

**T. C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Mühendislik Yönetimi Bilim Dalı

**BULANIK VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE SAVUNMA
SANAYİNİN ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ**

Yüksek Lisans Tezi

Talha Said UYAROĞLU

Danışman
Prof. Dr. Tarık ÇAKAR

İstanbul – 2022

TEZ TANITIM FORMU

Yazar Adı Soyadı : Talha Said UYAROĞLU

Tezin Dili : Türkçe

Tezin Adı : Bulanık Veri Zarflama Analizi ile Savunma Sanayinin Etkinlik Ölçümü

Enstitü : İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Anabilim Dalı : Endüstri Mühendisliği

Tezin Türü : Yüksek Lisans

Tezin Tarihi : 08.07.2022

Sayfa Sayısı : 95

Tez Danışmanları : Prof. Dr. Tarık ÇAKAR

Dizin Terimleri : bulanık veri zarflama analizi, savunma sanayi, etkinlik ölçümü

Türkçe Özet : Tezin amacı savunma sanayinin etkinliğinin yıllara bağlı olarak ve şirketler bazında ölçülmesidir. Bu amaçla bulanık veri zarflama analizi kullanılarak yıllık bazda ve şirketler bazında savunma sanayinin etkinliği ortaya konmuş olacaktır.

Dağıtım Listesi :

1. İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsüne
2. YÖK Ulusal Tez Merkezine

İmzası

Talha Said UYAROĞLU

**T. C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Mühendislik Yönetimi Bilim Dalı

**BULANIK VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE SAVUNMA
SANAYİNİN ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ**

Yüksek Lisans Tezi

Talha Said UYAROĞLU

Danışman
Prof. Dr. Tarık ÇAKAR

İstanbul – 2022

BEYAN

Bu tezin hazırlanmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğu, kullanılan verilerde herhangi tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez olarak sunulmadığını beyan ederim.

Talha Said UYAROĞLU

.../.../2022



İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Talha Said UYAROĞLU' nun Bulanık Veri Zarflama Analizi ile Savunma Sanayinin Etkinlik Ölçümü adlı tez çalışması, jürimiz tarafından Endüstri Mühendisliği anabilim dalı, Mühendislik Yönetimi bilim dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan

İmza

Prof. Dr. Tarık ÇAKAR
(Danışman)

Üye

İmza

Prof. Dr. Harun Reşit YAZĞAN

Üye

İmza

Dr. Öğr. Üyesi Didem YILMAZ ÇAPKUR

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

... / ... / 20..

İmzası

Prof. Dr. İzzet GÜMÜŞ

Enstitü Müdürü

ÖZET

Bilindiği üzere son yıllarda savunma sanayinde umut verici gelişmeler yaşanmaktadır. Fakat şu anda literatür kapsamında savunma sanayinin etkinliğini ortaya koyan bir çalışma yer almamaktadır. Savunma sanayi etkinlik ölçümünün yıllara göre yapılması ve Savunma sanayisinde faaliyet gösteren 5 firmanın etkinlik ölçümünün yapılması hedeflenmektedir. Buna göre yıllık bazda ve firmalar bazında savunma sanayinin etkinliği tespit edilecektir. Bu amaçla bulanık veri zarflama analizi kullanılacaktır. Tezin amacı savunma sanayinin etkinliğinin yıllara bağlı olarak ve şirketler bazında ölçülmesidir. Bu amaçla bulanık veri zarflama analizi kullanılarak yıllık bazda ve şirketler bazında savunma sanayinin etkinliği ortaya konmuş olacaktır. Bu tezden elde edilecek bulgular ışığında savunma sanayinin etkinliği yıllara bağlı olarak ve şirketlere bağlı olarak ölçülüp ortaya konacaktır ve savunma sanayinin etkinliği yıllık bazda ve şirketler bazında sıralanacaktır. Literatürde böyle bir çalışma bulunmamaktadır. Bu bağlamda literatüre katkı sağlanacaktır. Ayrıca savunma sanayinin etkinliği bilimsel olarak bulanık veri zarflama analizi ile ortaya konmuş olacaktır.

Anahtar sözcükler: bulanık veri zarflama analizi, savunma sanayi, etkinlik ölçümü.

SUMMARY

As it is known, there have been promising developments in the defense industry in recent years. However, there is currently no study in the literature that reveals the effectiveness of the defense industry. It is aimed to measure the effectiveness of the defense industry by years and to measure the effectiveness of 5 companies operating in the defense industry. Accordingly, the effectiveness of the defense industry will be determined on an annual and company basis. For this purpose, fuzzy data envelopment analysis will be used. The aim of the thesis is to measure the effectiveness of the defense industry depending on the years and on the basis of companies. For this purpose, the efficiency of the defense industry will be revealed on an annual and company basis by using fuzzy data envelopment analysis. In the light of the findings to be obtained from this thesis, the effectiveness of the defense industry will be measured and revealed depending on the years and companies, and the effectiveness of the defense industry will be listed on an annual basis and on the basis of companies. There is no such study in the literature. In this context, a contribution will be made to the literature. In addition, the effectiveness of the defense industry will be scientifically demonstrated by fuzzy data envelopment analysis.

Keywords: fuzzy data envelopment analysis, defense industry, efficiency measurement.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
SUMMARY	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TABLolar LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
ÖNSÖZ.....	viii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

BULANIK VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

1.1. Veri Zarflama Analizinin Temelleri.....	3
1.2. Bulanık Veri Zarflama Analizi Teknikleri.....	5
1.2.1. Bulanık küme teorisi	5
1.2.2. Bulanık küme teorisi ve veri zarflama analizi.....	6
1.3. Bulanık Veri Zarflama Yöntemleri	8
1.3.1. Tolerans yaklaşımı	8
1.3.2. α düzeyine dayalı yaklaşım	9
1.3.3. Bulanık sıralama yaklaşımı	18
1.3.4. Olasılık yaklaşımı.....	24
1.3.5. Bulanık veri zarflama alanındaki diğer gelişmeler.....	28

İKİNCİ BÖLÜM

SAVUNMA SANAYİ SEKTÖRÜNÜN ÇERÇEVESİ

2.1. Savunma Kavramı.....	33
2.1.1. Savunma sanayinin tanımı.....	34
2.2. Savunma Sanayi Sektörünün Kapsamı	34
2.3. Türk Savunma Sanayi Sektörünün Tarihsel Gelişimi.....	35
2.4. Savunma Sanayinin Ekonomik Etkileri	37
2.5. Savunma Sanayi Ligi	38
2.5.1. Türk savunma sanayi ihracat ve ithalat düzeyleri	38

2.6.Savunma Sanayinin Önemi	39
2.7.Literatür Araştırması	40
2.7.1.Teorik temelleri ortaya koyan çalışmalar	40

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR

3.1.Yöntem	42
3.2.Savunma ve Havacılık İmalatçıları Derneğinin 2012-2021 yılları arasındaki raporlarından elde edilen veriler ve Savunma Sanayisinde yer alan 5 şirketin 2021 yılı raporlarından elde edilen veriler	43
3.3.Bulanık Veri Zarflama Analizi.....	43
3.3.1.Kapsam ve kısıtları	43
3.3.2.Algoritma.....	43
3.4.Yıllara Göre Savunma Sanayi Veri Zarflama Analizi	46
3.5. Savunma Sanayindeki 5 şirketin Bulanık Veri Zarflama Analizi.....	64
SONUÇ VE TARTIŞMA.....	75
KAYNAKÇA	77
EKLER.....	91

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. Bulanık veri zarflama analizi sınıflandırması	30
Tablo 2. SASAD raporlarından elde edilen 2012 yılı verileri.....	91
Tablo 3. SASAD raporlarından elde edilen 2013 yılı verileri.....	91
Tablo 4. SASAD raporlarından elde edilen 2014 yılı verileri.....	91
Tablo 5. SASAD raporlarından elde edilen 2015 yılı verileri.....	91
Tablo 6. SASAD raporlarından elde edilen 2016 yılı verileri.....	92
Tablo 7. SASAD raporlarından elde edilen 2017 yılı verileri.....	92
Tablo 8. SASAD raporlarından elde edilen 2018 yılı verileri.....	92
Tablo 9. SASAD raporlarından elde edilen 2019 yılı verileri.....	93
Tablo 10. SASAD raporlarından elde edilen 2020 yılı verileri.....	93
Tablo 11. SASAD raporlarından elde edilen 2021 yılı verileri.....	93
Tablo 12. BVZA kullanılacak olan veriler	94
Tablo 13. 5 şirketten alınan ihracat verileri.....	94
Tablo 14. 5 şirketten alınan ithalat verileri.....	94
Tablo 15. 5 şirketten alınan arge verileri.....	95
Tablo 16. 5 şirketten alınan ciro verileri	95
Tablo 17. 2012 yılı verimlilik puan tablosu	47
Tablo 18. 2013 yılı verimlilik puan tablosu	48
Tablo 19. 2014 yılı verimlilik puan tablosu	50
Tablo 20. 2015 yılı verimlilik puan tablosu	52
Tablo 21. 2016 yılı verimlilik puan tablosu	53
Tablo 22. 2017 yılı verimlilik puan tablosu	55
Tablo 23. 2018 yılı verimlilik puan tablosu	56
Tablo 24. 2019 yılı verimlilik puan tablosu	58

Tablo 25. 2020 yılı verimlilik puan tablosu	60
Tablo 26. 2021 yılı verimlilik puan tablosu	62
Tablo 27. Yıllık bazda verimlilik puanı	63
Tablo 28. Primal amaç fonksiyonu.....	63
Tablo 29. $\alpha=0.1$ için verilerin durulaştırılmış hali	68
Tablo 30. $\alpha=0.1$ için verilerin verimlilik puanı	68
Tablo 31. $\alpha=0.2$ için verilerin durulaştırılmış hali	68
Tablo 32. $\alpha=0.2$ için verilerin verimlilik puanı	69
Tablo 33. $\alpha=0.3$ için verilerin durulaştırılmış hali	69
Tablo 34. $\alpha=0.3$ için verilerin verimlilik puanı	69
Tablo 35. $\alpha=0.4$ için verilerin durulaştırılmış hali	70
Tablo 36. $\alpha=0.4$ için verilerin verimlilik puanı	70
Tablo 37. $\alpha=0.5$ için verilerin durulaştırılmış hali	70
Tablo 38. $\alpha=0.5$ için verilerin verimlilik puanı	71
Tablo 39. $\alpha=0.6$ için verilerin durulaştırılmış hali	71
Tablo 40. $\alpha=0.6$ için verilerin verimlilik puanı	71
Tablo 41. $\alpha=0.7$ için verilerin durulaştırılmış hali	72
Tablo 42. $\alpha=0.7$ için verilerin verimlilik puanı	72
Tablo 43. $\alpha=0.8$ için verilerin durulaştırılmış hali	72
Tablo 44. $\alpha=0.8$ için verilerin verimlilik puanı	73
Tablo 45. $\alpha=0.9$ için verilerin durulaştırılmış hali	73
Tablo 46. $\alpha=0.9$ için verilerin verimlilik puanı	73
Tablo 47. Savunma sanayisindeki şirketlerde bulanık veri zarflama analizi	74

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Teknik ve ölçek verimliliği..... 45



ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında Bulanık Veri Zarflama ile Savunma Sanayisinde etkinlik ölçümü yaparak savunma sanayisi incelenmek istenmiştir. Bu tez, savunma sanayinin etkinliğini yıllara göre ve savunma sanayisinde faaliyet gösteren 5 firmanın etkinliğini ortaya koymaktadır. Böylelikle yıllara göre savunma sanayinin etkinliği ve 5 firmanın etkinliği ölçülmüş olunacaktır. Bu amaçla bulanık veri zarflama analizi kullanılmıştır. Bu tez çalışması hem şirket ve firmalar bazında hem de yıllık bazda olmuştur.

Öncelikle tez konusunu seçerken isteklerimi göz önünde bulundurup bana her konuda yardımcı olan desteğini her zaman hissettiğim tez danışmanım Prof.Dr. Tarık ÇAKAR'a teşekkürlerimi sunarım. Zorlu tez sürecimde her konuda bana yardımcı olan, hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen her zaman yanımda olan sevgili Babam, Dr.Hüseyin Nevzat UYAROĞLU'na, Annem, Hatice UYAROĞLU'na, abilerime ve kız kardeşime teşekkür ederim.

GİRİŞ

Bilindiği üzere son yıllarda savunma sanayinde umut verici gelişmeler yaşanmaktadır. Fakat şu anda literatür kapsamında savunma sanayinin etkinliğini ortaya koyan bir çalışma yer almamaktadır. Savunma sanayi etkinlik ölçümünün yıllara göre yapılması ve Savunma sanayinde faaliyet gösteren 5 firmanın etkinlik ölçümünün yapılması hedeflenmektedir. Buna göre yıllık bazda ve firmalar bazında savunma sanayinin etkinliği tespit edilecektir. Bu amaçla bulanık veri zarflama analizi kullanılacaktır. Tezin amacı savunma sanayinin etkinliğinin yıllara bağlı olarak ve firmalar bazında ölçülmesidir. Bu amaçla bulanık veri zarflama analizi kullanılarak yıllık bazda ve firmalar bazında savunma sanayinin etkinliği ortaya konmuş olacaktır. Bu tezden elde edilecek bulgular ışığında savunma sanayinin etkinliği yıllara bağlı olarak ve firmalar bazında ölçülüp ortaya konacaktır ve savunma sanayinin etkinliği yıllık bazda ve şirketler bazında sıralanacaktır. Literatürde böyle bir çalışma bulunmamaktadır. Bu bağlamda literatüre katkı sağlanacaktır. Ayrıca savunma sanayinin etkinliği bilimsel olarak bulanık veri zarflama analizi ile ortaya konmuş olacaktır.

Kurumsal / Kavramsal Çerçevesi: Bu tez savunma sanayinin etkinliğini yıllara göre ve şirketlere göre ortaya koyacaktır. Böylelikle yıllara göre ve şirketlere göre savunma sanayinin etkinliği ölçülmüş olacaktır. Bu amaçla bulanık veri zarflama analizi kullanılacaktır. Bu tez çalışmasında Savunma ve Havacılık İmalatçıları Derneğinin 2012-2021 yılları arasındaki raporları kullanılacaktır.

Varsayımları: Bu tezin varsayımı savunma sanayinin son 5 yılda etkinliğinin artması ve Savunma sanayinde faaliyet gösteren 5 firmanın etkinliklerinin sıralanıp en etkin firmanın bulunmasıdır.

Sınırlılıkları: Bu tez çalışması savunma sanayide yıllık bazda ve şirket/firma bazında yapılarak en etkin olan yıl ve şirket/firma tespit edilmiştir. Fakat söz konusu firma verileri alınmış ama firma verilerinin paylaşılmasına ilişkin sorunlar yaşanması olasıdır. Bu sebepten ötürü veri alınan firma isimleri değiştirilmiş ve veriler convert edilmiştir. Ve Savunma sanayinin bulanık veri zarflama analizi ile yıllık bazda etkinlik ölçümünün üzerine çalışılması Savunma ve Havacılık İmalatçıları Derneğinin 2012-2021 yılları arasındaki raporları kullanılacaktır ve bunlara erişim sağlanabilmektedir.

Veri Toplama Tekniği: Savunma ve Havacılık İmalatçıları Derneğinin 2012-2021 yılları arasındaki raporları kullanılacaktır.



BİRİNCİ BÖLÜM

BULANIK VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

Veri zarflama analizi (DEA) ilk olarak Charnes ve diğerleri tarafından önerildi. (1978), ve parametrik olmayan bir verimlilik analizi yöntemidir.

Matematiksel olarak VZA, çok girdili ve çok çıktılı bir dizi karar verme biriminin (KVB'ler) görece verimliliğini değerlendirmek için doğrusal programlama tabanlı bir metodolojidir. VZA, tüm KVB'ler tarafından belirlenen tahmini bir üretim olasılığı sınırına göre her KVB'nin etkinliğini değerlendirir. VZA kullanmanın avantajı, sınır yüzeyinin şekli üzerinde herhangi bir varsayım gerektirmemesi ve bir KVB'nin dahili operasyonları ile ilgili herhangi bir varsayımda bulunmamasıdır.

Charnes ve arkadaşlarının (1978) orijinal VZA çalışmasından bu yana, alanda sürekli bir büyüme olmuştur. Sonuç olarak, Seiford (1996), Gattoufi ve diğerleri (2004), Emrouznejad ve diğerleri (2008) ve Cook ve Seiford (2009) dahil olmak üzere, DEA literatüründe önemli miktarda yayınlanmış araştırma ve kaynakça ortaya çıkmıştır.

Geleneksel VZA yöntemleri hem girdilerin hem de çıktıların doğru bir şekilde ölçülmesini gerektirir. Ancak, gerçek dünya problemlerinde girdi ve çıktı verilerinin gözlenen değerleri bazen kesin değildir veya belirsizdir. Kesin olmayan değerlendirmeler ise ölçülemez, yetersiz ya da elde edilmesi mümkün olmayan bilgilerin sonucu olabilir. Bazı araştırmacılar, VZA'daki bu belirsizlik ve belirsizlikle başa çıkmak için çeşitli bulanık yöntemler önermiştir. Sengupta'nın (1992a, b) orijinal çalışmasından bu yana, bulanık VZA literatürüne sürekli bir ilgi ve artan bir gelişme olmuştur.

1.1. Veri Zarflama Analizinin Temelleri

Temel olarak iki ana VZA modeli türü vardır: ilk olarak Charnes ve diğerleri tarafından tanımlanan, ölçeğe göre sabit getiri (CRS) veya CCR modeli. (1978) ve daha sonra Banker ve diğerleri tarafından geliştirilen bir değişken ölçeğe göre getiri (VRS) veya BCC modeli. (1984). BCC modeli, etkin sınırlar kümesinin tüm etkin KVB'lerden geçen bir dışbükey eğri ile temsil edildiği CCR modelinin uzantılarından

biridir. VZA, girdi veya çıktı odaklı olabilir. İlk durumda, VZA yöntemi, her bir KVB için çıktı seviyeleri sabit tutularak girdi kullanımında mümkün olan maksimum orantılı azalmayı arayarak sınırı tanımlar. Bununla birlikte, çıktı odaklı durum için, VZA yöntemi girdi seviyeleri sabit tutularak çıktı üretiminde maksimum orantılı artışı arar.

Girdiye dayalı veri zarflama analizi m adet girdi değişkeni ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_m$) ve s adet çıktı değişkeni (y_1, \dots, y_s) ile n adet karar verme birimi ($j=1, 2, \dots, n$) Model 1a'da (CCR modeli için) ve Model 1b'de (BCC modeli için) sunulmaktadır. Bu iki model arasındaki tek fark BCC modelinde dışbükeylik sınırlarının dahil edilmesi olmaktadır.

Model 1a: Temel bir CCR modeli

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } \theta_p \\
 \text{s. t. } & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta_p x_{ip}, \quad \forall i, \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{rp}, \quad \forall r, \\
 & \lambda_j \geq 0, \quad \forall j.
 \end{aligned} \tag{1}$$

Model 1b: Temel bir BCC modeli

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } \theta_p \\
 \text{s. t. } & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta_p x_{ip}, \quad \forall i, \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{rp}, \quad \forall r, \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \quad \lambda_j \geq 0, \quad \forall j.
 \end{aligned} \tag{2}$$

DEA uygulamaları finansal hizmetler, tarım, sağlık hizmetleri, eğitim, imalat, telekomünikasyon, tedarik zinciri yönetimi ve daha pek çok alanda kullanılmaktadır.

Son zamanlarda, kesin veriler mevcut olmadığında, belirsizlik altında karar verme birimlerinin etkinliğini ölçmek üzere veri zarflama ile bulanık mantık bir arada

kullanılmaya başlanmıştır. Bulanık veri zarflama analizi bu sebepten ötürü ortaya çıkmıştır.

1.2.Bulanık Veri Zarflama Analizi Teknikleri

Gerçek dünya problemlerinde gözlemlenen değerler genellikle kesin değildir veya belirsizdir. Kesinliği olmayan ya da belirsiz veriler ise ölçülemez, yetersiz ve elde edilemez bilgilerin sonucu ortaya çıkabilmektedir. Son yıllarda birçok araştırmacı, bazı girdi ve çıktı verilerinin kesin olmadığı veya belirsiz olduğu durumlarla başa çıkmak için bulanık VZA modelleri formüle etmiştir.

1.2.1.Bulanık küme teorisi

Bulanık kümeler teorisi, kesinlikle doğru ile kesinlikle arasında değişen kısmi doğruluk değerleri kavramıyla başa çıkmak için geliştirilmiştir. Bulanık küme teorisi, gerçek dünya sorunları için izlenebilirliği, sağlamlığı ve düşük maliyetli çözümleri hedefleyen belirsizlik veya belirsizliği ele almak için önde gelen bir araç haline geldi. Zadeh'e (1975) göre, geleneksel nicelemenin karmaşık durumları makul bir şekilde ifade etmesi çok zordur ve değerleri doğal veya yapay bir dilde kelimeler veya cümleler olan dilsel değişkenleri kullanmak gerekir. Dilsel değişkenlerle çalışma potansiyeli, düşük hesaplama maliyeti ve anlama kolaylığı, bu yaklaşımın popüleritesine katkıda bulunan özelliklerdir. Zadeh (1965) tarafından geliştirilen bulanık küme cebiri, belirsiz ortamlarda kesin olmayan ve belirsiz tahminlerin ele alınmasına izin veren resmi bir teori bütünüdür.

Zadeh (1965) "Bulanık küme kavramı, sıradan kümeler durumunda kullanılan çerçeveye birçok açıdan paralellik gösteren bir kavramsal çerçevenin inşası için uygun bir hareket noktası sağlar, ancak ikincisinden daha geneldir ve potansiyel olarak çok daha geniş bir uygulanabilirlik kapsamına sahip olduğunu kanıtladı." Çok özellikli karar vermede (MADM) bulanık küme teorisinin uygulanması, Bellman ve Zadeh (1970) ve Zimmermann (1978) bulanık kümeleri MADM alanına dahil ettiğinde mümkün oldu. Standart tekniklerle ulaşılamaz ve çözülemez olan problemlerle başa çıkmak için yeni bir yöntem ailesinin yolunu açtılar [bulanık ve klasik MADM modellerinin sayısal karşılaştırması için Chen ve Hwang (1992)'a bakınız]. Bellman

ve Zadeh'in (1970) çerçevesi, Yager ve Basson (1975) ve Bass ve Kwakernaak'ın (1977) max-min ve basit toplamsal tartım modeline dayanmaktaydı.

Bass ve Kwakernaak'ın (1977) yöntemi, yaygın olarak bulanık MADM yöntemlerinin klasik çalışması olarak bilinir.

Chen ve Hwang (1992), önceki MADM yöntemlerindeki bazı hatalı hesaplamaları azaltmak için kullanımı kolay ve anlaşılması kolay bir yaklaşım önerdi. Yaklaşımları iki adımı içerir: (1) bulanık verileri net puanlara dönüştürmek ve (2) bazı anlaşılır ve kolay yöntemlerin tanıtılması. Ayrıca Chen ve Hwang (1992), bulanık sıralama yöntemleri ile bulanık MADM yöntemleri arasında ayırım yapmışlardır. İlk grupları bir sıralama bulmak için bir dizi yöntem içeriyordu: optimallik derecesi, Hamming mesafesi, karşılaştırma işlevi, bulanık ortalama ve yayılma, ideale orantı, sol ve sağ puanlar, alan ölçümü ve dilsel sıralama yöntemleri.

İkinci grup, çoklu özneliklerin göreceli önemini değerlendirmek için yöntemler etrafında inşa edildi: bulanık basit katkı ağırlıklandırma yöntemleri, bulanık analitik hiyerarşi süreci, bulanık bağlaç/ayırıcı yöntemler, bulanık geçiş yöntemleri ve bulanık maksimum yöntemleri. En sık katkıya sahip grup, bulanık matematiksel programlamadır. Inuiguchi ve ark. (1990), esnek programlama, olasılıklı programlama, bulanık tercih ilişkileri ile olasılıklı programlama, bulanık maksimum kullanan olasılıklı doğrusal programlama, bulanık hedeflerle olasılıklı doğrusal programlama ve sağlam programlama dahil olmak üzere bulanık matematiksel programlama uygulamalarının yararlı bir araştırmasını ortaya koymuştur.

Son zamanlarda, bulanık küme teorisi, yönetim bilimi, karar teorisi, yapay zeka gibi çok çeşitli alanlarda uygulanmaktadır. Diğer alanlar arasında bilgisayar bilimi, uzman sistemler, mantık, kontrol teorisi ve istatistik yer almaktadır. (Chen, 2001; Chen ve Tzeng, 2004; Chiou ve ark, 2005; Ding ve Liang, 2005; Figueira ve ark., 2004; Geldermann ve ark., 2000; Ho ve ark., 2010; Triantaphyllou, 2000; Ölçer and Odabasi, 2005; Wang ve Lin, 2003; Wang ve ark., 2009c; Xu ve Chen, 2007).

