



2015.03.02.OR.05

## PROPOSAL OF A TWO-STAGE MODEL FOR MEASURING THE PORT EFFICIENCY AND AN IMPLICATION ON TURKISH PORTS

Samet GÜNER\*

Assist. Prof. Dr., Faculty of Management, Sakarya University, Sakarya

Received: 16 September 2015

Accepted: 27 December 2015

### Abstract

In the port operating process, it is aimed to use various infrastructure and superstructure inputs for freight handling and serving ships and intended to generate revenue from handled freights and served ships. Therefore, two sequential stages appear in the port operating process. In this process, the outputs from the first stage are the inputs to the second stage. Port managers would aim to maximize the freight handled and the number of served ships with using the existing resources in the first stage and then, maximize the revenue from handled freights and served ships in the second stage. Data Envelopment Analysis (DEA) which is the most widely used technique to estimate port efficiency was designed for the single stage processes and it is inadequate in two-stage operations. In order to overcome this limitation, some DEA based two-stage techniques were developed and used. In this study, a two-stage DEA model was proposed for measuring the port efficiency and applied to a number of Turkish ports. Results show that two-stage DEA approach provides more proper results than those in single stage DEA when there are sequential stages. It is expected that the proposed two-stage DEA model may contribute both literature and practice.

*Keywords:* Efficiency, two-stages, port, data envelopment analysis

*Jel Code:* C19, C44, I18

## LİMAN ETKİNLİĞİ ÖLÇÜMÜNDE İKİ AŞAMALI BİR MODEL ÖNERİSİ VE TÜRK LİMANLARI ÜZERİNDE BİR UYGULAMA

### Özet

Liman işletim sürecinde, çeşitli altyapı ve üstyapı girdilerini kullanarak yük elleçlemek ve limana gelen gemilere hizmet vermek, elleçlenen bu yüklerden ve hizmet verilen gemilerden de gelir elde etmek amaçlanır. Dolayısıyla, liman işletim sürecinde karşımıza birbirini takip eden iki aşamalı bir süreç çıkmaktadır. Bu süreçte birinci aşamanın çıktıları, ikinci aşamanın girdilerini oluşturmaktadır. Liman yönetimi, birinci aşamada kullanılan kaynaklar ile en yüksek seviyede yük elleçlemeyi ve en fazla sayıda gemiye hizmet vermeyi, ikinci aşamada ise elleçlenen bu yüklerden ve hizmet verilen gemilerden maksimum seviyede gelir elde etmeyi amaçlar. Liman etkinliğinin ölçülmesinde en sık kullanılan yöntem olan Veri Zarflama Analizi (VZA), tek bir sürecin etkinliğini ölçmek için tasarlanmıştır. Birbirini takip eden bir sürecin etkinliğini ölçmek için ise VZA temelli çeşitli iki aşamalı etkinlik ölçüm teknikleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada, liman etkinliklerinin ölçümünde kullanılacak iki aşamalı bir VZA modeli önerilmiş ve Türk limanları üzerinde uygulanmıştır. Sonuçlar, birbirini takip eden süreçler söz konusu olduğunda, iki aşamalı modelin liman performansını tek aşamalı VZA'ya göre daha doğru bir şekilde değerlendirdiğini göstermektedir. Bu çalışmada önerilen iki aşamalı VZA modelinin hem literatüre hem de uygulamaya katkı yapması beklenmektedir.

*Anahtar Kelimeler :* Etkinlik, iki aşamalı, liman, veri zarflama analizi

*Jel Kodu :* C19, C44, I18

\* [sguner@sakarya.edu.tr](mailto:sguner@sakarya.edu.tr) (Corresponding author)

## 1. GİRİŞ

Ticaret zinciri içerisinde önemli bağlantı noktaları olan limanların etkinliği şehir, bölge ve ülke ekonomisini yakından etkilemektedir (Tongzon 1995; Shan vd. 2014; Güner, 2015). Bu önemine istinaden liman etkinliğini ölçme ve değerlendirme konusu hem dünyada hem de ülkemizde yapılan akademik çalışmalarda oldukça dikkat çekmektedir.

Liman etkinliğinin ölçülmesinde Stokastik Sınır Analizi (SFA veya SSA) ve çoklu doğrusal regresyon analizi gibi parametrik tekniklerin yanı sıra, Veri Zarflama Analizi (DEA veya VZA) ve Serbest Atılabilir Zarf (FDH veya SAZ) gibi parametrik olmayan teknikler de kullanılmaktadır. Farklı tekniklerin varlığına karşın, parametrik teknikler içerisinde SSA, parametrik olmayan tekniklerden ise VZA, liman etkinliğinin ölçülmesinde en sık kullanılan yöntemlerdir (Panayides vd. 2011).

Liman performansının ölçülmesi ile ilgili literatür incelendiğinde, uygulama aşamasında araştırmacılara sağladığı avantajlardan ötürü VZA'nın SSA'ya göre daha yaygın bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. Nitekim birçok uluslararası çalışmada araştırmacılar liman etkinliği ölçümünde VZA'yı tercih etmiştir (Roll ve Hayuth, 1993; Tongzon, 2001; Barros ve Athanassiou, 2004; Cullinane vd. 2005; Barros, 2006; Wu ve Goh, 2010; Hung vd. 2010; Cheon vd. 2010). Ülkemizde de, liman etkinliklerinin karşılaştırmalı olarak ölçülmesinde veri zarflama analizinden yaygın bir şekilde faydalanılmıştır (Baysal vd. 2004; Bayar, 2005; Güner vd. 2012; Çağlar, 2012; Ateş vd. 2013; Güner ve Coşkun, 2013; Bircan, 2014; Ateş ve Esmer, 2014; Güner ve Coşkun, 2014; Güner vd. 2014; Güner, 2015).

