



# İİSBF SOSYAL BİLİMLER DERGİSİ

Cilt 4, Sayı 7, Aralık 2017, ISBN: 2147-8414

## **İmtiyaz Sahibi / General Director**

Ali ÖZVEREN

Mütevelli Heyet Başkanı (Chairman of Board of Trustess)

## **Editör / Editor**

Prof. Dr. Süleyman TÜRKEL

## **Sorumlu Yazı İşleri Müdürü / Editor in Chief**

Yrd. Doç. Dr. Murat KÖYLÜ

## **Sorumlu Yazı İşleri Müdürü Yrd. / Ass. Editor in Chief**

Arş. Gör. Gökçe MANAVGAT

## **Bilim ve Danışma Kurulu / Referees**

**Prof.Dr. A. Kadir Varoğlu** *Başkent Üniv. İ.İ.B.F.*

**Prof.Dr. Haluk Korkmaz** *Toros Üniv. İ.İ.S.B.F.*

**Prof.Dr. Nejat Basım** *Başkent Üniv. İ.İ.B.F.*

**Prof.Dr. Mehmet Tanyaş** *Maltepe Üniv. İ.İ.B.F.*

**Prof.Dr. Fatma Orel** *Çukurova Üniv. İ.İ.B.F.*

**Prof.Dr. Doğan Nadi Leblebici** *Hacettepe Üniv.*

**Prof.Dr. Haydar Çakmak** *Gazi Üniversitesi İ.İ.B.F.*

**Prof.Dr. Turan KORKMAZ** *Mersin Üniversitesi İ.İ.B.F.*

**Prof.Dr. Kamuran ELBEYOĞLU** *Toros Üniv. İ.İ.S.B.F.*

**Prof.Dr. Banu Yazgan GÜVENÇ** *Toros Üniv.İ.İ.S.B.F.*

**Doç. Dr. Köksal Hazır** *Toros Üniversitesi İ.İ.S.B.F.*

**Doç. Dr. Abdullah Çalışkan** *Toros Üniversitesi.*

**Doç. Dr. Mustafa Bekmezci** *Toros Üniversitesi.*

**Doç. Dr. Emruhan Yalçın** *Avrasya Üniv.*

**Doç. Dr. Mehmet İNCE** *Mersin Üniversitesi İ.İ.B.F.*

**Yrd. Doç. Dr. Meltem Keskin KÖYLÜ** *Aksaray Üniv.*

**Yrd. Doç. Dr. Murat KÖYLÜ** *Toros Üniv.İ.İ.S.B.F.*

**Yrd. Doç. Dr. Ayhan DEMİRCİ** *Toros Üniv.*

**Yrd. Doç. Dr. Cengiz Tunç** *Toros Üniv.*

## **Dergi Yazışma Adresi / Correspondence Address**

Toros Üniversitesi İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler  
Fakültesi Bahçelievler Mh. 1857 Sk. Yenişehir / MERSİN  
Tel: (0324) 325 33 00

**Toros Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi** yılda iki kez,  
6 ayda bir yayınlanan hakemli ve süreli bir sosyal bilimler  
dergisidir.

Dergide öne sürülen fikirler makale yazarına aittir.

**Toros University Social Sciences Journal** is a refereed  
and periodical journal published twice a year and once  
every six months.



## KARAYOLU TAŞIMACILIĞI OPTİMİZASYONU (VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE MERSİN İLİNDE BİR UYGULAMA)<sup>1</sup>

**Ayhan DEMİRCİ**

Yrd.Doç.Dr., Toros Üniversitesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü

[ayhan.demirci@toros.edu.tr](mailto:ayhan.demirci@toros.edu.tr)

**Dilara Berrak TARHAN**

Toros Üniversitesi Meslek Yüksekokulu

[dilara.tarhan@toros.edu.tr](mailto:dilara.tarhan@toros.edu.tr)

### ÖZET

Rekabet gücünde anahtar rol oynayan maliyetler içerisinde hammadde temini ve üretim aşamalarındaki tasarruf olanakları sınırlı olduğundan, maliyet minimizasyonunda lojistik faaliyetlerin odak noktaya oturtulması uygun bir yaklaşım olacaktır. Veri Zarflama Analizi (VZA), üretim aşamalarının çoklu girdi ve çoklu çıktı ile tanımlandığı günümüzde, karar verme birimlerinin (KVB) etkinliklerinin belirlenmesinde kullanılabilecek en uygun yöntemlerden biridir. Yöntem farklı ölçü birimleriyle tanımlanan verileri, ayrı ayrı ağırlıklandırarak KVB'lere etkinlik skoru vermektedir. Ayrıca etkin olmayan KVB'lere referans kümesi sağlamakta ve etkin olabilmeleri için gerekli önerileri beraberinde ortaya koyabilmektedir. Çalışmada Mersin 'de faaliyet gösteren nakliye firmalarının, belirlenen girdi ve çıktılarıyla etkinlikleri hesaplanmış ve tam etkinlik skoru alamayan KVB'ler için, önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Veri Zarflama Analizi (VZA), Etkinlik, Ulaştırma

## LAND TRANSPORTATION OPTIMIZATION (AN APPLICATION IN MERSIN WITH DATA ENVELOPMENT ANALYSIS)

**Ayhan DEMİRCİ**

Asst. Prof., Toros University, Department of International Trade and Logistics

[ayhan.demirci@toros.edu.tr](mailto:ayhan.demirci@toros.edu.tr)

**Dilara Berrak TARHAN**

Toros Üniversitesi Meslek Yüksekokulu

[dilara.tarhan@toros.edu.tr](mailto:dilara.tarhan@toros.edu.tr)

### ABSTRACT

Since the savings opportunities in raw material supplement and production stages are limited within the costs which play a key role in competitiveness, it is going to be a suitable approach to focus on cost minimization in logistics activities. Data Envelopment Analysis (DEA) is one of the most suitable methods which can be used to determine the activities of decision making units (DMU), where production stages are defined by multiple inputs and multiple outputs. The method, which is defined by different measurement units, scales the efficacy of the DMUs by weighting it separately. They also provide a reference set of inactive DMUs and can present the necessary proposal to be effective. In the study, the activities of transportation companies operating in Mersin were calculated with the specified inputs and outputs, and suggestions were made for the DMUs who can not get a full efficiency score.

Key Words: Data Envelopment Analysis (DEA), Efficiency, Transportation

<sup>1</sup> Bu çalışma 7-9 Ekim 2017 tarihinde Bülent Ecevit Üniversitesi tarafından düzenlenen ICMEB 2017 International Congress on Management Economics and Business kongresinde aynı başlıkla sunulan bildiriden üretilmiştir.

## **GİRİŞ**

Bilişim ve iletişim teknolojilerinin s¼rekli ve s¼ratlı değişimine tanık olduğumuz g¼n¼m¼z pazar koşullarında, artan rekabetin de etkisiyle lojistik en önemli çarpan haline gelmiştir. Bu durum lojistik maliyetlerin hızla ve sağlıklı bir şekilde kontrol altına alınmasını zorunlu hale getirmiştir. Lojistik hizmetler çok çeşitli olmakla birlikte ulaştırma maliyetlerinin, lojistik maliyetler arasında en b¼y¼k paya sahip olduğu g¼z ¼n¼ne alındığında, işe bu noktadan başlamak, ç¼z¼m iin hızla yol almanın başlıca anahtarı olacaktır.

Öl¼lemeyen bir konunun kontrol altına alınması ve geliştirilmesi m¼mk¼n değildir. Dolayısıyla işletmeler, lojistik maliyetlerini kontrol altına alabilmek maksadıyla etkinliklerini en doğru bir şekilde ölçmek ve bunun sonucunda maliyetlerini daha da iyilemek iin gerekli adımları atmak zorundadırlar.

En basit tkinlik ölç¼m y¼ntemi olan oran analizi; tek girdi-tek çıktı üretim s¼releri iin yeterli olan kullanışlı bir y¼ntemdir. Birden fazla girdi ile tek bir çıktının üretildiği biraz daha karmaşık üretim s¼relerinde ise regresyon analizi istenen sonucu vermekte ve işletmeler iin etkinliklerinin yanı sıra hangi girdinin, çıktı üzerinde ne oranda pay sahibi olduğu bilgisini de ortaya çıkarmaktadır. Ancak g¼n¼m¼z üretim yapısı son derece karmaşıklaşmış ve birden çok girdi ile birden çok çıktının elde edildiği üretim s¼relerine d¼n¼řm¼ř durumdadır. Bu durumda çok kriterli karar verme teknikleri (KKVT) geliştirilmiş ve çeşitlilik g¼stererek etkinlik ölç¼m¼nde yaygın olarak kullanılmaktadır.

alışmada KKVT arasından literat¼rde yaygın olarak kullanılan veri zarflama analizi (VZA) kullanılmış ve Mersin ilinde nakliye işi ile uğraşan ve karayolu taşımacılığı yapan firmaların etkinlikleri ölç¼lm¼řtir. VZA, çoklu girdilerin çoklu çıktılarına d¼n¼řt¼r¼ld¼ę¼ s¼rete her bir girdi ve çıktıyı ayrı ayrı ağırlıklandırmak suretiyle performans değerlendirmesine olanak sağlayan bir y¼ntemdir. Y¼ntemin uygulanması sonucunda analize dahil edilen t¼m karar verme birimleri (KVB) 0,0 ile 100,0 arasında bir etkinlik skoru elde etmektedirler. Ayrıca etkin KVB'lerden oluşturulan referans set sayesinde, etkisiz olan KVB'ler iin girdilerini azaltma ve/veya çıktılarını artırma y¼nnde önerilerde bulunulmaktadır.

