipmanı |
| | | O1 | O2 | I1 | I2 | I3 |
| 1 | ASSAN | 91203 | 129 | 135 | 340 | 24 |
| 2 | ÇELEBİ BANDIRMA | 18613 | 164 | 139 | 824 | 9 |

| No | KARAR VERME BİRİMLERİ | ÇIKTI DEĞİŞKENLERİ | | GİRDİ DEĞİŞKENLERİ | | |
|-----------------|-----------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|
| | | Elleçlenen TEU Miktarı (teu/yıl) | Yıllık Gemi Kabul Sayısı | Çalışan Sayısı | Terminal Rihtım Uzunluğu | SAHA +CFS ekipmanı |
| | | O1 | O2 | I1 | I2 | I3 |
| 3 | ASYA PORT | 129297 | 130 | 571 | 1330 | 40 |
| 4 | EGE GÜBRE | 330252 | 440 | 500 | 697 | 24 |
| 5 | EVYAP | 605385 | 1067 | 770 | 1171 | 47 |
| 6 | GEMPORT | 380511 | 564 | 550 | 1016 | 42 |
| 7 | KUMPORT | 1170000 | 2245 | 680 | 2174 | 64 |
| 8 | ALPORT | 18417 | 29 | 182 | 870 | 31 |
| 9 | LİMAK | 144657 | 775 | 700 | 920 | 34 |
| 10 | LİMAŞ | 26622 | 67 | 100 | 240 | 9 |
| 11 | MARPORT | 1585419 | 1700 | 1501 | 1800 | 62 |
| 12 | MERSİN | 1466199 | 4320 | 1400 | 1475 | 98 |
| 13 | NEMPORT | 254311 | 390 | 300 | 820 | 33 |
| 14 | RODA | 91749 | 354 | 259 | 400 | 18 |
| 15 | SAMSUNPORT | 56713 | 131 | 244 | 400 | 17 |
| 16 | YILPORT | 374544 | 624 | 710 | 525 | 49 |
| 17 | TCDD ALSANCAK | 656410 | 933 | 856 | 1415 | 78 |
| 18 | TCDD HAYDARPAŞA | 121641 | 398 | 471 | 650 | 58 |
| 19 | MARDAŞ | 335576 | 990 | 500 | 915 | 42 |
| 20 | BORUSAN | 225718 | 707 | 500 | 450 | 36 |
| ORTALAMA | | 404161,85 | 807,85 | 553,4 | 921,6 | 40,75 |

Tablo 3. KVB ve Girdi – Çıktı Değişkenleri

Elleçlenen Teu Miktarı (TEU/Yıl): Konteyner terminallerinin ve kargo gemilerinin kapasiteleri TEU(Twenty Foot Equivalent Unit- 20 foot muadili konteyner) ile belirlenmektedir. Dolayısıyla limanlarda kullanılan 20 footluk konteyner 1 TEU, 40 footluk konteyner ise 2 TEU olarak değerlendirilmektedir. Terminallerin temel amacı da daha fazla teu cinsinden konteyner elleçleyerek karı maksimize etmek olduğundan yıllık elleçlenen TEU miktarı O1 değişkeni olarak çalışmada yer almaktadır.

Yıllık Gemi Kabul Sayısı: Limana yanaşan gemi sayısı ve liman hizmetlerinden elde edilen gelir, terminallerin büyüklüğü dolayısıyla yeni nesil gemilere hizmet verebilme potansiyelinden, maksimum derinlikten, ekipman özelliklerinden, yanaşma yeri uzunluğu ve sayısı gibi faktörlerden etkilenmektedir. Liman gelirlerinin artmasında önemli bir değişken olan yıllık kabul edilen gemi sayısı (O2); limana dolu, boş ve transit gelen gemiler dikkate alınarak analize dahil edilmiştir.

Çalışan-İşgücü Sayısı: İşgücünden en yüksek çıktının elde edilebilmesi için belirli periyotlarda izlenmeleri ve saat başı verimlilik oranlarının hesaplanması gerekmektedir. Analizde (I1) değişkeni olarak değerlendirilen yıllık çalışan sayısının belirlenmesinde terminalde tam zamanlı çalışan yükleme-boşaltma elemanları, konteyner terminal çalışanları ve diğer maaşlı çalışanlar dikkate alınmıştır.