VZA, tek aşamalı bir sürecin etkinliğini ölçmek amacıyla tasarlanmıştır. Bu nedenle tek aşamalı bir sürecin etkinliğini ölçmede yeterli olsa da, birbirini takip eden iki aşamalı bir sürecin etkinlik ölçümü söz konusu olduğunda yetersiz kalmaktadır. VZA'nın bu kısıtınının üstesinden gelmek amacıyla çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlar bankacılık (Seiford ve Zhu, 1999; Chen ve Zhu, 2004) ve sigortacılık (Kao ve Hwang, 2008; Chen vd. 2009) gibi sektörlerde uygulanmış olsa da, birkaç istisna haricinde (Yun vd. 2011; Wanke, 2013) dünyadaki ve ülkemizdeki liman literatüründe iki aşamalı etkinlik ölçümü büyük ölçüde göz ardı edilmiştir. Hâlbuki liman işletim sürecinde de birbirini takip eden süreçler söz konusu olduğu için, iki aşamalı etkinlik ölçümü ile daha sağlıklı bir performans değerlendirme yapılabilir.

Bu çalışmanın amacı, liman etkinliğinin ölçülebilmesi için iki aşamalı bir model önermektir. Önerilen bu model Türk limanları üzerinde uygulanacak ve sonuçları tartışılacaktır. Analiz sonuçları, iki aşamalı etkinlik ölçüm yaklaşımının geleneksel etkinlik ölçümüne göre daha

sağlıklı sonuçlar ürettiğini göstermiştir. Ayrıca, analiz sonuçları değerlendirilerek araştırmaya dâhil olan limanların etkinliklerinin artırılabilmesi için öneriler sunulmuştur. Bu yönüyle araştırmamızın hem literatüre hem de uygulamaya katkı sunması beklenmektedir.

Çalışma şu şekilde organize edilmiştir. İkinci bölümde veri zarflama analizi ve iki aşamalı etkinlik ölçüm yaklaşımları tanıtılacaktır. Üçüncü bölüm, araştırmamızın kapsamını, veri setini ve modelini tanıtan yöntem bölümüdür. Dördüncü bölümde analizler yapılacak ve bulgular tartışılacaktır. En son bölümde ise araştırmamızın sonuçları sunulacaktır.

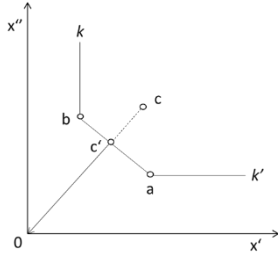
## 2. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ VE İKİ AŞAMALI ETKİNLİK ÖLÇÜM YAKLAŞIMLARI

Veri zarflama analizi, ilk olarak Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından geliştirilen parametrik olmayan bir karşılaştırmalı etkinlik ölçüm tekniğidir. Özellikle de birden çok girdinin ve çıktının bulunduğu durumlarda oldukça kullanışlı bir tekniktir (Panayides et al. 2009). Bu teknik, en iyi uygulamaları tespit ederek etkin olarak tanımlamakta ve bunları etkin olmayan karar birimlerine benchmark olarak atayarak onların da etkin olabilmesi için girdi-çıkıtı hedefleri sunmaktadır.

VZA'nın temel işleyişi Şekil 1 üzerinde gösterilebilir. Şekil 1'deki  $a$ ,  $b$  ve  $c$  karar birimlerinin iki adet girdi kullanarak ( $x'$  ve  $x''$ ) tek bir çıktı ürettiğini varsayalım. Tüm karar birimleri farklı miktarlarda girdi kullanmakta ancak aynı miktarda çıktı üretmektedir. Etkinlik sınırı ( $k - k'$ ) üzerinde yer alan  $a$  ve  $b$  birimleri etkin iken, etkinlik sınırının uzağında bulunan  $c$  ise etkin değildir. Çünkü  $c$  karar birimi  $a$  ve  $b$  ile karşılaştırıldığında, aynı miktardaki çıktıyı üretebilmek için daha fazla girdi kullanmış, bu da süreçlerinin etkinsiz olmasına neden olmuştur.

Etkinlik sınırı üzerinde bulunan  $a$  ve  $b$ 'nin etkinlik puanı %100 etkinliği ifade eden 1'dir.  $c$ 'nin etkinlik puanı ise 1'den küçük olup, etkinlik sınırına olan uzaklığına göre belirlenir. Buna göre  $c$ 'nin etkinliği,  $0c'/0c$  oranı ile hesaplanabilir.  $0c'$ 'nin  $0c$ 'den küçük olduğu göz önüne alınırsa,  $c$ 'nin etkinliğinin 1'den küçük bir değer alacağı kolaylıkla anlaşılabilir. Dolayısıyla,  $c$  etkinlik sınırından uzaklaştıkça etkinlik puanı düşecek, etkinlik sınırına yaklaştıkça ise etkinlik puanı yükselecektir.

Bu süreçte  $a$  ve  $b$  birimleri  $c$ 'ye benchmark olarak atanacak ve  $c$ 'ye performans hedefleri belirlenmesinde referans alınacaktır. Bir benchmark olarak  $a$ 'nın katkısı  $bc'/ba$  ile hesaplanırken,  $b$ 'nin katkısı ise  $ac'/ab$  formülü ile hesaplanmaktadır.



