

PERFORMANSA DAYALI LOJİSTİK KAPSAMINDA DİNAMİK BİR PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ: SAVUNMA SANAYİNDE BİR UYGULAMA

*Mustafa AĞDAŞ*** 
*Cevriye GENCER*** 
*Özkan BALI**** 

Alınma: 15.04.2019 ; düzeltme: 30.10.2019 ; kabul: 28.11.2019

Öz: Gelişmiş teknolojiye sahip savunma sistemlerinin tedarik edilmesi ve yaşam döngüsü içerisinde sürdürülebilirliği lojistik süreçler açısından her geçen gün daha maliyetli ve karmaşık olabilmektedir. Performansa Dayalı Lojistik (PDL), tedarik zinciri ve lojistik vasıtasıyla sistemlerin desteklenmesi ve tedarik edilmesi için ortaya konulan yeni yaklaşımlardan birisidir. Bu yaklaşım, son kullanıcı ihtiyacının operasyonel hazır bulunuşluk açısından belirli performans hedefleri dikkate alınarak ve daha uygun maliyetle karşılanmasına önem vermektedir. Performans değerlendirilmesi için kullanılan parametrik ve parametrik olmayan birçok araç ve yöntem kullanılmaktadır. Parametrik olmayan yöntemler arasında en çok tercih edilen analiz yöntemi ise Veri Zarflama Analizi (VZA)'dır. VZA, karar verme birimlerinin performans ve göreceli etkinliklerini değerlendirmek için kullanılan doğrusal programlama tabanlı bir yöntemdir. Bu çalışmada, gerçek bir örnek olay çalışması ele alınmıştır. PDL stratejisi kapsamında yerli akü üreticisi firmaların geçmiş yıllara ait verileri dikkate alınarak dinamik bir performans değerlendirmesi yapılmıştır. Performans değerlendirilmesi için VZA ile Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksinden yararlanılmıştır. Çalışmada, yerli 12 adet akü üreticisi firmanın geçmiş dört yıllık verileri dikkate alınmış ve iki adet girdi ile iki adet çıktı faktörü kullanarak etkinlikleri analiz edilmiştir. Analiz sonucunda yalnızca bir akü üreticisi firmanın tüm dönemlerde etkin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Performansa Dayalı Lojistik, Performans Değerlendirmesi, Veri Zarflama Analizi, Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi.

A Dynamic Performance Evaluation for Performance Based Logistics: An Application for Defense Industry

Abstract: Supplying advanced technology defense systems and sustainability within the life cycle can be more costly and complex in terms of logistical processes day by day. Performance Based Logistics (PBL) is one of the new approaches to support and supply systems through supply chain and logistics. This approach focuses on importance to satisfying the needs of the end-user in terms of operational availability by taking into account the specific performance targets and with cost effectively. Many parametric and nonparametric methods are used for performance evaluation. The most preferred method of analysis among nonparametric methods is Data Envelopment Analysis (DEA). DEA is a linear programming-based method used to evaluate the performance and relative effectiveness of decision-making units. A real case study is carried out and the results are discussed. In the context of PDL strategy, a dynamic performance evaluation is performed by taking into consideration the data of the domestic battery manufacturer companies in the past years. For this purpose, DEA and the Malmquist Total Factor Productivity Index are used. In the study, 12 domestic battery manufacturers are taken into consideration

* Endüstri Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi, Gazi Üniversitesi, 06570, ANKARA mustafaagdasm@gmail.com

** Endüstri Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi, Gazi Üniversitesi, 06570, ANKARA ctemel@gazi.edu.tr

*** Kara Kuvvetleri Lojistik Komutanlığı, ANKARA dr.ozkanbali@gmail.com

İletişim Yazarı: Mustafa AĞDAŞ mustafaagdasm@gmail.com

and their efficiencies are analyzed. The results from this analysis indicate that only one battery manufacturer is effective in all periods.

Keywords: Performance Based Logistics, Performance Evaluation, Data Envelopment Analysis, Malmquist Total Factor Productivity Analysis.

1. GİRİŞ

Son yıllarda ülkeler, artan savunma harcamalarına karşın yaşanan küresel kriz ve dalgalanmalar, savunma haricindeki diğer harcama kalem ve paylarının (eğitim, sağlık, ulaşım vb.) büyümesi, harcama önceliklerinin değişmesi, farklı kıta ve ülkelerde görev yapan üs ve unsur sayısının minimize edilerek etkinleştirilmesi vb. nedenlerden dolayı savunma bütçelerinde daralmaya gitmektedir. Savunma bütçelerinde yapılan bu kısıtlamalara yönelik olarak gelişmiş ülkeler; uçak, gemi, helikopter, silah, araç, motor vb. sistemlerin tedarik ve idame ettirilmesinde sürekli daha maliyet etkin, akıllı ve verimli çözüm arayışları içerisinde bulunmaktadır. Bu arayışlar içerisinde, farklı tedarik ve lojistik destek yaklaşımları denenmekte ve analiz edilmektedir. Bu yaklaşımlar içerisinde, sistemlerin hazır bulunuşluğunu ön plana çıkaran, sözleşmelerde belirlenen performans hedeflerinin yer aldığı, müşteri taleplerine daha hızlı yanıt verebilen, sürdürülebilir ve daha maliyet etkin bir yaklaşım olan Performansa Dayalı Lojistik (PDL) kavramı ortaya çıkmıştır (Kumar, Nowicki, Ramírez-Márquez ve Verma, 2007).

PDL, ilk olarak ABD’de, başta savunma sektöründe uygulama alanı bulan ve işletme-idamesi güç ve pahalı sistemlerin tedarik edilmesi ile desteklenmesi için ortaya konulan yeni yaklaşımlardan bir tanesidir. Bu kavram, savunma sektöründeki uygulamaların başlamasıyla daha fazla ilgi görmektedir ve farklı alanlara da yayılması beklenmektedir (Özdemir ve Özkan, 2016). Rekabet edilebilirliğin, verimliliğin ve sürdürülebilirliğin anahtar kavramlar olduğu tedarik zincirleri için; rekabet şartları zor, üretim sürecinde kullanılan kaynaklar kısıtlı ve ihtiyaç sahibi müşteri profili çeşidi oldukça geniş ve seçicidir. Günümüz iş dünyasında tedarik zincirlerinin ya da üretici firmaların en iyiye ulaşmada ne derece başarılı oldukları, gösterdikleri performans değerlerinin analizi, değerlendirilmesi ve geliştirilmesine yönelik çabalar son dönemde oldukça önemli hale gelmektedir. Performans; bir birey veya bir örgütün yapılan işte saptanmış olan hedefe yönelik olarak gerçekleştirilebileceklerin nicel ya da nitel olarak ifadesi ve kapasitenin kullanım derecesidir. Bir kurumun performansı, kurumun bir dönem elde etmiş olduğu çıktıyla ölçülebilir. Performans ölçümü; ürün, hizmet ya da işlemlerin yerine getirilmesinde, işlerin nasıl ve ne oranda gerçekleştiğinin tarafsız olarak ölçülmesi yöntemidir (Tütek, Gümüšoğlu ve Özdemir, 2016).

Performans ve etkinlik ölçümü için yapılan çalışmalarda oran analizi, parametrik ve parametrik olmayan yöntemler sıklıkla kullanılmaktadır. Oran analizi, tek girdi ve çıktısı olan veya girdi ve çıktıların ortak bir birime dönüştürülemezken ayrı ayrı değerlendirilmesi gereken problemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Parametrik yöntemler, verimlilik ölçümü yapılan birimlere ilişkin üretim fonksiyonunun analitik bir yapıya sahip olduğunu varsaymaktadır. Parametrik yöntemlerde en sık kullanılan regresyon analizi, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki neden sonuç ilişkisine dayalı bir yöntemdir.

Parametrik olmayan yöntemler ise, deterministik modeller olarak ta bilinmektedir. Bir üretim fonksiyonunun tahminini gerektirmemektedir. Girdiler ile çıktılar arasında belirli bir ilişki olduğu kabul edilmektedir (Yücel, 2017). Bu yöntemler içinde en çok kullanılan doğrusal programlama tekniği olan Veri Zarflama Analizi (VZA) ve Malmquist Toplam Faktör Verimliliği (MTFV) Endeksidir. Firmaların performans değerlendirilmesinde kullanılan en yaygın yaklaşım az ya da çok etkin veya verimli olup olmadıklarının belirlenmesidir. Bu bakış açısıyla firma performans ölçümü; girdileri çıktıya dönüştürme sürecinde yapılan bir değerlendirme olarak ele alınabilir. Örneğin, akü üretimi yapan bir firmanın, işgücü, sermaye ve diğer faktörleri kullanarak akü üretirken girdi-çıkıtı değerlendirmesinin yapılması bir performans analizidir. Bu analizi farklı metotlarla yapmak mümkün iken bunun en doğal yöntemi verimlilik

analizidir. Elde edilen bu oranın daha büyük değerlere ulaşması firmanın yüksek performans değerlerine ulaşması olarak değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada amaç, PDL kapsamında, lojistik destek sağlayıcısı ile performans odaklı, yeni ve uzun süreli bir sözleşme yapılabilmesi amacıyla, lojistik destek sağlayıcısının geçmiş yıllara ait değişkenlerini dikkate alan dinamik yapıda bir performans değerlendirmesi yapmaktır. Bu çalışma ile geleneksel destek yaklaşımlarından farklı olarak, literatürde sınırlı sayıda nicel çalışma bulunan PDL yaklaşımı kapsamında ilk defa bir performans değerlendirilmesi yapılmakta ve bu uygulama hakkında farkındalık yaratılmaktadır. Ayrıca bu çalışma ile, PDL'ye ilişkin son yıllarda yapılan nicel özellikteki çalışmaları içeren özet bir literatür sunulmaktadır. Probleme kullanılan girdi ve çıktı faktörlerinin belirlenmesinde literatürde PDL ve Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY) kapsamında yapılan performans değerlendirmesine ilişkin çalışmalardan faydalanılmıştır. Ayrıca modelde akü üretici firmalarının performanslarının değerlendirilmesinde VZA yöntemi ile birlikte geçmiş yıllara ait verilerin analizini sağlayan MTFV Endeksi kullanılmıştır. Çalışmanın bölümleri şu şekilde oluşmaktadır. İkinci bölümde PDL yaklaşımı anlatılmakta ve bu kapsamda yapılan çalışmalara yönelik bir literatür araştırması sunulmaktadır. Üçüncü bölümde VZA yöntemi ve MTFV endeksi açıklanmaktadır. Ayrıca, lojistik/tedarik zinciri performans ölçümü ile değerlendirmesine ilişkin yapılan çalışmalara ait literatür özeti sunulmaktadır. Dördüncü bölümde PDL yaklaşımına uygun performans odaklı çıktıları içeren bir uygulama yapılmaktadır. Son bölümde ise elde edilen sonuçlar değerlendirilmekte ve yorumlanmaktadır.