1.2.2.Bulanık küme teorisi ve veri zarflama analizi

Geleneksel CCR ve BCC modellerindeki veriler, belirli sayısal değerler biçimini alır. Ancak, gözlemlenen değer girdi ve çıktı verileri bazen kesin değildir veya

belirsizdir. Sengupta (1992a,b), hem amaç fonksiyonu hem de kısıtlama ihlalleri üzerinde tolerans seviyelerini tanımlayarak, bulanıklığın veri zarflama analizi modeline dahil edildiği bir bulanık matematiksel programlama yaklaşımını ilk ortaya koyan kişidir.

n farklı çıktı üretmek için n KVB'nin değişen miktarlarda m farklı girdi tükettiğini varsayalım. Girdi yönelimli versiyondaki primal ve onun ikili bulanık CCR modelleri şu şekilde formüle edilebilir:

Primal CCR modeli (girdi odaklı)

$$\begin{aligned}
 & \mathbf{min} \quad \theta_p \\
 & \mathbf{s.t.} \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j \tilde{x}_{ij} \leq \theta_p \tilde{x}_{ip}, \quad \forall i, \\
 & \quad \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j \tilde{y}_{rj} \geq \tilde{y}_{rp}, \quad \forall r, \\
 & \quad \quad \lambda_j \geq 0, \quad \forall j.
 \end{aligned} \tag{3}$$

Dual CCR modeli (girdi odaklı)

$$\begin{aligned}
 & \mathbf{max} \quad \theta_p = \sum_{r=1}^s u_r \tilde{y}_{rp} \\
 & \mathbf{s.t.} \quad \sum_{i=1}^m v_i \tilde{x}_{ip} = 1, \\
 & \quad \quad \sum_{r=1}^s u_r \tilde{y}_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad \forall j, \\
 & \quad \quad u_r, v_i \geq 0, \forall r, i.
 \end{aligned} \tag{4}$$

Burada dual CCR modelindeki v_i ve u_r ise i ve r inci çıktılara atanmış olunan girdi ve çıktı ağırlıklarıdır. Eğer

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

(1)'e eklendiğinde, bir bulanık BCC modeli elde edilir ve bu eklenen kısıtlama, bu modellerin sırasıyla olduğu ikili modele ek bir değişken olan u_0 'ı getirir ve aşağıdaki gibi gösterilir:

$$\begin{aligned}
& \min \quad \theta_p \\
& \text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j \tilde{x}_{ij} \leq \theta_p \tilde{x}_{ip}, \quad \forall i, \\
& \quad \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j \tilde{y}_{rj} \geq \tilde{y}_{rp}, \quad \forall r, \\
& \quad \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \\
& \quad \quad \lambda_j \geq 0, \quad \forall j.
\end{aligned} \tag{5}$$

$$\begin{aligned}
& \max \quad w_p = \sum_{r=1}^s u_r \tilde{y}_{rp} + u_0 \\
& \text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^m v_i \tilde{x}_{ip} = 1, \\
& \quad \quad \sum_{r=1}^s u_r \tilde{y}_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i \tilde{x}_{ij} + u_0 \leq 0, \quad \forall j, \\
& \quad \quad u_r, v_i \geq 0, \quad \forall r, i.
\end{aligned} \tag{6}$$

1.3.Bulanık Veri Zarflama Yöntemleri

VZA'daki bulanık küme teorisi uygulamaları genellikle dört gruba ayrılır (Lertworasirikul ve diğerleri, 2003a,b; Lertworasirikul, 2002; Karsak, 2008):

- Tolerans yaklaşımı
- α düzeyine dayalı yaklaşım
- Bulanık sıralama yaklaşımı
- Olasılık yaklaşımı

1.3.1.Tolerans yaklaşımı

Tolerans yaklaşımı, Sengupta (1992a) tarafından geliştirilen ve Kahraman ve Tolga (1998) tarafından daha da geliştirilen ilk bulanık VZA modellerinden biridir.

Tolerans yaklaşımında temel fikir kısıt ihlallerinin söz konusu olması durumunda tolerans düzeylerinin tanımlanması ve belirsizliğin ilgili veri zarflama

modellerine dahil edilmesidir. Tolerans yaklaşımı eşitlik ya da eşitsizlikleri bulanıklaştırır. Ancak bulanık katsayıları doğrudan ele almamaktadır.

Sengupta (1992a) tarafından önerilen tolerans yaklaşımındaki karmaşıklık sıralaması ise bulanık bir amaç fonksiyonuna ve tatmin edilebilecek veya edilemeyebilecek bulanık kısıtlamalara sahip olan veri zarflama analizi modelinin tasarımı ile alakalıdır (Triantis ve Girod, 1998).

Hem belirli hedeflere ulaşılamaması hem de verilerin kesin olmaması açısından bulanıklık mevcuttur. Fakat tolerans yaklaşımı çoğu üretim prosesinde esneklik sağlar. Veri zarflama analizi ilişkileri gevşetilir. Girdi ve çıktı katsayıları kesin olarak kabul edilir.

1.3.2.a düzeyine dayalı yaklaşım

α -seviye yaklaşımı belki de en popüler bulanık veri zarflama analizi modelidir. Literatürde yayınlanan α düzeyine dayalı makalelerin sayısından açıkça görülmektedir.

Bu yaklaşımda ana fikir, bulanık veri zarflama analizi modelini çift parametrik program haline getirmektir. Etkinlik puanlarının üyelik fonksiyonlarının α -düzeyinin alt ve üst sınırlarını bulunur. Girod (1996), radyal verimlilik ölçüleri olan bulanık BCC ve serbest atık gövde (FDH) modellerinin formül haline getirilmesi amacıyla Carlsson ve Korhonen (1986) tarafından önerilen yaklaşımı kullanmaktadır.

Söz konusu modelde girdiler riskli olmayan (üst) ve imkansız (alt) sınırlar arasındadır. Çıktılar ise riskli olmayan (alt) ve imkansız (üst) iki sınır arasında dalgalanmaktadır. Triantis ve Girod (1998) ise Carlsson ve Korhonen (1986) tarafından geliştirilmiş olunan teknik verimliliği ölçmek üzere bulanık LP yaklaşımını tanıtarak takip etti. Yaklaşımları üç aşamadan oluşuyordu:

İlk aşamada karar verici tarafından belirsiz girdiler ve çıktılar, risksiz ve imkansız sınırlar belirlenmiştir.

İkinci aşamada ise FDH, CCR ve FDH adlı üç bulanık model; risksiz ve imkansız sınırları ve farklı α değerleri için üyelik fonksiyonları açısından formüle edilmiştir. Üçüncü aşamada ise ticari broşürleri gazetelere ekleyen bir paketleme ve ön baskı hattı bağlamında bulanık BCC modellerinin uygulamasını göstermişlerdir.

Ayrıca, makaleleri Girod ve Triantis (1999) tarafından uygulama yol haritası ayrıntılı olarak açıklığa kavuşturulmuştur. Triantis (2003), bulanık veri zarflama analizi üzerindeki önceki çalışmasını entegre bir performans ölçüm sistemini desteklemek üzere bulanık radyal olmayan veri zarflama analizi teknik verimlilik ölçümlerine genişletti. Ayrıca yöntemini Girod(1996) tarafından ayrıntılı olarak açıklanan aynı üretim hattının radyal teknik verimliliğiyle karşılaştırdı. Meada ve diğerleri (1998), karar verme birimlerinin bulanık aralık verimliliğini elde etmek için α -düzeyine dayalı yaklaşımı kullanmıştır.

Kao ve Liu (2000a), bulanık bir veri zarflama analizi modelini net veri zarflama analizi modelleri ailesine dönüştürme temel fikrini takip etmiştir. BCC modelinde bulanık gözlemlerle karar verme birimlerinin etkinliklerini ölçmek üzere bir çözüm prosedürü geliştirilmiştir. Bu yöntemde α -seviyesi yaklaşımı ve Zadeh'in genişleme ilkesini uygulayarak bulanık verimlilik ölçülerinin üyelik fonksiyonlarına yaklaşık olarak ulaşabilirsiniz (Zadeh, 1978; Zimmermann, 1996). Bulanık veri zarflama analizi modelini bir çift parametrik matematiksel programa dönüştürdüler. Karar verme birimlerinin performans ölçüsünü elde etmek üzere Chen ve Klein (1997) tarafından önerilen sıralama bulanık sayılar yöntemini kullandılar.

Bu modelin verilen α -düzeyinde çözülmesi, söz konusu KVB için aralık verimliliğini üretti. Karşılık gelen bulanık verimliliği oluşturmak için bu tür birkaç aralık kullanılabilir. Her KVB, farklı bulanık çıktılar üretmek için değişen miktarlarda farklı bulanık girdi tüketir. Spesifik olarak DMU_j yij yıllık çıktılar üretmek üzere xij girdi kullanmaktadır. Model formülasyonunda xip ve yrp DMU_p için girdi ve çıktı değerlerini göstermektedir. BCC modelini çözmek üzere Kao ve Liu (2000a) tarafından önerilen yöntemde spesifik α düzeyi için bulanık verimlilik skoru iki düzeyli çift matematiksel model olarak alt sınır ve üst sınır için hesaplanmaktadır.

$$\begin{aligned}
(w_p)_x^L = \min & \left\{ \begin{array}{l} \widetilde{w}_p = \max \sum_{r=1}^s u_r y_{rp} + u_0 \\ \text{s.t. } \sum_{i=1}^m v_i x_{ip} = 1, \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + u_0 \leq 0, \forall j, \\ u_r, v_i \geq 0, \forall r, i. \end{array} \right. \\
(X_{ij})_x^L \leq x_{ij} \leq (X_{ij})_x^U & \\
(Y_{rj})_x^L \leq y_{rj} \leq (Y_{rj})_x^U & \\
\forall r, i, j &
\end{aligned} \tag{7}$$

$$\begin{aligned}
(w_p)_x^L = \max & \left\{ \begin{array}{l} \widetilde{w}_p = \max \sum_{r=1}^s u_r y_{rp} + u_0 \\ \text{s.t. } \sum_{i=1}^m v_i x_{ip} = 1, \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + u_0 \leq 0, \forall j, \\ u_r, v_i \geq 0, \forall r, i. \end{array} \right. \\
(X_{ij})_x^L \leq x_{ij} \leq (X_{ij})_x^U & \\
(Y_{rj})_x^L \leq y_{rj} \leq (Y_{rj})_x^U & \\
\forall r, i, j &
\end{aligned} \tag{8}$$

Burada $[(X_{ij})_\alpha, (X_{ij})_\alpha^U]$ ve $[(Y_{rj})_\alpha^L, (Y_{rj})_\alpha^U]$ sırasıyla α düzeyinde bulanık girdi ve çıktılarıdır. Bu iki düzeyli matematiksel model geleneksel tek düzey modele dönüştürülebilir. Söz konusu model aşağıda yer almaktadır:

$$\begin{aligned}
(w_p)_\alpha^L &= \max \sum_{r=1}^s u_r (Y_{rp})_\alpha^L + u_0 \\
\text{s.t. } \sum_{r=1}^s u_r (Y_{rp})_\alpha^L - \sum_{i=1}^m v_i (X_{ip})_\alpha^U + u_0 &\leq 0, \\
\sum_{r=1}^s u_r (Y_{rj})_\alpha^U - \sum_{i=1}^m v_i (X_{ij})_\alpha^L + u_0 &\leq 0, \forall j, j \neq p, \\
\sum_{i=1}^m v_i (X_{ip})_\alpha^U &= 1, u_r, v_i \geq 0, \forall r, i.
\end{aligned} \tag{9}$$

$$\begin{aligned}
(w_p)_\alpha^U &= \max \sum_{r=1}^s u_r (Y_{rp})_\alpha^U + u_0 \\
s. t. \quad &\sum_{r=1}^s u_r (Y_{rp})_\alpha^U - \sum_{i=1}^m v_i (X_{ip})_\alpha^L + u_0 \leq 0, \\
&\sum_{r=1}^s u_r (Y_{rj})_\alpha^L - \sum_{i=1}^m v_i (X_{ij})_\alpha^U + u_0 \leq 0, \quad \forall j, j \neq p, \\
&\sum_{i=1}^m v_i (X_{ip})_\alpha^L = 1, \quad u_r, v_i \geq 0, \quad \forall r, i
\end{aligned} \tag{10}$$

Bunun ardından üyelik fonksiyonları alt ve üst sınırların çözümlenmesiyle elde edilir. Kao ve Liu (2000a), elde edilen bulanık verimleri sıralamak için Chen ve Klein'in (1997) bulanık sayılar sıralaması yöntemini kullanmışlardır. Kao ve Liu (2000b)'da bulanık küme teorisinde üyelik fonksiyonu kavramına dayalı olarak bulanık veri zarflama analizi kayıp değerleri dikkate almışlardır. Kao ve Liu (2000a) etkinlik puanlarını hesaplamak üzere yöntemini kullanmışlardır. Yaklaşımlarında eksik verilerin mümkün olan en küçük, en olası ve mümkün olan en büyük değerleri, üçgen üyelik fonksiyonu oluşturmak için gözlemlenen verilerden türetilir.

Tayvan'daki 24 üniversite kütüphanesinin etkinlik puanlarını 144 gözlemden üç eksik değerle dikkate alarak yaklaşımlarının uygulanabilirliğini gösterdiler. Kao (2001) ayrıca üyelik fonksiyonlarının tam şeklini bilmeden bulanık etkinlik puanlarını sıralamak için bir yöntem geliştirmiştir.

Bu yöntemde, her KVB için bir çift doğrusal olmayan program çözümlenerek verimlilik sıralamaları belirlenmiştir. Bu yaklaşım, bulanık gözlemlerle Tayvan'daki 24 üniversite kütüphanesinin sıralamasına uygulandı.

Guh (2001), bulanık etkinlik ölçülerini yaklaşık olarak tahmin etmek üzere Kao ve Liu (2000a) gibi bulanık veri zarflama analizi modelini kullanmıştır. Ancak, Kao ve Liu (2000a) modellerini VRS varsayımı altındadır. Guh (2001) modeli ise CRS varsayımıyla geliştirilmiştir.

Kao ve Liu (2003), bulanık veri zarflama modelinde önerilmiş olunan minimum küme-maksimum küme yöntemi Chen (1985) tarafından da kullanılmıştır. Doğrusal olmayan program çiftleri oluşturulmuştur. Bunun ardından KVB'ler bulanık verilerle sıralanmıştır. Söz konusu bu yaklaşımda hesaplamaya gerek yoktur.

Bulanık veri analizinde etkinlik puanlarının fonksiyonunun bulunabilmesi giriş ve çıkış üyelik fonksiyonlarının bilinmesi gerekir. Kao ve Liu (2005), örneklenen on beş makine firmasının bulanık etkinlik puanlarını belirlemek üzere daha önce açıklanmış olunan yöntemleri uygulamıştır.

Zhang ve diğerleri (2005), veri ambarlarının verimlilik değerlendirilmesi için bir makro model ve bir mikro model önermişlerdir. Kao ve Liu (2000a) tarafından önerilen bulanık veri zarflama analizi bir dizi α -seviye değeri ile iki geleneksel net veri zarflama analiz modellerine dönüştüren bulanık veri zarflama analizi çözümünü kullanmışlardır.

Kao ve Liu (2007), kayıp değerleri ele almak amacıyla Kao ve Liu (2000b) yöntemine bir değişiklik önermiştir. Yöntemlerinde bulanık bir veri zarflama analizi kullanmışlardır. Kao ve Liu (2000a) tarafından Kuo ve Wang (2007), çok uluslu şirketlerin döviz kuru riskine maruz kalması durumunda performansını değerlendirmek için bulanık bir veri zarflama analizi yöntemi uygulamışlardır.

Tayvan'daki bilgi teknolojisi endüstrisine Kao ve Liu (2000a) tarafından önerilen bulanık veri zarflama analizi modelini uygulamışlardır. Li ve Yang (2008), Sueyoshi'nin (2001) çalışmasına dayanarak, bulanık gözlemleri iki grupta sınıflandırmak için bir bulanık veri zarflama analizi-ayrıt edici analiz metodolojisi önerdi. Verimlilik puanlarının alt ve üst sınırlarını belirlemek için Kao ve Liu'nun (2000a) yöntemini kullanmışlardır. Bulanık doğrusal programlama modellerini bir çift parametrik modelle değiştirmişlerdir. Chiang ve Che (2010) tarafından Kao ve Liu (2000a) yöntemi ile birlikte bulanık analitik hiyerarşi prosedürünü uygulamıştır. Tayvan'daki elektronik şirketinin yeni ürün geliştirme projelerinin sıralanması amacıyla bulanık veri zarflama analizi metodolojisini yeni bir ağırlık kısıtlamasıyla önermişlerdir.

Saati ve diğeri (2002), bir olasılık programlama problemi olarak bulanık CCR modeli önermişlerdir. Seviye tabanlı bir yaklaşım kullanarak bunu aralıklı programlama problemine dönüştürmüştür.

Ortaya çıkan aralık programlama problemi, bazı değişken ikamelerle verilen bir α için kesin bir LP modeli olarak çözülebilir.

Saati ve diğeri (2002), aşağıda yer alan modeli girdi ve çıktılar üçgen bulanık sayılar olduğu belirli bir durum için türetilmiştir:

$$\max w_p = \sum_{r=1}^s \acute{y}_{rp}$$

$$\text{s. t. } \sum_{r=1}^s \acute{y}_{rj} - \sum_{i=1}^m \acute{x}_{ij} \leq 0, \forall j,$$

$$v_i(\alpha x_{ij}^m + (1 - \alpha) x_{ij}^l) \leq \acute{x}_{ij} \leq v_i(\alpha x_{ij}^m + (1 - \alpha) x_{ij}^u), \forall i, j,$$

$$u_r(\alpha y_{rj}^m + (1 - \alpha) \acute{y}_{rj}) \leq \acute{y}_{rj} \leq u_r(\alpha y_{rj}^m + (1 - \alpha) y_{rj}^u), \forall r, j,$$

$$\sum_{i=1}^m \acute{x}_{ip} = 1, u_r, v_i \geq 0, \forall r, j$$

(11)

Burada;

$$\tilde{x}_{ij} = (x_{ij}^l, x_{ij}^m, x_{ij}^u)$$

$$\tilde{y}_{ij} = (y_{ij}^l, y_{ij}^m, y_{ij}^u)$$

Üçgen bulanık girdiler ve üçgen bulanık çıktılar ve x_{0ij} ve y_{0rj} , önerilen orijinal bulanık modeli parametrik bir DP modeline dönüştürmek için kullanılan değişken ikamelerinden elde edilen karar değişkenleridir.

Saati ve Memariani (2005), a düzeyine dayalı olarak bulanık veri zarflama analizinde ortak bir ağırlık kümesinin belirlenmesi için bir prosedür önermiştir.

Bu yöntemde bazı bulanık DP modelleri çözümlenerek giriş ve çıkış ağırlıklarının üst sınırları belirlenmiştir. Daha sonra başka bir bulanık DP modeli çözümlenerek ortak bir ağırlık seti elde edilmiştir. Wu ve diğeri (2005), bulanık değerleri dikkate alarak satın alma tekliflerini seçmek için satıcı-alıcı oyun modeli geliştirmiştir.

Bulanık veri zarflama analizinde ortak bir ağırlık seti elde etmek için Saati ve Memariani (2005) tarafından önerilen bulanık veri zarflama analizi modelini benimsemişlerdir.

Azadeh ve diğerleri (2007), simülasyon modelinden senaryolar arasında optimal çözümü seçmek ve hücresele üretim sistemlerinde optimum operatör tahsisini belirlemek için entegre bir bulanık VZA ve simülasyon modeli önermiştir. Saati ve diğerleri (2002)'nin yöntemine dayalı olarak bir dizi KVB'yi sıralamak için bulanık bir VZA modeli kullandılar. Ek olarak, operatör tahsisi için bir derece arzu edilebilirlik göstermek için KVB'lerin bulanık DEA sıralamasını bulanık C-Ortalamlar yöntemiyle kümelediler.

Ghapanchi ve diğerleri (2008), kurumsal kaynak planlama paketlerinin performansını değerlendirmek için bulanık veri zarflama analizi kullanmıştır. Yaklaşımlarında, çıktı ve girdi endeksleri önce üçgen bulanık sayılarla karakterize edilen dilsel değişkenler kullanılarak değerlendirilen uzman görüşleri ile belirlenmiştir. Ardından bir dizi potansiyel ERP sistemi KVB olarak kabul edilmiştir.

Saati ve diğerleri (2002) tarafından önerilen olasılıksal programlama yaklaşımını uygulamışlar ve ERP sistemlerinin etkinlik puanlarını farklı α değerlerinde elde etmişlerdir.

Hatami-Marbini ve Saati (2009), u_0 değişkeninin yanı sıra girdi ve çıktı verilerindeki bulanıklığı da dikkate alan bir bulanık BCC modeli geliştirmiştir.

Sonuç olarak, Saati ve diğerleri (2002) tarafından önerilen yöntemle bulanık u_0 'ın bir aralık olarak kararlılığını elde ettiler. Hatami-Marbini ve ark (2010a) Saati ve ark (2002) tarafından geliştirilmiştir. Teoriye dayalı dört aşamalı bulanık veri zarflama analizi çerçevesi önerilmiştir.

En düşük ve ideal karar verme birimleri olarak adlandırılan iki varsayımsal karar verme birimleri oluşturulmuştur. Bu referans noktalarından Öklid mesafelerine dayalı olarak bir takım bilgi teknolojisi yatırım stratejisini değerlendirmek üzere referans noktaları olarak kullanılmıştır.

Chen (2001) seviye yaklaşımını değiştirmiştir. Bu yaklaşımda hem net hem de bulanık verileri işlemek üzere alternatif bir bulanık veri zarflama analizi önerilmiştir.

Saati ve Memariani (2009), α -seviye yaklaşımına dayalı olarak bulanık gevşek tabanlı bir ölçü (SBM) geliştirmiştir. Saati ve diğerleri tarafından önerilen yaklaşımı kullanarak bulanık SBM modellerini bir LP problemine dönüştürdüler.

Ayrıca, modellerini Jahanshahloo ve arkadaşlarının yöntemiyle karşılaştırdılar. Hatami-Marbini ve diğerleri, Saati ve diğerleri (2002)'nin α -seviye yaklaşımını kullanarak, bulanık verilerle akran karar verme birimlerinin verimliliğini değerlendirmek için bir bulanık eklemeli veri zarflama analizi modeli önermişlerdir.

Entani ve diğerleri (2002), kötümser ve iyimser bakış açılarına sahip bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Ayrıca bu yaklaşımı, bir seviye kümeleri kullanarak bulanık girdi ve çıktı verileri için geliştirdiler. Hsu (2005), çok uluslu araştırma ve geliştirme projelerine bir uygulama ile basit bir bulanık veri zarflama analizi modelini dengeli puan kartına uygulamıştır. Bulanık veri zarflama analizi yöntemi, dört aşamalı bir çerçeve tarafından işlenen hem kesin hem de dilsel değişkenleri içermiştir.

Liu ve diğerleri (2007), ürün tasarım değerlendirmesinde ağırlık indeksleri hakkında bulanık ve eksik bilgileri ele almak için değiştirilmiş bir bulanık veri zarflama analizi modeli geliştirmiştir. Bulanık bilgiyi yamuk şeklinde bulanık sayılara dönüştürdüler. İndeks ağırlıkları hakkındaki eksik bilgileri kısıt olarak kabul ettiler. Bulanık veri zarflama analizi modellerini bilinen veri zarflama analizi modelleri ailesine dönüştürmek üzere seviyeli bir yaklaşım kullanmışlardır.

Saneifard ve diğerleri (2007), l2 normuna dayalı kesin verilerle karar verme birimlerinin göreceli performansını değerlendirmek için bir model geliştirmiştir. Kesin bir α -parametrik model belirlemek ve bulanık l2 norm modelini çözmek için Jiménez (1996) sıralama bulanık sayılar yöntemini kullandılar.

Jahanshahloo ve diğerleri (2007b), veri zarflama analizi net verilerinin çözmek için başlangıçta Jahanshahloo ve diğerleri (2004c) tarafından önerilen yamuk bulanık girdiler/çıkıtlar ile bir bulanık l1 norm modeli geliştirmiştir. Jiménez'in (1996) sıralama bulanık sayılar yöntemini bulanık l1 norm modeline uygulamışlar ve net bir α -parametrik model elde etmişlerdir. Allahviranloo ve diğerleri (2007), veri zarflama analizindeki kesin olmayan verilerle başa çıkmak için bulanıklık kavramını ortaya atmışlardır.

Karar verme birimlerinin üst ve alt göreceli etkinlik puanlarını a-seviye yaklaşımı kullanarak hesaplamak için ölçüğe göre sabit getirilerle ayarlanmış bulanık üretim olasılığı önerdiler. Hosseinzadeh Lotfi ve diğerleri (2007c), kesin olmayan ortama Sueyoshi (1999) tarafından önerilen DEA-ayrıt edici analizi yöntemini uygulamıştır.

Önce Sueyoshi'nin modelini net verilerle değiştirdiler ve ardından seviyeli bir yaklaşım konseptine dayalı olarak bulanık girdiler ve çıktılar için geliştirdiler.

Karsak (2008), esnek üretim sistemlerinde net, sıralı ve bulanık girdi ve çıktıları değerlendirmek için Cook ve arkadaşlarının (1996) modelinin bir uzantısını önermiştir. Buna verimlilik puanlarının üyelik fonksiyonunun düzeyi adı verilir.

Azadeh ve diğerleri (2008), kesin veriler yerine bulanık girdi ve çıktıların üçgen formunu kullanmış ve elektrik üretim sektörüne uygulama ile belirsizlik altındaki karar verme birimlerinin verimlilik puanlarını hesaplamak için bir bulanık veri analizi modeli önermiştir. Bulanık CCR modelini a düzeyi yaklaşımı kullanarak bir çift parametrik programa dönüştürdüler ve farklı a değerleri için verimliliğin üst ve alt sınırlarını buldular.

Bulanık veri zarflama analizi literatürüne katkıları, verimliliklerin kesin ölçümünde değildir. Literatüre yapılan katkılar üyelik fonksiyonlarının geliştirilmesi üzerinedir. Bulanık veri zarflama analizi modelini bir dizi geleneksel net veri zarflama analizi modeline dönüştürmek için a-düzeyini kullandılar. Azadeh ve Alem (2010), Wu ve Olson'dan (2008) alınan satıcı seçim problemi için bu bulanık veri zarflama analizi yöntemini (Azadeh ve diğerleri, 2008) kullanmıştır.

Noura ve Saljooghi (2009), maksimum ilkesine dayalı olarak bulanık veri zarflama analizinde belirli bir ağırlık fonksiyonu sınıfının genişletilmesini önermişlerdir. Çeşitli düzeylerde karar verme birimlerinin aralık etkinlik puanlarının sıralamasında uyumluluk ve kararlılık için koşullar sağlamak için entropi değerleri kullanılmıştır.

Wang ve diğerleri (2009b), kendi sinir ağlarında sınıflandırma için kendi kendini organize eden bir harita ile bulanık bir DEA-sinir ağı yaklaşımı önerdi. Modellerinde farklı olasılık seviyelerinde etkinlik puanının alt ve üst sınırlarını kullanmışlardır. Hosseinzadeh Lotfi ve diğerleri (2009a) bulanık CCR modelini bulanık, kesin ve sıralı

verilere göre çözmek için iki yöntem geliştirmiştir. İlk yöntemde bulanık verileri kesin değerlere dönüştürmek için bir analog fonksiyon kullandılar.