Şekil 1. VZA Süreci

VZA, girdi ve çıktı yönelimli olarak modellenebilmektedir. Girdi yönelimli VZA, girdi kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılıp kullanılmadığını ve aynı miktardaki çıktıyı üretmeye devam ederken kaynakların ne kadar azaltılabileceğini araştırır (Panayides et al. 2009). Örneğin, eğer bir karar biriminin girdi yönelimli etkinliği 0,70 olarak hesaplırsa, bu karar biriminin mevcut çıktı miktarını, kaynaklarının yalnızca %70'i ile üretebilmesi gerektiğini, dolayısıyla %30'unu azaltması gerektiğini ifade eder.

Diğer yandan çıktı yönelimli VZA ise, mevcut girdi kaynaklarıyla yeterli derecede çıktı üretilip üretilmediğini ve girdi miktarını değiştirmeden çıktı miktarının ne kadar artırılması gerektiğini araştırır. Örneğin, bir karar biriminin çıktı yönelimli etkinliğinin 0,70 olması, girdi miktarını artırmadan %30 daha fazla çıktı elde edilmesi gerektiğini gösterir. Girdi ve çıktı yönelimli VZA aşağıdaki gibi modellenmektedir.

**Girdi Yönelimli VZA**

$$\theta^* = \min \theta$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{i0}$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{r0}$$

$$\lambda_j \geq 0$$

**Çıktı Yönelimli VZA**

$$\theta^* = \max \theta$$

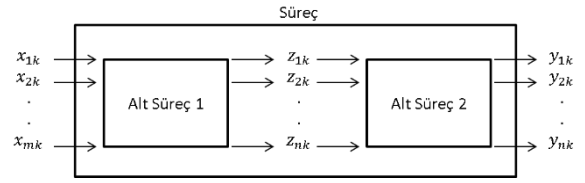
$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{i0}$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \theta y_{r0}$$

$$\lambda_j \geq 0$$

Orijinal VZA modeli, tek aşamalı süreçlerin etkinliğini ölçmede yeterli olsa da, birbirini takip eden iki aşamalı bir sürecin etkinlik ölçümünde yetersiz kalmaktadır. VZA'nın bu kısıtının üstesinden gelmek amacıyla ilk olarak Seiford ve Zhu (1999) tarafından bir ana süreci iki alt sürece ayıran İki Aşamalı VZA yaklaşımı geliştirilmiştir. Bu yaklaşımda birinci alt süreç bir girdi karması kullanarak çeşitli çıktılar elde etmektedir. Birinci alt sürecin çıktıları, ikinci alt sürecin girdilerini oluşturmaktadır. Bunlara ara değişkenler adı verilmiştir. İkinci süreçte ise bu ara değişkenler girdi olarak kullanılmakta ve farklı çıktılar üretilmektedir.

İki aşamalı bir süreç Şekil 2'de gösterilmiştir.  $x$  ile ifade edilen değişkenler birinci alt sürecin girdileridir. Bu süreçte  $x$  girdisi kullanılarak  $z$  çıktısı elde edilir. İkinci alt süreç ise bu  $z$  değişkenini kullanarak  $y$  çıktısı üretmektedir. Yani ara değişken olarak tanımlanan  $z$ , birinci sürecin çıktısı, ikinci sürecin ise girdisidir.



Şekil 2. İki Aşamalı Etkinlik Ölçümü (Kao ve Hwang, 2008)

Seiford ve Zhu (1999), bu sürecin etkinliğini ölçmek amacıyla birinci alt süreç için, ikinci alt süreç için ve tüm süreç için olmak üzere toplam üç VZA modeli oluşturmuş ve bunları birbirinden bağımsız bir şekilde değerlendirmiştir. Böylelikle, eğer ana süreçte bir etkinsizlik varsa bunun kaynağını belirlemeye çalışmışlardır. Ancak tüm sürecin etkinliğini ölçen genel etkinlik modeli ara değişkenleri dikkate almadığı için, bazı karar değişkenleri alt süreçlerde etkinsiz olduğu halde genel anlamda etkin olarak belirlenmiştir. Bu durum çelişkili sonuçların ortaya çıkmasına neden olmuş ve sonuçların uygulanabilirliğini zorlaştırmıştır.

Chen ve Zhu (2004), bu problemi ortadan kaldırmak amacıyla alt süreçleri tek bir VZA modeli içerisinde toplamış ve birlikte değerlendirmiştir. Bu yaklaşımda birinci alt süreç girdi yönelimli, ikinci alt süreç ise çıktı yönelimli olarak modellenmiştir. Böylelikle, tüm sürecin etkin olabilmesi, ancak ve ancak alt süreçlerin de etkin olması şartına bağlanmıştır. Bu yaklaşım aynı zamanda ara değişkenler için optimal hedef belirlemeye de yardımcı olmuştur.

Chen ve Zhu'nun (2004) geliştirdiği iki aşamalı yaklaşım aşağıdaki gibi modellenmektedir. Dikkat edileceği gibi bu modelde birinci aşama girdi yönelimli, ikinci aşama ise çıktı yönelimlidir.

Amaç Fonksiyonu

$$\min = \alpha - \beta$$

1. Aşama

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \alpha x_{ij} \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j z_{dj} \geq z_{dj} \quad j = 1, \dots, n$$

$$\lambda_j \geq 0$$

$$\alpha \leq 1$$

2. Aşama

$$\sum_{j=1}^n \mu_j z_{dj} \leq z_{dj} \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n \mu_j y_{rj} \geq \beta y_{rj} \quad j = 1, \dots, n$$

$$\mu_j \geq 0$$

$$\beta \geq 1$$

$\alpha$ : Birinci sürecin etkinlik puanı

$\beta$ : İkinci sürecin etkinlik puanı

$x$ : Birinci sürecin girdisi

$z$ : Ara değişken (Birinci sürecin çıktısı, ikinci sürecin girdisi)