2. PERFORMANSA DAYALI LOJİSTİK YAKLAŞIMI

PDL, son kullanıcıların görev başarısını sağlamak için ihtiyaç duyduğu yer ve zamanda silah sistemlerinin güvenilir, sürdürülebilir ve hazır bulunabilir olmasını sağlayan, sistemlerin performans çıktılarına odaklanan ve bu sistemlerin yaşam çevriminde maliyet etkin bir şekilde işletme-idamesinin yapılmasını amaçlayan bir ürün destek stratejisidir (Kobren, 2009; Özdemir ve Özkan, 2016). ABD Savunma Tedarik Üniversitesi (Defense Acquisition University, DAU) PDL'yi (2005), yetki ve sorumlulukların spesifik hatlarla belirlendiği uzun dönemli anlaşmalar vasıtasıyla, sistemlerin hazır bulunuşluk seviyesini optimize etmek ve silah sistemlerinin performans hedeflerini karşılamak için entegre, maliyetleri karşılanabilir, performans paketi olarak tasarlanmış desteğin satın alınması olarak tanımlamaktadır (DAU, 2005; Özdemir, 2016). Temel olarak ifade etmek gerekirse, performansa dayalı lojistik stratejisi ürün veya hizmetlerin tedariki yerine performans sonuçlarının alınmasıdır (Goure, 2009).

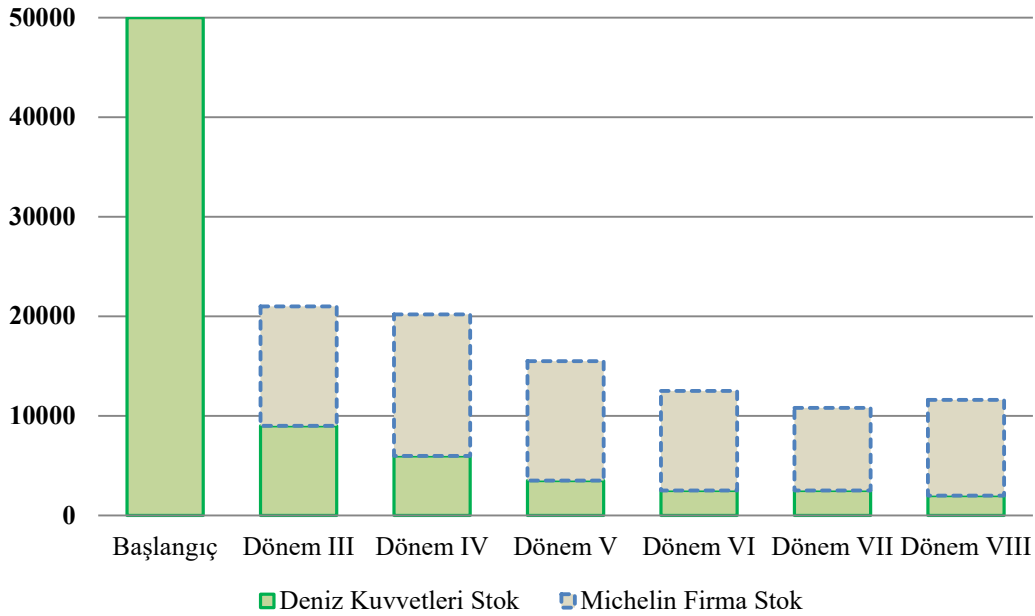
ABD Savunma Tedarik Üniversitesi Tedarik Cemiyeti (DAU Acquisition Community) PDL'yi silah sistemlerinin operasyonel hazır bulunuşluk seviyelerini en iyiye yükseltmek amacıyla bütünleşik ve minimum maliyetle performans çözümleri ortaya çıkaran sonuç odaklı bir ürün destek stratejisi olarak tanımlamaktadır (DAU Acquisition Community, 2015). PDL, müşteri, PDL destek sağlayıcısı ve tedarikçi üssü arasında uzun dönemli ilişkiler kurarak sürdürülebilirliği sağlamakta, performans gelişimine yönelik teşvik mekanizması oluşturmakta ve sistemlerin operasyonel hazırlık seviyelerini önemli ölçüde artırmaktadır (Casner ve Bieber, 2015).

Klasik yaklaşımdan farklı olarak bir sistemin, alt sistemlerinin ve parçalarının sürdürülebilirliğini sağlamak üzere ürün ya da bakım-onarım hizmeti satın almak yerine belirlenen performans hedeflerinin tedarik edilmesidir. PDL, ne ürün desteğinin tamamen yükleniciye devredilmesi ne de kurumun tamamen kendi iç yapısındaki birimleriyle desteğin yürütülmesidir (Dirican, 2016).

PDL yaklaşımı ile son kullanıcının gerçek ihtiyacının belirlendiği, tedarikçiye nasıl değil, ne istendiğinin belirtildiği, münferit ürün yerine performans satın alındığı, stratejik ilişkilerin kurulduğu, risk paylaşımının yapıldığı, program yönetimi bakış açısının hâkim olduğu, tüm paydaşların kendi öz yeteneğine odaklandığı ve odak noktasının ömür devri olduğu bir ortam

oluşturulması amaçlanmaktadır (Berkowitz, Gupta, Simpson ve McWilliams, 2005). PDL stratejisi benimsemiş programlar, geleneksel yaklaşımlara göre milyarlarca dolar tasarruf ederken, sistem çalışma sürelerinde yüzde 40'lık artış, lojistik cevap sürelerinde yüzde 70'lik azalış yaşamaktadır. PDL stratejilerinin hedefi, maliyetlerin kontrol altında tutulmasını sağlayacak, ürünlerin güvenilirliğinin artırılmasına yönelik yatırımların yapılmasını teşvik eden, kâr marjlarını muhafaza eden ve kamuya ait maliyetlerin düşmesini sağlayan sözleşmeye dayalı bir yapı oluşturmaktır (Randall, Pohlen ve Hanna, 2010). Yapılan araştırmalarda, PDL ile %20-40 performans verimliliği sağlanırken maliyetlerde %15-20 azalmalar tespit edilmiştir (Goure, 2009). Uzun dönemli PDL tedarik yöntemi ile klasik rekabetçi ihale (1 yıllık) karşılaştırmasının yapıldığı “Bakım Sözleşmelerinde PDL ile Sağlanan Maliyet Tasarrufu” isimli çalışmanın sonuçlarına göre PDL sözleşmelerinde diğer rekabetçi anlaşmalara kıyasla maliyetlerde % 20 azalma olduğu bulgusuna ulaşılmıştır (Straub, 2009).

PDL'ye yönelik uygulamaları incelediğimizde hem kamu hem de özel sektör uygulamaları ile karşılaşılmaktadır. Kamu sektöründe çoğunlukla savunma ve güvenlik alanlarında yapılan çalışmalar göze çarpmaktadır. Spesifik bir uygulamayı örnek vermek gerekirse, ABD Deniz Kuvvetleri 2001-2005 yılları arasında, Michelin firması ile bünyesinde bulundurduğu birliklerin lastik ihtiyaçlarının desteklenmesi için 67,4 milyon dolar tutarında beş yıllık bir PDL sözleşmesi yapmıştır. Bu sözleşme kapsamında Deniz Kuvvetlerinin kullandığı 16 uçak tipi için 23 farklı cinsten lastiğin desteklenmesi planlanmıştır. Sözleşme destek yüzdesi % 95 hazır bulunuşluk üzerine inşa edilmiştir. Sözleşme dönemi olan 2001-2005 yılları arasındaki performans değerleri % 96,4 destek seviyesi ile başlamış ve % 98, 7 değerine ulaşmıştır. Gerçekleşen müşteri bekleme süresi yurtiçi ortalama 33 saat, yurtdışı 59 saat olmuştur. Yürütülen PDL projesiyle, sözleşme süresi boyunca envanterde 50.000 lastik stoğu 13.000 adede düşmüş (bunlardan sadece 2.200 adedi deniz kuvvetlerinde bulunmaktadır.), ABD Deniz Kuvvetleri 46 milyon dolarlık tasarruf elde etmiştir (Gansler ve Lucyshyn, 2006). Tutulan lastik seviyesi ve gelişimi Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1:
Uçak Lastiği Stok Seviyesi

PDL lojistik sözleşmesi ile geleneksel (üretim sonrası ürün desteği) tedarik sözleşmesi arasında iki temel fark bulunmaktadır. Birincisi ayrı ürün ve hizmetler için ardı ardına sözleşme yapmak yerine performans sözleşmesi yapılmasıdır. İkincisi uzun süreli anlaşmaların sağladığı

güven ilişkisidir. Uzun süreli ilişki, lojistik destek ağlarının, yedek parça ve onarım gibi hizmetlerin sürekli tedarik edilmesinin aksine, belirli güvenilirlik konularının yeniden tasarım yoluyla gidermek için tedarikçi ağına zaman kazandırır (Randall ve diğ., 2010). Geleneksel tedarik stratejisi ile PDL yaklaşımı arasındaki diğer farklılıklar Tablo 1’de sunulmuştur (Randall ve diğ., 2010; Dirican 2016).