İkinci yaklaşımda, karar verme birimleri için aralık etkinlik puanlarını elde etmek için Kao (2006)'nın yöntemini temel alan bir seviye yaklaşımı uygulamışlardır. Tlig ve Rebai (2009), FCCR'nin asal ve dualini çözmek için LR-bulanık sayılar arasındaki ilişkileri sıralamışlardır. FCCR'nin primalindeki bulanık normalizasyon eşitliğini dönüştürmek için bir hedef programlama probleminin çözümüne dayalı bir prosedür önerdiler. Zerafat Angiz ve diğerleri (2010a), bulanık sıralama yaklaşımının, durulaştırma yaklaşımının, tolerans yaklaşımının ve a-seviye tabanlı yaklaşımın avantajlarını ve eksikliklerini göstermektedir. Girdilerin ve çıktılarının üyelik fonksiyonlarını maksimize ederek modelin bulanıklığını korumak için a-seviye bir yaklaşım önerdiler. Ayrıca sonuçlarını Saati ve arkadaşlarının (2002) sonuçlarıyla karşılaştırdılar.

1.3.3.Bulanık sıralama yaklaşımı

Bulanık sıralama yaklaşımında bulanık veri zarflama analizi literatüründe büyük ilgi gören bir diğer popüler tekniktir. Temel fikir ise bulanık kümelerin sıralanmasını gerektiren bulanık doğrusal programları kullanılmıştır. Karar verme birimlerinin bulanık etkinlik puanlarını tespit etmektir.

Verimlilik ölçümünün bulanık sıralama yaklaşımını ilk olarak Guo ve Tanaka (2001) geliştirmiştir. Bulanık kısıtlamaların (bulanık eşitlikler ve bulanık eşitsizlikler dahil) önceden olasılık düzeyi tanımlanarak ve bulanık sayılar için karşılaştırma kuralı kullanılarak kesin kısıtlamalara dönüştürüldüğü bir bulanık CCR modeli önerdiler. Tanaka ve Guo (2001), iki amaç fonksiyonu ile aşağıdaki doğrusal programlama (LP) modelini önerdiler.

$$\begin{aligned}
\max_{u,v} \theta_p &= \sum_{r=1}^s (u_r y_{rp} - (1 - \alpha) u_r d_{rp}) \\
s.t. \quad & \max_v \sum_{r=1}^s v_i c_{ip} \\
s.t. \quad & \left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^m (v_i x_{ip} - (1 - \alpha) v_i c_{ip}) &= 1 - (1 - \alpha) e, \\ \sum_{i=1}^m (v_i x_{ip} + (1 - \alpha) v_i c_{ip}) &\leq 1 + (1 - \alpha) e, \end{aligned} \right\} \text{model}
\end{aligned}$$

(12-1)

$$\begin{aligned}
\sum_{r=1}^s (u_r y_{rj} + (1 - \alpha) u_r d_{rj}) &\leq \sum_{i=1}^m (v_i x_{ij} + (1 - \alpha) v_i c_{ij}), \quad \forall j, \\
\sum_{r=1}^s (u_r y_{rj} - (1 - \alpha) u_r d_{rj}) &\leq \sum_{i=1}^m (v_i x_{ij} - (1 - \alpha) v_i c_{ij}), \quad \forall j, \\
u_r &\geq 0, \quad \forall r
\end{aligned} \tag{12}$$

Guo ve Tanaka (2008) önceki çalışmalarını genişletmişlerdir. Guo ve Tanaka, 2001 nesnel olarak bulanık bir kümeleme modeli tanıtmışlardır. Birden çok öznel olarak bulanık değerini entegre ederek bir dizi karar verme birimini sıralayabilmışlardır.

Guo (2009), Guo ve Tanaka (2001) tarafından önerilen bulanık veri zarflama analizi modelini Guo ve Tanaka (2008) tarafından önerilen bulanık kümeleme modeliyle bütünleştirerek Çin'deki bir restoran yer sorunu için bir vaka çalışmasında ayrı bir veri zarflama analizi uygulamıştır.

Sanei ve diğerleri (2009), Cooper ve diğerlerinin (2001) bulanık verilerle duyarlılık analizi modelini kullanmıştır. Farklı a değerleri için kararlılık yarıçapını belirlemeyi bulanık modellerini oluşturmak üzere Guo ve Tanaka (2001) yaklaşımını benimsemişlerdir. Guo ve Tanaka (2001) tarafından önerilen yaklaşıma benzer şekilde, Leon ve diğerleri (2003) bir bulanık BCC modelini geliştirmiştir.

Guo ve Tanaka'nın (2001) yönteminde her bir olasılık düzeyi için bir bulanık etkinlik puanı elde edilmiştir. Leon ve diğerleri (2003) yönteminde ise olasılığın tümü veya her biri için net bir etkinlik puanı elde edilmektedir. Leon ve diğerleri (2003), iki farklı bulanık veri zarflama analizi modeli önermiştir.

Bulanık eşitsizlikleri yorumlamak için kullanılan sıralama yöntemine bağlıdır. İlk model, tüm karar verme birimleri için çeşitli değişkenlerin tüm olası değerlerinin tüm olasılık seviyelerinde dikkate alındığı net bir DMUp etkinlik puanı elde etmek üzere Ramik ve Rimanek (1985) tarafından geliştirilmiş olunan sıralama yöntemini kullanmışlardır. Bu model şu şekilde ifade edilebilir.

$$\begin{aligned}
& \min \theta_p \\
& \text{s. t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}^L \leq \theta_p x_{ip}^L, \quad \forall i, \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}^L \geq y_{rp}^L, \quad \forall r, \\
& \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}^R \leq \theta_p x_{ip}^R, \quad \forall i, \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}^R \geq y_{rp}^R, \quad \forall r, \\
& \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}^L - \sum_{j=1}^n \lambda_j c_{ij}^L \leq \theta_p x_{ip}^L - \theta_p c_{ip}^L, \quad \forall i, \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}^L - \sum_{j=1}^n \lambda_j d_{rj}^L \\
& \quad \geq y_{rp}^L - d_{rp}^L, \quad \forall r, \\
& \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}^R + \sum_{j=1}^n \lambda_j c_{ij}^R \leq \theta_p x_{ip}^R + \theta_p c_{ip}^R, \quad \forall i, \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}^R + \sum_{j=1}^n \lambda_j d_{rj}^R \\
& \quad \geq y_{rp}^R + d_{rp}^R, \quad \forall r, \\
& \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \quad \lambda_j \geq 0, \quad \forall j.
\end{aligned} \tag{13}$$

Hatami ve Marbini (2010b), Leon ve arkadaşlarını kullanarak karar verme birimleri mümkün olan en kötü ve en iyi görelî verimlilik perspektifinden değerlendirmek için bir bulanık CCR modelini genişletmiştir. Daha sonra, tüm karar verme birimlerini sıralamak için iki farklı etkinliğin birleştirilmesiyle bir yakınlık katsayısı indeksi elde edilmiştir. Jahanshahloo ve diğerleri (2004a), çıktı-girdi verileri üçgen bulanık sayılar olduğunda veri zarflama analizinde gevşek tabanlı ölçüm (SBM) modelini çözmek üzere bulanık sıralama yöntemini önermişlerdir.

Saati ve Memariani (2006), Jahanshahloo (2004a) ve diğerleri tarafından önerilen bulanık veri zarflama analizinin bazı eksikliklerini ele alınmıştır. Bu yöntemlere birkaç düzeltme önermişlerdir.

Molavi ve diğerleri (2005), Ramık ve Rımánek'in (1985) LR-bulanık sayılar sıralama yöntemini kullanarak bulanık CCR modelinin amaç fonksiyonunun ve bulanık kısıtlarının kesin koşullarına dönüştürülmüştür. Bu amaçla iki bulanık veri zarflama analizi modeli sunmuştur.

Soleimani-damaneh ve diğerleri (2006), Kao ve Liu (2000a), Leon ve diğerleri (2003), Lertworasirikul ve diğerleri (2003a), Guo ve Tanaka (2001) ve Jahanshahloo ve diğerleri dahil olmak üzere çeşitli bulanık veri zarflama analizi modellerinin bazı hesaplamalı ve teorik eksikliklerini ele almıştır. Ayrıca, veri zarflama analizinde yamuk bulanık verilerin sıralanması için Yao ve Wu (2000) tarafından önerilen bulanık sayı sıralama yöntemini kullanarak bir bulanık BCC modeli önermişlerdir.

Hosseinzadeh Lotfi ve diğerleri (2007a), Jahanshahloo ve diğerleri (2004b) veri zarflama analizi yöntemine yamuk bulanık verileri uygulamıştır. Etkinlik puanları değişmeyecek şekilde tüm karar verme birimlerine eşit bir şekilde atanmıştır.

Her bulanık kısıtlamanın üç kesin kısıtlamaya dönüştüğü bulanık modeli çözmek için bir bulanık sıralama yöntemi kullandılar. Hosseinzadeh Lotfi ve diğerleri (2007b), Maleki (2002) tarafından bulanık CCR modellerini üçgen bulanık verilerle sunmak için önerilen doğrusal sıralama fonksiyonunu benimsemiştir. Jahanshahloo ve diğerleri (2007a), üçgen bulanık girdi ve çıktılara sahip tüm karar verme birimleri için DEA tabanlı Malmquist üretkenlik indeksi ile başa çıkmak için bir yöntem önerdi.

Bulanık doğrusal programlama modellerini bir grup geleneksel kesin veri zarflama analizi modellerine dönüştürmek üzere Maleki (2002) tarafından önerilen bir doğrusal sıralama fonksiyonunu uygulamışlardır. Pal ve diğerleri (2007), kalite fonksiyon dağıtımında bulanık bir veri zarflama analizi yaklaşımı ve a-parametrik eşitsizlikler kullanmıştır. Lai ve Hwang (1992) tarafından önerilen yöntemeye dayalı bir bulanık CCR modeli kullanmışlardır.

Hosseinzadeh Lotfi ve Mansouri (2008), Sueyoshi (2001) tarafından önerilen genişletilmiş veri zarflama analizi diskriminant analiz yöntemini bulanık veri olarak

kabul etmiştir. Maleki (2002) kullanarak doğrusal sıralama fonksiyonu bulanık modelini kesin bir modele değiştirmiştir.

Zhou ve diğerleri (2008), gayrimenkul yatırım programlarının verimlilik performansını değerlendirmek amacıyla bulanık veri zarflama analizi yöntemi geliştirmiştir. Modellerini çözmek için sıralama bulanık sayıları uyguladılar ve yöntemin çeşitliliğini kontrol etmeyi düşünen “nispeten etkili bir kontrolcü” tasarladılar.

Noora ve Karami (2008), bulanık radyal olmayan bir veri zarflama analizi modeli oluşturmak için üçgen bulanık verileri benimsemiştir. Bulanık doğrusal programlamayı net veri zarflama analizi modellerine dönüştürmektir. Maleki ve diğerleri (2000) tarafından önerilen bir sıralama fonksiyonunu uygulamışlardır.

Jahanshahloo ve diğerleri (2008) doğrusal sıralamayı uygulamıştır. Mahdavi-Amiri ve Nasserli (2006) tarafından bulanık maliyet etkinliği modelini geleneksel bir doğrusal programlama problemine dönüştürmek için önerilen fonksiyondur.

Soleimani-Damaneh (2008), bulanık girdi-çıkıtı verileriyle veri zarflama analizini bulanık bir eklemeli model formülü elde etmek üzere bulanık işaretli mesafe ve bulanık üst sınır kavramlarını kullanmıştır.

Soleimani-Damaneh (2009), modelin amaç fonksiyonu için mesafeye dayalı üst sınırın varlığını göstermek üzere Soleimani-Damaneh (2008) tarafından önerilen bulanık veri zarflama analizi modeli üzerinden bir teorem geliştirmiştir.

Hatami-Marbini ve arkadaşları (2009), bulanık ortamdaki etkinlik puanlarını değerlendirmek üzere bulanık veri zarflama analizi modeli önermiştir. Asady ve Zendehtnam'da (2007) önerilen sıralama yöntemini kullanmışlardır. Karar verme birimlerinin genel sıralamaları için kesin etkinlik puanları elde etmişlerdir.

Yöntemlerini Soleimani-damaneh ve diğerleri (2006), Leon ve diğerleri (2003) tarafından önerilen bulanık veri zarflama analizi yöntemleriyle karşılaştırdılar. Ayrıca modellerini bulanık verilerle on altı banka şubesine uygulamışlardır. Jahanshahloo ve diğerleri (2009b) ayrıca, bulanık doğrusal programlamayı kesin model formuna değiştirmek için Tran ve Duckstein (2002) tarafından önerilen bulanık sayıların karşılaştırılmasına dayanan bulanık verilerle veri zarflama analizi bulanık 11 norm

yöntemini çözmek için alternatif bir yaklaşım ortaya koymuştur. Hosseinzadeh Lotfi ve diğerleri (2009c), üçgen üyelik fonksiyonları tarafından oluşturulan bulanık girdiler ve çıktılar için çok aktiviteli bir ağ veri zarflama analizini genelleştirmiştir.

Çok aktiviteli ağ bulanık veri zarflama analizi çok aktiviteli ağ net veri zarflama analizi modeline dönüştürmek için bir sıralama işlevi kullanmışlardır. Hatami-Marbini ve diğerleri, karar vericilerin tercihlerini göz önünde bulundurarak bulanık veri zarflama analizini benzer karar verme birimlerinin etkinliğini ölçmek üzere etkileşimli bir değerlendirme süreci önermişlerdir.

Jiménez'in (1996) bulanık sıralama yöntemini uygulayarak, bulanık parametrelerle doğrusal bir programlama modeli oluşturmuşlardır. Farklı seviyeler için karar verme birimlerinin bulanık verimliliğini hesaplamışlardır.

Ardından, karar verici değerlendirme altındaki her bir karar verici birimlerinin en çok tercih ettiği bulanık hedefini belirler. Karar verme birimlerinin bir sıralama sırası değiştirilmiş bir Yager indeksi ile elde edilebilir. Bu bölümde ayrıca Lertworasirikul (2002) tarafından önerilen “durulaştırma yaklaşımı” olarak adlandırılan ilgili bir yöntemi de gözden geçireceğiz.

Esasen bir bulanık sıralama yöntemi olan bu yaklaşımda, ilk olarak bulanık girdiler ile bulanık çıktılar kesin değerler olarak durulanır. Durulanan bu değerler daha sonra bir LP çözücü tarafından çözülebilen geleneksel bir kesin veri zarflama analizi modelinde kullanılmıştır. Dia (2004), bulanık sayıların sıralamasına ve bulanık aritmetik işlemlere dayalı alternatif bir bulanık veri zarflama analizi modeli geliştirmiştir.

Modeli net bir veri zarflama analizi modeline dönüştürmek için bulanık bir aspirasyon seviyesi kullanılmıştır. Elde edilen bulanık sonuçlar, bulanık yöntemin sağlamlık ve pratiklik yönlerini özetlemektedir.

Lee (2004) ve Lee ve diğerleri (2005) de bulanık girdileri ve çıktıları kesin değerlere durulayarak ve bunları geleneksel veri zarflama analizi modellerinde kullanarak CCR ve BCC için bulanık veri zarflama analizi modelleri önermişlerdir.

Juan (2009), hibrit bir veri zarflama analizi ve vaka temelli muhakeme modeli kullanır. İki aşamalı karar destek modeli önermişlerdir. Bu yaklaşımda, bulanık

verileri kesin verilere dönüştürmek ve geleneksel bir CCR modeli oluşturmak için Bojadziev ve Bojadziev (1997) tarafından önerilen ağırlık merkezi yöntemi (CGM) kullanılmıştır. Bagherzadeh valami (2009), üçgen bulanık girdi fiyatları ile bir maliyet etkinlik modeli sunmuştur. Hedef karar verme birimlerinin üretim maliyetini minimum maliyetli bulanık küme ile karşılaştırmak için bir yöntem önermiştir.

Hosseinzadeh Lotfi ve diğerleri (2009b), tüm parametrelerin ve karar değişkenlerinin bulanık sayılar olduğu bir dizi karar verme birimini değerlendirmek üzere bir bulanık veri zarflama modeli önermişlerdir. Bulanık modellerini çok amaçlı bir DP modeline dönüştürdüler ve DP modelini bir sözlükbilim yöntemi kullanarak çözdüler. Durulaştırma yaklaşımı basittir ancak girdi ve çıktı değişkenlerindeki (yani, farklı a-seviyelerindeki olası değer aralıklarındaki) belirsizlik etkin bir şekilde dikkate alınmaz (Zerafat Angiz ve diğerleri, 2010a).

Hatami-Marbini ve diğerleri, tüm girdi-çıkıtı verilerinin ve değişkenlerin (ağırlıkları dahil) bulanık sayılar olduğu tamamen bulanıklaştırılmış bir LP modeli kullanarak karar verme birimlerinin bulanık verimliliğini elde etmek için tamamen bulanık bir CCR modeli geliştirmiştir. Sadeliğine rağmen durulaştırma yaklaşımı veri zarflama analizi araştırmacıları ve uygulayıcıları tarafından kullanılmamıştır.

Durulaştırma yaklaşımına ilginin olmaması, durulaştırma yaklaşımı ile girdi ve çıktılardaki bulanıklığın etkin bir şekilde göz ardı edilmesinden kaynaklanıyor olabilir (Tlig ve Rebai, 2009).

1.3.4.Olasılık yaklaşımı

Olasılık teorisinin temel ilkeleri, Zadeh (1978) bulanık küme teorisinde yerleşiktir. Zadeh (1978), bir rasgele değişkenin bir olasılık dağılımı ile ilişkilendirilmesi gibi, bir bulanık değişkenin de bir olasılık dağılımı ile ilişkili olduğunu öne sürer. Bulanık LP modellerinde, bulanık katsayılar, bulanık değişkenler olarak görülebilir ve kısıt, bulanık olaylar olarak kabul edilebilir. Bu nedenle, bulanık olayların olasılıkları (yani, bulanık kısıtlamalar) olasılık teorisi kullanılarak belirlenmiştir. Dubois ve Prade (1988), olasılık teorisine kapsamlı bir genel bakış sunmuştur.

Guo ve diğeri (2000) önce olasılık ve gereklilik ölçülerine dayalı bulanık veri zarflama analizi modelleri oluşturmuşlardır. Daha sonra Lertworasirikul (2002) ve Lertworasirikul ve diğeri (2002a,b) bulanık veri zarflama analizi modellerinde sıralama problemini çözmek üzere iki yaklaşım önermişlerdir. Bunlar; olasılık yaklaşımı ve güvenilirlik yaklaşımı olarak adlandırılmıştır.

Bulanık hedeflerdeki belirsizliği ve olasılık ölçüleri ile bulanık kısıtları dikkate alarak hem iyimser hem de kötümser bakış açılarından olasılık yaklaşımını ortaya koydular. İnandırıcılık yaklaşımında fuzzyDEA modeli, bir kredibilite programlama-veri zarflama analizi modeline dönüştürülmüştür. Bulanık değişkenler, kredibilite ölçütleri kullanılarak elde edilmiş olunan beklenen krediler ile değiştirilmiştir. Güvenilirlik modelinin matematiksel detayları Lertworasirikul ve diğeri (2003b)'de yer almaktadır.

Lertworasirikul ve diğeri (2003a,c), bulanık kısıtlamaların bulanık olaylar olarak ele alındığı bir bulanık CCR modelini çözmek üzere olasılık yaklaşımını önermiştir.

Bulanık olayların olasılık ölçülerini kullanarak bulanık veri zarflama analizi modelini bir olasılık LP problemine dönüştürdüler. Bulanık verilerin yamuk bulanık sayılar olduğu varsayılırsa, veri zarflama analizi modeli olasılığı bir LP modeli olur. Lertworasirikul ve arkadaşlarının (2003a) şans kısıtlı programlama (CCP) kavramını uyguladıkları önerilen olasılık CCR modeli ve bulanık olayların olasılığı aşağıdaki modelle temsil edilir:

$$\begin{aligned}
 & \max \theta_p = \bar{f} \\
 & s. t. \left(\sum_{r=1}^s u_r \tilde{y}_{rp} \right)_{\beta}^U \geq \bar{f}, \\
 & \left(\sum_{i=1}^m v_i \tilde{x}_{ip} \right)_{\alpha_0}^U \geq 1,
 \end{aligned}$$

$$\left(\sum_{i=1}^m v_i \tilde{x}_{ip} \right)_{\alpha_0}^L \leq 1,$$

$$\left(\sum_{r=1}^s u_r \tilde{y}_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i \tilde{x}_{ij} \right)_{\alpha}^L \leq 0, \quad \forall j,$$
(14)

Lertworasirikul ve diğerleri (2003a,c), bulanık kısıtlamaların bulanık olaylar olarak ele alındığı bir bulanık CCR modelini çözmek üzere olasılık yaklaşımını önermişlerdir.

Bulanık olayların olasılık ölçülerini kullanarak bulanık veri zarflama analizi modelini bir olasılık LP problemine dönüştürdüler. Bulanık verilerin yamuk bulanık sayılar olduğu varsayılırsa, veri zarflama analizi modeli olasılığı bir LP modeli olur. Lertworasirikul ve arkadaşlarının (2003a) şans kısıtlı programlama (CCP) kavramını uyguladıkları önerilen olasılık CCR modeli ve bulanık olayların olasılığı aşağıdaki modelle temsil edilir:

$$\max \theta_p = \left(\sum_{r=1}^s u_r \tilde{y}_{rp} \right)_{\beta}^U - u_0$$

$$\text{s. t.} \quad \left(\sum_{i=1}^m v_i \tilde{x}_{ip} \right)_{\alpha_0}^U \geq 1,$$

$$\left(\sum_{i=1}^m v_i \tilde{x}_{ip} \right)_{\alpha_0}^L \leq 1,$$

$$\left(\sum_{r=1}^s u_r \tilde{y}_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i \tilde{x}_{ij} \right)_{\alpha}^L - u_0 \leq 0, \quad \forall j,$$

$$u_r, v_i \geq 0, \quad \forall r, i.$$
(15)

Benzer şekilde, olasılık yaklaşımına göre Lertworasirikul ve diğerleri (2003b), önerilen ikili model aşağıdaki modelle temsil edilebilir:

$$\begin{aligned}
 & \min \theta_B \\
 & \text{s. t. } \left(\theta_B \tilde{x}_{ip} - \sum_{j=1}^n \lambda_j \tilde{x}_{ij} \right)_{\bar{\alpha}_1} \geq 0, \quad \forall i, \\
 & \left(\sum_{j=1}^n \lambda_j \tilde{y}_{rj} - \tilde{y}_{rp} \right)_{\bar{\alpha}_2} \geq 0, \quad \forall r, \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \\
 & \lambda_j \geq 0, \quad \forall j.
 \end{aligned} \tag{16}$$

Garcia ve arkadaşları (2005), oluşum, önem derecesi ve tespit endekslerini kullanmak suretiyle tanımlanan hata modlarını sıralamak üzere başka bir bulanık veri zarflama analizi yaklaşımını tanıtmıştır. Yöntemleri, uzmanların söz konusu endekslere daha önemli değerler atamak için dilsel değişkenleri kullanmalarına izin verdi. Lertworasirikul tarafından önerilen olasılık yaklaşımını kullandılar. Benzer şekilde, Wu ve diğerleri (2006), Kanada'daki bölgeler arası banka şubelerinin etkinlik analizinde nicel ve dilsel değişkenlerle başa çıkmak için bulanık veri zarflama analizi modellerinde Lertworasirikul ve diğerleri (2003a) formülünü kullanmıştır.

Ramezanzadeh ve diğerleri (2005) şans kısıtlı programlama yaklaşımına sahip bir CCR modeli önermiştir. Cooper ve diğerlerinin (1996) klasik ortalama-varyans yöntemiyle rastgeleliği düzeltmek için α -seviye yöntemini ve bulanık olasılık ölçüsünü kullanmıştır. Jiang ve Yang (2007), bir bulanık şans-sınırlı kredibilite programlama veri zarflama analizi modeli önermiştir. Bulanık programlamayı doğrulamak ve dönüştürmek üzere bir prosedür sunmuştur. Khodabakhshi ve diğerleri (2010), veri zarflama analizinde ölçeğe göre getiriye belirlemek üzere iki alternatif bulanık ve stokastik toplamsal model formüle etmiştir. Sırasıyla olasılık yaklaşımına

ve şans kısıtlaması programlama kavramına dayalı olarak bulanık ve stokastik veri zarflama analizi modellerini geliştirdiler.

Wen ve Li (2009), güvenilirlik ölçüsüne dayalı olarak oluşturulan bir bulanık veri zarflama analizi modelini çözmek için bulanık simülasyon ve genetik algoritmayı birleştiren bir hibrit algoritma önermiştir. Son zamanlarda, Wen ve diğerleri (2010), CCR modelini, Liu (2004) tarafından sunulan güvenilirlik ölçüsüne dayalı olarak bulanık bir veri zarflama analizi modeline genişletmiştir. Tüm karar verme birimleri bulanık girdi ve çıktılarla sıralamak için bulanık simülasyon ve genetik algoritma ile birleştirilmiş bir hibrit algoritma tasarlamışlardır.

1.3.5. Bulanık veri zarflama alanındaki diğer gelişmeler

Bu bölümde, bulanık sıralama yaklaşımına, tolerans yaklaşımına, seviye tabanlı yaklaşıma veya olasılık yaklaşımı kategorilerine girmeyen birkaç bulanık veri zarflama analizi modeli incelenmiştir. Hougaard (1999), veri zarflama analizinde kullanılan teknik etkinlik puanlarını bulanık aralıklara genişletmiştir. Bulanık puanlar, karar vericinin teknik etkinlik puanlarını, uzman görüşleri, kilit rakamlar, vb. gibi diğer mevcut performans bilgisi kaynaklarıyla birlikte kullanılmasına nasıl izin verdiğini gösterdi. Sheth ve Triantis (2003), bulanık bir ortamda verimlilik ve etkililik hedeflerini ölçmek ve değerlendirmek için bir bulanık hedef veri zarflama analizi çerçevesi ortaya koymuştur. Verimlilik ve etkililik hedefleriyle ilişkili her bulanık kısıtlama için bir üyelik fonksiyonu tanımladılar ve bu kısıtlamanın başarı derecesini ifade ettiler.

Hougaard (2005), bulanık üretim planları ile ilgili olarak verimlilik puanlarının değerlendirilmesi için basit bir yaklaşım ortaya koydu. Bu yaklaşım, bulanık LP tekniklerinin kullanılmasını gerektirmemiştir. İlgili hesaplamalar elektronik tabloda gerçekleştirilebilmektedir. Böylelikle oldukça işlevsel hale getiren açık bir yoruma sahiptir.

Wang ve diğerleri (2005), sıralı tercih bilgileri, bulanık veriler ve bunların karışımı gibi kesin olmayan verilerin analizine yönelik olarak çift aralıklı veri zarflama analizi modeli önermiştir.