$y$ : İkinci sürecin çıktısı

Seiford ve Zhu (1999) tarafından geliştirilen iki aşamalı VZA yaklaşımına başka bir alternatif ise Kao ve Hwang (2008) tarafından önerilmiştir. Yazarlar, ara değişkenler nedeniyle tüm süreçlerin birbirleri ile ilişkili olduğunu belirterek, bu ilişkileri dikkate alan ilişkisel bir “iki aşamalı VZA” yaklaşımı geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu yaklaşımda tüm sürece ve alt süreçlere ait VZA modelleri tek bir modelde birleştirilmiştir. Modeller arasındaki ilişkinin kurulabilmesi amacıyla da her bir girdi-çıkıtı değişkenine hangi modelde ve hangi rolde olduğuna bakılmaksızın aynı çarpanlar verilmiştir. Bu yaklaşımda genel etkinlik, alt süreçlerin etkinliğinin bir ürünü olup, her ikisinin çarpımına eşittir. Yani bir karar biriminin genel etkinlik puanı, iki alt sürecin etkinlik puanlarının çarpılması ile tespit edilmektedir. Kao ve Hwang (2008) tarafından geliştirilen ilişkisel iki aşamalı yaklaşım aşağıdaki gibi modellenmektedir.

$$\begin{aligned} \theta &= \max \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} \\ &\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1 \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\leq 0 \quad j = 1, \dots, n \\ \sum_{p=1}^q w_p z_{pj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\leq 0 \quad j = 1, \dots, n \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{p=1}^q w_p z_{pj} &\leq 0 \quad j = 1, \dots, n \end{aligned}$$

$$u_r, v_i, w_p \geq \varepsilon, \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m; \quad p = 1, \dots, q$$

$x$ : Birinci sürecin girdisi

$z$ : Ara değişken (Birinci sürecin çıktısı, ikinci sürecin girdisi)

$y$ : İkinci sürecin çıktısı

$u_r, v_i, w_p$ : Ağırlıklar

Bu yaklaşım farklı etkinlik modelleri arasındaki ilişkileri dikkate almaktadır. Ayrıca, bu yaklaşımda karar birimlerinin genel etkinlik skorları, iki alt sürecin etkinliklerinin çarpımına eşit olmaktadır. Yani bir karar biriminin etkinliği, alt süreçlerinin bir ürünüdür. Böylelikle eğer genel süreçte bir etkinsizlik varsa, bunun kaynağı daha net bir şekilde tespit edilebilmektedir. Bu avantajlarından ötürü Kao ve Hwang (2008) tarafından önerilen ilişkisel iki aşamalı VZA yaklaşımı Chen ve Zhu

(2004) tarafından önerilen yaklaşımdan daha sağlıklı sonuçlar üretebilmektedir.

### 3. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Araştırma Akport, Hopaport, Giresun, Ordu, Riport, Alport, Dikili, Bandırma, Haydarpaşa, İzmir, Samsun, Derince ve İskenderun olmak üzere 13 Türk limanını kapsamaktadır. Araştırma kapsamında liman operasyonlarına yönelik üç farklı etkinlik boyutu belirlenmiştir. Bunlardan birincisi, “operasyonel etkinlik” olup, limanların sahip oldukları çeşitli altyapı ve üstyapı kaynakları ile maksimum seviyede yük elleçleyip elleçlemediğini ve maksimum sayıda gemiye hizmet verip vermediğini sorgulamaktadır. Bir diğer etkinlik boyutu ise “finansal etkinlik” olup, elleçlenen yüklerden ve hizmet verilen gemilerden maksimum gelir elde etmeyi amaçlamaktadır. Üçüncü ve son etkinlik boyutu ise “genel etkinlik” olarak adlandırılmıştır. Genel etkinlik, limanlarda yük elleçlemek ve gelen gemilere hizmet vermek amacıyla kullanılan kaynaklar ile maksimum seviyede gelir elde etmeyi amaçlamaktadır.

Limanların operasyonel etkinliğini ölçmek amacıyla beş girdi ve iki çıktı kullanılmıştır. Bu modelin girdileri terminal alanı, rıhtım uzunluğu, vinç sayısı, forklift sayısı ve işgücü iken, çıktıları ise elleçlenen yük miktarı ve hizmet verilen gemi sayısıdır. Finansal etkinlik ise iki girdi ve bir çıktı ile ölçülmüştür. Bir önceki aşamanın çıktıları olan elleçlenen yük miktarı ve hizmet verilen gemi sayısı, bu aşamanın girdisini teşkil ederken, limanların elde ettikleri toplam gelir de bu sürecin çıktısını oluşturmuştur. Genel etkinlik modeli ise terminal alanı, rıhtım uzunluğu, vinç, forklift ve işgücü girdilerinden ve toplam gelir çıktısından oluşturulmuştur. Araştırmada kullanılan girdiler ve çıktılar Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Araştırmada Kullanılan Girdiler ve Çıktılar

|                             | Girdiler        | Çıktılar     |
|-----------------------------|-----------------|--------------|
| <b>Operasyonel Etkinlik</b> | Terminal alanı  | Yük miktarı  |
|                             | Rıhtım uzunluğu | Gemi sayısı  |
|                             | Vinç sayısı     |              |
|                             | Forklift sayısı |              |
| <b>Finansal Etkinlik</b>    | İşgücü          |              |
|                             | Yük miktarı     | Toplam Gelir |
| <b>Genel Etkinlik</b>       | Gemi sayısı     |              |
|                             | Terminal alanı  | Toplam Gelir |
|                             | Rıhtım uzunluğu |              |
|                             | Vinç sayısı     |              |
|                             | Forklift sayısı |              |
|                             | İşgücü          |              |