Bu kapsamda alışmanın ilk b¼l¼m¼nde kavramsal olarak lojistik konusu ele alınmış ve ¼zellikle alışmaya konu olan karayolu taşımacılığı üzerinde durulmuştur. M¼teakiben etkinlik ölç¼m¼ ve VZA y¼netimi tanıtılmış ve y¼ntemin modelleri iin ayrıntılara yer verilmiştir.

Son b¼l¼m¼de ise Mersin ilinde faaliyet g¼steren nakliye sekt¼r¼ ile bu sekt¼rde yer alan firmaların etkinliklerine en fazla etki edebileceği değerlendirilen girdi ve çıktılar kullanılarak, firmalar iin etkinlik skorları elde edilmiştir. Bu amala karayolu taşımacılığı yapan 25 firma iin belirlenen girdi ve çıktılar kullanılarak etkinlik ölç¼mleri yapılmıştır. Etkinlik analizi veri zarflama modellerinin her ikisiyle de (CCR ve BCC modelleri) yinelenmiş ve etkin olmayan KVB'ler, etkin KVB'den oluşan referans k¼mesindekilerle karşılaştırılarak, girdi ve çıktılarını ne şekilde y¼netmeleri gerektiği belirtilmiş, sonular şekil, grafik ve tablolarla desteklenerek KVB'ler iin etkinliklerini artırmaya y¼nelik önerilerde bulunulmuştur.



## 1. Lojistik ve Karayolu Taşımacılığı

Mal ve hizmet üretiminin yoğun rekabet ortamına taşındığı günümüz dünyasında hayatta kalmayı hedefleyen tüm organizasyonlar etkinliklerini kontrol altına almak ve bu maksatla tüm süreçlerini çok iyi yönetmek zorundadırlar.

Lojistik, her ne kadar doğrudan doğruya bir üretim gibi görünmese de nihai ürün içerisindeki payı ve müşteri için bir katma değer yaratmayan girdileri dikkate alındığında, etkinlik kontrolünde önemli bir çarpan haline gelmiştir. Zaten günümüz işletmelerinin, ürün üzerindeki lojistik giderlerinin payı ortalama %30'lara kadar yükseldiği de bilinmektedir. Bu kapsamda ele alındığında lojistik maliyetlerin kendi içerisinde de en önemli kaleminin taşıma ve ulaştırma giderlerinden oluştuğu belirtilebilir. Dolayısıyla kendisi aslen bir hizmet üretimi kapsamında faaliyet gösteren taşımacılık ve nakliye sektörü, mal üretiminde yer alan işletmeler için de önemli bir maliyet kalemini oluşturmaktadır. Dolayısıyla nakliye sektörünün, rekabet gücü için en önemli çarpan olduğu ve kontrol altına alınması ve süreçlerinin çok iyi yönetilmesi halinde işletme rekabet gücüne önemli katkıda bulunacağı söylenebilir.

Askeri faaliyet alanlarının doğal sonucu olarak ortaya çıktığı kabul edilen lojistik kavram olarak ilk defa 1838 yılında bir strateji uzmanı ve aynı zamanda general olan Baron Antoine- Henri de Jomini tarafından yapılan bir araştırmada; strateji, kara taktikleri ve lojistik üçlemesi içerisinde kullanılmıştır. General Jomini lojistiği “orduların hareketinin pratik sanatı” olarak tanımlamıştır. Kaleme aldığı “Savaş Sanatı” kitabında strateji, taktik ve lojistik kavramları arasındaki ilişkiyi incelemiştir ve bu üç kavramdan herhangi birinin başarısızlığının genel olarak muharebenin gidişatını olumsuz yönde etkileyeceğini savunmuştur (Scott, Rainey & Hunt, 2000:2). Modern Savaş Sözlüğündeki bir başka tanıma göre de lojistik “askeri birliklerin her nevi ihtiyacının karşılanmasına yönelik tüm faaliyetlerdir ve amacı her bir askeri güce ihtiyaç duyduğu malzemenin stok fazlasına sebebiyet verilmeden ve en kısa sürede tedarik edilmesi” faaliyeti olarak tanımlanmıştır (Lummus, Krumwiede & Vokurka, 2001;426).

Daha sonra ticaretin artmasıyla birlikte, 1960'larda işletmeler lojistik terimini askeri kullanımından farklı olarak, mamulün imalatı öncesinde, imalat sırasında ya da imalatın tamamlanmasını müteakip emtianın hareketi ve işletmenin kendi organizasyon yapısı içinde çeşitli faaliyetleri için kullanılmaya başlanmıştır (Langevin ve Riopel, 2005).

Yukarıda sıralanan bütün tanımlamalarda görülebileceği üzere lojistik söz konusu olduğunda ziyadesiyle farklı pek çok tanım vardır ve standart bir tanımlama yapmak oldukça güçtür. Buna mukabil akademi çevresinde en çok itibar gören ve en çok atıfta bulunulan tanım Lojistik Yönetimi Konseyi tarafından yapılan tanımdır. Buna göre “Lojistik; müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere her türlü ürünün, servis hizmetinin ve bilgi akışının, başlangıç noktasından (kaynağından) tüketildiği son noktaya (nihai tüketiciye) kadar olan tedarik zinciri içindeki hareketinin etkili ve verimli bir şekilde planlanması, uygulanması, taşınması, depolanması ve kontrol altında tutulmasıdır” (Hazır, 2011: 46).

Lojistik faaliyetler içerisinde gerek süreç olarak ve gerekse maliyetler açısından en önemli paya sahip olan taşımacılık, ulusal ve uluslararası lojistiğin en önemli unsurlarından birisidir. Lojistiğin en temel faaliyeti olarak kabul edilebilecek taşımacılık, lojistiğe konu olan ürünün ihtiyaç duyulduğu zaman talep edildiği yere yönlendirilmesini ifade etmektedir. Taşımacılık faaliyeti; maliyetlerin düşürülmesi adına ürünün veya hizmetin talep doğrultusunda mümkün olan en kısa sürede, en ekonomik koşullarda ve güvenlik içinde ifa edilmesidir. Bunun sağlanabilmesi adına en önemli husus, taşımanın hangi modla yapılacağıdır. Taşıma modları önce; kara, hava ve deniz yolu olarak sınıflandırılmış (Brewer vd, 2001:445) daha sonraları farklı sınıflandırmalar ilave edilmiş ve havayolu, parsel yük, boru hattı taşımacılığı, kamyon, demiryolu, su yolu, intermodal olmak üzere değişik kategoriler ilave edilmiştir (Chopra, Meindl, 2004: 415). Bu kapsamda; karayolu taşımacılığında önemli bir geçiş güzergahında yer alan ülkemizde de en yaygın taşımacılık modu karayolu taşımacılığıdır.

II. Dünya Savaşından sonra otomobil ve motorlu kara vasıtalarının gelişmesiyle birlikte karayolu taşımacılığı da gelişme göstermiştir (Evren,1999:4). Kapıdan kapıya aktarma yapmadan taşıma yapma imkanı vermesi ve terminal ihtiyacının olmaması, neredeyse bütün coğrafi bölgelerde ifa edilebilmesi ve ulaşım ağlarının çok geniş olması karayolu taşımacılığı sisteminin en önemli avantajlarıdır (Ergün, 1985:51-52).

En fazla kullanılan taşıma türü olması nedeniyle, çok sayıda nakliyecinin kıyasıya rekabet ettikleri bir ortamda faaliyet göstermesine yol açmaktadır. Ayrıca yüksek tonajlı ve hacimli yüklerin taşınmasında sınırlamalar getirilmiştir. Olumsuz hava koşullarından kolayca etkilenmesi, hem yol şartlarından hem de kanuni sınırlamalardan ötürü belirli bir hızın üzerinde seyir edememesi, akaryakıt fiyatlarının sürekli yükselmesi ve bunun da taşıma maliyetlerine yansması, güvenlik açısından zayıf oluşu, enerji tüketiminin yüksek oluşu ve buna bağlı olarak karbon ayak izinin çok yüksek oluşu ve çevre dostu olmayışı sistemin dezavantajları arasında sayılabilir (Saatçioğlu, 2006:47; Waters; 2003:313-314).