Yöntemlerinde etkinlik puanları ise aralık sayıları olarak verilmiştir. Aralık sayılarını sıralamak üzere min-max yaklaşımını kullanmışlardır. Uemura (2006), bulanık loglineer analizden bireysel çıktılar elde etmiştir. Böylelikle değerlendirme derecelerine dayanan bulanık bir hedef ortaya koymuşlardır. Ardından veri zarflama analizi için bulanık hedef önermiştir.

Luban (2009), Sheth ve Triantis'in (2003) çalışmasından esinlenerek bir yöntem önermiştir. Üyelik fonksiyonunu, girdi ve çıktılar üzerindeki sınırları, küresel hedefleri ve küresel hedeflerin sınırlarını seçmek üzere veri zarflama analizi modellerinin bulanık boyutunu kullanmışlardır.

Wang ve diğerleri (2009a), bulanık aritmetik yoluyla bulanık girdi ve çıktılara sahip iki bulanık veri zarflama analizi modeli önermiştir. Karar verme birimlerinin etkinliklerini bulanık sayılar olarak hesaplamak için önerilen her bir bulanık CCR modelini üç LP modeline dönüştürdüler. Ek olarak, karar verme birimlerinin bulanık verimliliklerini sıralamak için bir bulanık sıralama yaklaşımı geliştirdiler.

Qin ve diğerleri (2009), dilsel belirsizliklerin yanı sıra bulanık üyelik fonksiyonlarına ilişkin sayısal belirsizliklerle başa çıkmak için tip-2 bulanık girdi ve çıktılara sahip bir VZA modeli geliştirmiştir. Bulanık değişkenin beklenen değerine dayalı olarak, tip-2 bulanık değişkenler için bir indirgeme yöntemi kullanmışlar ve geliştirilmiş güvenilirlik ölçüsü aracılığıyla bir bulanık VZA modeli oluşturmuşlardır.

Qin ve Liu (2009), değerlendirme sisteminde bulanıklık ve rastgelelik bir arada bulunduğu ve bulanık rastgele veriler bilinen olasılık ve olasılık dağılımlarıyla karakterize edildiğinde, bulanık rastgele girdi ve çıktılara sahip bir bulanık rastgele veri zarflama analizi (FRDEA) modelleri sınıfı önermişlerdir. Ayrıca önerilen veri zarflama analizinin amaç fonksiyonunu değerlendirmek üzere stokastik simülasyon ve genetik algoritma karışımı olan hibrit bir yaklaşımı önermişlerdir.

Qin ve Liu (2010)'da Qin ve Liu'da (2009) önerilen yönteme benzer başka bir yaklaşım önermiştir. Bunun ardından eşdeğer programlama biçimlerine dönüştürülmüş olunan, genetik algoritma ve Monte Carlo simülasyon yöntemi ile hibrit bir yöntemle çözülen amaç ve kısıt fonksiyonlarına şans fonksiyonlarını dahil etmişlerdir.

Zerafat Angiz ve diğ erleri (2010b), bir grup karar vericinin tercih sıralamalarını toplamak üzere bulanık ortamda veri zarflama analizine dayalı alternatif bir sıralama yaklaşımı önermiştir. Yöntemlerini dört aşamalı bir terci hli oylama sistemine uyguladılar. Verileri sıralı ilişkiler olarak kabul etmelerine rağmen, 1. aşama ideal alternatifi bulmak üzere bir dizi alternatifi sıralamak için bir bulanık üyelik fonksiyonu tanımlamıştır.

İkinci aşamada ideal çözü mü elde etmek için Zerafat Angiz ve diğ erleri (2006) tarafından önerilen bulanık veri zarflama analizi modelini kullanmışlardır. Son iki aşamada ise alternatifleri sıralamak üzere karşılaştırmalı yargılardan elde edilmiş olunan öznel ağırlıkları kullanmışlardır. Sonuçları tek bir puanda toplamak amacıyla yöntem önermişlerdir. Tablo 1.'de bulanık veri zarflama analizi sınıflandırması ve ilgili kaynaklar yer almaktadır.

Tablo 1. Bulanık veri zarflama analizi sınıflandırması

Sınıflandırma	Kaynaklar
Tolerans yaklaşımı	Sengupta (1992a), Sengupta (1992b).
α düzeyine dayalı yaklaşım	<p>Azadeh ve Alem (2010) Chiang ve Che (2010), Zerafat Angiz ve diğ erleri (2010a) Hatami-Marbini ve diğ erleri (2010a), Hatami-Marbini ve Hatami-Marbini and Saati (2009)</p> <p>Saati ve Memariani (2009) Tlig ve Rebai (2009), Noura ve Saljooghi (2009) Jahanshahloo ve diğ erleri (2009a)</p> <p>Wang ve diğ erleri (2009b)</p> <p>Hosseinzadeh Lotfi ve diğ erleri (2009a)</p> <p>Liu ve Chuang (2009) , Li ve Yang (2008), Karsak (2008) Azadeh ve diğ erleri (2008)</p> <p>Ghapanchi ve diğ erleri (2008) Liu (2008), Hosseinzadeh Lotfi ve diğ erleri (2007c) Saneifard ve diğ erleri (2007)</p> <p>Allahviranloo ve diğ erleri (2007) Azadeh ve diğ erleri (2007)</p> <p>Kuo ve Wang (2007) Kao ve Liu (2007)</p> <p>Liu ve diğ erleri (2007) Jahanshahloo ve diğ erleri (2007b)</p> <p>Zhang ve diğ erleri (2005) Saati ve Memariani (2005)</p> <p>Wu ve diğ erleri (2005) Hsu (2005)</p>

	<p>Kao ve Liu (2005), Triantis (2003) Kao ve Liu (2003) Saati ve diğerleri (2002) Entani ve diğerleri, (2002) Guh (2001) Chen (2001), Kao (2001) Kao ve Liu (2000b), Kao ve Liu (2000a) Girod ve Triantis (1999) Meada ve diğerleri (1998) Triantis ve Girod (1998), Girod (1996)</p>
Bulanık sıralama yaklaşımı	<p>Hatami-Marbini ve diğerleri (2010b) Hatami-Marbini ve diğerleri (2009) Jahanshahloo ve diğerleri (2009b) Soleimani-damaneh (2009) Hosseinzadeh Lotfi ve diğerleri (2009b) Bagherzadeh valami (2009) Guo (2009) Hosseinzadeh Lotfi ve diğerleri (2009c) Juan (2009) Sanei ve diğerleri (2009) Zhou ve diğerleri (2008) Guo ve Tanaka (2008) Noora ve Karami (2008) Soleimani-Damaneh (2008) Jahanshahloo ve diğerleri (2008) Hosseinzadeh Lotfi ve Mansouri (2008) Hosseinzadeh Lotfi ve diğerleri (2007b) Jahanshahloo ve diğerleri (2007a) Pal ve diğerleri (2007) Hosseinzadeh Lotfi ve diğerleri (2007a) Soleimani-damaneh ve diğerleri (2006) Saati ve Memariani (2006) Lee ve diğerleri (2005) Molavi ve diğerleri (2005) Jahanshahloo ve diğerleri (2004a) Dia (2004) Lee (2004) Leon ve diğerleri (2003) Lertworasirikul (2002) Guo ve Tanaka (2001)</p>
Olasılık yaklaşımı	<p>Wen ve diğerleri (2010) Khodabakhshi ve diğerleri (2010) Wen ve Li (2009) Jiang ve Yang (2007) Wu ve diğerleri (2006) Garcia ve diğerleri (2005)</p>

	<p>Ramezanzadeh ve diğlerleri (2005) Lertworasirikul ve diğlerleri (2003a)</p> <p>Lertworasirikul ve diğlerleri (2003b) Lertworasirikul ve diğlerleri (2003c)</p> <p>Lertworasirikul ve diğlerleri (2002a) Lertworasirikul ve diğlerleri (2002b)</p> <p>Lertworasirikul (2002) Guo ve diğlerleri (2000)</p>
<p>Bulanık veri zarflama analizindeki diğler gelişmeler</p>	<p>Zerafat Angiz ve diğlerleri (2010b)</p> <p>Qin ve Liu (2010)</p> <p>Wang ve diğlerleri (2009a)</p> <p>Luban (2009)</p> <p>Qin ve diğlerleri (2009)</p> <p>Qin ve Liu (2009)</p> <p>Uemura (2006)</p> <p>Wang ve diğlerleri (2005)</p> <p>Hougaard (2005)</p> <p>Sheth ve Triantis (2003)</p> <p>Hougaard (1999)</p>

İKİNCİ BÖLÜM

SAVUNMA SANAYİ SEKTÖRÜNÜN ÇERÇEVESİ

2.1.Savunma Kavramı

Saldırlara karşı güç kullanma ve müdafaa gösterme olarak tanımlanan savunma, ulusal açıdan devletlerin egemenliğini sürdürebilmeleri için diğer devletlere karşı korunmak amacıyla uygulanan adımlardır. Savunma hizmetleri devlet imkanları ile sağlanır ve toplumdaki herkes bu imkanlardan faydalanabilmektedir (Baran, 2018: 58).

Savunma, geleneksel bir tam kamusal hizmetler içerisinde yer almaktadır. Savunma hizmetlerinden ülkede yaşayan herkes eşit olarak yararlanabilmektedir. Yani savunma hizmetleri ülke içerisinde bölünmez katkılar sağlamaktadır. Savunmanın saldırıdan vazgeçirme özelliğinin bulunması, ülkenin her yerine eşit olarak dağılacığını göstermektedir. Bunun sayesinde, bedel ödemeyen kimselerin savunma hizmetinden yararlanamayacak olması diye bir durum söz konusu değildir (Demir, 2011: 4).

Savunma kavramı anlamsal açıdan güvenlik kavramı ile paralel olarak açıklanabilmektedir. Dünya üzerinde yaşayan tüm canlılar kendi konforları ve düzenleri için karşılaşılabilecekleri her türlü tehdit anında önlem ve koruma içgüdüsüyle hareket edebilmektedir. Bu durum her canlının kendi güvenliği için yaptığı savunma kavramıyla açıklanabilmektedir (Doğdu, 2018: 6).

Konu ile ilgili yapılmış diğer çalışmalarda incelendiğinde savunma kavramına dair net bir tanımın kurulamadığı anlaşılmaktadır. Bu durumun sebebi, savunma hizmetlerini gerçekleştirirken ülkelerin herhangi bir kısıtlanmayla karşı karşıya kalmamasıdır. Bu bakımdan savunma kavramının kapsamı, niteliği ve tanımı ülkeler arasında değişiklik göstermektedir. Örneğin bazı ülkeler savunma harcamaları içerisinde yer alacak kalemleri farklı harcama türleri içerisine dahil edebilmektedir (Çambel, 2017: 3).

2.1.1.Savunma sanayinin tanımı

Savunma sanayinin kavramı üzerinde herkes tarafından kabul görmüş kesin bir tanımı henüz bulunmamaktadır. Çünkü savunma sanayinde üretilen ürünler çok farklı alanları içermektedir ve firmaların ürettiği ürünlerin hangilerinin savunma sanayi sektörü içerisinde yer alacağı belirsizlik konusudur. Başka bir tanıma göre ise savunma sanayi, Millî Savunma Bakanlığı, hükümet ve özel sektörün askeri ihtiyaçları karşılamak için arge, tasarım, üretim kabiliyeti olan ve askeri silah sistemleri, alt sistemleri, bileşenleri ve parçalarını idame ettirmek için dünyadaki bütün endüstriyel karmaşıklığı içinde barındıran sektördür. Savunma sanayi ülkelerinin bağımsızlıkları açısından önemli bir kavramdır. Diğer yandan ülkelerin kendi savunma sanayi hizmetlerini oluşturmaları için gereken projeler Cumhuriyetin ilk yıllarına denk gelmektedir. 1974 Kıbrıs Barış Harekâtı sonrasında ülkeler tekrardan projelerini gündeme getirmek için çaba göstermeye başlasalar da herhangi bir sonuç elde edilememektedir. Günümüze gelindiğinde ise milli savunma araçları kullanılarak yeni adımlar atılmaya çalışılmaktadır (Çambel, 2017: 6).

Savunma sanayi sektörü genellikle gelişmiş ülkelerde bulunmaktadır. Belirli gruplar veya sektörler olarak gelişim gösteren bir alandır ve ülkelerin silah üretiminde belli bir oranda kendilerine yetecek kadar faaliyet göstermeyi amaçlamaktadır. Savunma sanayindeki önemli firmalar çok kolay bir şekilde tanımlanabilirken, tüm savunma sanayini analiz etmeye çalışıldığında kavramsal ve pratik problemlerle karşılaşılacaktır. Çünkü savunma sanayi sektörü temel özellikleri ve birleşik ekonomik faaliyetleri ile toplandığında karmaşık bir yapıyı temsil etmektedir. Bütün bunların dışında bu firmalar nerede kurulurlarsa kurulsunlar diğer piyasalardan farklı olarak hükümete hizmet etmekteledir yani burada hükümet tek alıcı gücündedir (Sezgin, 2018: 8).

2.2.Savunma Sanayi Sektörünün Kapsamı

Savunma sanayi sektörü, askeri yönden bütün stratejik, taktik, taarruza ve savunma gücüne olanak sağlayan bir sektördür. Aynı zamanda silah sistemleri ve askeri donanımları geliştiren, üreten ve özellikle yatırım malları konusunda aktif olan sanayi kolları başta olmak üzere, diğer ekonomik faaliyet alanları ile hareket eden ve içerisinde özel/kamu kuruluşlarını barındıran bir sektör topluluğudur (Keskin, 2007:

33). Savunma sanayi sektörü oluşum itibari ile diğer sanayi dallarından farklı olarak bazı özellikleri barındırmaktadır. Savunma sanayi sektörünün diğerlerinden ayrılan taraflarını ileri düzey teknoloji, kalite düzeyi, iç pazarda tek alıcı olma, dışardan siyasi etmenlere bağımlı ve maddi kaynaklı bir dış pazar, büyük ölçekli yatırımlar, güvenlik düzeyi, gizlilik ve gerektiğinde pahalılık olarak sıralanabilmektedir (Canbay, 2010: 8).

Türk savunma sanayi sektörü, kamu ve özel sektör kuruluşları olarak iki kola ayrılmaktadır. Kamu sektörü kuruluşları; Türk Silahlı Kuvvetleri İkmal Bakım Merkezleri, tersaneler ve diğer askeri fabrikalar ile MKEK gibi kamu ortaklı kuruluşlar, SSB ve Türk Silahlı Kuvvetlerini Güçlendirme Vakfı'nın ortakları olan kurumları içerisine almaktadır. Sermaye oluşumlarına göre özel sektör kuruluşları ise, yerli firmalar ve yabancı ortaklı firmalar olarak düzenlenmektedir. Türk Savunma Sanayi sektörü günümüz itibari ile iç pazara dönük olarak faaliyetlerini sürdürmektedir. Aynı zamanda Türk Silahlı Kuvvetleri ihtiyaçlarının neredeyse %21'ini karşı Savunma Sanayi üretim düzeyinde %79 seviyesi ile dışa bağımlıdır. Bu bağımlılık bütün gücüne ve büyüklüğüne rağmen Türkiye'yi diğer ülkelerin etkisinde bırakmakta ve manipüle edilen devlet pozisyonuna sokmaktadır (Öner, 2006: 58).

2.3.Türk Savunma Sanayi Sektörünün Tarihsel Gelişimi

Türkiye'de savunma sanayi sektörünün temelleri Osmanlı Devleti'nin Yükselme Dönemi itibariyle önemini arttırmıştır. Ancak, zamanla Osmanlı Devleti'nin teknoloji ve sanayi sektöründe batıdan daha geride kalması sebebi ile savunma sanayi sektörü olması gereken seviyenin gerisinde kalmıştır. Bu ekonomik ve teknolojik gerilemelere rağmen, savunma sanayinin gelişimi adına Cumhuriyet'in ilk dönemlerinde bazı adımlar atılmıştır. Bunların başında Makine Kimya Endüstri Kurumu (MKEK) gelmektedir. Aynı zamanda silah, mühimmat ve havacılık gibi sektörlerde kayda değer yatırımlar yapılmıştır (Temiz, 2012: 3).

Silah sistemlerinin bu denli gelişme göstermesinin sebepleri olarak kapitalist üretimin artışı, seri üretime geçiş ve makineleşme olarak sıralanabilmektedir. Birinci Dünya Savaşı'nın sonunda savunma sanayi sektöründe yer alan şirketler, talep yetersizliği yaşamaları sebebi ile piyasada kartelleşmeye gitmişlerdir. Bu durum, 1930'lara kadar gelişmiş ülkelerin kendi silah teknolojinin gelişimi adına tercih ettikleri bir durum haline gelmiştir (Sezgin, 2018: 13).

Türkiye, savunma sanayi sektörünün gelişebilmesi için alt yapı çalışmalarını her zaman destekler biçimde adımlar atmış ve birçok girişimde bulunmuştur. Öyle ki ilk yıllarda silah v.b. ihtiyaçların kendi imkânları ile karşılanabilmesi için savunma sanayi sektörü adına devlet eli ile birçok fabrika kurulmuştur. Savunma sanayi sektörünün gelişimi adına yapılan NATO üyeliği ise Türkiye'nin milli savunma sistemlerinin geliştirilmesi yönünde atılacak adımlarını terk etmesine sebep olmuştur. Özellikle NATO'ya dâhil olunduktan sonra askeri yardımlar, hibeler ve dış alımlar daha çok yeni gelişim sürecinde olan ülke savunma sanayi sektörünün gelişiminin gerilemesine sebep olmuştur (Pınar, 2018: 2349).

1972 yılına gelindiğinde “TÜBİTAK Savunma Sanayii Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü” ismi ile faaliyete geçen kurumun ismi “Savunma Sanayi-Geliştirme” olarak değiştirilmiş ve dış ilişkilerde aktif olarak rol alacak Ar-Ge çalışmalarını sürdürmesi için çaba gösterilmiştir. Türkiye'nin kendi menfaatleri için atamadığı adımlar uluslararası bir gerilim yaramakta ve bu gerilim 1974 senesine gelindiğinde Kıbrıs Barış Harekâtı ile en üst seviyesine ulaşmaktadır. Bunun sonucunda yaşanan ambargo ile Türkiye'nin yerli üretimde ısrarının ne derece önemli olduğu buradan fark edilmiştir. Bu durumun sonucu olarak öncesinde Deniz ve Hava Kuvvetlerini Güçlendirme Vakfına ek olarak Kara Kuvvetlerine Güçlendirme Vakfı kurulmuştur. Kurulan bu vakıfların sayesinde Türkiye'nin ortak payda da buluşması amacıyla Aselsan, Havelsan, Aspilsan gibi kurumların faaliyetleri başlamıştır (SSB, 2019). Türkiye aynı zamanda sanayi sektörü altyapısında önemli gelişmeler kaydederken savunma sanayi sektörüne olan finansman kaynağında artışa gitmek gerektiği düşüncesi gündeme gelmiştir. Bu sayede 1985 yılında, 3238 Sayılı Kanun ile Milli Savunma Bakanlığı'na bağlı “Savunma Sanayii Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı” kurulmuştur. Ayrıca 1989 hükmünde kararname ile SAGEB, yine MSB'ye bağlı Savunma Sanayii Müsteşarlığı (SSM) ismini alarak yeniden düzenlenmiştir. SSM'nin kuruluşunun ana amacına yönelik olarak 3238 Sayılı Savunma Sanayii Hakkında Kanun'un ifade ettiği; modern bir savunma sanayi sistemi ve TSK'nın modernizasyonudur (Ziylan, 2004: 1).

Savunma sanayi sektöründe yıllardan beri süre gelen tüm bu gelişmelere rağmen Türk savunma sanayi sektörü henüz gelişmişlik düzeyine yeterli düzeyde ulaşamamaktadır. Asıl manası ile Türkiye, mühendislik ve özgün tasarım konularında

gerekli ilerlemeyi gösterememektedir. Ancak Türkiye bunlara rağmen yeterli düzeye gelme gayrete içerisinde. Bugün itibari ile Türk Silahlı Kuvvetleri'nin kullandığı silah ve teçhizatların millilik oranı %65 seviyelerindedir ve Türkiye bu yolda ısrarını sürdürmektedir (Pınar, 2018: 2351).

2.4.Savunma Sanayinin Ekonomik Etkileri

Bir ülkenin güçlü bir savunma sanayiye sahip olması o ülkenin güçlü bir ekonomisi olduğunun göstergelerindedir. Aynı zamanda bu güçlü savunma sanayiye yine güçlü bir ekonomi ile desteklemek devamlılık açısından önemlidir. Bu açıdan Türkiye'nin güçlü bir ekonomisinin olması ülkenin gelişmesi açısından yanı sıra dış dünya için önemli bir caydırıcı savunma politikalarını gösterebilme gücünü vermektedir (Canbay, 2010: 15).

Ekonomik anlamda, savunma sanayi için kullanılan araçların Türkiye'nin ekonomik olarak gelişmesi için ayrılması ülkenin kalkınmasında önemli bir adım olmaktadır. Savunma sanayi sektörü alanında yapılacak her türlü yatırım, Türkiye'nin ekonomik anlamda gelişmesi sağlayacağı projelerle birlikte ele alınmalıdır. Savunma sanayi sektöründe gerekli büyüme ve ilerlemeyi bu şekilde yapılacak bir planlama ile sağlamak mümkündür. Ülkenin ekonomik planlaması ile beraber yürütülmeyen savunma sanayi sektörü gelişmekte olan ülkelerde görüldüğü üzere çıktılarının yüksek maliyetlerle üretimine sebep olmakta ve bu da sektörünün ömrünü kısaltmaktadır. Bu durumda gereksiz bir kaynak israfı ile karşı karşıya kalmak olasıdır (Keskin, 2007: 58).

Savunma sanayi sektöründe teknik açıdan gelişmişlik gösteremeyen ülkeler dış dünyadan sürekli bir yardıma ihtiyaç duymaktadır. Bu durumdaki ülkeleri dış borca sürüklemektedir ve savunma sanayi dış ticarete büyük bir öneme sahiptir. Dünya Bankası ve IMF gibi kurumlar, borçlu olan ülkelere sağlık ve eğitim harcamalarını kısma politikası uygulamalarına yönlendirmesinden kaynaklı olarak ülkeler yapısal olarak sorunlarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu nedenle savunma sanayi ülkelerin ekonomik gücü ile doğru orantılı bir şekilde güç kazanmaktadır. Savunma sanayinde gelişmiş bir ülke sektörünün ihtiyaçlarını karşılayacak gücü elinde bulunduruyor demektir. Savunma sektörü ihtiyaçlarını kendi üretimi ile sağlayan ülkelerde savunma

sanayi sektörü ve ekonomik büyüme çok daha büyük ilerlemeler kaydetmektedir (Şişman, 2017: 228).

2.5.Savunma Sanayi Ligi

SIPRI, 2015–2021 yıllarında 68 devleti büyük silah ihracatçısı olarak tanımlamaktadır. Bu dönemde en büyük beş silah üreticisi olan ABD, Rusya, Fransa, Almanya ve Çin silah ihracatının %76'sını oluşturmaktadır. En büyük 25 silah ihracatçısı, 2015-2021 döneminde dünyanın en büyük silah ihracatının %99' unu oluşturmaktadır. ABD, 2015-2021 yılları arasında en büyük silah ihracatçısı ülke konumundadır ve 96 ülkeye silahlar satışı yapmaktadır. Bu silah ihracatı için diğer ihracatçı ülkelere göre çok daha fazladır (SIPRI, 2021).

2.5.1.Türk savunma sanayi ihracat ve ithalat düzeyleri

Dış pazarlara savunma ürünleri ihracatının gerçekleştirilebilmesi, sektörün yurt içinde azami ölçüde kullanmaya çalıştığı ulusal yeteneklerin; teknolojik gelişmişlik ve kalite standartları bakımından dünya çapında faaliyet gösteren oyuncularla rekabet edebilir seviyeye ulaşmayı sağladığını gösterir. Savunma ürünleri ihracatı uluslararası arenada sadece ekonomik kazanımları değil, özellikle bahse konu ülke/ bölgede politik ve askeri açıdan ulaşılmak istenilen stratejik etki ve gücü de beraberinde getirmektedir. Kendi kendine yetebilen savunma sanayi ile dışa bağımlılık engellenirken; savunma ürünleri ihracatıyla da satışın gerçekleştirildiği pazarlar üzerinde hâkimiyet kurulması mümkün olmaktadır .

2020 yılında savunma sanayi alanında faaliyet gösteren kişi ve kurumların aldığı yeni sipariş tutarı 10.671 M\$ idi. Bu tutarda 2020 yılında yaşanan azalma ile alınan siparişlerin toplamı 6.175 M\$ civarında gerçekleşmektedir. En yüksek sipariş alınan alan savunma sanayi sektörü alt dalı olan Kara Platformları/Sistemleridir. Onu takiben Silah Mühimmat Füze ile Sivil ve Askeri Havacılık gelmektedir. 2020 yılı ihracat tutarı 3.068 M\$, 2021 yılı ihracat tutarı ise 2.266 M\$ ile önceki yıla oranla %26 düzeyinde bir azalma gözlemlenmektedir.

Yurtdışı satış gelirlerini elde etmek için en büyük payın diğer ülkelerin pazarları olduğu gerçeği, sektör oyuncularının pazar oluşturma çabalarının performans göstermesi gerektiği düşüncesi doğru bir yaklaşımdır. Savunma sanayi sektörünü

etkileyen gizli ambargolar nedeni ile stok yaratma çabasının sektör üzerinde yaratacağı etkilerde değerlendirme içerisine alınmalıdır. Sektöre yönelik siparişlerin ağırlıklı olarak yurt içinden geldiği, yurt dışı bağlantıların henüz istenilen (beklenen) düzeye ulaşamadığı düşünülmektedir. Yurt dışı pazarlarda daha önemli gelişmeler sağlamak için sanayi sektörü ile devlet ikili ilişkisi büyük önem taşımaktadır.

2.6.Savunma Sanayinin Önemi

Ülkelerin buldukları jeopolitik konumlar savunma sanayi sektörlerinin gelişmesi açısından önemli yere sahiptir. Çoğu ülkenin coğrafi konumu ülkelerin bağımsızlığı ve geleceği için son derece yararlı bir etkidir. Aynı zaman her ülke için sürdürülebilirliği sağlamak savunma sanayi sektöründe yeterli gelişmişlik düzeyine sahip olmakla doğru orantılıdır. Savunma sanayi sektörünün temeli iyi hazırlanmış olan ülkeler her zaman için kendileri çok daha ileriye taşıyabilmekteledir. Her ülke güvenlik sorunu yaşandığında belirli ihtiyaçlarının oluştuğu kanısına varmaktadır. Bu durumda ülkelerin yapacağı tek çözüm savunma harcamalarını harekete geçirmektir.

