



**VERİ ZARFLAMA ANALİZİ KULLANARAK MOZAMBİK
BANKALARININ ETKİNLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Narciso Carlos ALFAIATE

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İSTATİSTİK ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

EYLÜL 2022

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir,

aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Narciso Carlos ALFAIATE

27/09/2022

VERİ ZARFLAMA ANALİZİ KULLANARAK MOZAMBİK BANKALARININ ETKİNLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Narciso Carlos ALFAIATE

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Eylül 2022

ÖZET

Bu çalışma, Mozambik'teki bankacılık sektörünün etkinliğini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla, birden çok girdiye sahip homojen birimlerin göreceli etkinliğini ölçmek için matematiksel programlamayı (doğrusal programlama) kullanan parametrik olmayan bir teknik olan Veri Zarflama Analizi (VZA) uygulanmıştır. 2015-2020 yılları arasında Mozambik'te faaliyet gösteren 16 ticari bankanın verileri toplanmıştır. Çalışmada bankaların Aktif toplamı, operasyonel maliyeti ve mevduat olmak üzere üç girdi değişkeni ve net faiz geliri ve toplam krediler olmak üzere iki çıktı değişkeni dikkate alınmıştır. İlk olarak bankaların etkinliği Charnes Cooper ve Rhodes (CCR) ve Banker, Charnes ve Cooper (BCC) modelleri ile belirlenmiştir. İkinci olarak, bankaların etkinliğindeki değişim dinamik VZA modelleri olan Pencere Analizi ve Malmquist Endeksi ile değerlendirilmiştir. Etkin ve etkin olmayan bankaları daha iyi ayırt etmek için, Tone'un (2001) radyal olmayan Aylak Tabanlı Ölçü (SBM) modeli uygulanmıştır. Ardından, en etkin bankayı belirlemek ve sıraları oluşturmak için Tone ve Andersen-Petersen'in (1993) Süper Etkinlik VZA modelleri uygulanmıştır. Sonuçlara göre Mozambik bankacılık sektörünün CCR ve BCC modellerinde etkinlik ortalaması sırasıyla %65 ve %85 bulunmuştur. Pencere Analizi ve Malmquist Endeksi modelleri, Mozambik finans sektörünün bu analiz dönemindeki performansının negatif olduğunu ortaya koymuştur. Genel olarak, elde edilen toplam faktör verimliliği endeksi %91'dir. SBM modeli üç etkin banka bulunmuş ve bu kümeden süper etkin banka belirlenmiştir.

Bilim Kodu : 20517
Anahtar Kelimeler : Veri Zarflama Analizi, CCR ve BCC modelleri, Pencere Analizi, Malmquist Endeksi, Süper Etkinlik Modelleri, Mozambik Bankaları
Sayfa Adedi : 122
Danışman : Prof. Dr. Yaprak Arzu ÖZDEMİR

EFFICIENCY ASSESSMENT OF MOZAMBICAN BANKS USING DATA
ENVELOPMENT ANALYSIS

(M. Sc. Thesis)

Narciso Carlos ALFAIATE

GAZI UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

September 2022

ABSTRACT

This study aims at assessing the efficiency of the banking sector in Mozambique. For that purpose, there was applied Data Envelopment Analysis (DEA), which is a non-parametric technique that uses mathematical programming (linear programming) to measure the relative efficiency of homogeneous units that consume multiple resources (inputs) to produce multiple results (outputs). Data from 16 commercial banks operating in Mozambique were collected between 2015 to 2020. Three input variables were considered: total assets, operating costs, and deposits; and two outputs: net interest income and loans. First, the efficiency of banks was determined through the Charnes Cooper and Rhodes (CCR) and Banker, Charnes, and Cooper (BCC) models. Second, the change in the efficiency of banks was evaluated through dynamic DEA models, namely Window Analysis and Malmquist Index. To better distinguish between efficient and inefficient banks, there was applied the non-radial Slacks-Based Measure (SBM) model of Tone. Then, Tone's and Andersen-Petersen's Super-Efficiency DEA models were applied in order to identify the most efficient bank and create ranks. According to the results, the average efficiency of the Mozambican banking sector, in CCR and BCC models, was 65% and 85%, respectively. The Window Analysis and Malmquist Index models revealed that the performance of the Mozambican financial sector over this analyzed period was negative. Overall, the total factor productivity index obtained was 91%. SBM model found three efficient banks, and from this set, there was identified the super-efficient bank.