Coğrafi konumu ve kıtaları birbirine bağlayan bir noktada yer alması nedeniyle Türkiye, uluslararası taşımacılıkta bir geçiş noktası ve aynı zamanda bir aktarma ve lojistik üssü durumundadır. Bu nedenle karayolu taşımacılığında önemli gelişmeler kateden Türkiye, Avrupa'nın en büyük karayolu taşımacılığı filosuna sahiptir. Karayolu taşımacılığının ülkemizde bu kadar ön plana çıkması, öncelikle hem yolcu hem de yük taşımacılığında ağırlıklı olarak karayolunun tercih edilmesindedir.

## 2. Veri Zarflama Analizi

Küresel rekabet ortamı, iş dünyasının ve endüstri çevrelerinin karmaşık bir hale gelmesine neden olmaktadır. Azalan ürün ömür devri süresi, değişken ürün modelleri ve dünya çapında yayılan pazar yapısı, firmaları yüksek teknolojinin yarattığı rekabet ortamına çok kısa bir sürede uyum sağlamak zorunda bırakmakta ve bu konuda en iyi etkinliği gösterebilen firmalar avantajlı hale gelmektedir (Demirci, 2012:5).

“Etkinlik; organizasyonların amacına uygun olarak kullanılan girdiler ya da çıktılar veya bu girdi ve çıktılar arasındaki ilişkidir” şeklinde tanımlanmaktadır (Chang ve Chen, 2008:14) ve genel olarak etkinlik ölçüm modelleri; oran analizi, parametrik yöntemler ve parametrik olmayan yöntemler şeklinde üç ana başlık altında incelenebilir.

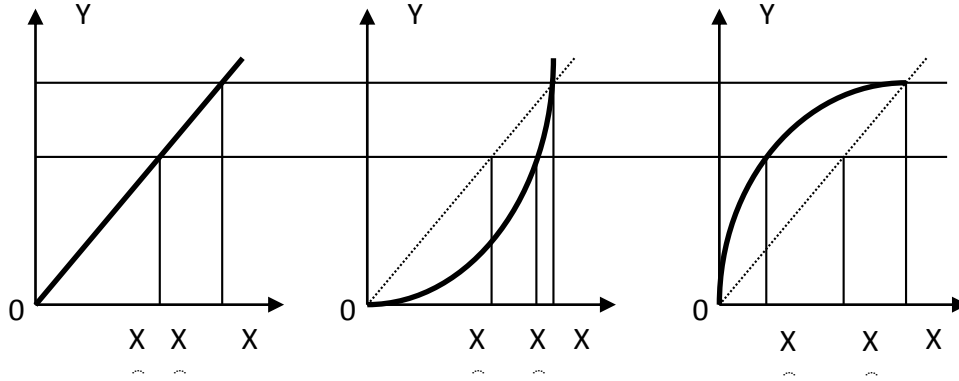
Oran analizi, etkinlik ölçümü için kullanılacak en basit ve sade yöntemdir. Benzer girdiler ile benzer çıktılar üretilen ve fakar sadece tek bir girdi ile tek bir çıktı üreten karar birimleri arasında etkinlik karşılaştırması yapılmasına uygundur (Gülcü vd., 2004:2). Oran analizi çıktıların girdilere oranı şeklinde sonuca ulaşır.

Parametrik yöntemler arasında en yaygın ve kullanışlı olanı da regresyon analizidir ki çoklu girdi ile tek ürün üretimi durumları için elverişlidir. Regresyon analizi ile ayrıca; çıktı üzerinde girdilerin ne oranda öneme sahip oldukları da belirlenebilmektedir.

Parametrik olmayan etkinlik analizi yöntemleri ise çoklu girdi çoklu çıktı durumlarında kullanılabilir ki günümüz karmaşık üretim yapısında en elverişli yöntemleri de içermektedir. Ayrıca birçok parametrik olmayan yöntem girdi ve çıktıların ölçü birimlerinden bağımsızdır ve bu avantajları sayesinde ölçümü yapılan karar birimlerinin değişik boyutlarının aynı anda ölçülebilmesine olanak tanımaktadırlar. Bu ölçütler her bir KVB için göreceli etkinliği hesaplarken amaç fonksiyonlarını ayrı ayrı eniyilemekte ve her bir KVB için en uygun amaç kümesini belirlemektedirler (Yeşilyurt, Alan, 2003:2). Parametrik olmayan etkinlik ölçüm modelleri; girdileri azaltmayı amaç edinen “girdi yönelimli



etkinlik” ve çıktılarını artırmayı amaçlayan “çıktı yönelimli etkinlik” (Bakırcı, 2007:30) ile ölçüğe göre sabit getiri ve ölçüğe göre değişken (azalan, artan) getiri (Bakhshoodeh, Thomson, 2001:24) durumları için modellenilebilir ve bu yaklaşımlar Şekil 1.de şöyle gösterilebilir;



Şekil 1: Tek Girdi-Tek Çıktı Durumunda Ölçüğe Göre Sabit, Artan ve Azalan Getiri

Etkinlik ölçümünde ortaya konan sonuçlara göre girdilerde meydana getirilen belirli bir miktar artış sonucunda çıktılarda meydana gelmesi beklenen artış, bu artışa orantılı bir şekilde gerçekleşmek zorunda değildir. Burada çıktılar, girdilerdeki artışla orantılı bir şekilde artarsa, bu durumda ölçüğe göre sabit getiri halinde söz edilir. Aynı şekilde eğer çıktılar, girdilerle aynı oranda değil de farklı bir oranda artıyorsa, bu durumda ölçüğe göre değişken getiri durumundan söz edilir. Ölçüğe göre değişken getiri durumunda, çıktılar, girdilere oranla daha fazla veya daha az artar, ancak orantılı bir artış olmaz.

Günümüzde en yaygın kullanım alanına sahip olan parametrik olmayan etkinlik ölçüm yöntemlerinden biri de Veri Zarflama Analizi (VZA), Farrell tarafından 1957’de yapılan ve 1978’de Journal of Operations Research’de yayınlanan makaleden esinlenerek yapılan Edwardo Rhodes’un Cornege Mellon Üniversitesi’ndeki “Şehir ve Kamu” konulu doktora tezi çalışmaları ile başlamıştır. Dikkat izleme testine katılan ve katılmayan okul gruplarının etkinliklerinin karşılaştırıldığı bu çalışma sonucunda ortaya atılan VZA, son yıllarda gerek kamu gerek özel sektör tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. VZA, birden çok ve farklı ölçeklerle ölçülmüş ya da farklı ölçü birimlerine sahip girdi ve çıktılarının karşılaştırma yapmayı zorlaştırdığı durumlarda, karar birimlerinin göreceli etkinliklerini ölçmeyi amaçlayan doğrusal programlama tabanlı bir tekniktir. Burada gözden kaçırılmaması gereken en önemli konu, karar birimlerinin eş üretim sahasında yer almaları ve benzer girdi-çıktı kombinasyonlarını kullanıyor olmaları gerektiğidir.

Analize dâhil edilen karar birimlerinin optimizasyonu için regresyon doğrusunu temel alan parametrik yöntemlerin aksine VZA, her bir karar birimini Pareto etkinlik sınırına olan konumuna göre değerlendirir. Parametrik yöntemlerde her bir karar birimini, basit regresyon denklemi temsil eder ve her bir karar birimi bu ortalama değere göre değerlendirilirken, VZA her bir bireysel gözlemi, bir diğerine göre değerlendirir. Parametrik yaklaşım hata teriminin dağılımı hakkında bir ön koşul gerektirir (örneğin, hata teriminin genellikle normal dağıldığı kabul edilir), ancak VZA herhangi bir fonksiyonel formu ön koşul olarak zorunlu kılmaz. VZA, tüm karar birimlerini ayrı ayrı değerlendirmeye alarak, etkinlik sınırının üzerinde veya altında aldığı konuma göre değerlendirme yapar (Charnes vd, 1997:4-6).

VZA'yı diğer parametrik yöntemlerden ayıran bazı temel özellikleri aşağıda sıralanmıştır (Chu, Shyu, Khosia, 2008:19);

- Maksimum üretim hesaplamalarında kullanılan yöntem, sonuç fonksiyonu ile başlangıçtaki girdi ve çıktılar arasında bir ilişki kurmanın mümkün olmaması nedeniyle, yanlış bir fonksiyon oluşturma riskinden uzaktır.

- VZA, analizde kullanılan karar birimleri arasında birbirlerine görece etkinlik değerlerinin hesaplanmasına olanak sağlar.