Konteyner Terminal Rihtım/İskele Uzunluğu: I2 olarak değerlendirilen ve Notteboom et al (2000) tarafından yapılan çalışmada girdi olarak kullanılan bu değişken, aylık olarak uğrak yapacak ortalama gemi sayısının, aynı anda gelme sıklığının ve rihtım uzunluğunun belirlenmesinde önemli bir faktördür.

Saha ve CFS Operasyon Ekipman Sayısı: Gemiden veya kapıdan gelen konteynerlerin konteyner veya CFS alanında elleçlenmesine olanak sağlayan araçlardır. RTG, RMG, LCH, CRS, SC, ECS, Forklift ve diğer depolama ekipmanlarından oluşan bu Saha-CFS araçları 13 değişkeni olarak analize dahil edilmiştir.

4.3. VZA Modelinin Belirlenmesi

CCR modeli ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında hem teknik hem de ölçek etkinliğini (toplam etkinlik) ölçerken, BCC modeli ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında teknik etkinliği ölçmektedir. Ayrıca çıktıya yönelik CCR modelinde belirli bir girdi düzeyinde maksimum çıktı elde edilmeye çalışılmaktadır. Uluslararası ticaretin çok hızlı geliştiği günümüzde, "liman kullanıcılarına kaliteli hizmet verebilmek ve rekabet gücünü devam ettirebilmek" için konteyner terminallerinin kapasitelerini sürekli gözden geçirmeleri gerekmektedir. Bu nedenle bu çalışmada terminallerin gelişme potansiyelleri dikkate alındığında, planlama ve stratejik durumlarının incelenmesi açısından ve terminallerin eldeki kaynaklarla en yüksek çıktı elde etmek istemeleri sonucu çıktı yönelimli VZA tercih edilmiştir.

4.4. Analiz ve Bulgular

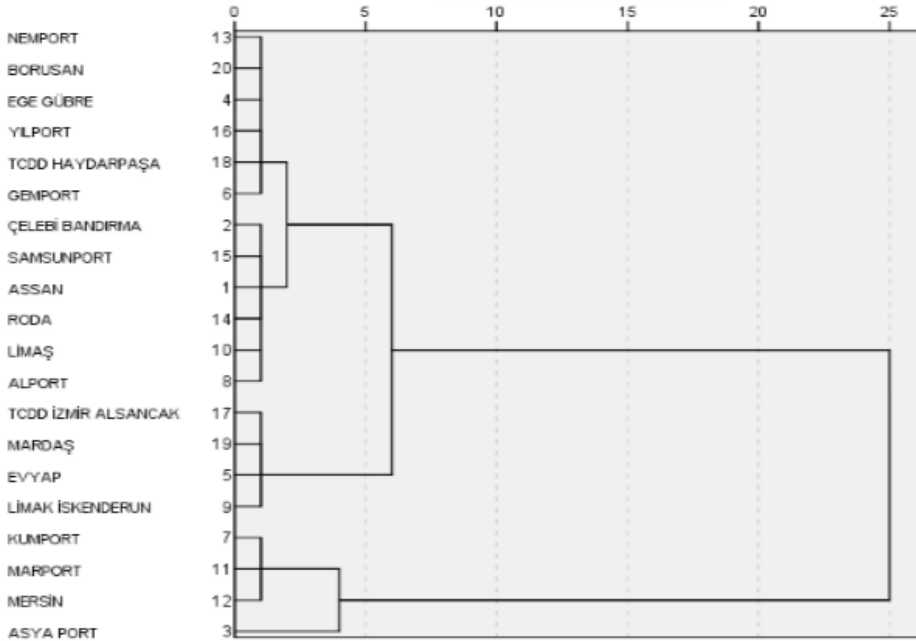
Bu aşamada ilk olarak Excel tabanlı DEA Frontier Software paket programı kullanılarak 20 konteyner terminali için çıktıya yönelik CCR yöntemi uygulanmış ve analiz sonucu Tablo 4.'de yer alan bulgulara ulaşılmıştır.