Ülkelerin uzun soluklu bir varlık mücadelesi verebilmesi için savunma harcamalarına önem vermesi önemli bir şarttır. Aynı zamanda yapılan incelemelerde savunma harcaması yapan ülkelerin genellikle gelişmiş teknolojik sisteme sahip ülkeler olduğu görülmektedir. Çünkü teknolojik ilerleme kaydedemeyen bir ülkenin savunma sanayisini geliştirmesi pek mümkün olmamaktadır. Küresel çapta söz sahibi olmanın yolu güçlü bir savunma sanayiye sahip olmaktan geçmektedir (Öztürk, 2019: 65). Bir ülkenin bilimsel altyapısını anlamak için savunma sanayi sektöründe incelemeler yapmak yanlış bir adım değildir. Savunma sektörü için tüm sanayi kollarının lokomotifi benzetmesini yapmak mümkündür. Savunma sanayi sektörünün hiçbir zaman gündemden düşmeyeceği açıklanmaktadır (Demirel, 2012: 10).

2.7.Literatür Araştırması

Ülkelerin sahip olacağı güçlü bir savunma sanayi sistemi o ülkenin güçlü bir ekonomiye sahip olacağını gösterir. Ancak ülkelerin gelişmişlik düzeyleri, ekonomik etkinin beklenildiği gibi olumlu sonuçlanmasına engel olabilmektedir. Türkiye savunma sanayi teçhizatı üretimi yapan şirketleri ile dünya listesinde önemli derecelere gelmektedir. Türkiye'nin jeopolitik konumu büyük öneme sahiptir ve bu önemli konumu değerlendirebilmesi ise savunma sanayi ile doğru orantılıdır. Bu sebeple son dönemler de Türkiye 'nin de içerisinde yer aldığı savunma sanayi konusu üzerine çalışmalar gitgide artış göstermektedir. Türkiye'de savunma sanayi sektörü ileri teknolojinin kullanılmasıyla ülkenin savunulmasında ihtiyaç duyulacak donanımları, özel kuruluşlar haricinde kamu kuruluşlarının katkısı ile sağlamaktadır. İthalat düzeyleri, ihracat düzeyleri, alınacak siparişler ve toplam ciro sonuçlarına pozitif etki yaratacak bu gelişim süreci ülkenin yapacağı teşviklerle desteklenmelidir. Ekonomi üzerinde yapmış olduğu olumlu etkilere bakılacak olursa savunma projelerinde gerekli teminlerin sağlanması, aynı zamanda bütçe sorununa yol açılmaması ve kaynak tahsisinde etkinliği kaybetmeden devletin sağlayacağı destek ve teşviklerle projelerin sürekliliği sağlanabilmektedir. Savunma sanayine ilişkin çalışmalar incelendiğinde aşağıdaki gibi üç başlık altında toparlanabileceği ifade edilebilir.

2.7.1.Teorik temelleri ortaya koyan çalışmalar

Heberling (1994), savunma sanayiye ayrılan bütçelerin ve düşman tehditlerinin azaltılmaya başlandığı dönemlerde güçlü bir savunma sanayi üssünün korunmasına ilişkin sorunlar ortaya çıkmıştır. Bu çalışma, savunma sanayi politikası hedeflerini açıklamakta ve bu hedeflerin aynı anda gerçekleştirilemeyeceğini savunmaktadır. Savunma sanayi politikası hedefleri arasında güçlü bir üretim üssü oluşturma, üretim kabiliyeti sağlama, savunma teknolojisinde öncü bir lider olma ve savunma firmaları arasında kabul edilebilir bir rekabet ortamının oluşması vardır. İşte burada asıl sorun bu dört hedefin toplu olarak elde edilemez olmasıdır. Gerekli olan ise bu dört hedefi sağlayacak bir savunma sanayi politikası gerçekleştirmektir. Brauer (1998), gelişmekte olan ülkelerin savunma sanayi sistemlerini konu aldığı çalışmada, savunma sanayide ekonomik ve ekonomik olmayan amaçlarının neler olduğunu, yerli

halkın bundan ekonomik bir fayda sağlanıp sağlanmadığı incelenektedir. Aynı zamanda savunma sanayi sistemlerinin gelişiminin siyasi bağlantılara değil ekonomik güce bağlı olduğu görüşünü savunmaktadır.

Blancard (2018), savunma sanayinde firmaların piyasa değerinde yaşanacak önemli değişiklikler savunma sanayinin önem düzeyini de etkilemektedir. Birçok çalışma, savunma sanayinin değişen doğasına büyük önem vermektedir. Soğuk Savaşın sona ermesinden bu yana, hemen hemen tüm savunma şirketleri serbest piyasa ekonomisinden etkilenmektedir ayrıca savunma sanayi sektöründe yaşanan yapısal değişikliklerinin sektörün oluşturduğu sistemin düzenini kaybettiği iddia edilmektedir.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR

3.1.Yöntem

- **Kurumsal / Kavramsal Çerçevesi:** Bu tez savunma sanayinin etkinliğini yıllara göre ortaya koyacaktır. Böylelikle yıllara göre savunma sanayinin etkinliği ölçülmüş olacaktır. Bu amaçla bulanık veri zarflama analizi kullanılacaktır. Aynı zamanda Tezde savunma sanayisinde önde gelen 5 firma'nın 2021 yılı verileri ele alınmış olup bu 5 firmanın etkinlikleri ölçülmüş olacaktır. Firma ismi ve verileri dışarı ile paylaşılması yasak olduğu için firmaların isimleri yerine farklı değişkenler tanımlanmıştır. Bu bağlamda Savunma ve Havacılık İmalatçıları Derneğinin 2012-2021 yılları arasındaki raporları kullanılacaktır.
- **Varsayımları:** Bu tezin varsayımı savunma sanayinin son 5 yılda etkinliğinin artması ve Savunma sanayinde faaliyet gösteren 5 firmanın etkinliklerinin sıralanması, en etkin firmaların belirlenmesidir.
- **Sınırlılıkları:** Bu tez çalışmasının savunma sanayi şirket/firma bazında yapılırken firma ismi ve açık kaynak belirtilerek en etkin olan şirket/firma ismi ile tespit edilebilirdi. Fakat bu gibi verilerin elde edilmesi sorunları yaşandığı için firmaların ismi belirtilmeden verileri convert ederek yayınlamak zorunda kaldık. Bu sebepten ötürü savunma sanayide ele alınan 5 firmanın isimleri verilmemiş örnek isim paylaşılmıştır. Bulanık veri zarflama analizi ile yıllık bazda etkinlik ölçümü için Savunma ve Havacılık İmalatçıları Derneğinin 2012-2021 yılları arasındaki raporları kullanılacaktır ve bunlara erişim sağlanabilmektedir.
- **Veri Toplama Tekniği:** Savunma ve Havacılık İmalatçıları Derneğinin 2012-2021 yılları arasındaki raporları kullanılacaktır.

3.2.Savunma ve Havacılık İmalatçıları Derneğinin 2012-2021 yılları arasındaki raporlarından elde edilen veriler ve Savunma Sanayisinde yer alan 5 şirketin 2021 yılı raporlarından elde edilen veriler

Bu bölümde savunma ve havacılık imalatçıları derneğinin 2012-2021 yılları arasındaki raporlarından elde edilen veriler ve Savunma Sanayisinde yer alan 5 şirketin 2021 yılı raporlarından elde edilen veriler öncelikle her yıl için verilmiştir. Bunun ardından veri zarflama analizinde kullanılacak olan yıllık bazda girdi ve çıktı tek bir tabloda toplanarak gösterilmiştir.

3.3.Bulanık Veri Zarflama Analizi

Çalışmanın bu bölümünde SASAD raporlarından toplanmış olan veriler için bulanık veri zarflama analizi açıklanmıştır. Bu amaçla MSExcel Solver eklentisi kullanılmıştır.

3.3.1.Kapsam ve kısıtları

- Tüm giriş verileri sayısaldir ve negatif değildir.
- Tüm giriş verileri sayısaldir ve negatif değildir.
- Amaç, her karar verme biriminin görelî etkinliğini hesaplamaktır. Karışım verimsizliği dikkate alınmaz.
- Karar verme birimlerinin çapraz etkinlikleri dikkate alınmaz (ancak temel modelin karar değişkenleri kullanılarak hesaplanabilir).

3.3.2.Algoritma

Kullanıcı tarafından seçilen veri zarflama analiz modelini çözmek için Excel'in dahili çözücü aracı kullanılır. Seçenekler aşağıda yer almaktadır.

- CCR model and its dual, presented by A. Charnes, W.W. Cooper and E. Rhodes (1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", European Journal of Operational Research 2, pp.429-444.
- BCC model and its dual, presented by R.D. Banker, A. Charnes, W.W. Cooper (1984), "Some models for estimating technical and scale inefficiency in data envelopment analysis", Management Science 30 (1984), pp. 1078-1092.

Bu seçenekler için kullanılan modeller aşağıda açıklanmıştır.

➤ CCR 1978

Herhangi bir karar verme biriminin etkinliğine ilişkin önerilen ölçümümüz, her karar verme birimi için benzer oranların birden küçük veya bire eşit olması koşuluyla, ağırlıklı çıktılarının ağırlıklı girdilere oranının maksimumu olarak elde edilir.

$$x h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (1)$$

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

$$l_r, v_i \geq 0; \quad r = l, \dots, s; \quad i = l, \dots, m.$$

$$E_r = y_r / y_R$$

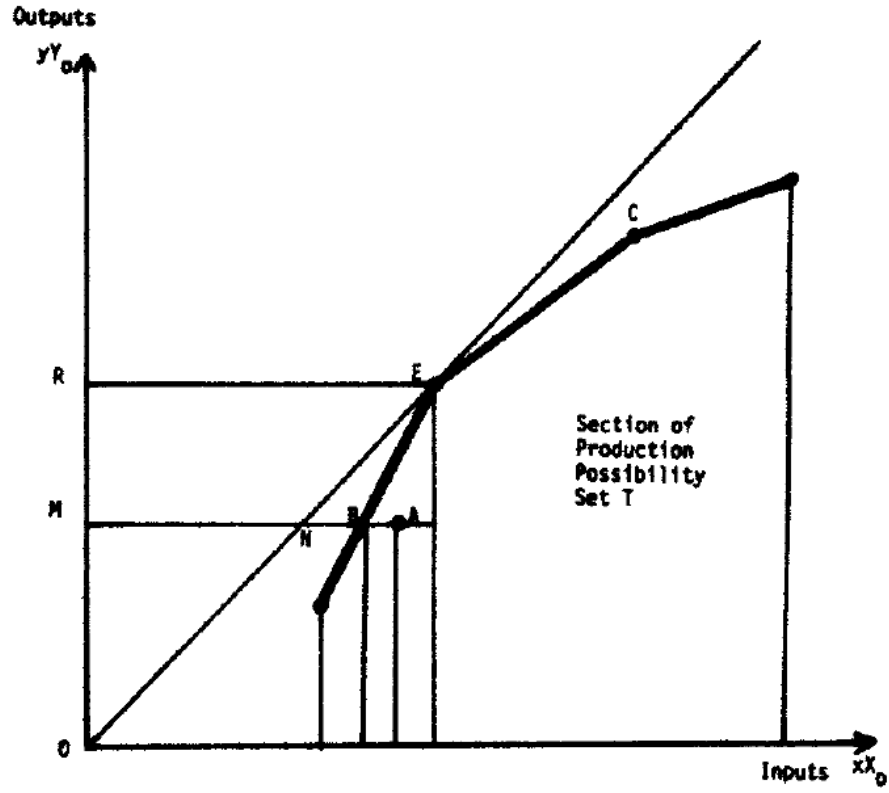
Burada

YR = Belirli bir yakıt girdisinden elde edilebilecek maksimum ısı,

Yr= Girdi tarafından elde edilen ısı, aynı yakıt girdisinden derecelendirilir

$$\begin{aligned} \max h_0 \\ = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \end{aligned} \quad \begin{aligned} \text{subject to } l > \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}}, \quad j = l, \dots, n, \\ u_r, v_i > 0^l, \quad i = l, \dots, m; \quad r = l, \dots, s. \end{aligned} \quad (2)$$

➤ Banker (1984)



Şekil 1. Teknik ve ölçek verimliliği

Girdi- Teknik Verimliliği

$$\frac{MB}{MA} = \frac{y_A / y_B}{x_A / x_B} = \frac{x_B}{x_A} \quad (3)$$

Girdi- Ölçek Verimliliği

$$\frac{MN}{MB} = \frac{y_B / y_N}{x_B / x_N} = \frac{x_E}{x_B} \cdot \frac{y_B}{y_E} \quad (4)$$

Teknik ve Ölçek Verimliliği

$$\frac{MN}{MA} = \frac{y_A / y_N}{x_A / x_N} = \frac{x_E}{x_A} \cdot \frac{y_A}{y_E} \quad (5)$$

3.4.Yıllara Göre Savunma Sanayi Veri Zarflama Analizi

Bu bölümde yıllık bazda girdi odaklı bir model kurulmuş olup verimlilik puanı ve primal amaç fonksiyonu tablolar halinde sunulmuştur. Bunun yanı sıra etkinlik puanları yıllara bağlı olarak görselleştirilmiştir. Tablo 3.10'da bulunan tablodaki veriler kullanılmıştır.

Veri Zarflama

Karar Değişkenleri

a1 = Yılın verimlilik puanında Çıktının ağırlığı

b1 = Yılın verimlilik puanında Girdinin ağırlığı

b2 = Yılın verimlilik puanında Girdinin ağırlığı

b3 = Yılın verimlilik puanında Girdinin ağırlığı

2012 yılı için matematiksel model ve verimlilik tablosu

Maks= 4756380651a1

Kısıtlar

$$4756380651a1-772751351b1-1409009514b2-1262000000b3\leq 0$$

$$5076000000a1-926000000b1-1326000000b2-1569000000b3\leq 0$$

$$5101000000a1-154000000b1-1351000000b2-1650000000b3\leq 0$$

$$4908000000a1-904000000b1-1067000000b2-1929000000b3\leq 0$$

$$5968000000a1-1254000000b1-1289000000b2-1953000000b3\leq 0$$

$$6693000000a1-1237000000b1-1544000000b2-1824000000b3\leq 0$$

$$8761000000a1-1448000000b1-2449000000b2-2188000000b3\leq 0$$

$$10884000000a1-1672000000b1-3088000000b2-3068000000b3\leq 0$$

$$8856000000a1-1241000000b1-2161000000b2-2266000000b3\leq 0$$

$$10159000000a1-1640000000b1-2062000000b2-3225000000b3\leq 0$$

$$772751351b1+1409009514b2+1262000000b3=1$$

$$a1,b1,b2,b3\geq 0$$

Tablo 17. 2012 yılı verimlilik puan tablosu

Hücre	Ad	İlk Değer	Son Değer
\$C\$20	Çıktı b1	100%	100%

Hücre	Ad	İlk Değer	Son Değer	Tamsayı
\$C\$16	Ağırlıklar b1	1.69757E-09	1.69757E-09	Sürekli
\$D\$16	Ağırlıklar b2	-1.40244E-09	-1.40244E-09	Sürekli
\$E\$16	Ağırlıklar b3	1.07888E-09	1.07888E-09	Sürekli
\$F\$16	Ağırlıklar a1	2.10244E-10	2.10244E-10	Sürekli

Hücre	Ad	Hücre Değeri	Formül	Durum	Serbestlik
\$C\$21	Girdi b1	100%	\$C\$21=1	Aynı	0
\$I\$4	Fark	0	\$I\$4<=0	Aynı	0
\$I\$5	Fark	0.735709779	\$I\$5<=0	Farklı	0.735709779
\$I\$6	Fark	0	\$I\$6<=0	Aynı	0
\$I\$7	Fark	1.721652838	\$I\$7<=0	Farklı	1.721652838
\$I\$8	Fark	1.605803776	\$I\$8<=0	Farklı	1.605803776
\$I\$9	Fark	0.858427828	\$I\$9<=0	Farklı	0.858427828
\$I\$10	Fark	2.66454E-15	\$I\$10<=0	Aynı	0
\$I\$11	Fark	0.393030271	\$I\$11<=0	Farklı	0.393030271
\$I\$12	Fark	0.293010672	\$I\$12<=0	Farklı	0.293010672
\$I\$13	Fark	0.068917666	\$I\$13<=0	Farklı	0.068917666

2013 yılı için matematiksel model ve verimlilik tablosu

Maks= 5076000000a1

Kısıtlar

$4756380651a1-772751351b1-1409009514b2-1262000000b3 \leq 0$

$5076000000a1-926000000b1-1326000000b2-1569000000b3 \leq 0$

$5101000000a1-154000000b1-1351000000b2-1650000000b3 \leq 0$

$4908000000a1-904000000b1-1067000000b2-1929000000b3 \leq 0$

$5968000000a1-1254000000b1-1289000000b2-1953000000b3 \leq 0$

$6693000000a1-1237000000b1-1544000000b2-1824000000b3 \leq 0$

$8761000000a1-1448000000b1-2449000000b2-2188000000b3 \leq 0$

$10884000000a1-1672000000b1-3088000000b2-3068000000b3 \leq 0$

$8856000000a1-1241000000b1-2161000000b2-2266000000b3 \leq 0$

$10159000000a1-1640000000b1-2062000000b2-3225000000b3 \leq 0$

$926000000b1+1326000000b2+1569000000b3=1$

$a1,b1,b2,b3 \geq 0$

Tablo 18. 2013 yılı verimlilik puan tablosu
Hedef Hücre (En Büyük)

Hücre	Ad	İlk Değer	Son Değer
\$C\$20	Çıktı b1	107%	90%

Hücre	Ad	İlk Değer	Son Değer	Tamsayı
\$C\$16	Ağırlıklar b1	1.69757E-09	8.80203E-11	Sürekli
\$D\$16	Ağırlıklar b2	-1.40244E-09	5.56922E-10	Sürekli

\$E\$16	Ağırlıklar b3	1.07888E-09	1.3328E-10	Sürekli
\$F\$16	Ağırlıklar a1	2.10244E-10	1.77096E-10	Sürekli

Hücre	Ad	Hücre Değeri	Formül	Durum	Serbestlik
\$C\$21	Girdi b1	100%	\$C\$21=1	Aynı	0
\$I\$4	Fark	-0.156445945	\$I\$4<=0	Farklı	0.156445945
\$I\$5	Fark	-0.101060068	\$I\$5<=0	Farklı	0.101060068
\$I\$6	Fark	-0.014792886	\$I\$6<=0	Farklı	0.014792886
\$I\$7	Fark	-0.015324602	\$I\$7<=0	Farklı	0.015324602
\$I\$8	Fark	0	\$I\$8<=0	Aynı	0
\$I\$9	Fark	0	\$I\$9<=0	Aynı	0
\$I\$10	Fark	-0.197941094	\$I\$10<=0	Aynı	0.197941094
\$I\$11	Fark	-0.28515182	\$I\$11<=0	Farklı	0.28515182
\$I\$12	Fark	0	\$I\$12<=0	Farklı	0
\$I\$13	Fark	-0.068917666	\$I\$13<=0	Farklı	0.128144367

2014 yılı için matematiksel model ve verimlilik tablosu

Maks=5101000000a1

Kısıtlar

4756380651a1-772751351b1-1409009514b2-1262000000b3<=0

5076000000a1-926000000b1-1326000000b2-1569000000b3<=0

5101000000a1-154000000b1-1351000000b2-1650000000b3<=0

4908000000a1-904000000b1-1067000000b2-1929000000b3<=0

5968000000a1-1254000000b1-1289000000b2-1953000000b3<=0

6693000000a1-1237000000b1-1544000000b2-1824000000b3<=0

8761000000a1-1448000000b1-2449000000b2-2188000000b3<=0

$$10884000000a1-1672000000b1-3088000000b2-3068000000b3\leq 0$$

$$8856000000a1-1241000000b1-2161000000b2-2266000000b3\leq 0$$

$$10159000000a1-1640000000b1-2062000000b2-3225000000b3\leq 0$$

$$1540000000b1+1351000000b2+1650000000b3=1$$

$$a1,b1,b2,b3\geq 0$$

Tablo 19. 2014 yılı verimlilik puan tablosu

Hedef Hücre (En Büyük)

Hücre	Ad	İlk Değer	Son Değer
\$C\$20	Çıktı b1	90%	100%

Değişken Hücreleri

Hücre	Ad	İlk Değer	Son Değer	Tamsayı
\$C\$16	Ağırlıklar b1	8.80203E-11	5.7317E-10	Sürekli
\$D\$16	Ağırlıklar b2	5.56922E-10	0	Sürekli
\$E\$16	Ağırlıklar b3	1.3328E-10	3.52399E-10	Sürekli
\$F\$16	Ağırlıklar a1	1.77096E-10	1.9604E-10	Sürekli

Kısıtlamalar

Hücre	Ad	Hücre Değeri	Formül	Durum	Serbestlik
\$C\$21	Fark	100%	\$C\$21=1	Aynı	0
\$I\$4	Fark	-0.063216379	\$I\$4<=0	Farklı	0.063216379
\$I\$5	Fark	-0.230526041	\$I\$5<=0	Aynı	0.230526041
\$I\$6	Fark	0	\$I\$6<=0	Farklı	0

\$I\$7	Fark	-0.462049209	\$I\$7<=0	Farklı	0.462049209
\$I\$8	Fark	-0.391342453	\$I\$8<=0	Farklı	0.391342453
\$I\$9	Fark	-0.169283742	\$I\$9<=0	Farklı	0.169283742
\$I\$10	Fark	-0.046863071	\$I\$10<=0	Farklı	0.046863071
\$I\$11	Fark	-0.046863071	\$I\$11<=0	Farklı	0.213997133
\$I\$12	Fark	0	\$I\$12<=0	Aynı	0
\$I\$13	Fark	-0.014483951	\$I\$13<=0	Farklı	0.213997133

2015 yılı için matematiksel model ve verimlilik tablosu

Maks= 4908000000a1

Kısıtlar

$$4756380651a1-772751351b1-1409009514b2-1262000000b3\leq 0$$

$$5076000000a1-926000000b1-1326000000b2-1569000000b3\leq 0$$

$$5101000000a1-154000000b1-1351000000b2-1650000000b3\leq 0$$

$$4908000000a1-904000000b1-1067000000b2-1929000000b3\leq 0$$

$$5968000000a1-1254000000b1-1289000000b2-1953000000b3\leq 0$$

$$6693000000a1-1237000000b1-1544000000b2-1824000000b3\leq 0$$

$$8761000000a1-1448000000b1-2449000000b2-2188000000b3\leq 0$$

$$10884000000a1-1672000000b1-3088000000b2-3068000000b3\leq 0$$

$$8856000000a1-1241000000b1-2161000000b2-2266000000b3\leq 0$$

$$10159000000a1-1640000000b1-2062000000b2-3225000000b3\leq 0$$

$$904000000b1+1067000000b2+1929000000b3=1$$

$$a1,b1,b2,b3\geq 0$$

Tablo 20. 2015 yılı verimlilik puan tablosu

Hedef Hücre (En Büyük)

Hücre	Ad	İlk Değer	Son Değer
\$C\$20	Çıktı b1	96%	100%

Değişken Hücreleri

Hücre	Ad	İlk Değer	Son Değer	Tamsayı
\$C\$16	Ağırlıklar b1	5.7317E-10	-2.09725E-11	Sürekli
\$D\$16	Ağırlıklar b2	0	9.75123E-10	Sürekli
\$E\$16	Ağırlıklar b3	3.52399E-10	0	Sürekli
\$F\$16	Ağırlıklar a1	1.9604E-10	2.03749E-10	Sürekli

Kısıtlamalar

Hücre	Ad	Hücre Değeri	Formül	Durum	Serbestlik
\$C\$21	Girdi b1	100%	\$C\$21=1	Aynı	0
\$I\$4	Fark	-0.378382244	\$I\$4<=0	Farklı	0.378382244
\$I\$5	Fark	-0.225877089	\$I\$5<=0	Farklı	0.225877089
\$I\$6	Fark	-0.243462659	\$I\$6<=0	Farklı	0.243462659
\$I\$7	Fark	0	\$I\$7<=0	Aynı	0
\$I\$8	Fark	0	\$I\$8<=0	Aynı	0
\$I\$9	Fark	-0.103643759	\$I\$9<=0	Farklı	0.103643759
\$I\$10	Fark	-0.557142994	\$I\$10<=0	Farklı	0.557142994
\$I\$11	Fark	-0.729231541	\$I\$11<=0	Farklı	0.729231541
\$I\$12	Fark	-0.255315617	\$I\$12<=0	Farklı	0.255315617
\$I\$13	Fark	-0.495622194	\$I\$13<=0	Farklı	0.495622194

2016 yılı için matematiksel model ve verimlilik tablosu

Maks= 5968000000a1

Kısıtlar

$4756380651a1-772751351b1-1409009514b2-1262000000b3 \leq 0$

$5076000000a1-926000000b1-1326000000b2-1569000000b3 \leq 0$

$5101000000a1-154000000b1-1351000000b2-1650000000b3 \leq 0$

$4908000000a1-904000000b1-1067000000b2-1929000000b3 \leq 0$

$5968000000a1-1254000000b1-1289000000b2-1953000000b3 \leq 0$

$6693000000a1-1237000000b1-1544000000b2-1824000000b3 \leq 0$

$8761000000a1-1448000000b1-2449000000b2-2188000000b3 \leq 0$

$10884000000a1-1672000000b1-3088000000b2-3068000000b3 \leq 0$

$8856000000a1-1241000000b1-2161000000b2-2266000000b3 \leq 0$

$10159000000a1-1640000000b1-2062000000b2-3225000000b3 \leq 0$

$1254000000b1+1289000000b2+1953000000b3=1$

$a1,b1,b2,b3 \geq 0$

Tablo 21. 2016 yılı verimlilik puan tablosu

Hedef Hücre (En Büyük)