- VZA, değişik ölçü birimi sorununun göz ardı edilebildiği, matematiksel tabanlı, karşılaştırmalı indeks kuran bir yöntemdir.

- VZA, politik kararlar ile anket sonuçlarına göre daha objektif ve tarafsız sonuçlar üretir.

- VZA, tek girdi ve tek çıktı ile yapılan analize benzemekle birlikte, tek basamakta, çoklu girdi ve çoklu çıktı seti için bir etkinlik skoru üretir.

VZA'da, çoklu girdi ve çoklu çıktılara ait tüm değerler ağırlıklandırılarak doğrusal bir taban üzerinde bir araya getirilir. Böylece karar birimlerinin girdilerinin doğrusal ağırlıklı toplamını ortaya koyan ağırlıklı toplam girdi

$$\text{Ağırlıklı Toplam Girdi} = \sum_{i=1}^I v_i x_i \quad (1)$$

şeklinde hesaplanır. Burada,  $v_i$ , birleştirme esnasında  $x_i$  girdisi için belirlenen ağırlıktır. Benzer şekilde, karar birimlerinin ağırlıklı toplam çıktısı da, tüm çıktıların doğrusal ağırlıklı toplamı ile elde edilir ve

$$\text{Ağırlıklı Toplam Çıktı} = \sum_{j=1}^J u_j y_j \quad (2)$$

şeklinde hesaplanır. Burada da  $u_j$ ,  $y_j$  çıktısı için belirlenen ağırlıktır. Ağırlıklı toplam girdi ve çıktılarla, girdileri çıktılara dönüştüren karar birimlerinin etkinlikleri girdilerin çıktılara oranı şeklinde tanımlanır ve

$$\text{Etkinlik} = \text{Ağırlıklı Toplam Çıktı} / \text{Ağırlıklı Toplam Girdi} = \frac{\sum_{j=1}^J u_j y_j}{\sum_{i=1}^I v_i x_i} \quad (3)$$

şeklinde formüle edilir (Ramanathan, 2003:39). Yöntem bu özellikleri sayesinde birden fazla girdi ve çıktıyı bir araya getirebilme yeteneğine sahiptir. Bundan daha da önemlisi, bir araya getirdiği tüm bu girdi ve çıktı setlerindeki verilerin ölçü birimlerinin aynı olmasını da gerektirmez. Analize dâhil edilen girdi ve çıktıları ayrı ayrı ağırlıklandırması sayesinde birden fazla veriyi kullanabildiği gibi, değişik birimlerle ölçülmüş olan verileri de aynı formülde kullanabilme yeteneği vardır.





VZA modellerinden Charnes, Cooper, Rhodes tarafından ortaya atılıp geliştirilen ve isimlerinin baş harfleriyle anılan CCR modeli, ölçüğe göre sabit getiri varsayımı altında toplam etkinliği ölçmektedir. Diğer bir VZA modeli olan ve Banker, Charnes, Cooper'ın çalışmaları ile ortaya konulan ve geliştirilen BCC modeli ise ölçüğe göre değişken getiri varsayımı altında benzer ölçekteki birimleri birbirleri arasında karşılaştırarak sadece teknik etkinliği ölçmektedir. Böylece BCC modeli, çoklu girdi çoklu çıktı durumunda KVB'nin ölçüğe göre değişken getiri varsayımı altında araştırmaya olanak tanımaktadır.

VZA yönetsel karar verme fonksiyonunun en önemli yardımcılarından biridir. Önemli bir performans değerlendirme aracı olarak VZA özellikle etkinliğin ortaya konması, aynı alanda faaliyet gösteren tüm karar birimleri arasında bir kıyaslama yapabilmeye olanağı sağlaması ve farklı dönemlerde etkinlik değişimlerini ortaya koyabilmesi sayesinde, karar birimleri için hayati önemi haizdir. VZA'nın kullanılabilmesi alanlar aşağıda sunulmuştur (Depren, 2008:22-23);

- Eş grupların kullanılması,
- Etkin çalışma uygulamalarının belirlenmesi,
- Hedef belirleme,
- Etkin stratejilerin belirlenmesi,
- Zaman boyunca etkinlik değişimlerinin gözlenmesi,
- Kaynak ataması.

Etkili bir performans değerlendirme sisteminin sonunda elde edilen bilgiler, yönetim için karar almada kullanılan en değerli bilgilerdir. Bu anlamda VZA'nın uygulama amaçları aşağıda sunulmuştur (Altun, 2006:22);

- Karşılaştırılan her bir birim için girdi-çıkıtı boyutlarından herhangi birinde görece etkinliğin kaynaklarının ve miktarlarının belirlenmesi,
- Karşılaştırılan birimlerin etkinliğe göre sınıflandırılması,
- Karşılaştırılan birimlerin yönetimlerinin değerlendirilmesi,
- Birimlerin kontrolleri dışındaki program ve politikaların verimliliklerinin değerlendirilmesi ve program etkinliği ile yönetsel etkinliğin ayırt edilmesi,
- Değerlendirme altındaki birimler için kaynakların yeniden atanması amacıyla niceliksel bir temel oluşturulması,
- Birimler arasındaki karşılaştırma ile doğrudan doğruya ilişkili olmayan amaçlar için etkin birimlerin ya da etkin girdi-çıkıtı ilişkilerinin belirlenmesi,
- Spesifik girdi-çıkıtı ilişkileri için yürürlükteki standartların gerçekleşen performansa göre incelenmesi ve gözden geçirilmesi ve
- Önceki çalışmalardaki sonuçların karşılaştırılması.

VZA ile etkinlik değerlendirmesinde üç aşama vardır (Golany ve Roll, 1989:136);

- Analize girecek olan karar birimlerinin tanımlanması ve seçilmesi,
- Seçilmiş olan karar birimlerinin görece etkinliklerinin değerlendirilmesi için uygun girdi ve çıktı faktör değişkenlerinin belirlenmesi,
- VZA modellerinin uygulanması ve sonuçların analiz edilmesi.



Birçok alanda kullanılan VZA'nın uygulanmasında çok önemli avantajları bulunmakla beraber, bazı zayıf yönleri de mevcuttur. Örneğin, VZA her bir birimin tüm girdi ve çıktıları için, herhangi bir kısıtlama olmaksızın en uygun ağırlığın belirlenmesine olanak sağlar. Bu durum VZA için avantaj sağlamakla birlikte, serbest olarak belirlenen bu ağırlıklar bazen gerçeği yansıtmaz.

Geleneksel ekonometrik etkinlik sınırı üzerine yapılan çalışmalarda, VZA önemli avantajlara sahiptir. Her şeyden önce parametrik olmayan yapısı, deterministik özelliği ve üretim sınırının analitik formu üzerine herhangi bir önkoşul gerektirmemesi bu avantajların başında gelir. Ayrıca sadece gözlem değerlerinden yola çıkarak, en iyi üretim fonksiyonunun elde edilebilmesine olanak verir. Öte yandan tekniğin en önemli dezavantajı da nonparametrik olma özelliğinden kaynaklanan, ölçüm hatalarına karşı hassasiyetidir. Aşağıda VZA'nın uygulanmasında sıklıkla görülen bazı güçlü ve zayıf yönleri verilmiştir;

- Ekonomik teori ve metotlarla desteklenme, mutlak değil göreceli etkinlik üzerine odaklanma, çoklu girdi ve çıktıları eşgüdümlü olarak hesaplamaya dâhil edebilme ve en iyi örneği tanımlayarak hedef olarak belirleyebilme yeteneği, VZA'nın yaygın olarak kullanılabilmesine olanak sağlamıştır (Kontodimopoulos vd, 2007:39).

- VZA, anakütle ortalaması yerine, en iyiye göre performans değerlendirmesi yapar. Her bir karar birimi için en iyi örnek tanımlanır ve bir sınır yapılandırılır. Bu sınır doğrultusunda bulunulan koordinata göre etkin veya etkinsiz kararı verilir. Bu yönleriyle VZA, çok cazip ve kullanışlı bir yöntem olarak tercih edilmektedir (Mok vd, 2007:74).

- Etkinlik ölçümünde kullanılan tekniklerin arasında parametrik olmayan deterministik bir yöntem olarak VZA'nın önemli bir avantajı da, az sayıda gözlem kümesiyle sonuca ulaşılabilme özelliğidir (Pasiouras vd, 2008:12).

- Sınır yaklaşımı verilerin değerlerinin bilinmesini gerektirmez ve bütün karar birimlerinin tam etkin olduğu varsayımına dayanmaz ve etkinsiz performansın varlığını kabul eder (Kiani, 2008:24).