| | KVB | Çıktı Yönelimli CCR | CCR Rank |
|----|---------------------|---------------------|----------|
| 1 | ASSAN | 0,4482 | 13 |
| 2 | ÇELEBİ BANDIRMA | 0,4134 | 15 |
| 3 | ASYA PORT | 0,1597 | 19 |
| 4 | EGE GÜBRE | 0,5962 | 8 |
| 5 | EVYAP | 0,6681 | 5 |
| 6 | GEMPORT | 0,5349 | 11 |
| 7 | KUMPORT | 1,0000 | 1 |
| 8 | ALPORT | 0,0588 | 20 |
| 9 | LİMAK İSKENDERUN | 0,5171 | 12 |
| 10 | LİMAŞ | 0,2080 | 17 |
| 11 | MARPORT | 1,0000 | 1 |
| 12 | MERSİN | 1,0000 | 1 |
| 13 | NEMPORT | 0,5383 | 9 |
| 14 | RODA | 0,4461 | 14 |
| 15 | SAMSUNPORT | 0,1947 | 18 |
| 16 | YILPORT | 0,7177 | 4 |
| 17 | TCDD İZMİR ALSANCAK | 0,6206 | 7 |
| 18 | TCDD HAYDARPAŞA | 0,2710 | 16 |
| 19 | MARDAŞ | 0,6258 | 6 |
| 20 | BORUSAN | 0,5364 | 10 |

Tablo 4. CCR-O ve BCC-O Modellerine Göre Çıktı Yönelimli Etkinlik Sonuçları

Tablo 4.'deki bulgular incelendiğinde CCR çıktı yönelimli VZA yöntemine göre Kumport, Marport, ve Mersin yüksek etkinlikte konteyner terminalleri olarak tespit edilirken; Asyaport, Alport, Limaş, Samsun ve Haydarpaşa etkinsiz konteyner terminalleri olarak belirlenmiştir. Daha önce Bölüm 3.1.' de belirtildiği gibi üretim birimlerini oluşturan karar verme birimlerinin homojen olması sonuçların anlamlı çıkması için son derece önemlidir. Fakat girdi ve çıktı değişkenlerini ve aldıkları değerleri incelediğimizde KVB'nin birbirine benzemediği gözlenmektedir. Örneğin 2015 yılı için Marport terminali 1.585.419 TEU elleçlemişken, Alport terminali 18.417

TEU elleçlemiştir. Aynı şekilde Marport terminalinde 1501 kişi çalışırken, Alport terminalinde ise 182 kişi çalışmaktadır. Bu nedenle KVB'nin benzer veya homojen kümeler olması için, çalışmada hiyerarşik kümeleme yöntemlerinden en yakın komşuluk olarak bilinen ve uzaklıklar matrisini kullanılarak birbirine en yakın iki gözlemi bulup kümeleme oluşturan "Tek Bağlantı Kümeleme" tekniği ile küme içinde homojenliği, kümeler arasında heterojenliği maksimum kılarak kümeler oluşturan "Ward's Bağlantılı Kümeleme Yöntemi" kullanılarak Öklit ve kareli öklid uzaklıklarına göre kümeler belirlenmiştir. Kümelerin elde edilmesinde değişken azaltmaya gidilmeksizin tüm girdi ve çıktı değişkenleri ele alınmıştır.



Şekil 2. Konteyner Terminallerinin Kümeleme Analizine Göre Sınıflandırılması

Şekil 2.'deki sonuçlar incelendiğinde Kumport, Marport, Mersin ve Asyaport terminaleri ikinci bir küme olarak çıkmıştır. Bu nedenle söz konusu karar verme birimleri analiz dışı bırakılarak geriye kalan 16 konteyner terminali için yeniden çıktı yönelimli CCR modeli uygulanmıştır.