Liman etkinliklerinin ölçülmesi amacıyla, bu araştırmada geleneksel tek aşamalı etkinlik ölçüm modelinin yanı sıra, iki aşamalı bir model de kullanılmış ve her iki tekniğin sonuçları karşılaştırılmıştır. Tek aşamalı etkinlik ölçümünde, operasyonel etkinlik, finansal etkinlik ve genel etkinlik birbirinden bağımsız bir şekilde ölçülmüş ve ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bu analizlerde, hem teknik hem de ölçek etkinliğini ölçmek amacıyla Charnes vd. (1978) tarafından önerilen orijinal ölçeğe sabit getirili VZA tekniği kullanılmıştır. İki aşamalı etkinlik ölçümünde ise operasyonel etkinlik ile finansal etkinlik birbirini takip eden süreçler olarak değerlendirilmiş ve aynı model içerisinde ölçülmüştür. Liman etkinliğini iki aşamalı olarak ölçmek amacıyla Kao ve Hwang (2008) tarafından geliştirilen ilişkisel iki aşamalı VZA yaklaşımı kullanılmıştır. Ancak, bu yazarlardan farklı olarak, bu çalışmada girdi yönelimli değil, çıktı yönelimli bir model tercih edilmiştir. Çıktı yönelimli ilişkisel iki aşamalı VZA yaklaşımı aşağıdaki gibi modellenmiştir.

$$\theta = \min \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} = 1$$

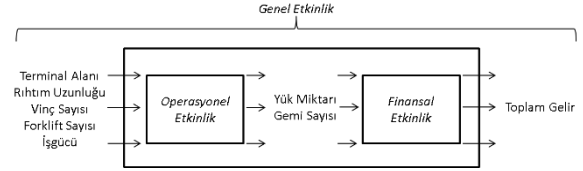
$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{p=1}^q w_p z_{pj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{p=1}^q w_p z_{pj} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i, w_p \geq \varepsilon, \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m; \quad p = 1, \dots, q$$

Bu bilgiler ışığında iki aşamalı etkinlik modeli Şekil 3'teki gibi kurulmuştur. Buna göre, birinci aşamada, limanların mevcut altyapı ve üstyapı kaynakları ile maksimum seviyede yük elleçleyip maksimum sayıda gemiye hizmet verip vermedikleri sorgulanmıştır. İkinci aşamada ise limanların elleçledikleri mevcut yük miktarı ve hizmet verdikleri gemi sayısı ile maksimum seviyede gelir elde edip etmedikleri araştırılmıştır. Dolayısıyla her iki aşama da çıktı yönelimli olarak modellenmiştir. Böylelikle, her iki aşamanın birlikte değerlendirilmesiyle beraber, iki aşamalı liman etkinlik modeli oluşturulmuş olmaktadır.



Şekil 3. İki aşamalı liman etkinlik modeli

Analizlerde kullanılan veriler 2010 yılına ait olup, bir kısmı Türkiye Denizcilik İşletmeleri A.Ş., Özelleşen Limanlar Takip İşleri Dairesi Başkanlığı'ndan, bir kısmı ise ilgili limanlardan bireysel başvuru ile temin edilmiştir.

#### 4. ANALİZ VE BULGULAR

Araştırmanın analizleri iki safhada yapılacaktır. Öncelikle limanların operasyonel etkinliği, finansal etkinliği ve genel etkinliği tek aşamalı VZA yaklaşımı ile ayrı ayrı ölçülecek ve değerlendirilecektir. Daha sonra ise elleçleme etkinliği ile finansal etkinlik birbirini takip eden bir süreç olarak değerlendirilecek ve aynı veri setine Kao ve Hwang (2008) tarafından geliştirilen ilişkisel iki aşamalı VZA modeli uygulanacaktır.

Limanların tek aşamalı etkinlik skorları Tablo 2'de gösterilmiş ve Şekil 4'te görselleştirilmiştir. Limanların operasyonel ve finansal etkinlikleri ayrı ayrı değerlendirildiğinde, operasyonel etkinliğin finansal etkinliğe göre daha yüksek olduğu görülmektedir (sırasıyla 0,69 ve 0,33). Yani limanlar, genel anlamda, altyapı ve üstyapı kaynaklarını yük elleçlemede ve gemi hizmetinde daha etkin bir şekilde kullanırken, elleçlenen yüklerden ve hizmet verilen gemilerden gelir elde etme noktasında daha düşük bir performans sergilemektedirler.

Akport, Ordu, Dikili, Bandırma ve İzmir limanları operasyonel etkinlikte tam puan alırken, Haydarpaşa ise 0,26 puan ile en düşük performansı sergileyen liman olmuştur. Bu sonuç, Haydarpaşa Limanı'nın kaynaklarını yeterince etkin bir şekilde kullanmadığını, mevcut altyapı ve üstyapı kaynakları ile %74 daha fazla yük elleçlemesi ve daha fazla gemiye hizmet vermesi gerektiğini göstermektedir.