Tablo 1. Geleneksel tedarik stratejisi ile PDL yaklaşımı arasındaki farklılıklar

GELENEKSEL TEDARİK STRATEJİSİ	PDL YAKLAŞIMI
Ürün ya da hizmete odaklanması	Performans sonuçlarına odaklanması
Bir defalık kısa dönemli sözleşmelerin yapılması	Uzun dönemli anlaşmaların yapılması
Yedek parça başına ödeme	Sistem kullanım başına ödeme
Değişik sayıda yedek parça alımı	Önceden belirlenen sistem faaliyet oranı
Sahiplik ve kontrol ihtiyaç makamında	Sahiplik ve kontrol yüklenicide
Lojistik işlemlerde farklı sorumluluklar	Tek sorumlu makam üretici/destek sağlayıcı
Riskin ihtiyaç makamında olması	Hem ihtiyaç makamının hem de üretici/destek sağlayıcının belli oranda riski paylaşması
İhtiyaç makamının yüksek miktarda stok bulundurması	Üretici/destek sağlayıcının optimum miktarda stok bulundurması
Uzun bekleme süreleri	Minimum lojistik cevap süreleri

3. LİTERATÜR

PDL uygulaması ilk olarak 1998 yılında ve askeri alanda ABD Savunma Bakanlığı tarafından F-117 uçakları için Lockheed Martin Aerospace firması ile uygulanmış ve sonuçları değerlendirilmeye alınmıştır (PDL Rehberi, 2014). PDL yaklaşımı, uzay, havacılık, savunma ve güvenlik alanları başta olmak üzere gelişmiş ülkelerde yaygınlaşma sürecine girmiştir (Mahon, 2007; Goure, 2009).

PDL yaklaşımı ve performansa dayalı sözleşme (Performance Based Contracting- PBC) kapsamında son yıllarda yapılan çalışmalar incelendiğinde daha çok kavramsal çalışmalara rastlanılmaktadır. Literatürde bu kavramsal çalışmalara nazaran sayıca az da olsa sayısal çalışmaların da yapıldığı görülmektedir. Kumar ve diğ. (2007), tasarım aşamasında en iyi alternatifin seçilmesinde birbiriyle çelişen 4 amaç fonksiyonunu hedef programlama yöntemi kullanarak modellemişlerdir. Geliştirdikleri model sonucunda mevcut alternatifler arasından PDL destek stratejisi altında performans hedeflerini karşılayacak şekilde en iyi alternatifin seçilebildiğini göstermişlerdir. Kim, Cohen ve Netessine(2007) çalışmasında, satış sonrası hizmet tedarik zincirlerinde klasik stok planlama ve manevi zarar modelinin birlikte kullanıldığı riske dair etkilerin PDL ile nasıl kazanımlara dönüştüğünü örnek bir problemi modelleyerek çözmüştür. Nowicki, Kumar, Steudel ve Verma (2008), çalışmalarında PDL’de destek sağlayıcısının kârını artıracak şekilde yedek parça miktarının belirlenmesine yönelik çok kademeli bir matematiksel model geliştirmişlerdir.

Öner, Kiesmüller ve vanHoutum (2010), tasarım aşamasında kritik bir bileşenin güvenilirlik seviyesine odaklanmış ve bileşenlerin değerinin, sistem sayısının, arıza cezası oranının ve kullanım safhasının uzunluğunun bileşenin güvenilirliğini etkilediğini göstermiştir. Kim, Cohen, Netessine ve Veeraraghavan (2010), normal şartlar dışındaki doğal afet, yıkım gibi durumlarda

performansa dayalı sözleşme yapılan kritik sistemlerin yenileme ve iyileştirmelerinin modellenmesine yönelik bir çalışma yapmışlardır. Kurulan modelde yaygın olarak kullanılan iki sözleşmenin (biri örnek ortalama arıza süresine dayanan ve diğeri kümülâtif arıza sürelerine dayanan) verimliliğini karşılaştırmışlardır ve tedarikçinin arıza sıklığını etkileme yeteneğini, hangi sözleşmenin daha iyi sonuç vereceğini belirlemede önemli bir faktör olarak tespit etmişlerdir. Mirzahosseinian ve Piplani (2011), savunma sanayinde giderek daha popüler bir strateji olan PBL sözleşmesi altında havacılık sistemlerinin temel parametreleri arasındaki etkileşimi göstermek için onarılabilir yedek parçalara yönelik zenginleştirilmiş bir envanter modeli önermektedir. Modellerinde stok yönetimi, bileşen güvenilirliği ve onarım tesisi verimliliği arasındaki etkileşime odaklanmaktadır. Jin, Nalajala ve Jimenez (2011), PDL lojistik hizmet sağlayıcıların maliyetlerini en aza indirecek ve ekipman kullanılabilirliğini en üst düzeye çıkararak sürdürülebilirlik faaliyetlerini optimize etmelerine yardımcı olacak birçok kriterli optimizasyon modeli önermektedir. Modelde doğrusal olmayan karışık tamsayılı programlama probleminin çözümlü için Genetik Algoritma yönteminden faydalanılmıştır.

Jin ve Wang (2012), güvenilirliğin ve sistem kullanım oranının belirsiz olduğu durumlarda performansa dayalı sözleşmelerin nasıl yapılması gerektiği üzerine çalışmışlardır. Çalışmalarında beş performans ölçütünü (doğal arıza oranı, kullanım oranı, yedek parça envanteri, tamir süresi ve filo büyüklüğü) kullanarak sistemin operasyonel hazır bulunuluğunu dikkate alan analitik bir model önermişlerdir. Guajardo, Cohen, Kim ve Netessine (2012), çalışmalarında büyük bir uçak motoru üreticisi tarafından sağlanan gerçek veri setini kullanarak, iki farklı satış sonrası bakım destek sözleşmesinin (geleneksel yani zaman ve malzeme sözleşmesi ile performansa dayalı sözleşme) kullanılmasından ürün güvenilirliğinin nasıl etkilendiğini ampirik olarak araştırmışlardır. PDL sözleşmelerinin klasik sözleşmeler ile karşılaştırıldığında %25-40 oranında daha yüksek ürün güvenirliliğine sahip olduğu sonucuna varmışlardır. Mirzahosseinian ve Piplani (2013), PDL sözleşmesi kapsamında, sistem miktarının destek sağlayıcı hizmet seviyesine olan etkisini parametrik analiz yöntemi kullanarak incelemişlerdir. KashaniPour, Zhu, Sandborn ve Cui (2014) çalışmalarında, özel sektöre fazla ödeme yapmayı kabul etmeyen, sistem, alt sistem veya parçanın desteklenme riskini istemeyen kamu sektörü için, ideal ödeme miktarı ve dönemini belirlemeye yönelik stokastik model önerilmiştir.

Kim ve diğ. (2015), geleneksel destek stratejileri ile PDL stratejisini oyun teorisi yöntemini kullanarak kıyaslamışlardır. Lopes, Scarpel, Abrahão, Galar ve Ciani (2017), çalışmalarında öncelikle PDL sözleşme tipleri, sözleşmelerde kullanılan ölçütlerin açıklanması ile matematiksel ifadelerini yapmışlar, müteakiben ölçütlerin dört farklı senaryoya dayalı optimizasyon problemini, kısıt ve öncelikli hedef programlama yönteminden faydalanarak çözmüşlerdir. Sharifi ve Kwon(2018), performansa dayalı sabit maliyet ve maliyet artı sözleşmelerde anahtar sözleşme şartlarının belirlenmesi için, müşteri maliyetini minimize ederken tedarikçinin kazancını maksimize eden stokastik, senaryoya dayalı iki seviyeli programlama yaklaşımını önermişlerdir. Wang, Zhao ve Guo(2019), performansa dayalı sözleşme kapsamında, tedarikçilerin kârını maksimize ederken, sistem hazır bulunuluğunu geliştiren yeni bir optimum bakım politikası sunmuştur. Patra, Kumar, Nowicki, ve Randall (2019) çalışmalarında, sistem kullanılabilirliğinin performans ölçütü olarak kullanıldığı tedarikçi perspektifi bakış açısından performans sözleşmelerini incelemişler ve Orijinal Ekipman Üreticisi'nin (OEÜ) net karını gerçek makine kullanılabilirliğinin (çalışma saatleri) bir fonksiyonu olarak modelleyerek makro düzeyde konumlandırmışlardır. Literatürde son yıllarda yer alan PDL stratejisine ilişkin nicel çalışmalara ilişkin özet bir literatür Tablo 2'de sunulmuştur.