| No. | KVB | SKOR | SIRALAMA |
|-----|---------------------|--------|----------|
| 1 | EGE GÜBRE | 1,0000 | 1 |
| 2 | EVYAP | 1,0000 | 1 |
| 3 | NEMPORT | 1,0000 | 1 |
| 4 | YILPORT | 1,0000 | 1 |
| 5 | MARDAŞ | 1,0000 | 1 |
| 6 | BORUSAN | 1,0000 | 1 |
| 7 | TCDD İZMİR ALSANCAK | 0,9671 | 7 |
| 8 | LİMAK İSKENDERUN | 0,9670 | 8 |
| 9 | GEMPORT | 0,8618 | 9 |
| 10 | RODA | 0,8343 | 10 |
| 11 | ASSAN | 0,8073 | 11 |
| 12 | ÇELEBİ BANDIRMA | 0,7731 | 12 |
| 13 | TCDD HAYDARPAŞA | 0,4953 | 13 |
| 14 | LİMAŞ | 0,3716 | 14 |
| 15 | SAMSUNPORT | 0,3321 | 15 |
| 16 | ALPORT | 0,1203 | 16 |

Tablo 5. 16 Konteyner Terminali İçin Çıktı Yönelimli CCR Sonuçları

Analiz sonucunda Ege Gübre, Evyap, Nempport, Yılport, Mardaş ve Borusan etkin terminaller olarak değerlendirilirken; Limaş, Samsunport ve Alport etkin olmayan terminaller olarak belirlenmiştir.

5. Sonuç

Çalışmada Türkiye’de hizmet sektöründe ülke ve bölge ekonomisine doğrudan katkısı olan konteyner terminalleri ele alınmıştır. Konteyner terminallerinin göreceli etkinliklerinin belirlenmesinde ise VZA kullanılmıştır. Hem teknik hem de ölçek etkin olan CCR çıktı yönelimli model kullanılarak elde edilen bulgular incelendiğinde, kümeleme analizi sonucu çıkartılan terminallerden sonra kalan 16 konteyner terminali içinde yıllık kabul edilen gemi sayısı en yüksek Evyap terminalidir. Diğer etkin terminaller ise Ege Gübre, Nempport, Yılport, Mardaş ve Borusan terminalleridir. Elleçlenen teu miktarı, çalışan sayısı, rıhtım uzunluğu ve saha ekipmanları en yüksek olan İzmir Alsancak terminali 0,967 etkinlik skoruyla yedinci sırada yer almaktadır. Bu sıralamayı Limak, Gempport, Rodaport, Assan, Çelebi, Haydarpaşa, Limaş, Samsunport ve Alport terminalleri takip etmektedir. Analiz sonucu etkisiz olarak gözlemlenen Limaş konteyner terminali referans kümesi olarak Evyap, Mardaş veya Nempport terminalini alıp kabul edilen gemi sayısı ve elleçlenen teu miktarını arttırsa etkin bir liman konumuna gelebilecektir. Samsunport terminali Evyap veya Mardaş terminalini referans küme olarak alıp çıktıları arttırmaya çalıştığında etkin olabilecektir. Aynı şekilde Alport konteyner terminali Nempport veya Mardaş terminalini referans küme olarak Rıhtım uzunluğunu % 43, saha ekipmanlarını %36 azaltır ve çıktı değişkenlerini arttırmaya çalışırsa etkin bir terminal konumuna ulaşabilecektir.

Kaynakça

- Ahn, T. (1987). Efficiency Related Issues in Higher Education: A Data Envelopment Analysis Approach, Ph.D. Thesis, The University of Texas At Austin.
- Al-Eraqi, A.S., Mustafa, A., Khader, A.T. & Barros, C.P. (2008). Efficiency of Middle Eastern and East African Seaports: Application of DEA Using Window Analysis, *European Journal of Scientific Research*, 23 (4): 597-612.
- Ali A. I., (1994). Computational Aspects of DEA, Charnes, A., Cooper, W. W., Lewin, A. Y., & Seiford, L. M. (Eds.). *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, Springer Science & Business Media.
- Ateş A., (2010), Türkiye Konteyner Terminallerinde Verimlilik Analizi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum.
- Ateş, A., Esmer, S. (2013). Türk Konteyner Terminalleri Üzerinde 2009 Yılı Küresel Finans Krizinin Etkileri, *Sayıstay Dergisi*, (91), 105-12
- Banker, R.D. Morey, R.C. (1986), The Use of Categorical Variables in Data Envelopment Analysis, *Management Science*, 32: 1613.1627.
- Bayar, S. (2005). Veri Zarflama Analizi Kullanarak Liman Verimliliğinin Ölçülmesi: Türk Limanlarından Bir Örnek, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Baysal M.E., Uygur, M. & Toklu, B., (2004). Veri Zarflama Analizi ile TCDD Limanlarında Bir Etkinlik Ölçümü Çalışması, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19-4, 437-442.
- Boussofiane, A., Dyson, R. G., & Thanassoulis, E. (1991). Applied Data Envelopment Analysis, *European Journal of Operational Research*, 52(1), 1-15.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1981). Evaluating Program and Managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through, *Management Science*, 27(6), 668-697.
- Charnes, A., Cooper, W., Rhodes, E. (1978). Measuring The Efficiency of Decision Making Units, *European Journal of Operations Research*, 2, 429-444