Tüm bu avantajlarının yanında VZA uygulamalarının önemli bazı olumsuz yanları da mevcuttur. Bu olumsuzluklar şu şekilde belirtilebilir;

- VZA ile ulaşılan sonuçlara göre, veri setindeki üretim birimleri arasında göreceli olarak etkinlik skoru 1.0 olarak belirlenen bir karar biriminin, etkinliğini daha fazla artıramayacağı şeklindeki algı, performans artışının önüne çıkan önemli bir engeldir. Hâlbuki bu skor, söz konusu karar birimlerinin, mevcut veri seti içerisinde etkin olarak tespit edildiğine işaret etmektedir. Bir diğer zayıf yönü, parametrik olmayan yapısı gereği VZA için hipotez testi yoktur, dolayısıyla gözlenen farklılıkların anlam seviyeleri istatistiksel olarak açıklanamaz (Pereira, 2006:90).

- VZA aleyhine yapılan bir diğer eleştiri, yöntemin, etkinlik sınırından, etkinsizlik olarak kabul edilen sapmalara neden olan deterministik yapısıdır. Yöntem verilerdeki ölçüm hatalarına ve modelleme hatalarına karşı hassastır (Hansson, 2007:4).

- Orijinal VZA modelinin, etkin karar birimleri arasında belirli bir sıralama yapma olanağı bulunmamaktadır (Zzadeh vd, 2008: 33).

- VZA, sadece ele alınan küme içerisinde bir sonuç sağlar. Bunun anlamı, bu küme dışında kalan ve daha etkin bir karar biriminin var olabilme olasılığıdır. Dolayısıyla analiz sonucunda belirlenen etkin karar birimi ifadesi, mevcut veri setinde yer alanlar arasındaki etkin karar birimi şeklinde algılanmalıdır.

- VZA'da, gözlemlenen performansın en iyi performansla olan farkı, sadece verimsizliğe bağlanmakta ve uç gözlem noktaları için ölçüm hataları göz ardı edilmektedir. Ayrıca başvuru grubuna



dâhil olan karar birimleri kendi başlarına değerlendirildiğinde, gerçekten etkin olup olmadıkları hakkında bir yorum yapılabilmesi güçleşmektedir. Bu sebeple VZA etkinlik sonuçları, görecelik çerçevesinde değerlendirilmektedir (Aydagün, 2003:43).

### 3. Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Ölçümü ve Sonuçların Değerlendirilmesi

Çalışmada, lojistik maliyet giderleri içerisinde en büyük paya sahip olduğu ve kontrol altına alınması halinde çok önemli bir rekabet avantajı kazandırma potansiyeli nedeniyle nakliye firmalarının etkinlik ölçümü yapılmıştır. Bu kapsamda Mersin ilinde faaliyet gösteren toplam 25 firma ile yüzyüze görüşülerek önce hangi girdi ve çıktı verilerinin önemli olduğu belirlenmiş ve müteakiben bu veriler söz konusu firmalar çerçevesinde belirlenerek analiz edilmiştir. Çalışmada kullanılmak üzere uzman görüşüne dayanılarak belirlenen 4 adet girdi; X1 ile temsil edilen “Marş Çalıştırma Süresi”, X2 ile temsil edilen “Destek Personel Miktarı”, X3 ile temsil edilen “Bakım Onarım Masrafı” ve X4 ile temsil edilen “Yakıt Sarfıyatı” verileridir. 2 adet çıktı verileri ise; Y1 ile temsil edilen “Sefer Sayısı” ve Y2 ile temsil edilen “Araç Başına Aylık Katedilen Mesafe” verileridir. Ancak firma bilgileri, tarafların talebi üzerine belirsizleştirilerek, çalışmada yer alan firmalar F1 ile başlayan ardışık numaralama ile gösterilmiştir.

Mersin İli genelinde faaliyet gösteren nakliye firmalarının, belirlenen girdi ve çıktı verileri esas olmak üzere etkinlik ölçümü yapılmıştır. Analiz için Frontier Analyst Professional paket programı kullanılmıştır. Sonuçlar hem ölçeğe göre sabit getiri hem de ölçeğe göre değişken getiri durumunda etkinlik skorları alınmıştır. Ölçeğe göre değişken getirinin sağladığı esneklik sayesinde, ölçeğe göre sabit getiri durumuna göre daha fazla sayıda karar verme birimi tam etkin skor elde etmiştir. Analiz sonucunda elde edilen etkinlik skorları Tablo 1.de sunulmuştur. Burada analiz sonucunda tüm KVB’ler için ve her iki modelle yapılan analizlerin detaylı sonuçlarına ulaşılmış olmasına rağmen, çalışmanın hacmi göz önünde bulundurularak sadece BCC modeli ile elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

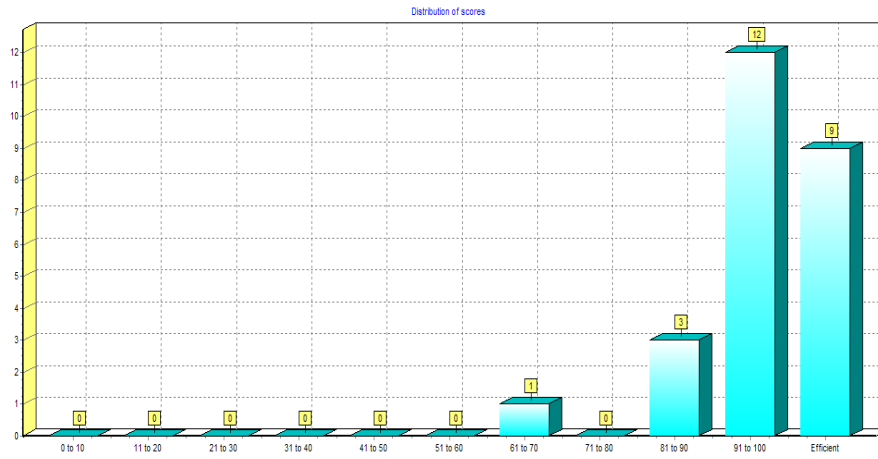
**Tablo 1:** Karar Verme Birimlerinin CCR ve BCC Modellerine Göre Etkinlik Skorları

Firma Rumuzu	CCR Modeli Skoru	BCC Modeli Skoru	Firma Rumuzu	CCR Modeli Skoru	BCC Modeli Skoru
F1	17,21	100,00	F14	15,77	93,90
F2	23,06	100,00	F15	14,04	100,00
F3	17,11	93,90	F16	9,78	94,72
F4	58,65	100,00	F17	9,78	93,05
F5	15,25	99,05	F18	100,00	100,00
F6	70,96	98,79	F19	6,61	94,22
F7	29,32	100,00	F20	9,46	90,65
F8	5,41	69,88	F21	9,12	97,22
F9	17,21	96,10	F22	11,50	91,34
F10	14,60	93,37	F23	16,61	100,00

## Karayolu Taşımacılığı Optimizasyonu (Veri Zarflama Analizi İle Mersin İlinde Bir Uygulama)

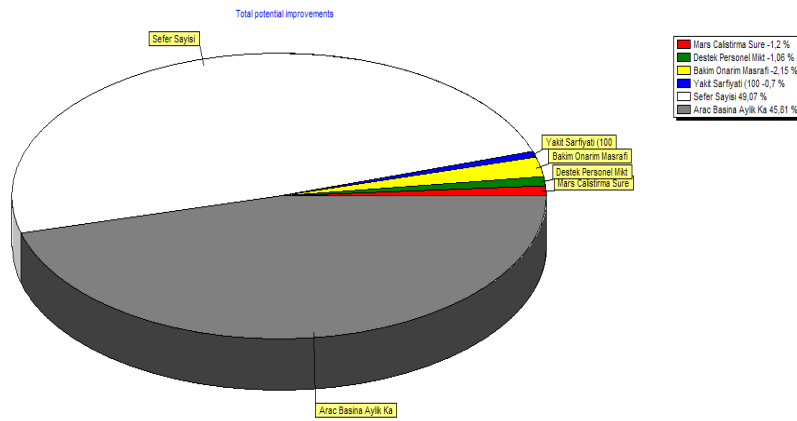
F11	15,77	100,00	F24	10,75	100,00
F12	12,17	84,04	F25	5,67	96,43
F13	6,78	83,72			

BCC modeline uygun olarak yapılan analiz neticesinde toplam 9 firma tam etkinlik skoru elde etmişlerdir. Buna mukabil 12 firma 91-100 arasında, 3 firma 81-90 arasında ve 1 firma da 61-70 arasında etkinlik skoruna ulaşmışlardır. Elde edilen etkinlik skoru dağılımları özet halinde Şekil 2.de sunulmuştur.