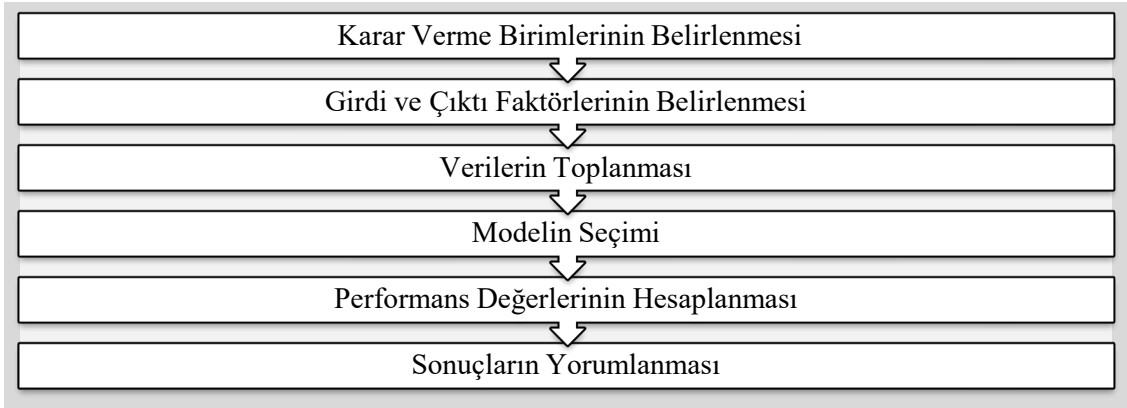
Tablo 2. PDL çalışmaları

Yazarlar	Yıl	Konu	Yöntem
Kumar ve diğ.	2007	PDL destek stratejisi altında tasarım aşamasında en iyi alternatifin seçilmesi	Hedef Programlama
Kim ve diğ.	2007	Satış sonrası hizmet tedarik zincirlerinde performans sözleşmesi	Klasik stok planlama modeli ile manevi zarar modeli
Nowicki ve diğ.	2008	PDL kapsamında, destek sağlayıcının kârını maksimize edecek optimum yedek parça miktarının belirlenmesi	Yedek parça tahsis algoritması
Öner, Kiesmüller ve vanHoutum	2010	PDL kapsamında kritik parçaların güvenilirliklerinin belirlenmesi	Nicel bir karar destek modeli
Kim, Cohen, Netessine ve Veeraraghavan	2010	Kritik görev sistemlerinin yenileme ve iyileştirmelerinin performansa dayalı sözleşme altında modellenmesi	Doğrusal programlama
Mirzahosseinian ve Piplani	2011	PDL sözleşmesi altında tamir edilebilir yedek parçaların envanter sisteminin belirlenmesi	Markov modeli ve Parametrik analizi
Jin, Nalajala ve Jimenez	2011	PDL kapsamında destek sağlayıcının faaliyetlerine yön vermede kullanabileceği çok kriterli karar modeli	Genetik algoritma
Jin ve Wang	2012	Sistem kullanım oranının belirsiz olduğu durumlarda PDL'nin planlanmasını ve sözleşme yapılması	Genetik algoritma
Guajardo, Cohen, Kim ve Netessine	2012	PDL ve geleneksel sözleşmelerinin ürün güvenilirliğine etkisi	Ekonometrik model
Mirzahosseinian ve Piplani	2013	PDL kapsamında sistem miktarının destek sağlayıcı hizmet seviyesine olan etkisi	Parametrik analiz yöntemi
KashaniPour ve diğ.	2014	Kamu sektörü için ideal ödeme miktarı ve dönemini belirleme	Stokastik model
Kim ve diğ.	2015	Geleneksel destek stratejileri ile PDL stratejisinin kıyaslanması	Oyun teorisi
Lopes ve diğ.	2017	PDL sözleşmelerinde kullanılan ölçütler ile matematiksel ifadesi ve ölçütlerin senaryoya dayalı optimizasyonu	Kısıt ve hedef Programlama
Sharifi ve Kwon	2018	Performansa dayalı sözleşme tasarımının maliyet belirsizliği altında incelenmesi	İki seviyeli programlama
Wang ve diğ.	2019	Performansa dayalı sözleşme kapsamında rüzgâr türbininin bakım politikalarının optimize edilmesi	Matematiksel modelleme
Patra ve diğ.	2019	Performansa dayalı sözleşme kapsamında optimum hazır bulunuşluk ile OEÜ kârının maksimize edilmesi	Tek ve çok periyotlu matematiksel modelleme

4. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

VZA, karar verme birimlerinin etkinliklerini ölçebilen, en verimli karar verme birimine göre kıyaslama yapan, çok sayıda girdi ve çıktı faktörünü üretim fonksiyonu ile birim standardı olmaksızın ölçüme dâhil edebilen, doğrusal programlama tabanlı bir verimlilik ölçüm yöntemidir. Charnes, Cooper ve Rhodes (CCR) tarafından Farrel'in etkinlik ölçümünde önerdiği nispi teknik etkinlik yaklaşımından yola çıkılarak 1978 yılında geliştirilmiştir. Bu yöntem, homojen birimlerden oluşmuş (fabrika, işletme, okul, hastane, banka ve kamu birimleri gibi) organizasyonel birimlerin etkinliğini karşılaştırma yaklaşımıdır (Boussofiâne, Dyson ve Thanassoulis, 2001). VZA, benzer girdiler kullanarak çıktı ya da çıktıları üreten karar verme birimlerinin (firma, kurum, bölüm, şube vb.) göreceli etkinliklerini ölçmeye yarayan doğrusal programlama tabanlı bir performans değerlendirme yöntemidir (Tütek ve Gümüšođlu 2012). VZA, parametrik olmayan yöntemler arasında en çok tercih edilen analiz yöntemidir (Perçin ve Çakır, 2012).

Parametrik yöntemlerin aksine çok girdili-çok çıktılı üretim yapan firmalarda performans kıyaslamasına olanak tanımaktadır. Etkinliği ölçülecek olan homojen yapıdaki firmaları birbiriyle kıyaslar ve etkin olmayan karar birimlerine referans oluşturacak karar birimlerinin belirlenmesine yardımcı olmaktadır (Charnes, Cooper, Lewin ve Seiford, 2013). Bununla birlikte, etkin olmayan her bir karar birimini daha etkin hale getirmek üzere girdi-çıkıtı hedef değerlerini belirlemektedir. Analizlerde girdi ve çıktıların aynı ölçüm birimlerine sahip olmasını gerektirmeyen bir yapıya sahiptir. VZA ölçeğe göre sabit getiri varsayımına dayanmaktadır ve bu varsayım altında geliştirilen model CCR modelidir. Daha sonra Banker, Charnes ve Cooper (1984) tarafından ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında değiştirilmiştir ve BCC modeli olarak adlandırılmıştır (Karaoğlu, 2015). VZA metodunun, girdi ve çıktı yönlü olmak üzere iki temel kullanım özelliği bulunmaktadır. Girdi yönlü modelin kullanımında, belirli çıktı miktarıyla kullanılacak en az girdi miktarının elde edilmesi amaçlanmaktadır. Çıkıtı yönlü modelin kullanımında, belirli girdi miktarıyla elde edilebilecek çıkıtı miktarını maksimize etmeyi amaçlamaktadır (Charnes ve diğ., 2013).VZA süreci uygulama adımları Şekil 2'de gösterilmiştir (Tütek ve diğ., 2016).



Şekil 2:
VZA süreci adımları

Literatürde VZA ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında; okul ve eğitim programları, mahkemeler, elektrik dağıtım ve üretimi, banka şubeleri, havaalanları, restoranlar, üretim tesisleri, hastaneler, hisse senedi değerlendirmesi, imalat sanayi firmaları, şehirler ve bölgesel gelişimi gibi birçok alanda performans değerlendirilmesinde kullanıldığı görülmektedir. Performans ölçümünde lojistik alana ilişkin ile yapılan çalışmalar incelendiğinde; üçüncü parti

lojistik (3PL) destek sağlayan firmaların seçimi, bakım kademelerinin verimlilik analizi ve bakım stratejilerinin seçimi konularında çalışmalar yapıldığı görülmektedir.

4.1. Matematiksel Model

VZA, kesirli programlama modeliyle ortaya konmaktadır. Ancak kesirli programlama modeli simpleks vb. yöntemlerle çözülemediğinden, çözümünü kolayca yapılabilecek doğrusal programla modeline dönüştürülür. Çıktı yönlü CCR kesirli programlama modelinin doğrusal programlama modeline dönüştürülmüş *çıktı yönlü CCR primal modeli* şu şekildedir (Tütek ve diğ., 2016).

Performansı değerlendirilecek n adet karar verme birimi (KVB) olsun. Her bir KVB m tane girdi, s tane çıktı faktörü tarafından değerlendirilsin. Girdiler x , çıktılar ise y ile temsil edilsin. KVB ($j = 1, 2, \dots, n$) olmak üzere:

Notasyonlar:

θ_k : k 'nci karar verme biriminin etkinliği,

μ_r : r çıktısına ait sanal ağırlık,

ω_i : i girdisine ait sanal ağırlık,

y_{rk} : k .nci karar verme biriminin kullandığı r çıktısı miktarı,

x_{ij} : j .nci karar verme biriminin kullandığı i girdisi miktarı

ε : pozitif tüm reel sayılardan daha küçük bir sayıdır (pratikte 10^{-5} , 10^{-6} gibi bir değer alınır).