- Cooper, W. , Li, S., Seiford, L. M., Tone, K., Thrall, R. M., & Zhu, J. (2001). Sensitivity and Stability Analysis in DEA: Some Recent Developments, *Journal of Productivity Analysis*, 15(3), 217-246.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Zhu, J. (Eds.). (2011). *Handbook on Data Envelopment Analysis (Vol. 164)*, Springer Science & Business Media.
- Cullinane, K., & Wang, T. F. (2006). Data Envelopment Analysis (DEA) and Improving Container Port Efficiency, *Research in Transportation Economics*, 17, 517-566.
- Çağlar, V. (2012). Türk Özel Limanlarının Etkinlik ve Verimlilik Analizi, *Dokuz Eylül Yayınları*
- Dyson, R. G., Allen, R., Camanho, A. S., Podinovski, V. V., Sarrico, C. S., & Shale, E. A. (2001). Pitfalls and Protocols in DEA. *European Journal of Operational Research*, 132(2), 245-259.
- Estache, A., De La Fe, B. T., & Trujillo, L. (2004). Sources of Efficiency Gains in Port Reform: A DEA Decomposition of A Malmquist TFP Index for Mexico, *Utilities Policy*, 12(4), 221-230.
- Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency, *Journal of The Royal Statistical Society, Series A (General)*, 253-290.
- Goulielmos, A. M., & Pardali, A. I. (2002). Container Ports in Mediterranean Sea: A Supply and Demand Analysis in the Age of Globalization. *International Journal of Transport Economics*, 91-117.
- Güner, S. (2015). Investigating Infrastructure, Superstructure, Operating and Financial Efficiency in The Management of Turkish Seaports Using Data Envelopment Analysis, *Transport Policy*, 40, 36-48.
- Güner, S., Coşkun, E., & Taşkın, K. (2014). Liman Özelleştirmelerinin Operasyonel Etkinlik Üzerindeki Etkisi: Türk Limanları Üzerinde Dönemsel Bir Çalışma, *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 43(2), 218-236.
- Hoffmann, J.. and Kumar, S. (2002), *Globalisation: The Maritime Nexus*, In Grammenos, C. T. (Ed), *The Handbook of Maritime Economics and Business*, LLP, London.
- Hung, S.W., Lu,W.M., Wang,T.P.,(2010). Benchmarking The Operating Efficiency of Asia Container Ports, *European J. Operational Res.*203,706–713.
- Itoh, H. (2002). Efficiency Changes at Major Container Ports in Japan: A Window Application of Data Envelopment Analysis, *Review of Urban & Regional Development Studies*. 14: 133–152.
- Janelle, D. G., & Beuthe, M. (2002). Globalization and Transportation. *Social Change and Sustainable Transport*, 49.
- Notteboom, T., Coeck, C., & Van Den Broeck, J. (2000). Measuring and Explaining The Relative Efficiency of Container Terminals by Means of Bayesian Stochastic Frontier Models, *Maritime Economics & Logistics*, 2(2), 83-106.
- Panayides, P.M., Wang, T.F. Ve Maxoulis, C.N. (2008). Measuring Seaport Economic Efficiency: A Comperative DEA Study, *IAME Annual Conference*, Dalian Maritime University. Dalian, Çin.
- Park, R.K. ve De, P. (2004). An Alternative Approach to Measurement of Seaports, *Maritime Economics & Logistics*. 6: 53-69.
- Rajasekar, T., & Deo, M. (2014). Does Size Influence The Operational Efficiency of The Major Ports of India?-A Study, *IUP Journal of Operations Management*, 13(1), 20.
- Peters, H.J. (2001): Development in Global Sea trade and Container Shipping Markets: Their Effects on the Port Industry and Private Sector Involvement”, *International Journal of Maritime Economics*, 3, 1, 3–26.
- Rios, L.R. ve Maçada, A. C. G. (2006). Analysing The Relative Efficiency of Container Terminals of Mercosur Using DEA. *Maritime Economics& Logistics*, Vol. 8, Pp. 331-346.
- Roll, Y., Hayuth, Y. (1993). Port Performance Comparison Applying Data Envelopment Analysis (DEA). *Maritime Policy and Management*, 20(2), Pp. 153-161.
- Savaş, F. (2014). Veri Zarflama Analizi, Yıldırım, B.F. ve Önder, E.(Editör), *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*, Dora Yayınları, Bursa
- Schøyen, H., & Odeck, J. (2013). The Technical Efficiency of Norwegian Container Ports: A Comparison to Some Nordic and UK Container Ports Using Data Envelopment Analysis (DEA). *Maritime Economics & Logistics*, 15(2), 197-221.
- Sherman, H. D., & Gold, F. (1985). Bank Branch Operating Efficiency: Evaluation with Data Envelopment Analysis. *Journal of Banking & Finance*, 9(2), 297-315.