Şekil 2: Etkinlik Skoru Dağılım Özeti

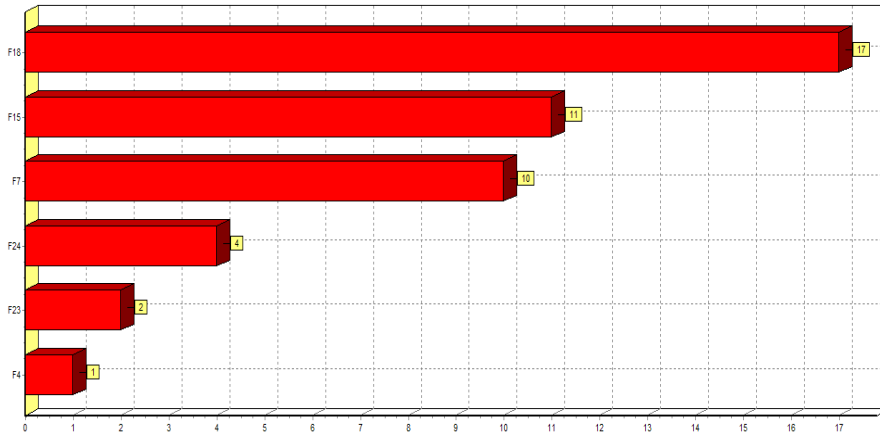
Yapılan analiz sonucunda etkin olmayan firmaların potansiyel iyileştirmesi için en büyük öneme sahip veri Y1 ile tanımlanan “Sefer Sayısı” verisidir ve oranı %49,07’dir. İkinci önemli veri ise Y2 ile tanımlanan ve %45,81 oranında önemli olan “Araç Başına Katedilen Mesafe” verisidir. Diğer verilere ait belirlenen potansiyel iyileştirme için katkı oranları Şekil 3.de sunulmuştur.



Şekil 3: Toplam Potansiyel Gelişim (Girdi-Çıktı Katkı Oranları)



Performans açısından etkin olmayan firmalar için, tam etkinlik skorunu elde eden firmalar, iyileştirme konusunda referans olmakta ve etkinliklerini artırıcı yönde girdi kullanımı ve çıktı üretimine yönelik iyileştirme önerileri getirilmektedir. Bu kapsamda tam etkinlik skoruna sahip ve referans kümesinde yer alan firmalar, kaç defa referans oldukları da belirtilerek Şekil 4.de gösterilmiştir. Buna göre F18 toplam 17 etkinsiz firmaya, F15 toplam 11 etkinsiz firmaya, F7 toplam 10 etkinsiz firmaya, F24 toplam 4 etkinsiz firmaya, F23 toplam 2 etkinsiz firmaya ve F4 ise 1 etkinsiz firmaya etkinliklerini artırma yönünde referans olmuşlardır.

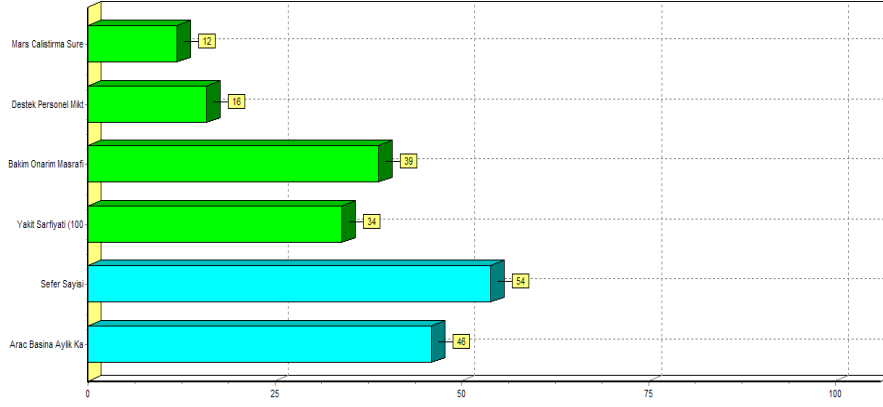


Şekil 4: Referans Seti

Yöntemin eleştirilen bir yönü etkin karar verme birimleri arasında bir sıralama yapamamasına getirilmektedir. Ancak referans seti incelendiğinde, aslında etkin karar verme birimleri arasında da en çok referans olan karar verme biriminin daha etkin olacağı belirtilebilir. Buna göre etkinlik skoru 100,00 tam puan olan firmalar arasında da bir etkinlik sıralaması yapılması mümkün olacaktır.

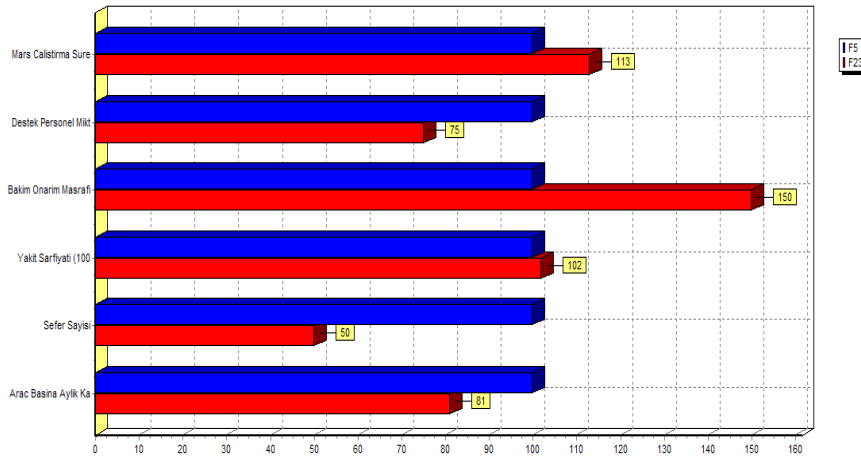
Analiz sonucunda elde edilen bilgilerden biri de girdi-çıkıtı katkı oranlarıdır. Bu oranlar, elde edilen etkinlik skorunda hangi girdi ve/veya çıktılar ne oranda sonuca etki ettiğinin ortaya koymaktadır. Dolayısıyla etkinlik skorunu değiştirmek amacıyla firmaların hangi verilerine daha dikkat göstermeleri gerektiği yönünde uyarıcı bir bilgi niteliğindedir. Örneğin Şekil 5.de gösterilen F15'in girdi-çıkıtı katkı oranları da şöyle belirlenmiştir; X1 ile tanımlanan "Marş Çalıştırma Süresi" girdisi %12 oranında, X2 ile tanımlanan "Destek Personel Miktarı" girdisi %16 oranında, X3 ile tanımlanan "Bakım Onarım Masrafı" girdisi %39 oranında ve X4 ile tanımlanan "Yakıt Sarfiyatı" girdisi %34 oranında gerçekleşirken, Y1 ile tanımlanan "Sefer Sayısı" çıktısı %54 oranında ve Y2 ile tanımlanan "Araç Başına Aylık Katedilen Mesafe" çıktısı %46 oranında gerçekleşmiştir.

## Karayolu Taşımacılığı Optimizasyonu (Veri Zarflama Analizi İle Mersin İlinde Bir Uygulama)



Şekil 5: F15 Girdi-Çıktı Katkı Oranları

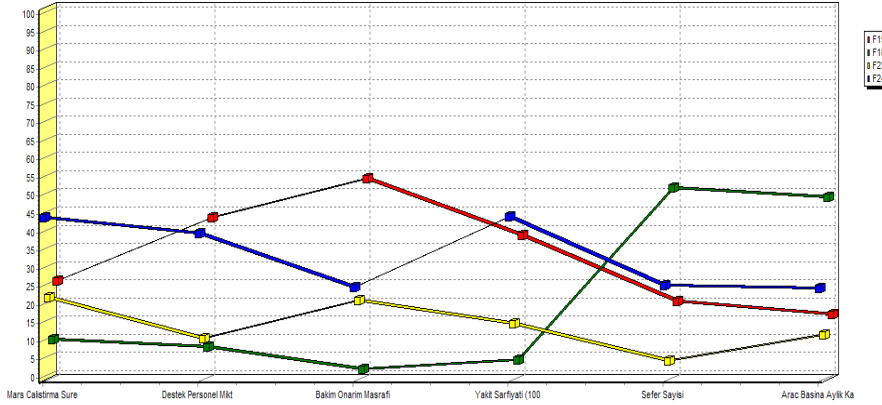
Analiz sonuçlarından bir diğeri de Referans Kıyaslamasıdır. Örneğin referans setindeki F23'ün F5 ile yapılan kıyaslanması Şekil 6.da verilmiştir. F5 tüm girdileri %100 oranında kullanarak, tüm çıktılarından %100'lük oranda üretim gerçekleştirmişken F23 X1 girdisini 113, X2 girdisini 75, X3 girdisini 150 ve X4 girdisini 102 oranında kullanarak Y1 çıktısını 50 ve Y2 çıktısını 81 oranında bir üretim gerçekleştirmiştir.



Şekil 6: F5 – F23 Referans Kıyaslaması



Analiz ayrıca referans katkıları konusunda da görsel sunum sağlamaktadır. Buna göre örneğin F5'in referans kümesinde yer alan firmaların her bir girdi ve çıktılar için referans katkıları Şekil 7.de sunulmuştur.