Hücre	Ad	İlk Değer	Son Değer
\$C\$20	Çıktı b1	122%	100%

Değişken Hücreleri

Hücre	Ad	İlk Değer	Son Değer	Tamsayı
\$C\$16	Ağırlıklar b1	2.09725E-11	1.48143E-10	Sürekli
\$D\$16	Ağırlıklar b2	9.75123E-10	5.5134E-10	Sürekli
\$E\$16	Ağırlıklar b3	0	0	Sürekli
\$F\$16	Ağırlıklar a1	2.03749E-10	1.6756E-10	Sürekli

Kısıtlamalar

Hücre	Ad	Hücre Değeri	Formül	Durum	Serbestlik
\$C\$21	Girdi b1	100%	\$C\$21=1	Aynı	0
\$I\$4	Fark	-0.166818657	\$I\$4<=0	Farklı	0.166818657
\$I\$5	Fark	- 0.112976534	\$I\$5<=0	Farklı	0.112976534
\$I\$6	Fark	-0.134570591	\$I\$6<=0	Farklı	0.134570591
\$I\$7	Fark	- 0.051661069	\$I\$7<=0	Farklı	0.051661069
\$I\$8	Fark	0	\$I\$8<=0	Aynı	0
\$I\$9	Fark	0	\$I\$9<=0	Aynı	0
\$I\$10	Fark	-0.206371798	\$I\$10<=0	Farklı	0.206371798
\$I\$11	Fark	-0.333313083	\$I\$11<=0	Farklı	0.333313083
\$I\$12	Fark	-0.043222835	\$I\$12<=0	Farklı	0.043222835
\$I\$13	Fark	-0.164614487	\$I\$13<=0	Farklı	0.164614487

2017 yılı için matematiksel model ve verimlilik tablosu

Maks= 6693000000a1

Kısıtlar

4756380651a1-772751351b1-1409009514b2-1262000000b3<=0

5076000000a1-926000000b1-1326000000b2-1569000000b3<=0

5101000000a1-154000000b1-1351000000b2-1650000000b3<=0

4908000000a1-904000000b1-1067000000b2-1929000000b3<=0

5968000000a1-1254000000b1-1289000000b2-1953000000b3<=0

6693000000a1-1237000000b1-1544000000b2-1824000000b3<=0

8761000000a1-1448000000b1-2449000000b2-2188000000b3<=0

10884000000a1-1672000000b1-3088000000b2-3068000000b3<=0

8856000000a1-1241000000b1-2161000000b2-2266000000b3<=0

$$10159000000a1-1640000000b1-2062000000b2-3225000000b3\leq 0$$

$$1237000000b1+1544000000b2+1824000000b3=1$$

$$a1,b1,b2,b3\geq 0$$

Tablo 22. 2017 yılı verimlilik puan tablosu

Hedef Hücre (En Büyük)

Hücre	Ad	İlk Değer	Son Değer
\$C\$20	Çıktı b1	112%	100%

Değişken Hücreleri

Hücre	Ad	İlk Değer	Son Değer	Tamsayı
\$C\$16	Ağırlıklar b1	1.48143E-10	2.66435E-10	Sürekli
\$D\$16	Ağırlıklar b2	5.5134E-10	3.32916E-10	Sürekli
\$E\$16	Ağırlıklar b3	0	0	Sürekli
\$F\$16	Ağırlıklar a1	1.6756E-10	1.4941E-10	Sürekli

Kısıtlamalar

Hücre	Ad	Hücre Değeri	Formül	Durum	Serbestlik
\$C\$21	Girdi b1	100%	\$C\$21=1	Aynı	0
\$I\$4	Fark	-0.094672873	\$I\$4<=0	Farklı	0.094672873
\$I\$5	Fark	-0.101079049	\$I\$5<=0	Farklı	0.101079049
\$I\$6	Fark	-0.127247956	\$I\$6<=0	Farklı	0.127247956
\$I\$7	Fark	-0.135871398	\$I\$7<=0	Farklı	0.135871398
\$I\$8	Fark	-0.05779874	\$I\$8<=0	Farklı	0.05779874
\$I\$9	Fark	0	\$I\$9<=0	Aynı	0
\$I\$10	Fark	-0.089291744	\$I\$10<=0	Farklı	0.089291744
\$I\$11	Fark	-0.219290937	\$I\$11<=0	Farklı	0.219290937

\$I\$12	Fark	0	\$I\$12<=0	Aynı	0
\$I\$13	Fark	-0.067104636	\$I\$13<=0	Farklı	0.067104636

2018 yılı için matematiksel model ve verimlilik tablosu

Maks= 8761000000a1

4756380651a1-772751351b1-1409009514b2-1262000000b3<=0

5076000000a1-926000000b1-1326000000b2-1569000000b3<=0

5101000000a1-154000000b1-1351000000b2-1650000000b3<=0

4908000000a1-904000000b1-1067000000b2-1929000000b3<=0

5968000000a1-1254000000b1-1289000000b2-1953000000b3<=0

6693000000a1-1237000000b1-1544000000b2-1824000000b3<=0

8761000000a1-1448000000b1-2449000000b2-2188000000b3<=0

10884000000a1-1672000000b1-3088000000b2-3068000000b3<=0

8856000000a1-1241000000b1-2161000000b2-2266000000b3<=0

10159000000a1-1640000000b1-2062000000b2-3225000000b3<=0

1448000000b1+2449000000b2+2188000000b3=1

a1,b1,b2,b3>=0

Tablo 23. 2018 yılı verimlilik puan tablosu

Hedef Hücre (En Büyük)

Hücre	Ad	İlk Değer	Son Değer
\$C\$20	Çıktı b1	131%	100%

Değişken Hücreleri

Hücre	Ad	İlk Değer	Son Değer	Tamsayı
\$C\$16	Ağırlıklar b1	2.66435E-10	3.72251E-10	Sürekli
\$D\$16	Ağırlıklar b2	3.32916E-10	1.34116E-10	Sürekli
\$E\$16	Ağırlıklar b3	0	-9.8712E-11	Sürekli
\$F\$16	Ağırlıklar a1	1.4941E-10	1.14142E-10	Sürekli

Kısıtlamalar

Hücre	Ad	Hücre Değeri	Formül	Durum	Serbestlik
\$C\$21	Girdi b1	100%	\$C\$21=1	Aynı	0
\$I\$4	Fark	-0.039567628	\$I\$4<=0	Farklı	0.039567628
\$I\$5	Fark	-0.091106155	\$I\$5<=0	Farklı	0.091106155
\$I\$6	Fark	-0.197963494	\$I\$6<=0	Farklı	0.197963494
\$I\$7	Fark	-0.211727918	\$I\$7<=0	Farklı	0.211727918
\$I\$8	Fark	-0.094895749	\$I\$8<=0	Farklı	0.094895749
\$I\$9	Fark	0	\$I\$9<=0	Aynı	0
\$I\$10	Fark	0	\$I\$10<=0	Aynı	0
\$I\$11	Fark	-0.148845434	\$I\$11<=0	Farklı	0.148845434
\$I\$12	Fark	0	\$I\$12<=0	Aynı	0
\$I\$13	Fark	-0.015266362	\$I\$13<=0	Farklı	0.015266362

2019 yılı için matematiksel model ve verimlilik tablosu

Maks= 10884000000a1

Kısıtlar

4756380651a1-772751351b1-1409009514b2-1262000000b3<=0

5076000000a1-926000000b1-1326000000b2-1569000000b3<=0

5101000000a1-154000000b1-1351000000b2-1650000000b3<=0

4908000000a1-904000000b1-1067000000b2-1929000000b3<=0

5968000000a1-1254000000b1-1289000000b2-1953000000b3<=0

6693000000a1-1237000000b1-1544000000b2-1824000000b3<=0

8761000000a1-1448000000b1-2449000000b2-2188000000b3<=0

10884000000a1-1672000000b1-3088000000b2-3068000000b3<=0

8856000000a1-1241000000b1-2161000000b2-2266000000b3<=0

10159000000a1-1640000000b1-2062000000b2-3225000000b3<=0

1672000000b1+3088000000b2+3068000000b3=1

a1,b1,b2,b3>=0

Tablo 24. 2019 yılı verimlilik puan tablosu

Hedef Hücre (En Büyük)

Hücre	Ad	İlk Değer	Son Değer
\$C\$20	Çıktı b1	124%	91%

Değişken Hücreleri

Hücre	Ad	İlk Değer	Son Değer	Tamsayı
\$C\$16	Ağırlıklar b1	3.72251E-10	2.68746E-10	Sürekli
\$D\$16	Ağırlıklar b2	1.34116E-10	-2.95986E-11	Sürekli
\$E\$16	Ağırlıklar b3	-9.8712E-11	1.59622E-10	Sürekli
\$F\$16	Ağırlıklar a1	1.14142E-10	8.391E-11	Sürekli

Kısıtlamalar

Hücre	Ad	Hücre Değeri	Formül	Durum	Serbestlik
\$C\$21	Girdi b1	100%	\$C\$21=1	Aynı	0
\$I\$4	Fark	-0.021693081	\$I\$4<=0	Farklı	0.021693081
\$I\$5	Fark	-0.104297645	\$I\$5<=0	Farklı	0.104297645
\$I\$6	Fark	0	\$I\$6<=0	Aynı	0
\$I\$7	Fark	-0.219297348	\$I\$7<=0	Farklı	0.219297348
\$I\$8	Fark	-0.186099577	\$I\$8<=0	Farklı	0.186099577
\$I\$9	Fark	-0.080335434	\$I\$9<=0	Farklı	0.080335434
\$I\$10	Fark	-0.011526678	\$I\$10<=0	Farklı	0.011526678

\$I\$11	Fark	-0.086724016	\$I\$11<=0	Farklı	0.086724016
\$I\$12	Fark	0	\$I\$12<=0	Aynı	0
\$I\$13	Fark	0	\$I\$13<=0	Aynı	0

2020 yılı için matematiksel model ve verimlilik tablosu

Maks= 8856000000a1

Kısıtlar

$$4756380651a1-772751351b1-1409009514b2-1262000000b3\leq 0$$

$$5076000000a1-926000000b1-1326000000b2-1569000000b3\leq 0$$

$$5101000000a1-154000000b1-1351000000b2-1650000000b3\leq 0$$

$$4908000000a1-904000000b1-1067000000b2-1929000000b3\leq 0$$

$$5968000000a1-1254000000b1-1289000000b2-1953000000b3\leq 0$$

$$6693000000a1-1237000000b1-1544000000b2-1824000000b3\leq 0$$

$$8761000000a1-1448000000b1-2449000000b2-2188000000b3\leq 0$$

$$10884000000a1-1672000000b1-3088000000b2-3068000000b3\leq 0$$

$$8856000000a1-1241000000b1-2161000000b2-2266000000b3\leq 0$$

$$10159000000a1-1640000000b1-2062000000b2-3225000000b3\leq 0$$

$$1241000000b1+2161000000b2+2266000000b3=1$$

$$a1,b1,b2,b3\geq 0$$

Tablo 25. 2020 yılı verimlilik puan tablosu

Hedef Hücre (En Büyük)

Hücre	Ad	İlk Değer	Son Değer
\$C\$20	Çıktı b1	74%	100%

Değişken Hücreleri

Hücre	Ad	İlk Değer	Son Değer	Tamsayı
\$C\$16	Ağırlıklar b1	2.68746E-10	3.78951E-10	Sürekli
\$D\$16	Ağırlıklar b2	-2.95986E-11	6.53853E-11	Sürekli
\$E\$16	Ağırlıklar b3	1.59622E-10	0	Sürekli
\$F\$16	Ağırlıklar a1	8.391E-11	1.12918E-10	Sürekli

Kısıtlamalar

Hücre	Ad	Hücre Değeri	Formül	Durum	Serbestlik
\$C\$21	Girdi b1	100%	\$C\$21=1	Aynı	0
\$I\$4	Fark	-0.033284319	\$I\$4<=0	Farklı	0.033284319
\$I\$5	Fark	-0.10810388	\$I\$5<=0	Farklı	0.10810388
\$I\$6	Fark	-0.137610577	\$I\$6<=0	Farklı	0.137610577
\$I\$7	Fark	-0.246561541	\$I\$7<=0	Farklı	0.246561541
\$I\$8	Fark	-0.150479032	\$I\$8<=0	Farklı	0.150479032
\$I\$9	Fark	-0.036402237	\$I\$9<=0	Farklı	0.036402237

\$I\$10	Fark	0	\$I\$10<=0	Aynı	0
\$I\$11	Fark	-0.135533373	\$I\$11<=0	Farklı	0.135533373
\$I\$12	Fark	0	\$I\$12<=0	Aynı	0
\$I\$13	Fark	-0.007260886	\$I\$13<=0	Farklı	0.007260886

2021 yılı için matematiksel model ve verimlilik tablosu

Maks= 10159000000a1

Kısıtlar

$$4756380651a1-772751351b1-1409009514b2-1262000000b3\leq 0$$

$$5076000000a1-926000000b1-1326000000b2-1569000000b3\leq 0$$

$$5101000000a1-154000000b1-1351000000b2-1650000000b3\leq 0$$

$$4908000000a1-904000000b1-1067000000b2-1929000000b3\leq 0$$

$$5968000000a1-1254000000b1-1289000000b2-1953000000b3\leq 0$$

$$6693000000a1-1237000000b1-1544000000b2-1824000000b3\leq 0$$

$$8761000000a1-1448000000b1-2449000000b2-2188000000b3\leq 0$$

$$10884000000a1-1672000000b1-3088000000b2-3068000000b3\leq 0$$

$$8856000000a1-1241000000b1-2161000000b2-2266000000b3\leq 0$$

$$10159000000a1-1640000000b1-2062000000b2-3225000000b3\leq 0$$

$$1640000000b1+2062000000b2+3225000000b3=1$$

$$a1,b1,b2,b3\geq 0$$

Tablo 26. 2021 yılı verimlilik puan tablosu

Hedef Hücre (En Büyük)

Hücre	Ad	İlk Değer	Son Değer
\$C\$20	Çıktı G1	100%	100%

Değişken Hücreleri

Hücre	Ad	İlk Değer	Son Değer	Tamsayı
\$C\$16	Ağırlıklar G1	1.52263E-10	1.52263E-10	Sürekli
\$D\$16	Ağırlıklar G2	2.46825E-10	2.46825E-10	Sürekli
\$E\$16	Ağırlıklar G3	0	0	Sürekli
\$F\$16	Ağırlıklar C1	9.84349E-11	9.84349E-11	Sürekli

Kısıtlamalar

Hücre	Ad	Hücre Değeri	Formül	Durum	Serbestlik
\$C\$21	Girdi G1	100%	\$C\$21=1	Aynı	0
\$I\$4	Fark	-0.071740257	\$I\$4<=0	Farklı	0.071740257
\$I\$5	Fark	-0.06653441	\$I\$5<=0	Farklı	0.06653441
\$I\$6	Fark	-0.082577438	\$I\$6<=0	Farklı	0.082577438
\$I\$7	Fark	-0.073958425	\$I\$7<=0	Farklı	0.073958425
\$I\$8	Fark	-0.028066858	\$I\$8<=0	Farklı	0.028066858
\$I\$9	Fark	0	\$I\$9<=0	Farklı	0

\$I\$10	Fark	-0.075236731	\$I\$10<=0	Aynı	0.028066858
\$I\$11	Fark	-0.157971708	\$I\$11<=0	Farklı	0.157971708
\$I\$12	Fark	-0.006676366	\$I\$12<=0	Aynı	0.006676366
\$I\$13	Fark	0	\$I\$13<=0	Farklı	0

Tablo 27. Yıllık bazda verimlilik puanı

Karar Verme Birimi	Verimlilik Puanı
2012	100,00%
2013	89.89%
2014	100,00%
2015	100,00%
2016	100,00%
2017	100,00%
2018	100,00%
2019	91.33%
2020	100,00%
2021	100,00%

Tablo 28. Primal amaç fonksiyonu

Karar Verme Birimi	Primal Amaç Fonksiyonu
2012	100,00
2013	89.894
2014	100,00
2015	100,00
2016	100,00
2017	100,00
2018	100,00
2019	91.328
2020	100,00
2021	100,00

3.5. Savunma Sanayindeki 5 şirketin Bulanık Veri Zarflama Analizi

Bu bölümde Savunma sanayisinde incelediğimiz 5 şirketten alınan veriler ile Bulanık Veri Zarflama Analizi yapılmıştır. Öncelikle α seviyesinde, $\alpha=0.1$ 'den $\alpha=0.9$ 'a kadar durulaştırma işlemleri yapılmıştır. Her seviye için yapılan durulaştırma işlemlerinin sonucunda Veri Zarflama Analizi ile etkinlikleri ölçülmüştür.

Durulaştırma İşlemleri

Durulaştırma işlemleri $\alpha=0,1$, $\alpha=0,2$, $\alpha=0,3$, $\alpha=0,4$, $\alpha=0,5$, $\alpha=0,6$, $\alpha=0,7$, $\alpha=0,8$ ve $\alpha=0,9$ seviyelerinin hepsinde yapılacaktır. Yapılan durulaştırma işlemleri her seviye için veri zarflama yöntemi ile etkinlikleri ölçülecektir.

$\alpha=0,1$ seviyesinde durulaştırılma

Tablo 3.14'de ki Ciro tablosunda ki veriler kullanılmıştır.

$\alpha = 0.1$ seviyesinde ÇIKTI'lar durulaştırma işlemleri aşağıdaki gibidir.

Şirket A için;

A şirketi için tablodaki çıktılar; $A = (1100000000, 1194270000, 1200000000)$

$\alpha = 0.1$;

$Ciro = (1100000000 * \sqrt{(0.1)} + (1194270000 * \sqrt{(0.1)}) + (1200000000 * \sqrt{(0.1)})) / 3$

$Ciro = 368,328,398.65$

Şirket B için;

B şirketi için tablodaki çıktılar $B = (645000000, 651420000, 655000000)$

$\alpha = 0.1$;

$Ciro = ((645000000 * \sqrt{(0.1)}) + (651420000 * \sqrt{(0.1)}) + (655000000 * \sqrt{(0.1)})) / 3$

$Ciro = 205,697,729.05$

Şirket C için;

C şirketi için tablodaki çıktılar $C = (1500000000, 1519980000, 1525000000)$

$\alpha = 0.1$;

$Ciro = ((1500000000 * \sqrt{(0.1)}) + (1519980000 * \sqrt{(0.1)}) + (1525000000 * \sqrt{(0.1)})) / 3$

$$\text{Ciro} = 479,082,957.33$$

Şirket D için;

$$\text{D şirketi için tablodaki çıktılar } D = (755000000, 759990000, 765000000)$$

$$\alpha = 0.1;$$

$$\text{Ciro} = ((755000000 * \sqrt{(0.1)}) + (759990000 * \sqrt{(0.1)}) + (765000000 * \sqrt{(0.1)})) / 3$$

$$\text{Ciro} = 240,332,048.08$$

Şirket E için;

$$\text{E şirketi için tablodaki çıktılar } E = (1290000000, 1302840000, 1314000000)$$

$$\alpha = 0.1;$$

$$\text{Ciro} = ((1290000000 * \sqrt{(0.1)}) + (1302840000 * \sqrt{(0.1)}) + (1314000000 * \sqrt{(0.1)})) / 3$$

$$\text{Ciro} = 411,817,095.13$$

$\alpha = 0.1$ seviyesinde GİRDİ'lerin durulaştırma işlemleri aşağıdaki gibidir.

Şirket A Girdi1 için;

A şirketi için tablodaki çıktılar

$$A = (250700000, 250733333.333333, 260000000)$$

$$\alpha = 0.1;$$

$$\text{Ciro} = 80,262,120.66$$

Şirket A Girdi2 için;

$$\text{A şirketi için tablodaki çıktılar } A = (350000000, 354307500, 360000000)$$

$$\alpha = 0.1;$$

$$\text{Ciro} = 112,187,861.03$$

Şirket A Girdi3 için;

$$\text{A şirketi için tablodaki çıktılar } A = (171000000, 174440000, 178000000)$$

$$\alpha = 0.1;$$

$$\text{Ciro} = 55,175,420.61$$

Şirket B Girdi1 için;

B şirketi için tablodaki çıktılar

$B = (125000000, 125366666.666667, 126000000)$

$\alpha = 0.1$;

Ciro = 39,672,530.07

Şirket B Girdi2 için;

B şirketi için tabloda ki çıktılar $B = (175000000, 200774250, 180000000)$

$\alpha = 0.1$;

Ciro = 58,583,749.83

Şirket B Girdi3 için;

B şirketi için tabloda ki çıktılar $B = (84000000, 87220000, 90000000)$

$\alpha = 0.1$;

Ciro = 27,535,005.68

Şirket C Girdi1 için;

C şirketi için tabloda ki çıktılar $C = (375500000, 376100000, 377000000)$

$\alpha = 0.1$;

Ciro = 118,964,885.58

Şirket C Girdi2 için;

C şirketi için tabloda ki çıktılar $C = (232000000, 236205000, 239000000)$

$\alpha = 0.1$;

Ciro = 74,545,952.42

Şirket C Girdi3 için;

C şirketi için tabloda ki çıktılar $C = (259000000, 261660000, 262500000)$

$\alpha = 0.1$;

Ciro = 82,552,312.41

Şirket D Girdi1 için;

D şirketi için tablodaki çıktılar $D=(186000000,188050000,190000000)$

$\alpha = 0.1$;

Ciro = 59,456,090.47

Şirket D Girdi2 için;

D şirketi için tablodaki çıktılar $D=(151000000,153533250,155000000)$

$\alpha = 0.1$;

Ciro = 48,439,057.69

Şirket D Girdi3 için;

D şirketi için tablodaki çıktılar $D=(126000000,130830000,133000000)$

$\alpha = 0.1$;

Ciro = 41,091,690.01

Şirket E Girdi1 için;

E şirketi için tablodaki çıktılar $E=(310000000,313416666.666667,315000000)$

$\alpha = 0.1$;

Ciro = 98,917,802.03

Şirket E Girdi2 için;

E şirketi için tablodaki çıktılar $E=(232000000,236205000,239000000)$

$\alpha = 0.1$;

Ciro = 74,545,952.42

Şirket E Girdi3 için;

E şirketi için tablodaki çıktılar $E=(215000000,218050000,221000000)$

$\alpha = 0.1$;

Ciro = 68,942,923.45

$\alpha = 0.1$ seviyesinde durulaştırılan Çıktı ve Girdi değerlerinin sonucunda oluşan tablo aşağıdaki gibidir.

Tablo 29. $\alpha=0.1$ için verilerin durulaştırılmış hali

Şirketler	Girdiler			Çıktı
	İhracat	İthalat	Ar-Ge Harcamaları	Ciro
A	80,262,120.66	112,187,861.03	55,175,420.61	368,328,398.65
B	39,672,530.07	58,583,749.83	27,535,005.68	205,697,729.05
C	118,964,885.58	74,545,952.42	82,552,312.41	479,082,957.33
D	59,456,090.47	48,439,057.69	41,091,690.01	240,332,048.08
E	98,917,802.03	74,545,952.42	68,942,923.45	411,817,095.13

Veri Zarflama Analizi

$\alpha = 0.1$ seviyesinde durulaştırılan Girdi ve Çıktıların Veri Zarflama analizi tekniğine göre etkinliklerinin ölçülmüş olduğu tablo aşağıdaki gibidir.

Tablo 30. $\alpha=0.1$ için verilerin verimlilik puanı

Şirketler Verimlilik Puanı	
Çözüm	
Şirketler	Verimlilik Puanı
A	0.909
B	1.000
C	1.000
D	0.947
E	0.991

Yukarıdaki durulaştırma işlemlerini $\alpha=0,2$ seviyesinde uyguladığımızda,

$\alpha = 0.2$ seviyesinde durulaştırılan Çıktı ve Girdi değerlerinin sonucunda oluşan tablo aşağıdaki gibidir.

Tablo 31. $\alpha=0.2$ için verilerin durulaştırılmış hali

Şirketler	Girdiler			Çıktı
	İhracat	İthalat	Ar-Ge Harcamaları	Ciro
A	113,507,779.58	158,657,594.60	78,029,828.14	520,895,016.78
B	56,105,430.08	82,849,933.54	38,940,378.47	290,900,518.18
C	168,241,754.63	105,423,896.94	116,746,599.82	677,525,615.76
D	84,083,609.51	68,503,172.33	58,112,425.31	339,880,841.87
E	139,890,897.19	105,423,896.94	97,500,017.38	582,397,321.15

$\alpha = 0.2$ seviyesinde durulaştırılan Girdi ve Çıktıların Veri Zarflama analizi tekniğine göre etkinliklerinin ölçülmüş olduğu tablo aşağıdaki gibidir.

Tablo 32. $\alpha=0.2$ için verilerin verimlilik puanı

Şirketler Verimlilik Puanı	
Çözüm	
Şirketler	Verimlilik Puanı
A	0.909
B	1.000
C	1.000
D	0.947
E	0.991

Yukarıdaki durulaştırma işlemlerini $\alpha=0,3$ seviyesinde uyguladığımızda,

$\alpha = 0.3$ seviyesinde durulaştırılan Çıktı ve Girdi değerlerinin sonucunda oluşan tablo aşağıdaki gibidir.

Tablo 33. $\alpha=0.3$ için verilerin durulaştırılmış hali

Şirketler	Girdiler			Çıktı
	İhracat	İthalat	Ar-Ge Harcamaları	Ciro
A	139,018,070.90	194,315,075.29	95,566,631.83	637,963,500.34
B	68,714,837.74	101,470,031.20	47,692,028.82	356,278,917.72
C	206,053,226.13	129,117,377.09	142,984,799.38	829,796,023.14
D	102,980,969.52	83,898,908.98	71,172,894.86	416,267,317.96
E	171,330,658.89	129,117,377.09	119,412,646.25	713,288,132.19

$\alpha = 0.3$ seviyesinde durulaştırılan Girdi ve Çıktıların Veri Zarflama analizi tekniğine göre etkinliklerinin ölçülmüş olduğu tablo aşağıdaki gibidir.

Tablo 34. $\alpha=0.3$ için verilerin verimlilik puanı

Şirketler Verimlilik Puanı	
Çözüm	
Şirketler	Verimlilik Puanı
A	0.909
B	1.000
C	1.000
D	0.947
E	0.991

$\alpha = 0.4$ seviyesinde durulaştırılan Çıktı ve Girdi değerlerinin sonucunda oluşan tablo aşağıdaki gibidir.