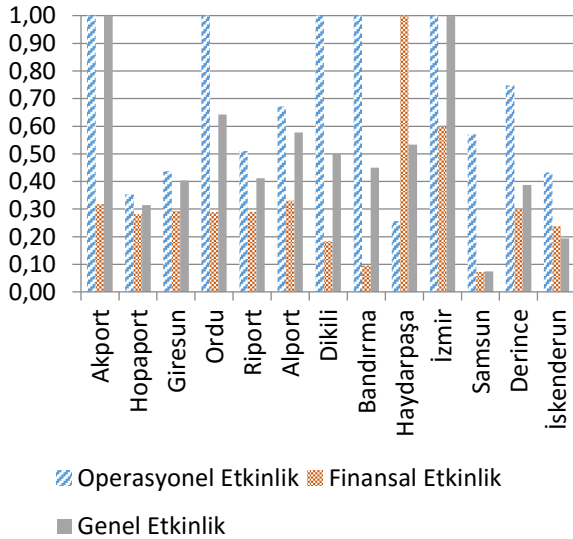
Diğer yandan, her ne kadar beş liman operasyonel aşamada etkin çıkmış olsa da, sadece Haydarpaşa limanı finansal anlamda etkin çıkmıştır. Haydarpaşa Limanı her ne kadar elleçleme kaynaklarını etkin bir şekilde kullanamıyorsa da, elleçlediği yüklerden ve hizmet verdiği gemilerden gelir elde etme bakımından yüksek bir performans sergilemiştir. Samsun Limanı'nın ise 0,07 puanla bu anlamda en etkisiz liman olduğu tespit edilmiştir.

Genel etkinlik skorlarına bakıldığında ise iki limanın etkin olduğu görülmüştür. Akport ve İzmir limanları, finansal etkinlikleri zayıf olmasına rağmen genel anlamda etkin olarak belirlenmiştir. Samsun limanı, genel

değerlendirmede de en etkisiz liman olarak belirlenmiştir.

Tablo 2. Tek Aşamalı VZA Sonuçları

| Limanlar        | Operasyonel Etkinlik | Finansal Etkinlik | Genel Etkinlik |
|-----------------|----------------------|-------------------|----------------|
| Akport          | <b>1,00</b>          | 0,32              | <b>1,00</b>    |
| Hopaport        | 0,35                 | 0,28              | 0,31           |
| Giresun         | 0,44                 | 0,29              | 0,40           |
| Ordu            | <b>1,00</b>          | 0,29              | 0,64           |
| Riport          | 0,51                 | 0,29              | 0,41           |
| Alport          | 0,67                 | 0,33              | 0,58           |
| Dikili          | <b>1,00</b>          | 0,18              | 0,50           |
| Bandırma        | <b>1,00</b>          | 0,10              | 0,45           |
| Haydarpaşa      | 0,26                 | <b>1,00</b>       | 0,53           |
| İzmir           | <b>1,00</b>          | 0,60              | <b>1,00</b>    |
| Samsun          | 0,57                 | 0,07              | 0,07           |
| Derince         | 0,75                 | 0,30              | 0,39           |
| İskenderun      | 0,43                 | 0,24              | 0,19           |
| <i>Ortalama</i> | <b>0,69</b>          | <b>0,33</b>       | <b>0,50</b>    |



Şekil 4. Tek Aşamalı Etkinlik Skorları

Tablo 2’den görüleceği gibi, Akport ve İzmir limanları, finansal performansları zayıf olmasına karşın genel anlamda etkin çıkmışlardır. Bunun en büyük nedeni, genel etkinlik modelinin ara değişkenleri yani elleçlenen yük miktarını ve hizmet verilen gemi sayısını dikkate almamasından kaynaklanmaktadır. Bu durum, sağlıklı bir etkinlik değerlendirmesi yapılmasını engellemektedir.

Geleneksel VZA’nın bu kısıtının üstesinden gelmek için aynı veri setine ilişkisel iki aşamalı VZA yaklaşımı uygulanmıştır. İki aşamalı VZA sonucunda elde edilen etkinlik puanları Tablo 3’te gösterilmiştir. Tablodaki ikinci sütun operasyonel etkinliği, üçüncü sütun ise finansal etkinliği göstermektedir. Dördüncü sütunda ise genel etkinlik puanları gösterilmiştir. Dikkat edilirse genel etkinlik puanı operasyonel ve finansal etkinlik puanlarının çarpımına eşittir.

Genel etkinlik skorlarına bakıldığında hiçbir limanın tam etkin olmadığı görülmektedir. Finansal etkisizliğine rağmen tek aşamalı VZA’da etkin çıkan Akport ve İzmir limanları, iki aşamalı VZA uygulandığında daha düşük etkinlik skoru almıştır (sırasıyla 0,32 ve 0,60). Yani ilişkisel iki aşamalı VZA modelinde bir limanın tam etkin olabilmesi için, iki alt sürecin de tam etkin olması gerekmektedir. Eğer alt süreçlerden birisinde bir etkisizlik söz konusuysa, ilgili karar biriminin genel etkinliği düşük olmaktadır. Böylelikle, birbirini takip eden süreçler söz konusu olduğunda ilişkisel iki aşamalı VZA’nın liman etkinliklerini daha sağlıklı bir şekilde değerlendirmeye imkân verdiği görülmüştür. Bununla beraber İzmir Limanı, tüm limanlar içerisinde 0,60 puanla en yüksek etkinliğe sahip liman olarak belirlenmiştir. Akport ise en yüksek etkinlik puanına sahip ikinci limandır.

Tablo 3. İki Aşamalı VZA Sonuçları

| Limanlar        | Operasyonel Etkinlik | Finansal Etkinlik | Genel Etkinlik |
|-----------------|----------------------|-------------------|----------------|
| Akport          | <b>1,00</b>          | 0,32              | 0,32           |
| Hopaport        | 0,35                 | 0,28              | 0,10           |
| Giresun         | 0,44                 | 0,29              | 0,13           |
| Ordu            | <b>1,00</b>          | 0,29              | 0,29           |
| Riport          | 0,51                 | 0,28              | 0,14           |
| Alport          | 0,67                 | 0,33              | 0,22           |
| Dikili          | <b>1,00</b>          | 0,18              | 0,18           |
| Bandırma        | <b>1,00</b>          | 0,10              | 0,10           |
| Haydarpaşa      | 0,26                 | <b>1,00</b>       | 0,26           |
| İzmir           | <b>1,00</b>          | 0,60              | 0,60           |
| Samsun          | 0,48                 | 0,07              | 0,03           |
| Derince         | 0,75                 | 0,27              | 0,20           |
| İskenderun      | 0,43                 | 0,23              | 0,10           |
| <i>Ortalama</i> | <b>0,68</b>          | <b>0,33</b>       | <b>0,21</b>    |