Şekil 7: F5 Referans Katkıları

## Sonuç ve Değerlendirme

Lojistik sektörü, doğası gereği kar marjının son derece düşük olduğu bir sektördür. Sınırlı bir alanda hizmet verilen ve çok fazla sayıda rakibin yer aldığı bir pazarda, müşteri taleplerinin de neredeyse kişiye özel olduğu göz önüne alındığında, rekabet koşullarını belirleyecek olan en önemli güç çarpanı olarak karşımıza etkinlik çıkmaktadır. Etkinlik en basit tanımıyla girdilerin çıktılara oranıdır. Etkinlik ölçümü ise; çeşitli yöntemlerle, benzer koşullarda üretim yapan karar verme birimlerinin, hem rakiplerini ve hem de kendilerini tanımaları, iyileştirme adına gerekli tedbirleri almaları için sıklıkla kullanılmaktadır.

Tek girdiden tek çıktı oluşturulan şartlarda girdinin çıktıya olan oranı şeklinde sonuca ulaşan oran analizi yalnız kullanımıyla karar verme birimlerine katkıda bulunmaktadır. Yine aynı şekilde çok girdi kullanılarak tek çıktı elde edilen hesaplamalarda da regresyon analizi yapılabilmektedir. Ancak günümüzde son derece karmaşıklaşan üretim yapıları çoklu girdi ve çoklu çıktı durumuna gelmiştir. Burada girdi ve çıktıların alacakları ağırlık sorununa ilave olarak bu değerlerin farklı ölçü birimleriyle ölçülmüş olması ve aynı eşitlikte kullanılması sorunu da göze çarpmaktadır. İşte bu durumlarda çok kriterli karar verme teknikleri kolaylıkla uygulanabilmekte ve kullanışlı sonuçlar üretmektedir.

Bunlardan biri olan veri zarflama analizi herhangi bir ön koşula bağlı değildir ve uygulamada kullanılan tüm girdiler ve çıktılar, etkinlik skorları %100 etkinlik sınırını ya da 100,00 değerini aşmayacak şekilde ağırlıklandırılır. Matematiksel işlemler sonucunda tam etkin olan karar verme birimleri 100,00 değerini alırken, diğerleri bu değerden daha küçük bir değer alır.

Veri zarflama analizinin kullanıldığı bu çalışmanın giriş bölümünü müteakip ikinci bölümünde kavramsal açıdan lojistik ve lojistik yönetimi anlatılmış, özellikle karayolu taşımacılığı ve nakliye sektörü üzerinde durulmuştur. Müteakiben üçüncü bölümde veri zarflama analizinin matematiksel boyutu, kullanım alanları ile güçlü ve zayıf yönleri hakkında bilgiler paylaşılmıştır. Çalışmanın uygulamayı içeren dördüncü bölümünde Mersin ilinde faaliyet gösteren 25 nakliye şirketinden elde edilen 4 girdi ve 2 çıktıdan oluşan veriler kullanılarak yapılan veri zarflama analizi sonuçları yorumlanmıştır.

Çalışmanın en önemli amacı, önemli bir maliyet oluşturan lojistik giderlerinin optimizasyonudur. Bu maksatla lojistik maliyetler arasında en fazla yer tutan taşımacılık faaliyetleri hedef alınmış ve burada yapılacak optimizasyonun ürün fiyatına ve karlılığa önemli ölçüde ve doğrudan etkisi olacağı değerlendirilmektedir.

Çalışmanın analiz bölümünde kullanılan veriler doğrudan firma yetkilileriyle yüz yüze görüşerek elde edilmiştir. Verilerin resmi bir kayda dayanmaması ve firma yetkililerinin konu hakkında taraflı olabilecekleri, verileri paylaşırken sonuçlara etki edebilecek yanlılıkta davranabilecekleri dikkate alınmalıdır.

Analize konu bütün firmaların hesaplanan mevcut değer, hedef değer ve potansiyel iyileştirme oranları tek bir tablo çalışmanın sonunda sunulmuştur. Tabloda belirtilen girdi ve çıktı oranlarında gösterilen iyileştirmenin yapılması halinde, tam etkinlik skoru elde edemeyen firmalar da etkinliklerini arttıracaklar ve tam etkin hale gelmiş olacaklardır.

Çalışmanın analiz bölümünde kullanılan yöntemin statik olması ve kesit veri ile sonuca ulaşması nedeniyle çıktıya dönüştürülemediği girdilerin varlığı etkinlik skorlarını olumsuz etkilemektedir. Bu husus özellikle üretim sektöründe yapılacak benzer çalışmalarda göz ardı edilmemelidir.

Çalışma farklı analiz yöntemleriyle desteklenebilecek olmasına rağmen mevcut çalışmanın hacmi dikkate alınarak burada yer verilmemiştir. Başka araştırmacılar tarafından yapılacak farklı uygulamalarda veri zarflama analizi ile birlikte kullanılan destekleyici ya da tamamlayıcı niteliğindeki yöntemler de kullanılabilir.

Veri zarflama analizi göreceli etkinlik ölçümü yaptığı için çalışmanın analiz bölümünde kullanılan girdi ve çıktılara yenilerinin eklenmesi veya çıkarılması halinde sonuçlar değişecektir. Aynı şekilde analize yeni karar verme birimlerinin eklenmesi veya çıkarılması halinde etkinlik skorları değişecektir. Bu husus müteakip çalışmalarda dikkate alınmalıdır.

### **KAYNAKÇA:**

Altun, Didem (2006), *Türk Telekomünikasyon A.Ş. İl Telekom Müdürlüklerinin Veri Zarflama Analizi İle Etkinlik Ölçümü*, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Aydağın Alper (2003), “Veri Zarflama Analizi”, Hava Harp Okulu Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, HUTEN Yıl Sonu Semineri, İstanbul.

Bakhshoodeh Mohammed, Thomson Kenneth J. (2001), “Input and Output Technical Efficiencies of Wheat Production in Kerman, Iran”, *Agricultural Economics*, 24.

Bakırcı Fehim (2007), “Firma Etkinliğini Etkileyen Faktörler: Türk Tekstil Sektöründe Bir VZA ve Tobit Model Uygulaması”, *EKEV Akademi Dergisi*, 11 (30).

Brewer Ann M, Button Kenneth J, Hensher David A (2001), *Handbook of Logistics And Supply Chain Management*, Thomson Learning.

Chang S.Y., Chen T.H. (2008), “Performance Ranking of Asian Lead Frame Firms: A Slack-Based Method in Data Envelopment Analysis”, *International Journal of Production Research*, 46 (14), 15.





Charnes Abraham, Cooper William W., Lewin Arie Y., Seiford Lawrence M. (1997), *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Application*, Kluwer Academic Publishers, USA.

Chopra Sunil, Meindl Peter (2004), *Supply Chain Management*, Pearson Education International, Second Edition.

Chu Mei Tai, Shyu Joseph Z., Khosia R. (2008), “Mesuring The Relative Performance For Leading Fabbles Firms by Using Data Envelopment Analysis”, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 19.

Demirci Ayhan (2012), OECD Üyesi Ülkelerin Ekonomik Ve Sosyal Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi Yöntemiyle Belirlenmesi, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Doktora Tezi, Erzurum.

Depren Özer (2008), Veri Zarflama Analizi ve Bir Uygulama, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik Anabilim Dalı, İstanbul.

Ergün İsmet (1985), *Türkiye'nin Kalkınmasında Ulaştırma Sektörü*, Ankara, Hacettepe Üniversitesi İİBF Yayınları.

Evren Güngör (1999), “Türkiye’de Ulaştırma Politikalarına Eleştirel Bir Bakış”, II. Ulaşım ve Trafik Kongresi-Bildiriler Kitabı, Ankara, TMMOB Yayınları.

Golany B., Roll Y. (1989), “An Aplication Procedure For DEA”, [VZA İçin Bir Uygulama Prosedürü], *International Journal of Management Science*, 17 (3).

Gülcü Aslan, Coşkun Akın, Yeşilyurt Cavit, Coşkun Sibel, Esener Timur (2004), “Cumhuriyet Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi’nin Veri Zarflama Analizi Yöntemiyle Göreceli Etkinlik Analizi”, *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 5 (2).

Hansson Helena (2007), “The Links Between Management’s Critical Success Factors and Farm Level Economic Performance on Dairy Farms in Sweden”, *Food Economics, Acta Agriculturae Scandinavica Section C*, 4.

Hazır Köksal, Çapın Ayça Gümüşay, Akkan Erdal, Ciğerci Esra, Kahraman Abdullah, Ören Ayşenur, Yalçı Elif Betül, Çağlar Macide Berna, Ceran Mehmet Burak, Görçün Özhan (2016), *Lojistik*; Lisans Yayıncılık, Lord Matbaası, 1. Baskı.