Tablo 35. $\alpha=0.4$ için verilerin durulaştırılmış hali

Şirketler	Girdiler			Çıktı
	İhracat	İthalat	Ar-Ge Harcamaları	Ciro
A	160,524,241.31	224,375,722.05	110,350,841.23	736,656,797.31
B	79,345,060.14	117,167,499.66	55,070,011.36	411,395,458.11
C	237,929,771.15	149,091,904.84	165,104,624.82	958,165,914.66
D	118,912,180.95	96,878,115.37	82,183,380.02	480,664,096.16
E	197,835,604.06	149,091,904.84	137,885,846.91	823,634,190.26

$\alpha = 0.4$ seviyesinde durulaştırılan Girdi ve Çıktıların Veri Zarflama analizi tekniğine göre etkinliklerinin ölçülmüş olduğu tablo aşağıdaki gibidir.

Tablo 36. $\alpha=0.4$ için verilerin verimlilik puanı

Şirketler Verimlilik Puanı	
Çözüm	
Şirketler	Verimlilik Puanı
A	0.909
B	1.000
C	1.000
D	0.947
E	0.991

$\alpha = 0.5$ seviyesinde durulaştırılan Çıktı ve Girdi değerlerinin sonucunda oluşan tablo aşağıdaki gibidir.

Tablo 37. $\alpha=0.5$ için verilerin durulaştırılmış hali

Şirketler	Girdiler			Çıktı
	İhracat	İthalat	Ar-Ge Harcamaları	Ciro
A	179,471,557.81	250,859,683.51	123,375,991.18	823,607,337.43
B	88,710,474.07	130,997,246.99	61,570,144.46	459,954,104.98
C	266,013,571.08	166,689,817.06	184,592,582.25	1,071,262,059.45
D	132,947,859.98	108,313,025.75	91,883,812.17	537,398,796.68
E	221,186,929.53	166,689,817.06	154,161,063.41	920,851,019.00

$\alpha = 0.5$ seviyesinde durulaştırılan Girdi ve Çıktıların Veri Zarflama analizi tekniğine göre etkinliklerinin ölçülmüş olduğu tablo aşağıdaki gibidir.

Tablo 38. $\alpha=0.5$ için verilerin verimlilik puanı

Şirketler Verimlilik Puanı	
Çözüm	
Şirketler	Verimlilik Puanı
A	0.909
B	1.000
C	1.000
D	0.947
E	0.991

$\alpha = 0.6$ seviyesinde durulaştırılan Çıktı ve Girdi değerlerinin sonucunda oluşan tablo aşağıdaki gibidir.

Tablo 39. $\alpha=0.6$ için verilerin durulaştırılmış hali

Şirketler	Girdiler			Çıktı
	İhracat	İthalat	Ar-Ge Harcamaları	Ciro
A	196,601,241.28	274,803,014.85	135,151,626.85	902,216,634.48
B	97,177,455.47	143,500,294.30	67,446,713.98	503,854,477.43
C	291,403,266.97	182,599,545.82	202,211,042.49	1,173,508,789.92
D	145,637,083.76	118,650,974.95	100,653,673.19	588,690,886.63
E	242,298,141.45	182,599,545.82	168,874,983.84	1,008,741,750.42

$\alpha = 0.6$ seviyesinde durulaştırılan Girdi ve Çıktıların Veri Zarflama analizi tekniğine göre etkinliklerinin ölçülmüş olduğu tablo aşağıdaki gibidir.

Tablo 40. $\alpha=0.6$ için verilerin verimlilik puanı

Şirketler Verimlilik Puanı	
Çözüm	
Şirketler	Verimlilik Puanı
A	0.909
B	1.000
C	1.000
D	0.947
E	0.991

$\alpha = 0.7$ seviyesinde durulaştırılan Çıktı ve Girdi değerlerinin sonucunda oluşan tablo aşağıdaki gibidir.

Tablo 41. $\alpha=0.7$ için verilerin durulaştırılmış hali

şirketler	Girdiler			Çıktı
	İhracat	İthalat	Ar-Ge Harcamaları	Ciro
A	212,353,610.96	296,821,180.40	145,980,441.43	974,505,343.64
B	104,963,648.44	154,998,032.92	72,850,777.38	544,225,036.33
C	314,751,501.98	197,230,051.36	218,412,888.79	1,267,534,362.47
D	157,306,029.32	128,157,700.38	108,718,392.71	635,858,831.30
E	261,711,904.41	197,230,051.36	182,405,830.12	1,089,565,619.35

$\alpha = 0.7$ seviyesinde durulaştırılan Girdi ve Çıktıların Veri Zarflama analizi tekniğine göre etkinliklerinin ölçölmüş olduğu tablo aşağıdaki gibidir.

Tablo 42. $\alpha=0.7$ için verilerin verimlilik puanı

şirketler Verimlilik Puanı	
Çözüm	
şirketler	Verimlilik Puanı
A	0.91
B	1.00
C	1.00
D	0.95
E	0.99

$\alpha = 0.8$ seviyesinde durulaştırılan Çıktı ve Girdi değerlerinin sonucunda oluşan tablo aşağıdaki gibidir.

Tablo 43. $\alpha=0.8$ için verilerin durulaştırılmış hali

şirketler	Girdiler			Çıktı
	İhracat	İthalat	Ar-Ge Harcamaları	Ciro
A	227,015,559.16	317,315,189.20	156,059,656.29	1,041,790,033.57
B	112,210,860.15	165,699,867.09	77,880,756.94	581,801,036.35
C	336,483,509.25	210,847,793.87	233,493,199.63	1,355,051,231.52
D	168,167,219.03	137,006,344.66	116,224,850.62	679,761,683.74
E	279,781,794.38	210,847,793.87	195,000,034.76	1,164,794,642.30

$\alpha = 0.8$ seviyesinde durulaştırılan Girdi ve Çıktıların Veri Zarflama analizi tekniğine göre etkinliklerinin ölçülmüş olduğu tablo aşağıdaki gibidir.

Tablo 44. $\alpha=0.8$ için verilerin verimlilik puanı

Şirketler Verimlilik Puanı	
Çözüm	
Şirketler	Verimlilik Puanı
A	0.909
B	1.000
C	1.000
D	0.947
E	0.991

$\alpha = 0.9$ seviyesinde durulaştırılan Çıktı ve Girdi değerlerinin sonucunda oluşan tablo aşağıdaki gibidir.

Tablo 45. $\alpha=0.9$ için verilerin durulaştırılmış hali

Şirketler	Girdiler			Çıktı
	İhracat	İthalat	Ar-Ge Harcamaları	Ciro
A	240,786,361.97	336,563,583.08	165,526,261.84	1,104,985,195.96
B	119,017,590.20	175,751,249.49	82,605,017.04	617,093,187.16
C	356,894,656.73	223,637,857.27	247,656,937.23	1,437,248,871.99
D	178,368,271.42	145,317,173.06	123,275,070.03	720,996,144.24
E	296,753,406.09	223,637,857.27	206,828,770.36	1,235,451,285.39

$\alpha = 0.9$ seviyesinde durulaştırılan Girdi ve Çıktıların Veri Zarflama analizi tekniğine göre etkinliklerinin ölçülmüş olduğu tablo aşağıdaki gibidir.

Tablo 46. $\alpha=0.9$ için verilerin verimlilik puanı

Şirketler Verimlilik Puanı	
Çözüm	
Şirketler	Verimlilik Puanı
A	0.909
B	1.000
C	1.000
D	0.947
E	0.991

$\alpha = 0.1, \alpha = 0.2, \alpha = 0.3, \alpha = 0.4, \alpha = 0.5, \alpha = 0.6, \alpha = 0.7, \alpha = 0.8$ ve $\alpha = 0.9$ seviyeleri için durgunlaştırılmış ve Veri Zarflama Analizi tekniği ile bütün seviyelerin etkinlikleri bulunmuştur. Savunma sanayisindeki 5 şirket için yapılan etkinlik ölçümü sonucu, şirketler ve bütün α seviyeleri için aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 47. Savunma sanayisindeki şirketlerde bulanık veri zarflama analizi

Şirketler	Verimlilik Puanları								
	$\alpha=0.1$	$\alpha=0.2$	$\alpha=0.3$	$\alpha=0.4$	$\alpha=0.5$	$\alpha=0.6$	$\alpha=0.7$	$\alpha=0.8$	$\alpha=0.9$
A	0.909	0.909	0.909	0.909	0.909	0.909	0.909	0.909	0.909
B	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
C	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
D	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947
E	0.991	0.991	0.991	0.991	0.991	0.991	0.991	0.991	0.991

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu tez, savunma sanayinin etkinliğini yıllara göre ve savunma sanayisinde faaliyet gösteren 5 firmanın etkinliğini ortaya koymaktadır. Böylelikle yıllara göre savunma sanayinin etkinliği ve 5 firmanın etkinliği ölçülmüş olunacaktır. Bu amaçla bulanık veri zarflama analizi kullanılmıştır. Bu tez çalışması hem şirket ve firmalar bazında hem de yıllık bazda olmuştur. Bu bağlamda Savunma ve Havacılık İmalatçıları Derneğinin 2012-2021 yılları arasındaki raporları kullanılacaktır. Bu tezin varsayımı savunma sanayinin son 5 yılda etkinliğinin artması ve firmalar arasında etkin olan firmaların bulunmasıdır.

Elde edilen bulgular CCR ve BCC başlıkları altında tablolar halinde gösterilmiştir. Analiz sonuçları uyarınca savunma sanayinin etkinlik değerlendirmesinde değişiklik gözlemlenmemiştir.

CCR başlığı altında toplanmış olunan analiz sonuçları uyarınca 2012-2021 yılları arasında en düşük verimlilik düzeyi 2013 yılında bulunmuştur. Bunun ardından 2019 yılı gelmektedir. 2013 yılından itibaren verimlilik düzeyi artış göstermiştir. Sadece 2019 yılında diğer yıllara nazaran düşük düzeyde verimlilik tespit edilmiştir.

Bu tez çalışmasının varsayımı savunma sanayinin etkinliğinin son 5 yılda artması ve savunma sanayinde faaliyet gösteren 5 firmanın etkinliklerinin sıralanıp en etkin firmanın bulunmasıdır. 2019 yılı hariç olmak kaydıyla elde edilen bulguların varsayımı destekler nitelikte olduğu ifade edilebilir. Bu sonucun elde edilmesinin sebebi ise 2019 yılında ARGE harcamalarının ve ithalatın 2012-2021 yılları arasında en yüksek düzeydeki ARGE harcaması ve ithalat düzeyinde oluşundan kaynaklandığı söylenebilir.

2013 yılında en düşük verimlilik düzeyinin bulunması ise ARGE harcamaları ve ithalatın yüksek düzeyde oluşuna karşılık yıllık ciro ve ihracatın bu yatırımları karşılayacak düzeyde olmayıp, düşük düzeyde kalmış olmasına bağlanabilir.

Savunma sanayisinde faaliyet gösteren 5 firmanın α seviyelerinde durgunlaştırmaları ve Veri Zarflama Analizi tekniği ile etkinlikleri bulunmuştur. Bulanık Veri Zarflama tekniği ile birlikte her α seviyesindeki etkinlikleri

incelendiğinde B ve C firmalarının her α seviyesinde etkin olduğu tespit edilmiştir. E firması ise etkin olmaya en yakın firmadır.

Bilindiği üzere son yıllarda savunma sanayinde umut verici gelişmeler yaşanmaktadır. Fakat şu anda literatür kapsamında savunma sanayinin etkinliğini ortaya koyan bir çalışma yer almamaktadır. Savunma sanayi etkinlik ölçümünün yıllara göre yapılması ve belirli firmaların etkinlik ölçümünün yapılması hedeflenmiştir. Buna göre yıllık bazda ve firmalar bazında savunma sanayinin etkinliği tespit edilmiştir.

Bu amaçla bulanık veri zarflama analizi kullanılmıştır. Tezin amacı savunma sanayinin etkinliğinin yıllara bağlı olarak ve firmalar bazında ölçülmesidir. Bu amaçla bulanık veri zarflama analizi kullanılarak yıllık bazda ve firmalar bazında savunma sanayinin etkinliği ortaya konmuştur.

Bu tezden elde edilecek bulgular ışığında savunma sanayinin etkinliği yıllara bağlı olarak ve firmalar bazında ölçülüp ortaya konmuştur ve savunma sanayinin etkinliği yıllık bazda ve firmalar bazında sıralanmıştır. Literatürde böyle bir çalışma bulunmamaktadır. Bu bağlamda literatüre katkı sağlanmıştır. Ayrıca savunma sanayinin etkinliği bilimsel olarak bulanık veri zarflama analizi ile ortaya konmuştur.

KAYNAKÇA

- A. Hatami-Marbini et al. / *European Journal of Operational Research* 214 (2011). 457–472 471.
- Allahviranloo, T., Hosseinzade Lotfi, F., Adabitar Firozja, M. (2007). Fuzzy efficiency measure with fuzzy production possibility set. *Applications and Applied Mathematics: An International Journal* 2 (2), 152–166.
- Asady, B., Zendehnam, A. (2007). Ranking fuzzy numbers by distance minimization. *Applied Mathematical Modelling* 11, 2589–2598.
- Azadeh, A., Alem, S.M. (2010). A flexible deterministic, stochastic and fuzzy data envelopment analysis approach for supply chain risk and vendor selection problem: simulation analysis. *Expert Systems with Applications* 37 (12), 7438–7448.
- Azadeh, A., Ghaderi, S.F., Javaheri, Z., Saberi, M. (2008). A fuzzy mathematical programming approach to DEA models. *American Journal of Applied Sciences* 5 (10), 1352–1357.
- Azadeh, M.A., Anvari, M., Izadbakhsh, H. (2007). An integrated FDEA–PCA method as decision making model and computer simulation for system optimization. In: *Proceedings of the Computer Simulation Conference. Society for Computer Simulation International San Diego, CA, USA*, pp. 09–616.
- Bagherzadeh valami, H. (2009). Cost efficiency with triangular fuzzy number input prices: an application of DEA. *Chaos, Solitons and Fractals* 42, 1631–1637.
- Banker, R.D., Charnes, A., Cooper, W.W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiency in data envelopment analysis. *Management Science* 30, 1078–1092.
- Baran, T. (2018). Türkiye’de savunma sanayi sektörünün incelenmesi ve savunma sanayi sektörü harcamalarının ekonomi üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi, *Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 4(2), 58-81.
- Bass, S., Kwakernaak, H. (1977). Rating and ranking of multiple-aspect alternatives using fuzzy sets. *Automatica* 13 (1), 47–58.
- BCC model and its dual, presented by R.D. Banker, A. Charnes, W.W. Cooper (1984). “Some models for estimating technical and scale inefficiency in data envelopment analysis”, *Management Science* 30 (1984), pp. 1078-1092.
- Bellman, R.E., Zadeh, L.A. (1970). Decision making in a fuzzy environment. *Management Science* 17 (4), 141–164.
- Bojadziev, G., Bojadziev, M. (1997). *Fuzzy Logic for Business, Finance, and Management*. World Scientific, Singapore.

- Çakır, S. (2016). Bulanık Veri Zarflama Analizi İle Çaykur Fabrikalarında Etkinlik Ölçümü . Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi , 31 (2) , 0-0 . DOI: 10.17341/gummfd.85874
- Çambel, A. (2017). Türkiye’de savunma sanayi ve savunma harcamalarının ekonomideki yeri, Dönem projesi, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Canbay, Ş. (2010). Savunma harcamalarının ve savunma sanayiinin makro ekonomik etkileri ve Türkiye örneği, Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- Carlsson, C., Korhonen, P. (1986). A parametric approach to fuzzy linear programming. *Fuzzy Sets and Systems* 20, 17–30.
- CCR model and its dual, presented by A. Charnes, W.W. Cooper and E. Rhodes (1978). “Measuring the Efficiency of Decision-Making Units”, *European Journal of Operational Research* 2, pp.429–444.
- Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E.L. (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research* 2 (6), 429–444.
- Chen, C.B., Klein, C.M. (1997). A simple approach to ranking a group of aggregated fuzzy utilities. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics – Part B: Cybernetics* 27, 26–35.
- Chen, C.-T. (2001). A fuzzy approach to select the location of the distribution center. *Fuzzy Sets and Systems* 118 (1), 65–73.
- Chen, M.F., Tzeng, G.H. (2004). Combining grey relation and TOPSIS concepts for selecting an expatriate host country. *Mathematical and Computer Modelling* 40 (13), 1473–1490.
- Chen, S.H. (1985). Ranking fuzzy numbers with maximizing set and minimizing set. *Fuzzy Sets and Systems* 17, 113–129.
- Chen, S.J., Hwang, C.L. (1992). *Fuzzy Multi-attribute Decision-making: Methods and Applications*. Springer, Berlin.
- Chiang, T.Z., Che, Z.H. (2010). A fuzzy robust evaluation model for selecting and ranking NPD projects using Bayesian belief network and weight-restricted DEA. *Expert Systems with Applications* 37 (1111), 7408–7418.
- Chiou, H.K., Tzeng, G.H., Cheng, D.C. (2005). Evaluating sustainable fishing development strategies using fuzzy MCDM approach. *Omega* 33 (3), 223–234.
- Cook, W.D., Kress, M., Seiford, L.M. (1996). Data envelopment analysis in the presence of both quantitative and qualitative factors. *Journal of Operational Research Society* 47, 945–953.

- Cook, W.D., Seiford, L.M. (2009). Data envelopment analysis (DEA) – Thirty years on. *European Journal of Operational Research* 192 (1), 1–17.
- Cooper, W.W., Deng, H., Huang, Z.M., Li, S.X. (1996). Satisfying DEA models under chance constraints. *The Annals of Operations Research* 66, 279–295.
- Cooper, W.W., Shanling, L., Tone, L.M., Thrall, R.M., Zhu, J. (2001). Sensitivity and stability analysis in DEA: some recent development. *Journal of Productivity Analysis* 15 (3), 217–246.
- Demir, A. (2011). Türkiye’de il bazında sivil ve askeri savunma harcamalarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisi: Mekansal ekonometri yaklaşımı, Yüksek lisans tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar.
- Demirel, A. (2012). Türkiye’de savunma sanayinin sanayileşmesini etkileyen faktörlerin analizi, Doktora tezi, Kara harp okulu, Ankara
- Dia, M. (2004). A model of fuzzy data envelopment analysis. *INFOR* 42 (4), 267–279.
- Ding, J.F., Liang, G.S. (2005). Using fuzzy MCDM to select partners of strategic alliances for liner shipping. *Information Sciences* 173 (1–3), 197–225.
- Doğdu, H. (2018). Savunma sanayi üretim ve harcamalarının, makroekonomik performansa etkisi: Türkiye örneği, Yüksek lisans tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.
- Dubois, D., Prade, H. (1988). *Possibility Theory: An Approach to Computerized Processing of Uncertainty*. Plenum Press, New York.
- Emrouznejad, A., De Witte, K. (2010). COOPER-framework: a unified process for non-parametric projects. *European Journal of Operational Research* 207 (3), 1573–1586.
- Emrouznejad, A., Parker, B.R., Tavares, G. (2008). Evaluation of research in efficiency and productivity: a survey and analysis of the first 30 years of scholarly literature in DEA. *Socio-Economic Planning Sciences* 42 (3), 151–157.
- Entani, T., Maeda, Y., Tanaka, H. (2002). Dual models of interval DEA and its extension to interval data. *European Journal of Operational Research* 136 (1), 32–45.
- Figueira, J., Greco, S., Ehrgott, M. (Eds.), (2004). *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. Springer, New York.
- Garcia, P.A.A., Schirru, R., Melo, P.F.F.E. (2005). A fuzzy data envelopment analysis approach for FMEA. *Progress in Nuclear Energy* 46 (3–4), 359–373.
- Gattoufi, S., Oral, M., Reisman, A. (2004). A taxonomy for data envelopment analysis. *Socio-Economic Planning Sciences* 38 (2–3), 141–158.

- Geldermann, J., Spengler, T., Rentz, O. (2000). Fuzzy outranking for environmental assessment. Case study: Iron and steel making industry. *Fuzzy Sets and Systems* 115 (1), 45–65.
- Ghapanchi, A., Jafarzadeh, M.H., Khakbaz, M.H. (2008). Fuzzy-Data envelopment analysis approach to enterprise resource planning system analysis and selection. *International Journal of Information Systems and Change Management* 3 (2), 157–170.
- Girod, O. (1996). Measuring technical efficiency in a fuzzy environment, Ph.D. Dissertation, Department of Industrial and Systems Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Girod, O.A., Triantis, K.P. (1999). The evaluation of productive efficiency using a fuzzy mathematical programming approach: the case of the newspaper preprint insertion process. *IEEE Transactions on Engineering Management* 46 (4), 429–443.
- Guh, Y.Y. (2001). Data envelopment analysis in fuzzy environment. *International Journal of Information and Management Sciences* 12 (2), 51–65.
- Guo, P. (2009). Fuzzy data envelopment analysis and its application to location problems. *Information Sciences* 179 (6), 820–829.
- Guo, P., Tanaka, H. (2001). Fuzzy DEA: a perceptual evaluation method. *Fuzzy Sets and Systems* 119 (1), 149–160.
- Guo, P., Tanaka, H. (2008). Decision making based on fuzzy data envelopment analysis, to appear in *Intelligent Decision and Policy Making Support Systems*. In: Ruan, D., Meer, K. (Eds.). Springer, Berlin/Heidelberg, pp. 39–54.
- Guo, P., Tanaka, H., Inuiguchi, M. (2000). Self-organizing fuzzy aggregation models to rank the objects with multiple attributes. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A – Systems and Humans* 30 (5), 573–580.
- Hatami-Marbini, A., Saati, S. (2009). Stability of RTS of efficient DMUs in DEA with fuzzy under fuzzy data. *Applied Mathematical Sciences* 3 (44), 2157–2166.
- Hatami-Marbini, A., Saati, S., Makui, A. (2009). An application of fuzzy numbers ranking in performance analysis. *Journal of Applied Sciences* 9 (9), 1770–1775.
- Hatami-Marbini, A., Saati, S., Makui, A. (2010b). Ideal and anti-ideal decision making units: a fuzzy DEA approach. *Journal of Industrial Engineering International* 6 (10), 31–41.
- Hatami-Marbini, A., Saati, S., Tavana, M. (2010a). An ideal-seeking fuzzy data envelopment analysis framework. *Applied Soft Computing* 10 (4), 1062–1070.

- Hatami-Marbini, A., Saati, S., Tavana, M., in presse. Data envelopment analysis with fuzzy parameters: an interactive approach. *International Journal of Operations Research and Information Systems*.
- Hatami-Marbini, A., Tavana, M., Ebrahimi, A., in pressc. A fully fuzzified data envelopment analysis model. *International Journal of Information and Decision Sciences*.
- Hatami-Marbini, A., Tavana, M., Emrouznejad, A., Saati, S., in pressd. Efficiency measurement in fuzzy additive data envelopment analysis. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*.
- Ho, W., Xu, X., Dey, P.K. (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: a literature review. *European Journal of Operational Research* 202 (1), 16–24.
- Hosseinzadeh Lotfi, F., Adabitarbar Firozja, M., Erfani, V. (2009a). Efficiency measures in data envelopment analysis with fuzzy and ordinal data. *International Mathematical Forum* 4 (20), 995–1006.
- Hosseinzadeh Lotfi, F., Allahviranloo, T., Mozaffari, M.R., Gerami, J. (2009b). Basic DEA models in the full fuzzy position. *International Mathematical Forum* 4 (20), 983–993.
- Hosseinzadeh Lotfi, F., Jahanshahloo, G.R., Alimardani, M. (2007b). A new approach for efficiency measures by fuzzy linear programming and Application in Insurance Organization. *Applied Mathematical Sciences* 1 (14), 647–663.
- Hosseinzadeh Lotfi, F., Jahanshahloo, G.R., Allahviranloo, T., Noroozi, E., Hosseinzadeh Lotfi, A.A. (2007a). Equitable allocation of shared costs on fuzzy environment. *International Mathematical Forum* 2 (65), 3199–3210.
- Hosseinzadeh Lotfi, F., Jahanshahloo, G.R., Rezai Balf, F., Zhiani Rezai, H. (2007c). Discriminant analysis of imprecise data. *Applied Mathematical Sciences* 1 (15), 723–737.
- Hosseinzadeh Lotfi, F., Jahanshahloo, G.R., Vahidi, A.R., Dalirian, A. (2009c). Efficiency and effectiveness in multi-activity network DEA model with fuzzy data. *Applied Mathematical Sciences* 3 (52), 2603–2618.
- Hosseinzadeh Lotfi, F., Mansouri, B. (2008). The extended data envelopment analysis/discriminant analysis approach of fuzzy models. *Applied Mathematical Sciences* 2 (30), 1465–1477.
- Hougaard, J.L. (1999). Fuzzy scores of technical efficiency. *European Journal of Operational Research* 115 (3), 529–541.
- Hougaard, J.L. (2005). A simple approximation of productivity scores of fuzzy production plans. *Fuzzy Sets and Systems* 152 (3), 455–465.

- Hsu, K.H. (2005). Using balanced scorecard and fuzzy data envelopment analysis for multinational R & D project performance assessment. *Journal of American Academy of Business, Cambridge* 7 (1), 189–196.
- Inuiguchi, M., Ichihashi, H., Tanaka, H. (1990). Fuzzy programming: a survey of recent developments. In: Slowinski, R., Teghem, J. (Eds.), *Stochastic Versus Fuzzy Approaches to Multiobjective Mathematical Programming Under Uncertainty*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 45–68.
- Jahanshahloo, G.R., Hosseinzadeh Lotfi, F., Shoja, N., Sanei, M. (2004b). An alternative approach for equitable allocation of shared costs by using DEA. *Applied Mathematics and computation* 153 (1), 267–274.
- Jahanshahloo, G.R., Hosseinzade Lotfi, F., Shoja, N., Tohidi, G., Razavian, S. (2004c). Ranking by 11 norm in data envelopment analysis. *Applied Mathematics and Computation* 153 (1), 215–224.
- Jahanshahloo, G.R., Hosseinzadeh Lotfi, F., Adabitarbar Firozja, M., Allahviranloo, T. (2007b). Ranking DMUs with fuzzy data in DEA. *International Journal Contemporary Mathematical Sciences* 2 (5), 203–211.
- Jahanshahloo, G.R., Hosseinzadeh Lotfi, F., Alimardani Jondabeh, M., Banihashemi, Sh., Lakzaie, L. (2008). Cost efficiency measurement with certain price on fuzzy data and application in insurance organization. *Applied Mathematical Sciences* 2 (1), 1–18.
- Jahanshahloo, G.R., Hosseinzadeh Lotfi, F., Nikoomaram, H., Alimardani, M. (2007a). Using a certain linear ranking function to measure the Malmquist productivity index with fuzzy data and application in insurance organization. *Applied Mathematical Sciences* 1 (14), 665–680.
- Jahanshahloo, G.R., Hosseinzadeh Lotfi, F., Shahverdi, R., Adabitarbar, M., Rostamy-Malkhalifeh, M., Sohraiee, S. (2009b). Ranking DMUs by 11 norm with fuzzy data in DEA. *Chaos, Solitons and Fractals* 39, 2294–2302.
- Jahanshahloo, G.R., Sanei, M., Rostamy-Malkhalifeh, M., Saleh, H. (2009a). A comment on a fuzzy DEA/AR approach to the selection of flexible manufacturing systems. *Computers and Industrial Engineering* 56 (4), 1713–1714.
- Jahanshahloo, G.R., Soleimani-Damaneh, M., Nasrabadi, E. (2004a). Measure of efficiency in DEA with fuzzy input–output levels: a methodology for assessing, ranking and imposing of weights restrictions. *Applied Mathematics and Computation* 156 (1), 175–187.
- Jiang, N., Yang, Y. (2007). A fuzzy chance-constrained DEA model based on Cr measure. *International Journal of Business and Management* 2 (2), 17–21.