İlişkisel iki aşamalı VZA modeli, liman etkinliklerini karşılaştırmalı olarak ölçmenin yanı sıra liman etkisizliğinin kaynağını göstermeye de yardımcı olmaktadır. Örneğin genel etkinlik puanı 0,60 olan İzmir

Limanı'na bakıldığında, etkinsizliğinin ikinci aşamadan kaynaklandığı görülmektedir. İzmir Limanı finansal performansını iyileştirdiği takdirde genel etkinlik puanı da yükselecektir. Akport, Ordu, Dikili ve Bandırma limanları için de aynı durum geçerlidir. Haydarpaşa Limanı'nın etkinsizliği ise birinci aşamadan kaynaklanmaktadır. Haydarpaşa Limanı'ndaki altyapı ve üstyapı kaynakları daha etkin bir şekilde kullanılarak genel etkinlik puanı artırılabilir.

Diğer limanlar ise (Hopaport, Giresun, Riport, Alport, Samsun, Derince ve İskenderun) her iki aşamada da etkinsizdir. Dolayısıyla bu limanların her iki aşamayı da iyileştirmesi gerekmektedir. Örneğin Derince limanının operasyonel etkinliği 0,75, finansal etkinliği ise 0,27'dir. Buna göre Derince limanının genel etkinsizliğinin asıl kaynağının ikinci aşamadan kaynaklandığı görülmektedir. Ancak bu limanının tam etkin olabilmesi için sadece ikinci aşamayı değil, birinci aşamayı da iyileştirmesi gerekmektedir. Analiz sonuçlarına göre birinci aşamayı %25, ikinci aşamayı ise %73 iyileştirdiği takdirde etkin bir liman olacaktır. Benzer yorumları ve değerlendirmeleri diğer limanlar için de yapmak mümkündür.

## 5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu araştırmada liman etkinliğini ölçmek amacıyla iki aşamalı bir model önerilmiştir. Birinci aşama limanların yük elleçlemek ve limana gelen gemilere hizmet sunmak için kullandığı kaynakların etkinliğini ölçmeyi amaçlayan operasyonel etkinlik, ikinci aşama ise elleçlenen yüklerden ve hizmet verilen gemilerden optimal gelir elde edilip edilmediğini sorgulayan finansal etkinliktir. Operasyonel etkinliğin çıktısı olan yük miktarı ve gemi sayısı, finansal etkinlik modelinin girdisini oluşturmaktadır. İki model arasındaki bu ilişki dikkate alınarak, liman etkinlik ölçüm modelinde Kao ve Hwang

(2008) tarafından geliştirilen “ilişkisel iki aşamalı VZA” yaklaşımı kullanılmıştır. Önerilen bu model, 13 liman üzerinde uygulanmış ve sonuçları gösterilmiştir.

Analizler, ilişkisel iki aşamalı VZA yaklaşımının liman etkinliği ölçümünde başarılı bir şekilde uygulanabileceğini göstermiş ve geleneksel tek aşamalı VZA yaklaşımına göre daha sağlıklı sonuçlar ürettiğini ortaya koymuştur. Buna göre, bir etkinlik boyutunda başarılı ancak diğerinde başarısız olan limanlar geleneksel tek aşamalı VZA'da etkin olarak değerlendirilmişse de, ilişkisel iki aşamalı VZA bu limanları elimine etmiştir. Böylelikle, tek aşamalı VZA modelinde Akport ve İzmir limanları finansal etkinsizliklerine rağmen etkin olarak kabul edilirken, iki aşamalı VZA modelinde bu limanların finansal başarısızlıklarından ötürü etkinlik puanları düşmüştür. Böylelikle daha gerçekçi ve sağlıklı sonuçlar elde edilmiştir.

Ayrıca, önerilen ilişkisel iki aşamalı VZA modeli liman etkinsizliğinin hangi aşamadan kaynaklandığını da göstermekte ve liman yöneticilerinin öncelik vermesi gereken alanları belirlemektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde analiz sonuçları, limanların ortalama operasyonel etkinliğinin ortalama finansal etkinlikten daha yüksek olduğunu göstermektedir. Buna göre, analize dâhil olan limanlar yük elleçleme ve gemilere hizmet verme aşamasında çeşitli altyapı ve üstyapı kaynaklarını daha etkin bir şekilde kullanırken, elleçlenen bu yüklerden ve hizmet verilen gemilerden gelir elde etme bakımından daha zayıf bir performans sergilemektedirler. Finansal etkinliğin düşük olması, genel etkinsizliğin en büyük kaynağı olmuştur. Dolayısıyla, liman performansının iyileştirilebilmesi için liman yöneticilerinin ilk olarak finansal etkinliğe odaklanması gerektiği tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuçların hem literatüre hem de uygulamaya katkı sunması beklenmektedir.