Kiani Adıqa Kausar (2008), “An Empirical Analysis of TFP Gains in The Agricultural Crop-Sub-Sector of Punjab: A Multi-Criteria Approach”, *European Journal of Scientific Research*, 24 (3).

Kontodimopoulos Nick, Moschovakis Giorgos, Aletras Vassilis, Niakas Dimitris (2007), “The Effect of Environmental Factors on Technical and Scale Efficiency of Primary Health Care Providers in Greece”, *Cost Effectiveness and Resource Allocation*, BioMed Central Publishes.

Langevin Andre, Riopel Diane (2005), *Logistics Systems: Design and Optimization*, Springer, USA.

Lummus R.R., Krummwiede D.W., Vokurka Krumwiede R.J. (2001), “The Relationship Of Logistics To Supply Chain Management: Developing A Common İndustry Definition” *Industrial Management & Data Systems*, 101/8.

## Karayolu Taşımacılığı Optimizasyonu (Veri Zarflama Analizi İle Mersin İlinde Bir Uygulama)

Mok Vincent, Yeung Godfrey, Han Zhaozhou, Li Zongzhang (2007), “Leverage, Technical Efficiency and Profitability: An Application of DEA to Foreign-Invested Toy Manufacturing Firms in China”, *Journal of Contemporary China*, 16 (51).

Pasiouras Fotios, Liadaki Aggeliki, Zopounidis Constantin (2008), “Bank Efficiency and Share Performance: Evidence From Greece”, *Applied Financial Economics*, 18.

Pereira Artura (2006), *Economies of Scale in Blood Banking: A Study Based on Data Envelopment Analysis*, Vox Sanguinis, 90.

Ramanathan R. (2003), *An Introduction to Data Envelopment Analysis – A Tool For Performance Measurement*, Sage Publications, California US.

Saatçioğlu Cem (2006), *Ulaştırma Sistemleri ve Politikaları Türkiye-Avrupa Birliği Uygulamaları*, Ankara, Gazi Kitabevi.

Scott Beth F., Rainey James C., Hunt Andrew W (2000), *The Logistics of War: a historical perspective*, Alabama, *Air Force Logistics Management Agency*.

Waters Donald (2003), *Logistics An Introduction To Supply Chain Management*, Great Britain, Ashford Colour Press Ltd.

Yeşilyurt Cavit (2003), *Matematik Programlama Tabanlı Etkinlik Ölçüm Yöntemlerinden Veri Zarflama Analizi İle Orta Öğretimde Etkinlik Ölçümü*, (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas.

Zzadeh A., Ghaderi S.F., Javaheri Z., Saberi M. (2008), “A Fuzzy Mathematical Programming Approach to DEA Models”, *American Journal of Applied Sciences*, 5 (10).

### EKLER

**Ek 1:** Firmaların Mevcut Değer-Hedef Değer ve Potansiyel İyileştirme Oranları

Firma Rumuzu	Girdi Çıktı Verileri	Mevcut Değer	Hedeflenen Değer	Potansiyel İyileştirme Oranı
F1	X1	100375	100375	0
	X2	8	8	0
	X3	1020	1020	0
	X4	35	35	0
	Y1	1,8	1,8	0
	Y2	15000	15000	0
F2	X1	62415	62415	0
	X2	8	8	0
	X3	1500	1500	0
	X4	38	38	0
	Y1	2	2	0
	Y2	12500	12500	0
F3	X1	70080	65802,01	-6,1



	X2	11	9,51	-13,52
	X3	5220	1460,26	-72,03
	X4	31	29,11	-6,1
	Y1	3	11,17	272,25
	Y2	8700	41563,47	377,74
F4	X1	20440	20440	0
	X2	11	11	0
	X3	2600	2600	0
	X4	42	42	0
	Y1	3	3	0
	Y2	3900	3900	0
F5	X1	99280	71689,89	-27,79
	X2	4	3,96	-0,95
	X3	4000	3961,94	-0,95
	X4	34	33,68	-0,95
	Y1	2	3,27	63,5
	Y2	12000	12000	0
F6	X1	78840	77883,5	-1,21
	X2	5	4,94	-1,21
	X3	4000	3438,81	-14,03
	X4	40	29,15	-27,14
	Y1	14	14	0
	Y2	7400	48010,07	471,55
F7	X1	36135	36135	0
	X2	11	11	0
	X3	1620	1620	0
	X4	30	30	0
	Y1	1,5	1,5	0
	Y2	9200	9200	0
F8	X1	149102,5	104195,64	-30,12
	X2	12	7,59	-36,77
	X3	2200	1253,54	-43,02
	X4	40	27,95	-30,12
	Y1	2	23,68	1083,92
	Y2	7000	83446,73	1092,1
F9	X1	80300	17171,68	-3,9
	X2	7	6,73	-3,9
	X3	3000	2533,35	-15,56
	X4	30	28,83	-3,9
	Y1	1	14,16	1316,13
	Y2	12000	50025,27	316,88

**Karayolu Taşımacılığı Optimizasyonu (Veri Zarflama Analizi İle Mersin İlinde Bir Uygulama)**

F10	X1	109500	102242,04	-6,63
	X2	20	7,69	-61,57
	X3	3500	1264,06	-63,88
	X4	30	28,01	-6,63
	Y1	4	23,04	476,05
	Y2	10000	81315,57	713,16
F11	X1	87600	87600	0
	X2	11	11	0
	X3	1000	1000	0
	X4	35	35	0
	Y1	3	3	0
	Y2	12000	12000	0
F12	X1	118260	99391,06	-15,96
	X2	7	5,88	-15,96
	X3	4050	2275,6	-43,81
	X4	33,5	28,15	-15,96
	Y1	1,2	21,49	1690,7
	Y2	12500	74744,07	497,95
F13	X1	156585	90370,81	-42,29
	X2	6	5,02	-16,28
	X3	3800	2995,95	-21,16
	X4	34	28,47	-16,28
	Y1	2	18,13	806,4
	Y2	8000	62569,77	682,12
F14	X1	87600	82252,12	-6,1
	X2	5	4,69	-6,1
	X3	3000	2816,85	-6,1
	X4	35	32,86	-6,1
	Y1	1,2	9,73	711,13
	Y2	12000	33798,65	181,66
F15	X1	42705	42705	0
	X2	4	4	0
	X3	5000	5000	0
	X4	30	30	0
	Y1	1,5	1,5	0
	Y2	4500	4500	0
F16	X1	81760	74332,32	-9,08
	X2	4	3,79	-5,28
	X3	4500	4262,59	-5,28
	X4	36	34,1	-5,28



	Y1	2	2	0
	Y2	5000	8239,43	64,79
F17	X1	81760	76075,41	-6,95
	X2	8	7,44	-6,95
	X3	4800	2200,55	-54,16
	X4	31	28,84	-6,95
	Y1	2	14,02	600,82
	Y2	4750	50006,22	952,76
F18	X1	135870	135870	0
	X2	6	6	0
	X3	1083	1083	0
	X4	27	27	0
	Y1	34	34	0
	Y2	118000	118000	0
F19	X1	146000	90402,51	-38,08
	X2	5	4,71	-5,78
	X3	2800	2638,18	-5,78
	X4	34	32,04	-5,78
	Y1	1,8	13,29	638,17
	Y2	6500	46014,47	607,91
F20	X1	80300	72791,2	-9,35
	X2	6	5,44	-9,35
	X3	4000	3329,01	-16,77
	X4	32	29,01	-9,35
	Y1	1,9	12,25	544,73
	Y2	3400	42563,97	1151,88
F21	X1	65700	63872,79	-2,78
	X2	10	9,61	-3,91
	X3	3800	1470,65	-61,3
	X4	30	29,17	-2,78
	Y1	1,5	10,54	602,58
	Y2	4500	39458,9	776,86
F22	X1	70080	64012,49	-8,66
	X2	8	7,31	-8,66
	X3	3500	2644,98	-24,43
	X4	32	29,23	-8,66
	Y1	1,7	9,85	479,27
	Y2	7000	35528,35	407,55
F23	X1	113150	113150	0
	X2	3	3	0
	X3	6000	6000	0

## Karayolu Taşımacılığı Optimizasyonu (Veri Zarflama Analizi İle Mersin İlinde Bir Uygulama)

---

	X4	35	35	0
	Y1	1	1	0
	Y2	9800	9800	0
F24	X1	80300	80300	0
	X2	4	4	0
	X3	2500	2500	0
	X4	38	38	0
	Y1	2,1	2,1	0
	Y2	7500	7500	0
	F25	X1	284700	135870
X2		10	6	-40
X3		1500	183	-27,8
X4		28	27	-3,57
Y1		2	34	1600
Y2		6000	118000	1866,67