- Jiménez, M. (1996). Ranking fuzzy numbers through the comparison of its expected intervals. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems* 4(4), 379–388.
- Juan, Y.K. (2009). A hybrid approach using data envelopment analysis and case-based reasoning for housing refurbishment contractors selection and performance improvement. *Expert Systems with Applications* 36 (3), 5702–5710.
- Kahraman, C., Tolga, E. (1998). Data envelopment analysis using fuzzy concept. 28th International Symposium on Multiple-Valued Logic, pp. 338–343.
- Kao, C. (2001). A mathematical programming approach to fuzzy efficiency ranking. *Proceedings of the International Conference on Fuzzy Systems*, vol. 1. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Melbourne, Australia, pp. 216–219.
- Kao, C. (2006). Interval efficiency measures in data envelopment analysis with imprecise data. *European Journal of Operational Research* 174, 1087–1099.
- Kao, C., Liu, S.T. (2000a). Fuzzy efficiency measures in data envelopment analysis. *Fuzzy Sets and Systems* 113 (3), 427–437.
- Kao, C., Liu, S.T. (2000b). Data envelopment analysis with missing data: an application to University libraries in Taiwan. *Journal of Operational Research Society* 51 (8), 897–905.
- Kao, C., Liu, S.T. (2003). A mathematical programming approach to fuzzy efficiency ranking. *International Journal of Production Economics* 86 (2), 145–154.
- Kao, C., Liu, S.T. (2005). Data envelopment analysis with imprecise data: an application of Taiwan machinery firms. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems* 13 (2), 225–240.
- Kao, C., Liu, S.T. (2007). Data envelopment analysis with missing data: a reliable solution method, to appear. In: Zhu, J., Cook, W.D. (Eds.), *Modeling Data Irregularities and Structural Complexities in Data Envelopment Analysis*. Springer, pp. 292–304.
- Karsak, E.E. (2008). Using data envelopment analysis for evaluating flexible manufacturing systems in the presence of imprecise data. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 35 (9-10), 867–874.
- Keskin, A. (2007). Türkiye’de Terör Sorunu ve Sosyal Politika Stratejileri Açısından çözümleri, Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- Khodabakhshi, M., Gholami, Y., Kheirollahi, H. (2010). An additive model approach for estimating returns to scale in imprecise data envelopment analysis. *Applied Mathematical Modelling* 34 (5), 1247–1257.

- Kuo, H.C., Wang, L.H. (2007). Operating performance by the development of efficiency measurement based on fuzzy DEA. Second International Conference on Innovative Computing, Information and Control, p. 196.
- Lai, Y.J., Hwang, C.L. (1992). A new approach to some possibilistic linear programming problems. *Fuzzy Sets and Systems* 49 (2), 121–133.
- Lee, H.S. (2004). A fuzzy data envelopment analysis model based on dual program. Conference Proceedings – 27th edition of the Annual German Conference on Artificial Intelligence, pp. 31–39.
- Lee, H.S., Shen, P.D., Chyr, W.L. (2005). A fuzzy method for measuring efficiency under fuzzy environment. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 3682. Springer Verlag, Melbourne, Australia, Heidelberg, Germany, pp. 343–349. D-69121.
- Leon, T., Liern, V., Ruiz, J.L., Sirvent, I. (2003). A fuzzy mathematical programming approach to the assessment of efficiency with DEA models. *Fuzzy Sets and Systems* 139 (2), 407–419.
- Lertworasirikul, S. (2002). *Fuzzy Data Envelopment Analysis (DEA)*, Ph.D. Dissertation, Dept. of Industrial Engineering, North Carolina State University.
- Lertworasirikul, S., Fang, S.C., Joines, J.A., Nuttle, H.L.W. (2002b). A possibility approach to fuzzy data envelopment analysis. Proceedings of the joint conference on information sciences, vol. 6. Duke University/Association for Intelligent Machinery, Durham, US, pp. 176–179.
- Lertworasirikul, S., Fang, S.C., Joines, J.A., Nuttle, H.L.W. (2003a). Fuzzy data envelopment analysis (DEA): a possibility approach. *Fuzzy Sets and Systems* 139 (2), 379–394.
- Lertworasirikul, S., Fang, S.C., Joines, J.A., Nuttle, H.L.W. (2003c). Fuzzy data envelopment analysis (fuzzy DEA): a credibility approach. In: Verdegay, J.L. (Ed.), *Fuzzy Sets Based Heuristics for Optimization*. Physica Verlag, pp. 141–158.
- Lertworasirikul, S., Fang, S.C., Nuttle, H.L.W., Joines, J.A. (2002a). Fuzzy data envelopment analysis, Proceedings of the 9th Bellman Continuum, Beijing, p. 342.
- Lertworasirikul, S., Fang, S.C., Nuttle, H.L.W., Joines, J.A. (2003b). Fuzzy BCC model for data envelopment analysis. *Fuzzy Optimization and Decision Making* 2 (4), 337–358.
- Li, N., Yang, Y. (2008). FDEA-DA: discriminant analysis method for grouping observations with fuzzy data based on DEA-DA. Chinese Control and Decision Conference, art. no. 4597688, pp. 2060–2065.

- Liu, B. (2004). *Uncertainty Theory: An Introduction to its Axiomatic Foundations*. Springer-Verlag, Berlin.
- Liu, S.T. (2008). A fuzzy DEA/AR approach to the selection of flexible manufacturing system. *Computer and Industrial Engineering* 54, 66–76.
- Liu, S.T., Chuang, M. (2009). Fuzzy efficiency measures in fuzzy DEA/AR with application to university libraries. *Expert Systems with Applications* 36 (2), 1105–1113.
- Liu, Y.P., Gao, X.L., Shen, Z.Y. (2007). Product design schemes evaluation based on fuzzy DEA. *Computer Integrated Manufacturing Systems* 13 (11), 2099–2104.
- Luban, F. (2009). Measuring efficiency of a hierarchical organization with fuzzy DEA method. *Economia, Seria Management* 12 (1), 87–97.
- Mahdavi-Amiri, N., Nasseri, S.H. (2006). Duality in fuzzy number linear programming by use of a certain linear ranking function. *Applied Mathematics and Computation* 180, 206–216.
- Maleki, H.R. (2002). Ranking functions and their applications to fuzzy linear programming. *Far East Journal of Mathematical Sciences* 4 (3), 283–301.
- Maleki, H.R., Tata, M., Mashinchi, M. (2000). Linear programming with fuzzy variables. *Fuzzy Sets and Systems* 109, 21–33.
- Meada, Y., Entani, T., Tanaka, H. (1998). Fuzzy DEA with interval efficiency. *Proceedings of 6th European Congress on Intelligent Techniques and Soft Computing. EUFIT '98. Aachen, Germany, Verlag Mainz. 2*, pp. 1067–1071.
- Molavi, F., Aryanezhad, M.B., Shah Alizadeh, M. (2005). An efficiency measurement model in fuzzy environment, using data envelopment analysis. *Journal of Industrial Engineering International* 1 (1), 50–58.
- Noora, A.A., Karami, P. (2008). Ranking functions and its application to fuzzy DEA. *International Mathematical Forum* 3 (30), 1469–1480.
- Noura, A.A., Saljooghi, F.H. (2009). Ranking decision making units in fuzzy-DEA using entropy. *Applied Mathematical Sciences* 3 (6), 287–295.
- Ölçer, A. I., Odabasi, A.Y. (2005). A new fuzzy multiple attributive group decision making methodology and its application to propulsion/maneuvering system selection problem. *European Journal of Operational Research* 166 (1), 93–114.
- Öner, N. (2006). *Stratejik rekabet aracı olarak Ar-Ge faaliyetleri ve Türk sivil savunma sanayi sektöründe bir uygulama*, Yüksek lisans tezi, İnönü Üniversitesi, Malatya.

- Öztürk, Z. ve Yakıcı Öksüz, D. (2019). Türkiye’de savunma sanayinin sanayi sektörünün gelişim sürecindeki rolü, Umuttepe yayınları, ISBN: 978-605-2012 95-6, Kocaeli, 62-78.
- Pal, R., Mitra, J., Pal, M.N. (2007). Evaluation of relative performance of product designs: a fuzzy DEA approach to quality function deployment. *Journal of the Operations Research Society of India* 44 (4), 322–336.
- Pınar, L. (2018). Türkiye’nin savunma sanayi alanındaki gelişiminin Türk dış politikasına olan etkisi, *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 7(4), 2356-2369.
- Qin, R., Liu, Y., Liu, Z., Wang, G. (2009). Modeling fuzzy DEA with type-2 fuzzy variable coefficients. In: *Lecture Notes in Computer Science*. Springer, Berlin/Heidelberg, pp. 25–34.
- Qin, R., Liu, Y.K. (2009). A new data envelopment analysis model with fuzzy random inputs and outputs. *Journal of Applied Mathematics and Computing*. 10.1007/s12190-009-0289-7.
- Qin, R., Liu, Y.K. (2010). Modeling data envelopment analysis by chance method in hybrid uncertain environments. *Mathematics and Computers in Simulation* 80 (5), 922–950.
- Ramezanzadeh, S., Memariani, A., Saati, S. (2005). Data envelopment analysis with fuzzy random inputs and outputs: a chance-constrained programming approach. *Journal of Fuzzy Systems* 2 (2), 21–29.
- Ramík, J., ímáněk, J. (1985). Inequality relation between fuzzy numbers and its use in fuzzy optimization. *Fuzzy Sets and Systems* 16, 123–138.
- Saati, S., Memariani, A. (2005). Reducing weight flexibility in fuzzy DEA. *Applied Mathematics and Computation* 161 (2), 611–622.
- Saati, S., Memariani, A. (2006). A note on measure of efficiency in DEA with fuzzy input–output levels: a methodology for assessing, ranking and imposing of weights restrictions by Jahanshahloo et al. *Journal of Science, Islamic Azad University* 16 (58/2), 15–18.
- Saati, S., Memariani, A. (2009). SBM model with fuzzy input–output levels in DEA. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 3 (2), 352–357.
- Saati, S., Memariani, A., Jahanshahloo, G.R. (2002). Efficiency analysis and ranking of DMUs with fuzzy data. *Fuzzy Optimization and Decision Making* 1, 255–267.
- Sanei, M., Noori, N., Saleh, H. (2009). Sensitivity analysis with fuzzy Data in DEA. *Applied Mathematical Sciences* 3 (25), 1235–1241.

- Saneifard, R., Allahviranloo, T., Hosseinzadeh Lotfi, F., Mikaeilvand, N. (2007). Euclidean ranking DMUs with fuzzy data in DEA. *Applied Mathematical Sciences* 1 (60), 2989–2998.
- Savunma ve Havacılık İmalatçıları Derneğinin 2012-2020 yılları arasındaki raporları <https://www.sasad.org.tr/sasad-savunma-ve-havacilik-sanayii-performans-raporu>
- Seiford, L.M. (1996). Data envelopment analysis: the evolution of the state of the art (1978–1995). *The Journal of Productivity Analysis* 7, 99–137.
- Sengupta, J.K. (1992a). A fuzzy systems approach in data envelopment analysis. *Computers and Mathematics with Applications* 24 (8-9), 259–266.
- Sengupta, J.K. (1992b). Measuring efficiency by a fuzzy statistical approach. *Fuzzy Sets and Systems* 46 (1), 73–80.
- Sezgin, Ş. ve Sezgin, S. (2018). Dünya’da ve Türkiye’de savunma sanayi: Genel bir bakış, *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi (ASEAD)*, 5(12), 1-21.
- Sheth, N., Triantis, K. (2003). Measuring and evaluating efficiency and effectiveness using goal programming and data envelopment analysis in a fuzzy environment. *Yugoslav Journal of Operations Research* 13 (1), 35–60.
- Şişman, D. (2017). Küreselleşme, kriz ve savunma sanayi, *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 39(1), 223-237
- Soleimani-Damaneh, M. (2008). Fuzzy upper bounds and their applications. *Chaos, Solitons and Fractals* 36, 217–225.
- Soleimani-damaneh, M. (2009). Establishing the existence of a distance-based upper bound for a fuzzy DEA model using duality. *Chaos, Solitons and Fractals* 41, 485–490.
- Soleimani-damaneh, M., Jahanshahloo, G.R., Abbasbandy, S. (2006). Computational and theoretical pitfalls in some current performance measurement techniques and a new approach. *Applied Mathematics and Computation* 181 (2), 1199–1207.
- Stockholm Uluslararası Barış Araştırma Enstitüsü (SIPRI). Silah transferleri veri tabanı. 25 Mayıs 2022 tarihinde <https://www.sipri.org/databases> adresinden erişildi.
- Sueyoshi, T. (1999). DEA-discriminant analysis in the view of goal programming. *European Journal of Operational Research* 115, 564–582.
- Sueyoshi, T. (2001). Extended DEA-discriminant analysis. *European Journal of Operational Research* 131, 324–351.

- Tanaka, H., Ichihashi, H., Asai, K. (1984). A formulation of fuzzy linear programming problem based on comparison of fuzzy numbers. *Control and Cybernetics* 13, 185–194.
- Temiz, D. (2012). Ekonominin önemli bir parçası: savunma sanayii, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 33, 1-18.
- Tlig, H., Rebai, A. (2009). A mathematical approach to solve data envelopment analysis models when data are LR fuzzy numbers. *Applied Mathematical Sciences* 3 (48), 2383–2396.
- Tran, L., Duckstein, L., 2002. Comparison of fuzzy numbers using a fuzzy distance measure. *Fuzzy Sets and Systems* 130, 331–341.
- Triantaphyllou, E. (2000). *Multi-criteria Decision Making Methods: A Comparative Study*. Kluwer Academic Publishers, London.
- Triantis, K. (2003). Fuzzy non-radial data envelopment analysis (DEA) measures of technical efficiency in support of an integrated performance measurement system. *International Journal of Automotive Technology and Management* 3 (3-4), 328–353.
- Triantis, K.P., Girod, O. (1998). A mathematical programming approach for measuring technical efficiency in a fuzzy environment. *Journal of Productivity Analysis* 10 (1), 85–102.
- Uemura, Y. (2006). Fuzzy satisfactory evaluation method for covering the ability comparison in the context of DEA efficiency. *Control and Cybernetics* 35 (2), 487–495.
- Wang, C.H., Chuang, C.C., Tsai, C.C. (2009b). A fuzzy DEA–neural approach to measuring design service performance in PCM projects. *Automation in Construction* 18, 702–713.
- Wang, J., Lin, Y.T. (2003). Fuzzy multicriteria group decision making approach to select configuration items for software development. *Fuzzy Sets and Systems* 134 (3), 343–363.
- Wang, J.J., Jing, Y.Y., Zhang, C.F., Zhao, J.H. (2009c). Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13 (9), 2263–2278.
- Wang, Y.M., Greatbanks, R., Yang, J.B. (2005). Interval efficiency assessment using data envelopment analysis. *Fuzzy Sets and Systems* 153 (3), 347–370.
- Wang, Y.M., Luo, Y., Liang, L. (2009a). Fuzzy data envelopment analysis based upon fuzzy arithmetic with an application to performance assessment of manufacturing enterprises. *Expert Systems with Applications* 36, 5205–5211.

- Wen, M., Li, H. (2009). Fuzzy data envelopment analysis (DEA): model and ranking method. *Journal of Computational and Applied Mathematics* 223, 872–878.
- Wen, M., You, C., Kang, R. (2010). A new ranking method to fuzzy data envelopment analysis. *Computers & Mathematics with Applications* 59 (11), 3398–3404.
- Wu, D., Olson, D.L. (2008). Supply chain risk, simulation, and vendor selection. *International Journal of Production Economics* 114 (2), 646–655.
- Wu, D., Yang, Z., Liang, L. (2006). Efficiency analysis of cross-region bank branches using fuzzy data envelopment analysis. *Applied Mathematics and Computation* 181, 271–281.
- Wu, R., Yong, J., Zhang, Z., Liu, L., Dai, K. (2005). A game model for selection of purchasing bids in consideration of fuzzy values. *Proceedings of the international conference on services systems and services management*, vol. 1. IEEE, New York, pp. 254–258.
- Xu, Z.-S., Chen, J. (2007). An interactive method for fuzzy multiple attribute group decision making. *Information Sciences* 177 (1), 248–263.
- Yager, R.R., Basson, D. (1975). Decision making with fuzzy sets. *Decision Sciences* 6 (3), 590–600.
- Yao, J.S., Wu, K. (2000). Ranking fuzzy numbers based on decomposition principle and signed distance. *Fuzzy Sets and Systems* 116, 275–288.
- Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control* 8, 338–353.
- Zadeh, L.A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning. *Information Sciences* 8 (3), 199–249.
- Zadeh, L.A. (1978). Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. *Fuzzy Sets and Systems* 1, 3–28.
- Zerafat Angiz, L.M., Emrouznejad, A., Mustafa, A. (2010a). Fuzzy assessment of performance of a decision making units using DEA: a non-radial approach. *Expert Systems with Applications* 37 (7), 5153–5157.
- Zerafat Angiz, L.M., Emrouznejad, A., Mustafa, A., al-Eraqi, A.S. (2010b). Aggregating preference ranking with fuzzy data envelopment analysis. *Knowledge-Based Systems* 23 (6), 512–519.
- Zerafat Angiz, L.M., Saati, S., Memariani, M.A., Movahedi, M. (2006). Solving possibilistic linear programming problem considering membership function of the coefficients. *Advances in Fuzzy Sets and Systems* 1 (2), 131–142.
- Zhang, L., Mannino, M., Ghosh, B., Scott, J. (2005). Data warehouse (DWH) efficiency evaluation using fuzzy data envelopment analysis (FDEA).

Proceedings of the Americas Conference on Information Systems 113, 1427–1436.

Zhou, S.J., Zhang, Z.D., Li, Y.C. (2008). Research of real estate investment risk evaluation based on fuzzy data envelopment analysis method. Proceedings of the International Conference on Risk Management and Engineering Management, pp. 444–448.

Zimmermann, H.J. (1978). Fuzzy programming and linear programming with several objective functions. Fuzzy Sets and Systems 1 (1), 45–55.

Zimmermann, H.J. (1996). Fuzzy Set Theory and Its Applications, 3rd ed. Boston, Kluwer–Nijhoff Publishing, Boston.

Ziylan, A. (2004). Ulusal teknoloji yeteneği ve savunma sanayi, Savunma Sanayicileri Derneği Yayını, Ankara, 1-10.



EKLER

2012 yılı verileri

Tablo 2. SASAD raporlarından elde edilen 2012 yılı verileri

Performans Alanı	ABD Doları	Avro
Ciro	4,756.380.651	3,695.707.765
İhracat	1,262.000.000	980.574.000
ARGE Harcamaları	772.751.351	600.427.815
İthalat	1,409.009.514	1,094.800.392

2013 yılı verileri

Tablo 3. SASAD raporlarından elde edilen 2013 yılı verileri

Performans Alanı	ABD Doları	Avro
Ciro	5,076.000.000	3,822.000.000
İhracat	1,569.000.000	1,181.000.000
ARGE Harcamaları	926.000.000	697.000.000
İthalat	1,326.000.000	988.000.000

2014 yılı verileri

Tablo 4. SASAD raporlarından elde edilen 2014 yılı verileri

Performans Alanı	ABD Doları	Avro
Ciro	5,101.000.000	Belirtilmemiş
İhracat	1,650.000.000	Belirtilmemiş
ARGE Harcamaları	154,000.000	Belirtilmemiş
İthalat	1,351.000.000	Belirtilmemiş

2015 yılı verileri

Tablo 5. SASAD raporlarından elde edilen 2015 yılı verileri

Performans Alanı	ABD Doları	Avro
Ciro	4,908.000.000	Belirtilmemiş
İhracat	1,929.000.000	Belirtilmemiş
ARGE Harcamaları	904,000.000	Belirtilmemiş
İthalat	1,067.000.000	Belirtilmemiş

2016 yılı verileri

Tablo 6. SASAD raporlarından elde edilen 2016 yılı verileri

Performans Alanı	ABD Doları	Avro
Ciro	5,968.000.000	Belirtilmemiş
İhracat	1,953.000.000	Belirtilmemiş
ARGE Harcamaları	1,254.000.000	Belirtilmemiş
İthalat	1,289.000.000	Belirtilmemiş

2017 yılı verileri

Tablo 7. SASAD raporlarından elde edilen 2017 yılı verileri

Performans Alanı	ABD Doları	Avro
Ciro	6,693.000.000	Belirtilmemiş
İhracat	1,824.000.000	Belirtilmemiş
ARGE Harcamaları	1,237.000.000	Belirtilmemiş
İthalat	1,544.000.000	Belirtilmemiş

2018 yılı verileri

Tablo 8. SASAD raporlarından elde edilen 2018 yılı verileri

Performans Alanı	ABD Doları	Avro
Ciro	8,761.000.000	Belirtilmemiş
İhracat	2,188.000.000	Belirtilmemiş
ARGE Harcamaları	1,448.000.000	Belirtilmemiş
İthalat	2,449.000.000	Belirtilmemiş

2019 yılı verileri

Tablo 9. SASAD raporlarından elde edilen 2019 yılı verileri

Performans Alanı	ABD Doları	Avro
Ciro	10,884.000.000	Belirtilmemiş
İhracat	3,068.000.000	Belirtilmemiş
ARGE Harcamaları	1,672.000.000	Belirtilmemiş
İthalat	3,088.000.000	Belirtilmemiş

2020 yılı verileri

Tablo 10. SASAD raporlarından elde edilen 2020 yılı verileri

Performans Alanı	ABD Doları	Avro
Ciro	8,856.000.000	Belirtilmemiş
İhracat	2,266.000.000	Belirtilmemiş
ARGE Harcamaları	1,241.000.000	Belirtilmemiş
İthalat	2,161.000.000	Belirtilmemiş

2021 yılı verileri

Tablo 11. SASAD raporlarından elde edilen 2021 yılı verileri

Performans Alanı	ABD Doları	Avro
Ciro	10,159,000,000	Belirtilmemiş
İhracat	3,225,000,000	Belirtilmemiş
ARGE Harcamaları	1,640,000,000	Belirtilmemiş
İthalat	2,062,000,000	Belirtilmemiş

Tablo 12. BVZA kullanılacak olan veriler

Yıllar	Girdiler			Çıktı
Performans Alanı	İhracat	İthalat	ARGE harcamaları	Ciro
2012	1,262.000.000	1,409.009.514	772,751	4,756.380.651
2013	1,569.000.000	1,326.000.000	926,000	5,076.000.000
2014	1,650.000.000	1,351.000.000	154,000	5,101.000.000
2015	1,929.000.000	1,067.000.000	904,000	4,908.000.000
2016	1,953.000.000	1,289.000.000	1,254.000.000	5,968.000.000
2017	1,824.000.000	1,544.000.000	1,237.000.000	6,693.000.000
2018	2,188.000.000	2,449.000.000	1,448.000.000	8,761.000.000
2019	3,068.000.000	3,088.000.000	1,672.000.000	10,884.000.000
2020	2,266,000,000	2,161,000,000	1,241,000,000	8,856,000,000
2021	3,225,000,000	2,062,000,000	1,640,000,000	10,159,000,000

Savunma sanayisi 5 şirketin İhracat verileri**Tablo 13.** 5 şirketten alınan ihracat verileri

Şirketler	İhracat		
A	250,700,000.00	250,733,333.33	260,000,000.00
B	125,000,000.00	125,366,666.67	126,000,000.00
C	375,500,000.00	376,100,000.00	377,000,000.00
D	186,000,000.00	188,050,000.00	190,000,000.00
E	310,000,000.00	313,416,666.67	315,000,000.00
Toplam	1,247,200,000.00	1,253,666,666.67	1,268,000,000.00

Savunma sanayisi 5 şirketin İthalat verileri**Tablo 14.** 5 şirketten alınan ithalat verileri

Şirketler	İthalat		
A	350,000,000.00	354,307,500.00	360,000,000.00
B	175,000,000.00	200,774,250.00	180,000,000.00
C	232,000,000.00	236,205,000.00	239,000,000.00
D	151,000,000.00	153,533,250.00	155,000,000.00
E	232,000,000.00	236,205,000.00	239,000,000.00
Toplam	1,140,000,000.00	1,181,025,000.00	1,173,000,000.00

Savunma sanayisi 5 şirketin Arge verileri

Tablo 15. 5 şirketten alınan arge verileri

Şirketler	Ar-Ge Harcamaları		
A	171,000,000.00	174,440,000.00	178,000,000.00
B	84,000,000.00	87,220,000.00	90,000,000.00
C	259,000,000.00	261,660,000.00	262,500,000.00
D	126,000,000.00	130,830,000.00	133,000,000.00
E	215,000,000.00	218,050,000.00	221,000,000.00
Toplam	855,000,000.00	872,200,000.00	884,500,000.00

Savunma sanayisi 5 şirketin Ciro verileri

Tablo 16. 5 şirketten alınan ciro verileri

Şirketler	Ciro		
A	1,100,000,000.00	1,194,270,000.00	1,200,000,000.00
B	645,000,000.00	651,420,000.00	655,000,000.00
C	1,500,000,000.00	1,519,980,000.00	1,525,000,000.00
D	755,000,000.00	759,990,000.00	765,000,000.00
E	1,290,000,000.00	1,302,840,000.00	1,314,000,000.00
Toplam	5,290,000,000.00	5,428,500,000.00	5,459,000,000.00