## Kaynakça

- Ateş, A. ve Esmer, S. (2014). “Farklı Yöntemler ile Türk Konteyner Limanlarının Verimliliği”. Verimlilik Dergisi, 2014/1: 61-76.
- Ateş, A., Esmer, S., Çakır, E. ve Balcı, K. (2013). “Karadeniz Konteyner Terminallerinin Göreceli Etkinlik Analizi”. Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi. 5(1): 1-22.
- Banker, R.D., Charnes, A. ve Cooper, W.W. (1984). “Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis”. Management Science. 30(9): 1078-1092
- Barros, C.P. (2006). “A Benchmark Analysis of Italian Seaports Using Data Envelopment Analysis”. Maritime Economics & Logistics. 8: 347-365.
- Barros, C.P. and Athanassiou, M. (2004). “Efficiency in European Seaports with DEA: Evidence from Greece and Portugal”. Maritime Economics & Logistics. 6: 122-140.
- Bayar, S. (2005). “Veri Zarflama Analizi Kullanılarak Liman Verimliliğinin Ölçülmesi: Türk Limanlarından Bir Örnek”. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği, İstanbul.
- Baysal, M.E., Uygur, M. ve Toklu, B. (2004). “Veri Zarflama Analizi ile TCDD Limanlarında Bir Etkinlik Ölçümü Çalışması”. Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi. 19(4): 437-442.
- Bircan, K. (2014). Kruzaziyer Yolcu Taşımacılığı Kapsamında Kruzaziyer Limanların Etkinliğinin Değerlendirilmesi: Alternatif Liman Önerisi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.
- Charnes, A., Cooper, W.W. ve Rhodes, E. (1978). “Measuring Efficiency of Decision Making Units”, European Journal of Operational Research. 2, 429-444.
- Chen, Y., Cook, W.D., Li, N. ve Zhu, J. (2009). “Additive efficiency decomposition in two-stage DEA”, European Journal of Operational Research. 196, 1170-1176.
- Chen, Y ve Zhu, J. (2004). “Measuring Information Technology's Indirect Impact on Firm Performance”. Information Technology and Management. 5, 9-22.
- Cheon, S.H., Dowall, D.E. ve Song, D.W. (2010). “Evaluating Impacts of Institutional Reforms on Port Efficiency Changes: Ownership, Corporate Structure, and Total Factor Productivity Changes of World Container Ports”. Transportation Research Part E. 46: 546-561.

- Cullinane, K., Ji, P. ve Wang, T.F. (2005). "The Relationship between Privatization and DEA Estimates of Efficiency in the Container Port Industry". *Journal of Economics and Business*. 57: 433–462.
- Çağlar, V. (2012). *Türk Limanlarının Etkinlik ve Verimlilik Analizi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, İzmir.
- Güner, S. (2015). "Investigating infrastructure, superstructure, operating and financial efficiency in the management of Turkish seaports using data envelopment analysis". *Transport Policy*. 40: 36-4.
- Güner, S., Coşkun, E. ve Taşkın, K. (2014). "Liman Özelleştirmelerinin Operasyonel Etkinlik Üzerindeki Etkisi: Türk Limanları Üzerinde Dönemsel Bir Çalışma". *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*. 43: 218-236.
- Güner, S. ve Coşkun, E. (2014). "An Examination of Land and Equipment Efficiency of Ports". 12th International Logistics and Supply Chain Congress, Bildiriler Kitabı, s. 559-565, İstanbul.
- Güner, S. ve Coşkun, E. (2013). "Efficiency Measurement of Passenger Ports with Data Envelopment Analysis and Utilizing Malmquist Productivity Index". 11th International Conference on Data Envelopment Analysis, Bildiriler Kitabı, s. 147-153, Samsun.
- Güner, S., Taşkın, K. ve Coşkun, E. (2012). "Evaluating the Operational Efficiencies of Turkish Passenger Ports with Data Envelopment Analysis". 10th International Logistics & Supply Chain Management Congress, Bildiriler Kitabı, s. 406-412, İstanbul.
- Hung, S.W., Lu, W.M. ve Wang, T.P. (2010). "Benchmarking the Operating Efficiency of Asia Container Ports", *European Journal of Operational Research*. 203: 706–713.
- Kao, C. ve Hwang, S.N. (2008). "Efficiency Decomposition in Two-Stage Data Envelopment Analysis: An Application to Non-Life Insurance Companies in Taiwan". *European Journal of Operational Research*. 185, 418–429.
- Karlaftis, M.G., ve Tsamboulas, D. (2012). "Efficiency Measurement in Public Transport: Are Findings Specification Sensitive?". *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 46: 392-402
- Panayides, P.M., Lambertides, N. ve Savva, C.S. (2011). "The Relative Efficiency of Shipping Companies". *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 47, 681–694.
- Roll, Y. ve Hayuth, Y. (1993). "Port Performance Comparison Applying Data Envelopment Analysis (DEA)", *Maritime Policy & Management*. 20(2): 153-161.
- Seiford, L.M. ve Zhu, J. (1999). "Profitability and Marketability of the Top 55 U.S. Commercial Banks". *Management Science*. 45(9), 1270-1288.
- Shan, J., Yu, M. ve Lee, C.Y. (2014). "An Empirical Investigation of the Seaport's Economic Impact: Evidence from Major Ports in China". *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 69: 41–53
- Tongzon, J. (2001). "Efficiency Measurement of Selected Australian and Other International Ports Using Data Envelopment Analysis". *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 35: 107-122.
- Tongzon, J. (1995). "Determinants of Port Performance and Efficiency". *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 29(3): 245-252
- Wanke, P.F. (2013). "Physical infrastructure and shipment consolidation efficiency drivers in Brazilian ports: A two-stage network-DEA approach". *Transport Policy*. 29: 145–153
- Wu, Y.C.J. ve Goh, M. (2010). "Container Port Efficiency in Emerging and More Advanced Markets", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 46: 1030–1042.
- Yun, L., Ji, C., Li, Q. ve Li, D. (2011). "Comprehensive efficiency measurement of port logistics: study based on DEA two-stage relative evaluation". *Journal of System and Management Sciences*. 1(4): 1-18.