Amaç fonksiyonu:

$$\min \theta_k = \sum_{i=1}^m \omega_i x_{ik} \quad (1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rk} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m \omega_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} \geq 0 \quad (j = 1, \dots, n) \quad (3)$$

$$\mu_r, \omega_i \geq \varepsilon > 0 (i = 1, 2, \dots, m) \text{ ve } (r = 1, 2, \dots, s) \quad (4)$$

Çıktı odaklı primal modelin amaç fonksiyonu k 'nci KVB için girdilerinin ağırlıklı toplamını minimize etmektir. 2 numaralı kısıt ile k 'nci KVB için çıktılarının ağırlıklı toplamının 1 değerini alması dolayısıyla maksimum çıktı elde edilmesi sağlanmaktadır. 3 numaralı kısıt, k 'nci KVB için çıktılarının sanal ağırlıklı toplamının girdilerin sanal ağırlıklı toplamından büyük olmamasını sağlamaktadır. 4 numaralı kısıt KVB'ler için tüm girdi ve çıktılarının pozitif bir ağırlığının olması gerektiğini belirtir. Bu ağırlıkların 0'dan farklı bir değer almasını sağlamak üzere pozitif bir reel sayı olan 10^{-5} ya da 10^{-6} değeri kullanılır ve genellikle bu değer "ε" temsil edilmektedir.

4.2. Malmquist Toplam Faktör Verimliliği (MTFV) Endeksi

VZA statik bir analiz şeklidir ve tek bir sürecin karar verme birimi verileri ile analiz yapmaktadır. Performans değerlendirme sürecinde tek bir dönem dışında zamana bağlı değişimin de ölçülmesine gerek duyulmaktadır. Bu ihtiyacı karşılamak üzere Sten Malmquist tarafından zaman boyutunu içerecek şekilde MTFV Endeksi geliştirilmiştir. Malmquist Endeksi (M_0), iki ayrı gözlemin toplam faktör verimliliğindeki değişimi veya gelişimini iki zaman

periyodu süresince gözlemlmek için kullanılmaktadır. Bu ölçüm için uzaklık fonksiyonu kullanılmaktadır (Tarım, 2001).

Malmquist endeksinin uzaklık fonksiyonlarına dayalı olarak hesaplanan şekli aşağıdaki gösterilmiştir (Taşdemir, 2018).

$$M_0(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \left[\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \times \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} \quad (5)$$

t : mevcut yıl, $t+1$: bir sonraki yıl

5 numaralı eşitlik ilet dönemi ve izleyen $t+1$ dönemi arasındaki çıktıya göre toplam faktör verimliliği değişimi hesaplanmaktadır. Bu gösterimde $D_0^t(x^t, y^t)$, $t+1$ dönemi gözleminin t dönemi teknolojisinden olan uzaklığını ifade etmektedir. M_0 fonksiyonu değerinin 1'den büyük olması mevcut dönemden bir sonraki döneme toplam faktör verimliliğinin büyüdüğünü, bu değerinin 1'den küçük olması ise aynı dönemler için toplam faktör verimliliğinde bir düşüş olduğunu göstermektedir.

5. ÖRNEK OLAY

Bu bölümde, PDL stratejisinin tercih edildiği uzun soluklu bir performansa dayalı sözleşme yapılması amacıyla yerli akü firmalarının geçmiş verileri VZA ile değerlendirilmektedir.

5.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı; savunma alanında faaliyet gösteren bir kamu kurumunun PDL yaklaşımı kapsamında uzun süreli yapacağı yeni bir sözleşme için; yeterli üretim kapasitesi ile yurt içi ve yurt dışı dağıtım ağına sahip ve yerli akü üreticisi firmaların performanslarını değerlendirmektir. Akü üreticisi firma performanslarının daha sağlıklı değerlendirilebilmesi amacıyla geçmiş yıllara ait nicel veriler dikkate alınmıştır. Bu kapsamda, Türkiye'de üretim yapan 12 adet akü üreticisi firma belirlenmiş ve bu firmalar 2015-2018 yılları arasındaki verileri ile değerlendirilmiştir. Çalışmada iki adet girdi ve iki adet çıktı değişkeni kullanılmıştır.

5.2. Problemin Tanımı

Akü, elektrik enerjisini kimyasal enerji şeklide depolayan ve bu enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren bir cihazdır. Üretim teknolojisine bağlı olarak 25⁰ C derece altında bir akünün raf ömrü 6 ila 8 ay arasında değişiklik göstermektedir. Dolayısıyla her yıl kurum tarafından tedarik edilmesi gerekmektedir. Ayrıca, kurumun yapacağı alım miktarı bir yıl içinde çok fazla sayıda stok yapmayı da engellemektedir. Kamu kurumunun envanterinde kendisine tevdi edilen vazifeyi yerine getirmek amacıyla 70.000 adet göreve yönelik tekerlekli ve paletli aracı bulunmaktadır. Bu araçların bir kısmında 1 (bir) adet bir kısmında ise 2 (iki) adet akü kullanılmaktadır. Görev araçları haricinde; personel servis araçları (otobüs, midibüs ve minibüs), özel makam araçları, özel hizmet araçları (tamir aracı, yemek taşıma aracı vb.), iş makineleri (loder, dozer, greyder, forklift vb.), lojistik amaçlı kullanılan araçlar (kamyonet, kamyon, tır vb.) ve elektrik kesintileri ve sistemlerin çalışması için kullanılan büyük KVA'lı jeneratörler eklendiğinde akü miktarı 100.000 adede ulaşmaktadır. Aynı zamanda, ana depo ile depoda acil ihtiyaç halinde kullanılmak üzere stoklanan miktar 125.000 adedi bulmaktadır. Kurum yapmış olduğu çalışma ve her yılı ortalama 14 farklı tipte toplam 65.000 adet akü alımı yapmaktadır.

Akü yıllık tedarik maliyeti ile birlikte işgücü maliyeti, depolama maliyeti, ulaşım maliyeti gibi temel maliyet kalemlerini kurum kendi bütçesinden karşılamaktadır. Söz konusu akü tedarikinin, performansa dayalı sözleşme vasıtasıyla üretici firma ile uzun süreli anlaşma yaparak tüm bu katma değeri olmayan maliyetlerden kurtulmak ve ön önemlisi ürünün tedarik

edilmesi yerine sözleşmede belirtilen (ürünün istenilen şartlarda hazır bulunuşluğu ve belirlenen sürede teslim edilmesi) performans hedeflerini satın almayı hedeflemektedir. Bu çalışmada, PDL stratejisi kapsamında, savunma alanında faaliyet gösteren bir kamu kurumu ile yeni bir sözleşme imzalamak üzere akü üretim sektöründe hizmet veren 12 adet akü üreticisi olan lojistik destek sağlayıcının, geçmiş yıllara ait performans değişkenleri dikkate alınarak etkinlikleri ölçülecek ve performansları değerlendirilecektir. Söz konusu değerlendirme sonucuna göre performans hedeflerini karşılayacak akü üreticisi firma ile uzun süreli (3-5 yıllık) anlaşma yapılması planlanmaktadır.

5.3. Karar Verme Birimlerinin Seçimi

VZA’da değerlendirmeye alınacak karar verme birimleri aynı görevleri benzer amaçlarla yerine getirmeli, yani homojen olmalıdır. VZA’dan anlamlı sonuçlar elde edilmesi ve performans değerlendirilmesi yapabilmesi için karar verme birim sayısının da belli bir sayının altında olmaması gerekmektedir. Literatürde, karar verme birim sayısını belirlemek için farklı sınırlamalar gerektiren eşitsizlikler kullanılmaktadır (Golany ve Roll, 1989; Bowlin, 1998; Boussofiane ve diğ., 2001; Dyson, Allen, Camanho, Podinovski, Sarrico ve Shale, 2001). Bu çalışmada; karar verme birimi sayısının girdi sayısı “m”, çıktı sayısı “s” olmak üzere, girdi ve çıktıların toplamının en az üç katı kadar “ $3 \times (m+s)$ ” olması kuralı dikkate alınmıştır. Analiz kapsamındaki 12 adet akü üretici firma (AÜF) Tablo 3’de gösterilmiştir.

Tablo 3. Akü Üreticisi Firmalar

Firma Kodu					
A AÜF	B AÜF	C AÜF	D AÜF	E AÜF	F AÜF
G AÜF	H AÜF	I AÜF	J AÜF	K AÜF	L AÜF

5.4. Girdi ve Çıktı Faktörlerinin Belirlenmesi

Performans ölçütlerini belirlemek için öncelikle PDL kapsamında yapılan çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmalarda, “Operasyonel Hazır Bulunuşluk (A_0)”, “Güvenilirlik (R)”, “Bakım Yapılabilirlik (M)”, “Desteklenebilirlik† (S)” (Pozetti ve diğ., 2012), Bakımlar Arası Ortalama Süre (MTBF)”, “Ortalama Çalışmama Süresi” “Görev Yapılabilirlik Oranı”, “Görev Tamamlama Oranı”, “Uçuş Saati Maliyeti”, “Tamirdeki Süre”, “Eğitim süreleri” (Glas, Henne ve Essig, 2018) gibi performans çıktıları kullanılmaktadır. Aynı zamanda tedarik zinciri temel performans ölçütleri de analiz edilmiştir. Burada, müşterilere ürünlerini zamanında ulaştırma ve teslim etme sayısı, zamanında teslim süresi oranı, lojistik cevap süresi, satış getirileri, toplam satılan ürün arasındaki iade ürün oranı, envanterin nakde dönme oranı, ürün teslim süresi, teslimat zamanına uyma, üretimden net satış gibi (Görçün, 2013) birçok nicel ölçütün kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu ölçütler, kurumun PDL sözleşmelerinde yetkili ve tecrübeli lojistik personeli tarafından yapılan değerlendirmeler sonucu akü üreticisi firma özeline uygun ölçüt sayısına indirgenmiştir. Firmaların performanslarını değerlendirmek üzere belirlenen girdi ve çıktı değişkenleri Tablo 4’de sunulmuştur.