- Tarım, A., (2001), Veri Zarflama Analizi: Matematiksel Programlama Tabanlı Görelî Etkinlik Ölçüm Yaklaşımı, T.C. Sayıştay Araştırma İnceleme Çeviri Dizisi, No:15., Ankara
- Thomas, B. J., Roach, D. K. Ve Hamelink, K. (2007). Container Terminal Operation, Mcardiff - UK: International Labour Organization,
- Timor, M. & Lorcu, F. (2010). Türkiye ve Avrupa Birliğine Üye Ülkelerin Sağlık Sistem Performanslarının Kümeleme ve Veri Zarflama Analizi ile Karşılaştırılması. Yönetim, 21(65), pp.25-46.
- Timor, M., & Mimarbaşı, H. (2013). Banka Şube Hizmet Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi ve Topsis Yöntemleri İle Karşılaştırılması. İstanbul Üniversitesi İşletme İktisadı Enstitüsü Yönetim Dergisi, 24(75), 13-35.
- Tongzon, J. (2001). Efficiency Measurement of Selected Australian and Other International Ports Using Data Envelopment Analysis. Transportation Research Part A: Policy And Practice, 35(2), 107-122.
- Tongzon, J., Chang, Y.T., Lee, S.Y. (2008). Efficiency Measurement of Selected Korean and Other International Ports Using Stepwise Data Envelopment Analysis (DEA). IAME Annual Conference, Dalian Maritime University. Dalian, Çin.
- Trujillo, L., González, M. M., & Jiménez, J. L. (2013). An Overview on The Reform Process of African Ports. Utilities Policy, 25, 12-22
- Türkiye Liman İşletmecileri Derneği (2016), TÜRKLİM Sektör Raporu, Matsis Matbaa, İstanbul.
- UNCTAD (1976). Port Performance Indicators, TD/B/ C.4/131/Supp.1/Rev.1, New York, US: United Nations Conference on Trade And Development.
- Valentine, V. F. & Gray, R. (2001). The Measurement of Port Efficiency Using Data Envelopment Analysis. Proceedings of The 9th World Conference on Transport Research. Seoul, South Korea. 22-27 July.
- Wang, T. F., Cullinane, K., & Song, D. W. (2003). Container Port Production Efficiency: A Comparative Study of DEA and FDH Approaches. Journal of The Eastern Asia Society for Transportation Studies, 5, 698-701.
- Wu, Y. C. J., & Goh, M. (2010). Container Port Efficiency in Emerging and More Advanced Markets. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 46(6), 1030-1042.
- Yuen, A. C. L., Zhang, A., & Cheung, W. (2013). Foreign Participation and Competition: A Way to Improve The Container Port Efficiency in China?. Transportation Research Part A: Policy And Practice, 49, 220-231.
- Zhu, J. (1996), DEA/AR Analysis Of The 1988-1989 Performance Of The Nanjing Textile Corporation, Arinals of Operations Research, 66: 311-335.