Tablo4.Girdi ve Çıktı Değişkenleri

Faktörler	Açıklama
Ürün Maliyeti (G_1)	Akünün o yıl için belirlenen satış fiyatıdır.
Ücretle Çalışanlar Ortalaması (G_2)	Firmada akü üretiminde çalışan beyaz ve mavi yaka çalışan sayısıdır.

† ABD Savunma Bakanlığı ve Uzay Sistem Bölümü bu çıktıları; hazır bulunuşluk, güvenilirlik, bakım yapılabilirlik ve desteklenebilirlik olarak tanımlamaktadır.

Operasyonel Hazır Bulunuşluk (Ç ₁)	Firmanın belirtilen yıl içerisinde ürettiği ve herhangi bir sebep ile iade işlemine tabi tutulmadan sipariş sahibine teslim ettiği akü sayısıdır. Zamanında teslim edilmeyen her bir akü kullanıldığı araç ve sistemin arızalı kalmasına sebebiyet vermektedir.
Üretimden Net Satış (Ç ₂)	Firmanın o yıl üretimden elde ettiği net satış geliridir.

5.5. Verilerin Toplanması

Burada girdi ve çıktı faktör değerleri; İSO 500-Türkiye'nin 500 Büyük Sanayi Kuruluşu 2015-2018 dönemi verileri (<http://www.iso500.org.tr/>), Türkiye İhracatçılar Meclisinin(TİM) yayınladığı yıllık raporlar (<http://www.tim.org.tr/tr/ihracat-arastirma-raporlari-ilk-1000-ihracatci-arastirmasi.html>), firmaların internet ana sayfalarında yer alan bilgiler ve firmaların iletişim kanalları ile yapılan yazışma ve görüşmelerden elde edilmiştir. Ele alınan firmaların girdi ve çıktı değişkenlerine ilişkin veriler Ek 1'de sunulmuştur.

5.6. Modelin Seçimi

Performansa dayalı lojistikte istenilen temel önceliğin sözleşmede belirtilen performans hedeflerinin karşılanması olması nedeniyle çıktı yönlü VZA modeli kullanılmıştır.

5.7. Analiz ve Performans Ölçümü

2015, 2016, 2017 ve 2018 yılları arasında, yerli 12 adet akü üreticisi firmanın, iki girdi ve iki çıktı değişkeni kullanılarak ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında çıktı yönlü veri zarflama modeline ilişkin performans ölçümü DEAP 2.1 yazılım programından faydalanılarak gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen performans değerleri Tablo5'de yer almaktadır.

Tablo 5.2015-2018 yıllarına ait karar verme birimlerinin performans değerleri

S.No.	Akü Üretici Firma	2015	2016	2017	2018
1.	A Akü Üreticisi Firma	0,865	0,900	0,762	0,778
2.	B Akü Üretici Firma	1,000	1,000	0,969	0,946
3.	C Akü Üretici Firma	1,000	1,000	1,000	1,000
4.	D Akü Üretici Firma	0,568	0,622	0,489	0,461
5.	E Akü Üretici Firma	0,631	0,631	0,468	0,451
6.	F Akü Üretici Firma	0,476	0,518	0,445	0,390
7.	G Akü Üretici Firma	0,469	0,482	0,401	0,394
8.	H Akü Üretici Firma	1,000	0,980	1,000	0,998
9.	I Akü Üretici Firma	0,516	0,566	0,438	0,456
10.	J Akü Üretici Firma	0,556	0,581	0,422	0,404
11.	K Akü Üretici Firma	0,670	0,697	0,506	0,518
12.	L Akü Üretici Firma	0,762	0,850	0,618	0,582

Tablo5 incelendiğinde, 2015 yılında 3 akü üretici firma, 2016 ve 2017 yıllarında 2 akü üretici firma, 2018 yılında ise 1 akü üretici firmanın etkin olduğu görülmektedir. Tüm dönemlerde etkin olan tek firma C akü üretici firmasıdır. 2015 ve 2016 yıllarında B akü üretici firma, 2015 ve 2017 yıllarında ise H akü üretici firma etkin olarak görülmektedir. 2015, 2016 ve 2017 yıllarında G akü üretici firma, 2018 yılında F akü üretici firma en düşük performansı göstermişlerdir. Akü üretici firmalarına ait açıklanan özet bilgiler Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Performans değerlendirme özeti

Bilgiler	2015	2016	2017	2018
Yerli akü üretici sayısı	12	12	12	12
Etkin akü üretici sayısı	3	2	2	1
Etkin olmayan akü üretici sayısı	9	10	10	11
Etkin akü üretici firmaları	C-B-H	C-B	C-H	C
En düşük etkinlik değeri	0,47	0,48	0,40	0,39
En yüksek etkinlik değeri	1,00	1,00	1,00	1,00
Ortalama etkinlik değeri	0,71	0,74	0,63	0,62

Malmquist Endeks değerindeki değişimin 1 değerinden büyük olması verimlilikte olumlu yönde bir artışı, 1 değerinden küçük olması düşüşü, 1 değerine eşit olması ise herhangi bir gelişimin olmadığını göstermektedir. 2015-2018 yılları arası akü üretici firmaların TFV değişimi Tablo7’de gösterilmiştir.

Tablo7. 2015-2018 Dönemine ait akü üretici firmaların toplam faktör verimliliği değişimi

S. No.	Firma	Malmquist Endeksi TFV Değişimi			
		2015-2016	2016-2017	2017-2018	TFV Ortalama
1	A Akü Üretici Firma	1,064	1,059	1,044	1,056
2	B Akü Üretici Firma	1,030	1,077	1,019	1,042
3	C Akü Üretici Firma	1,060	1,130	1,030	1,073
4	D Akü Üretici Firma	1,073	1,018	1,007	1,032
5	E Akü Üretici Firma	0,949	1,002	1,090	1,012
6	F Akü Üretici Firma	1,032	1,170	0,956	1,049
7	G Akü Üretici Firma	0,976	1,104	1,063	1,046
8	H Akü Üretici Firma	0,975	1,153	1,012	1,044
9	I Akü Üretici Firma	1,047	0,973	1,021	1,013
10	J Akü Üretici Firma	0,990	0,993	1,053	1,011
11	K Akü Üretici Firma	0,987	0,947	1,047	0,993
12	L Akü Üretici Firma	1,057	0,986	1,026	1,022
Geometrik Ortalama		1,019	1,049	1,030	

2015, 2016, 2017 ve 2018 yıllarında akü üretici firmaların TFV değişimleri incelendiğinde her yıl için farklı akü üretici firmaların farklı oranlarda gelişim gösterdiği görülmektedir. Ayrıca, her yıl en yüksek gelişim gösteren akü firmasının da birbirinden farklı olduğu görülmektedir. Tüm akü üretici firmalarının yıllara göre TFV gelişimini tek bir değerde birleştirmek, söz konusu yıllar arasında hangi akü üretici firmasının performans gelişiminde daha büyük bir artışı sağladığını görmek ve bu değere göre karşılaştırmak amacıyla TFV ortalama değerlerinden faydalanılmıştır. Burada en yüksek TVF ortalama gelişimini %7,3 oranı ile yine C akü üretici firma göstermiştir. Bu yıllar arasında ortalama değer baz alındığında TFV gelişimi göstermeyen tek firma ise K akü üretici firma olmuştur.

PDL sözleşmesi yapılacak firmanın belirlenmesinde, 2015-2018 dönemi akü üretici firmaların gösterdiği etkinlik değerleri ile söz konusu firmaların TFV ortalama gelişimi birlikte ele alınmış ve yapılan değerlendirme sonucu ortaya çıkan akü üretici firmaların sıralaması Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 8.Etkinlik ortalama değerlerine göre akü üretici firmaların sıralanması

Firma	Performans Değerlendirmesi					Etkinlik Ort. Göre Sıralama	
	2015	2016	2017	2018	TFV Ort.		
C Akü Üretici Firma	Etkin	Etkin	Etkin	Etkin	1,073	1.	1,000
H Akü Üretici Firma	Etkin	0,980	Etkin	0,988	1,044	2.	0,995
B Akü Üretici Firma	Etkin	Etkin	0,969	0,946	1,042	3.	0,979
A Akü Üretici Firma	0,865	0,900	0,762	0,778	1,056	4.	0,826
L Akü Üretici Firma	0,762	0,850	0,618	0,582	1,022	5.	0,703
K Akü Üretici Firma	0,670	0,697	0,506	0,518	0,993	6.	0,598
E Akü Üretici Firma	0,631	0,631	0,468	0,451	1,012	7.	0,545
D Akü Üretici Firma	0,568	0,622	0,489	0,461	1,032	8.	0,535
I Akü Üretici Firma	0,516	0,566	0,438	0,456	1,013	9.	0,494
J Akü Üretici Firma	0,556	0,581	0,422	0,404	1,011	10.	0,491
F Akü Üretici Firma	0,476	0,518	0,445	0,390	1,049	11.	0,457
G Akü Üretici Firma	0,469	0,482	0,401	0,394	1,046	12.	0,437

Yapılan değerlendirme sonucuna göre C akü üretici firma tüm yıllar içinde hem etkin performans göstermiş, hem de TFV ortalama değişiminde %7,3 oranı ile pozitif yönde en yüksek gelişim oranını elde etmiş ve birinci sırada yer almıştır.

6. SONUÇ

Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de savunma harcamaları bütçe açısından önemli bir yer teşkil etmektedir. Savunma harcamalarına ayrılan kaynağın uygun tedarik stratejileri ile kullanımı ekonomiye önemli katkı sağlamaktadır. Savunma sistemlerine yapılan harcamaların büyük çoğunluğu sistemlerin işletme ve idame safhasında gerçekleşmektedir. PDL, sistemlerin tedarik edilmesi ve desteklenmesi için ortaya konulan yeni yaklaşımlardan birisidir. Bu yaklaşım, son kullanıcı ihtiyacının operasyonel hazır bulunuşluk açısından belirli performans hedefleri dikkate alınarak ve daha uygun maliyetle karşılanmasına odaklanmaktadır.

Bu çalışmada, PDL stratejisi kapsamında yerli akü üreticisi firmaların geçmiş yıllara ait verileri dikkate alınarak dinamik bir performans değerlendirmesi yapılmıştır. Savunma alanında faaliyet gösteren kamu kurumu, her yıl geleneksel yöntem ile akü tedarik etmek yerine performans odaklı ve uzun süreli yeni bir sözleşme yapmayı planlamaktadır. Bu kapsamda hem maliyet tasarrufu yapmayı hem de sistemlerinin hazır bulunuşluk performansını arttırmayı hedeflemektedir. Çalışmada, yerli 12 adet akü üretici firmanın geçmiş dört senelik verileri dikkate alınmış ve iki adet girdi ile iki adet çıktı faktörü kullanarak etkinlikleri analiz edilmiştir. Akü üretici firmaların belirlenmesinde yerli akü üretici olması, kurumun ihtiyacını karşılamak üzere belirli bir üretim kapasitesinin üzerinde olması ve hem yurt içi hem de yurt dışı dağıtım ağına sahip olması dikkate alınmıştır.

Ayrıca, literatürde PDL sözleşmeleri, tedarik zinciri ve lojistik yönetimi alanında firmaların performans değerlendirilmesinde yapılan çalışmalarda kullanılan birçok girdi ve çıktı faktörü, kurumda görevli PDL uzmanları tarafından incelenmiş, bu faktörler problemin özelliğine uygun olarak belirli bir sayıya indirgenmiştir.

VZA, karar verme birimlerinin performans ve göreceli etkinliklerini değerlendirmek için kullanılan doğrusal programlama tabanlı ve sıklıkla tercih edilen analiz yöntemidir. Ancak ele alınan problemin dinamik yapıda olması, bir diğer ifadeyle birden fazla yıla ait değişken değerine sahip olması nedeniyle VZA ile MTFV endeksinden faydalanılmıştır. Önerilen yöntem ile yapılan değerlendirme sonucunda C akü üretici firması her iki değerlendirme sonucunda 1'inci sırada yer almış ve diğer akü üretici firmalara göre en etkin firma olarak belirlenmiştir. Yapılan değerlendirmede, bu firmayı etkinlik değeri ortalama skoruna göre sırasıyla H ve B akü üretici firmaları takip etmiştir. Diğer tüm firmaların bu sonuçlara göre etkin olmadığı görülmüştür. Etkinlik skorlarına göre yapılan değerlendirmede en düşük ortalama değeri ise G akü üretici firması göstermiştir.

2015-2018 yılları arasında akü üretici firmaların TFVG değerleri incelendiğinde ise, her yıl için farklı akü üretici firmaların değişik oranlarda gelişim gösterdiği görülmektedir. Ayrıca, her yıl en yüksek gelişim gösteren akü firmasının da birbirinden farklı olduğu görülmektedir. Örneğin, 2015-2016 yıllarında %7,3 gelişim oranı ile D akü üretici firma, 2016-2017 yıllarında % 17 gelişim oranı ile F akü üretici firma, 2017-2018 yıllarında % 9 gelişim oranı ile D akü üretici firma en yüksek TFV gelişimi göstermiştir. Tüm akü üretici firmalarının yıllara göre TFV gelişimini tek bir değerde birleştirilmesi sonucunda en yüksek TVF gelişimini %7,3 oranı ile yine C akü üretici firma göstermiştir. PDL sözleşmesi yapılacak firmanın belirlenmesinde, 2015-2018 dönemi akü üretici firmaların gösterdiği etkinlik değerleri ile söz konusu firmaların TFV gelişimleri birlikte ele alınmış ve C akü üretici firma en yüksek etkinlik ortalama değeri ile birinci sırada yer almıştır.

Gelecek çalışmalarda, PDL kapsamında yapılacak sözleşmeler için lojistik destek sağlayıcıların performans değerlendirmesine nicel faktörler ile birlikte nitel ölçütlerde dâhil edilebilir. Ayrıca, nitel ölçütlerle yapılan değerlendirmede de aynı şekilde dinamik bir yapı kullanılabilir ve karar vericilerin geçmiş yılları da dikkat alarak lojistik destek sağlayıcıların performans değerlendirmesi yapılabilir. Böyle bir çalışmada çözüm yöntemi olarak bulanık ya da sezgisel bulanık sayılardan faydalanılabilir ve dilsel ifadelerin birleştirilmesinde farklı operatörler kullanılabilir.

Milli Savunma Bakanlığının bünyesine birçok yerli ya da yabancı menşeli yeni nesil araç, cihaz, sistem ve platform katılmakta ya da katılması planlanmaktadır. Bunlara, kara aracı olarak ALTAY tankı, hava aracı olarak T129 ATAK helikopteri, yeni nesil temel eğitim uçağı HÜRKUŞ, F-35 saldırı uçağı, insansız hava aracı BAYRAKTAR, deniz aracı milli gemi MİLGEM projeleri örnek gösterilebilir. Başta ABD olmak üzere, İngiltere, Almanya, Fransa gibi gelişmiş ülkelerde yapılan başarılı PDL uygulamaları göstermektedir ki, yeni nesil bu tür sistem ve platformların işletme ve idame edilmesi için maliyet, performans ve hazır bulunuşluk faktörleri açısından geleneksel yaklaşımdan ziyade PDL yaklaşımının tercih sebebi olacağı değerlendirilmektedir. Son yıllarda yapılan PDL çalışmalarından başarılı sonuçların elde edilmesi ve bunun sonucu olarak uygulamanın; Kanada, Avustralya Güney Afrika, Japonya, Güney Amerika, Şili, Ekvador, Paraguay ve Brezilya vb. birçok ülkede yaygınlaşması bu çıkarımı desteklemektedir.

KAYNAKLAR

1. Berkowitz, D., Gupta, J. N., Simpson, J. T., & McWilliams, J. B. (2005). *Defining and implementing performance-based logistics in government*. Alabama UnivIn Huntsville Center For The Management Of Technology, 255-268.
2. Bowlin, W. F. (1998). Measuring performance: An introduction to data envelopment analysis (DEA). *The Journal of Cost Analysis*, 15(2), 3-27.doi: 10.1080/08823871.1998.10462318

3. Boussofiane, A., Dyson, R.G., &Thanassoulis, E. (2001). Applied data envelopment analysis, *European Journal of Operational Research*, 52, 1-15.doi.org/10.1016/0377-2217(91)90331-O
4. Casner, G. C., & Bieber, H. J. (2015). Performance based logistics sustainment of automated test equipment systems. *IEEE AUTOTESTCON*, 38-44.doi:10.1109/AUTEST.2015.7356463.
5. Charnes, A., Cooper, W. W., Lewin, A. Y., &Seiford, L. M. (Eds.). (2013). *Data envelopment analysis: Theory, methodology, and applications*. Springer Science & Business Media.
6. <https://www.dau.edu/cop/pbl/DAU%20Sponsored%20Documents/PBL%20Guide%20March%202005.pdf>, Erişim Tarihi: 28.03.2019, Konu: Performansa Dayalı Loĵistik tanımı.
7. Dirican, Ü. (2016). Performansa dayalı loĵistik sözleşmesinde tasarım alternatifi seçimi için model önerisi: helikopter uygulaması. (*Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi*). Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
8. 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.doi.org/10.1016/S0377-2217(00)00149-1
9. Gansler, J.S., &Lucyshyn, W. (2006). Evaluation of performance based logistics.*Maryland univ college park center for public policy and private enterprise*,1-53.
10. Giokas, D. I.,&Pentzaropoulos, G. C. (2000). Evaluating productive efficiency in telecommunications: Evidence from Greece. *Telecommunications Policy*, 24(8-9), 781-794.doi.org/10.1016/S0308-5961(00)00053-7
11. Glas, A. H., Henne, F. U., &Essig, M. (2018).Missing performance management and measurement aspects in performance-based contracting: A systematic process-based literature analysis of an astonishing research gap. *International Journal of Operations &Production Management*, 38(11), 2062-2095.doi.org/10.1108/IJOPM-09-2016-0571
12. Golany, B., & Roll, Y. (1989).An application procedure for DEA. *Omega*, 17(3), 237-250.
13. Goure, D. (2009). Performance based logistics: a primer for the new administration. Lexington Institute Report,1-16.
14. Görçün, Ö. F., (2013). Örnek olay ve uygulamalarla tedarik zinciri yönetimi (2.Baskı). İstanbul: Beta Yayınları.
15. Guajardo, J. A., Cohen, M. A., Kim, S. H., &Netessine, S. (2012). Impact of performance-based contracting on product reliability: An empirical analysis. *Management Science*, 58(5), 961-979.doi.org/10.1287/mnsc.1110.1465
16. Jin, T., Nalajala, N., & Jimenez, J. A. (2011). A multi-criteria approach for performance based maintenance with variable fleet size.*Reliability, Maintainability and Safety (ICRMS) 9th International Conference*, 909-914.
17. Jin, T., & Wang, P. (2012). Planning performance based contracts considering reliability and uncertain system usage. *Journal of the Operational Research Society*, 63(10), 1467-1478.doi.org/10.1057/jors.2011.144
18. Jones, G., White, T., Ryan, E. &Ritschel, J. (2014). Investigation into the ratio of operating and support costs to life-cycle costs for DOD weapon systems. *Defense ARJ*, 21(1), 442-464. <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a600495.pdf>

19. Karaoğlu, M. (2015). *Türkiye'deki havaalanlarının etkinliklerinin Malmquist indeksi ve çoklu periyotlu iki aşamalı veri zarflama analizi ile incelenmesi*. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
20. KashaniPour, A.,Zhu, X., Sandborn, P., &Cui, Q. (2014). A new “availability-payment” model for pricing performance-based logistics contracts.*Eleventh Annual Acquisition Research Symposium*, Department of Mechanical Engineering Maryland University, 1-17.
21. Kim, S. H., Cohen, M. A., &Netessine, S. (2007). Performance contracting in after-sales service supply chains. *Management Science*, 53(12), 1843-1858.doi.org/10.1287/mnsc.1070.0741
22. Kim, S. H.,Cohen, M. A., Netessine, S., &Veeraraghavan, S. (2010). Contracting for infrequent restoration and recovery of mission-critical systems. *ManagementScience*, 56(9), 1551-1567.doi.org/10.1287/mnsc.1100.1193
23. Kim, S.H., Cohen, M.A., &Netessine, S. (2015). Reliability or inventory? An analysis of performance-based contracts for product support services. *Handbook of Information Exchange in Supply Chain Management*, 65-88.
24. Kobren, B. (2009).What performance based logistics is and what it is not and what it can and cannot do. *Defense AR Journal*, 16(3), 254-268.
25. Kumar, U. D., Nowicki, D., Ramírez-Márquez, J. E., & Verma, D. (2007). A goal programming model for optimizing reliability, maintainability and supportability under performance based logistics. *International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering*, 14(03), 251-261.doi.org/10.1142/S0218539307002623.
26. Lopes, J. C. O, Scarpel, R., Abrahão, F. T. M., Galar, D., & Ciani, L. (2017). Optimization in performance-based logistics contracts. *International Workshop on Metrology for Aero Space (Metro Aero Space)*, 413-418.
27. Mahon, D. (2007). Performance-based logistics: Transforming sustainment. *Journal of Contract Management*, 53-71.
28. Mirzahosseiniyan, H., &Piplani, R. (2011). A study of repairable parts inventory system operating under performance-based contract. *European Journal of Operation Research*, 214(2), 256-261.doi.org/10.1016/j.ejor.2011.04.035.
29. Mirzahosseiniyan, H.,&Piplani, R. (2013). Impact of operational systems on supplier's response under performance-based contracts. *Procedia Computer Science*, 16, 639-647.doi.org/10.1016/j.procs.2013.01.067
30. Nowicki, D., Kumar, U.D., Steudel, H.J., Verma, D., (2008). Spares provisioning under performance-based logistics contract: profit-centric approach. *Journal of the Operational Research Society*, 59, 342–352.doi.org/10.1057/palgrave.jors.2602327
31. Öner, K. B., Kiesmüller, G. P., & Van Houtum, G. J. (2010). Optimization of component reliability in the design phase of capital goods. *European Journal of Operational Research*, 205(3), 615-624.doi.org/10.1016/j.ejor.2010.01.030
32. Özdemir, H. (2016). Savunma sanayinde performans dayalı lojistik yaklaşıma yönelik bir model önerisi,*Doktora Tezi*, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Kara Harp Okulu,Ankara.
33. Özdemir, H. ve Özkan, G. (2016). Performansa dayalı lojistik sektör değerlendirme raporu, STM, 1-25.

34. Patra, P., Kumar, U. D., Nowicki, D. R., & Randall, W. S. (2019). Effective management of performance-based contracts for sustainment dominant systems. *International Journal of Production Economics*, 208, 369-382. doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.11.025
35. Perçin, S., & ÇAKIR, S. (2012). Demiryollarında süper etkinlik ölçümü: Türkiye örneği. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 27(1), 29-45.
36. Pozetti, A., Bil, C. & Clark, G. (2012). Fuzzy logic controller for performance based contract optimization. Conference paper. *Conference Council of European Aerospace Societies*, Trier, Germany. doi: 10.3233/AOP-140044
37. Randall, W. S., Pohlen, T. L., & Hanna, J. B. (2010). Evolving a theory of performance-based logistics using insights from service dominant logic. *Journal of Business Logistics*, 31(2), 35-61. doi.org/10.1002/j.2158-1592.2010.tb00142.x
38. Sharifi, M., & Kwon, R. H. (2018). Performance-based contract design under cost uncertainty: A scenario-based bilevel programming approach. *The Engineering Economist*, 63(4), 291-318. doi.org/10.1080/0013791X.2018.1467990
39. Straub, A. (2009). Cost savings from performance-based maintenance contracting. *International Journal of Strategic Property Management*, 13(3), 205-217. doi.org/10.3846/1648-715X.2009.13.205-217
40. Tarım, A. (2001). *Veri zarflama analizi*. Sayıştay yayınları, Ankara.
41. Taşdemir, N.Z. (2018). Sağlık sektöründe veri zarflama analizi ile etkinlik ölçümü: Samsun ili örnek uygulama, *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
42. Tütek, H., Gümüőoęlu, Ő., & Özdemir, A. (2016). *Sayısal yöntemler: yönetsel yaklaşım*. Beta Yayınları, İstanbul.
43. <https://acc.dau.mil/pbl>, Erişim Tarihi: 28.03.2019, Konu: Performansa dayalı lojistik tanımı. US Department of Defense, Defense Acquisition University Acquisition Community Connection.
44. Vassiloglou, M., & Giokas, D. (1990). A study of the relative efficiency of bank branches: an application of data envelopment analysis. *Journal of the Operational Research Society*, 41(7), 591-597. doi.org/10.1057/jors.1990.83
45. Wang, J., Zhao, X., & Guo, X. (2019). Optimizing wind turbine's maintenance policies under performance-based contract. *Renewable Energy*, 135, Pages 626-634. doi.org/10.1016/j.renene.2018.12.006
46. Yücel İşbilen, L. (2017). *Veri zarflama analizi frontieranalyst vewindeap ile portföy etkinlik ölçümü örneği ve çeşitli uygulamalar*, DER yayınları, İstanbul.

Ek1. Firmaların 2015, 2016, 2017 ve 2018 yıllarına ait çıktı ve girdi değişkenleri

S.No.	Firma Kodu	Yıl	Çıktı ₁	Çıktı ₂	Girdi ₁	Girdi ₂
			Op. Hazır Bulunışluk (Bin adet)	Üretimden Net Satış (Milyon TL)	Ürün Maliyeti (TL)	Ücretle Çalışanlar Ortalaması
1.	A AÜF	2015	353	83,1	275	142
2.	B AÜF		1285	301,8	290	540
3.	C AÜF		1963	493,5	300	805
4.	D AÜF		219	61,5	265	159
5.	E AÜF		192	65,4	310	146
6.	F AÜF		167	59,5	305	176
7.	G AÜF		153	52,6	300	158
8.	H AÜF		1573	478,8	290	674
9.	I AÜF		201	67,5	305	184
10.	J AÜF		142	58,5	290	148
11.	K AÜF		239	84,2	305	177
12.	L AÜF		269	97,5	330	180
1.	A AÜF	2016	378	102,4	315	150
2.	B AÜF		1432	391,9	345	640
3.	C AÜF		2325	605,5	350	899
4.	D AÜF		248	72,0	320	177
5.	E AÜF		204	68,9	355	162
6.	F AÜF		183	65,6	335	188
7.	G AÜF		169	54,9	340	169
8.	H AÜF		1675	405,9	345	676
9.	I AÜF		204	63,3	330	166
10.	J AÜF		157	50,5	340	147
11.	K AÜF		228	76,5	355	163
12.	L AÜF		289	105,9	360	185
1.	A AÜF	2017	404	112,5	355	172
2.	B AÜF		1654	597,1	375	750
3.	C AÜF		2261	873,9	380	950
4.	D AÜF		238	78,3	365	179
5.	E AÜF		194	70,1	365	163
6.	F AÜF		200	63,9	375	174
7.	G AÜF		171	51,8	370	175
8.	H AÜF		1668	594,7	375	696
9.	I AÜF		219	61,6	360	171
10.	J AÜF		158	50,3	370	145
11.	K AÜF		249	73,2	375	169
12.	L AÜF		304	103,6	390	185
1.	A AÜF	2018	419	131,5	405	179
2.	B AÜF		1815	664,3	440	744
3.	C AÜF		2839	981,6	445	952
4.	D AÜF		247	84,7	430	187
5.	E AÜF		199	74,6	420	165
6.	F AÜF		191	58,6	425	175
7.	G AÜF		174	55,7	440	171
8.	H AÜF		1870	658,3	445	702
9.	I AÜF		231	53,2	425	168
10.	J AÜF		156	52,9	420	145
11.	K AÜF		232	80,6	440	164
12.	L AÜF		292	101,5	435	184