Science Code : 20517
Keywords : Data Envelopment Analysis, CCR and BCC models, Window Analysis; Malmquist Index, Super Efficiency Models, Mozambican Banks
Page Number : 122
Supervisor : Prof. Dr. Yaprak Arzu ÖZDEMİR

TEŞEKKÜR

Öncelikle tecrübesi ve akademik bilgisi ile tezin hazırlanması sürecinde bana yol gösteren ve benden asla vazgeçmeyen tez danışmanım Prof. Dr. Yaprak Arzu ÖZDEMİR'e teşekkür ederim. Veri Zarflama Analizi dersini alma önerisi, verdiği destek ve yardım için hocam Prof. Dr. İhsan ALP'ye teşekkür ederim. Tüm Türkçe hocalarıma ve sınıf arkadaşlarıma teşekkür ederim. Ayrıca Merve DURAL başta olmak üzere Yüksek Lisans sınıftaki tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim. Bana bursu sağlayan, destek ve bu süreç boyunca gösterilen tüm misafirperverlik için olan Yurtdışı Türkler ve Akraba Topluluklar Başkanlığı'na (YTB) teşekkür ederim. Son olarak, bu zorlu süreçte her zaman yanımda olan, asla pes etmemem için bana güç ve destek veren sevgili aileme özel bir şekilde teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. ETKİNLİK KAVRAMI.....	9
2.1. Temel Kavramlar	9
2.1.1. Performans	9
2.1.2. Etkinlik (Efficiency).....	9
2.1.3. Verimlilik (Productivity).....	10
2.2. Etkinlik Ölçüm Teknikleri	11
2.2.1. Oran analizi	11
2.2.2. Parametrik yöntemler	11
2.2.3. Parametrik olmayan yöntemler	12
2.3. Bankacılık Sektöründe Etkinlik Çalışmaları	13
3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ	19
3.1. VZA Modelleri.....	20
3.1.1. Girdiye yönelik CCR modeli	21
3.1.2. Kesirli modelden doğrusal modele	22
3.1.3. Optimal ağırlıkların anlamı	24
3.1.4. Üretim olanakları kümesi	24
3.1.5. CCR modeli ve ikili problem	26

	Sayfa
3.1.6. Referans kümesi ve etkinlikte iyileştirme	31
3.1.7. Çıktıya yönelik CCR modeli	33
3.1.8. Banker, Charnes ve Cooper modeli (BCC Modeli)	37
3.1.9. Girdiye yönelik BCC modeli	37
3.1.10. Çıktıya yönelik BCC modeli	41
3.1.11. Ölçeğe dönüşüm kavramı	43
3.1.12. Teknik etkinliğin ayrışımı	43
3.1.13. Toplamsal model (Additive model)	46
3.1.14. Aylak tabanlı ölçümü	47
3.1.15. Girdiye/Çıktıya yönelik SBM modeli	50
3.1.16. VZA'da serbestlik problemi	51
3.1.17. VZA'nın avantajları ve dezavantajları	52
3.1.18. Veri zarflama analizinde dikkate alınması gereken adımlar	53
3.2. Malmquist Endeksi	56
3.3. Pencere Analizi	62
3.4. Süper Etkinlik Modelleri	64
3.4.1. Radyal süper etkinlik modelleri	64
3.4.2. Radyal olmayan süper etkinlik modelleri	65
3.4.3. Radyal olmayan süper etkinlik ölçütünün tanımı	66
3.4.4. Süper etkinlik çözünürlüğü	69
3.4.5. Girdiye/Çıktıya yönelik süper etkinlik	70
3.4.6. Ölçeğe göre değişken getiri uzantılar	71
4. METODOLOJİ VE VERİLER	77
4.1. Yığın, Örneklem ve Veri Kaynağı	77
4.2. Çalışmada Kullanılan Değişkenler ve Modeller	78
4.2.1. Seçilen değişkenler	79

	Sayfa
4.2.2. Uygulanan VZA modelleri.....	81
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	83
5.1. CCR ve BCC Modelleri Sonuçları	83
5.2. Dinamik Veri Zarflama Analizi Sonuçları	89
5.2.1. Pencere analizi sonuçları.....	89
5.2.2. Malmquist endeksi sonuçları	94
5.3. Süper Etkinlik Modelleri Sonuçları	98
5.4. Etkinlik Değerlendirme Modelinin Geçerliliği	101
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	105
KAYNAKLAR	109
EKLER.....	117
ÖZGEÇMİŞ	122

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. CCR modeli primal ve dual yazımlar.....	27
Çizelge 3.2. BCC modelinde primal ve dual ifadeler.....	39
Çizelge 4.1. Mozambik’te faaliyet gösteren seçilen 16 ticari bankanın listesi	78
Çizelge 4.2. Seçilen değişkenler.....	79
Çizelge 4.3. Mozambik’te faaliyet gösteren seçilen 16 ticari bankanın listesi	80
Çizelge 5.1. 2015-2020 yılları arasındaki CCR girdiye yönelik etkinlik değerleri.....	83
Çizelge 5.2. Girdiye yönelik BCC (VRS) etkinlik değerleri.....	84
Çizelge 5.3. 2020 yılında etkin olmayan bankalar için referans grubu	87
Çizelge 5.4. 2020’de etkin olmayan bankalar için hedef değerler	88
Çizelge 5.5. Pencere analizi sonuçları ve diğer tanımlayıcı istatistikler	89
Çizelge 5.6. Pencereye göre etkinlik ortalamaları (BCC-I pencere modeli).....	92
Çizelge 5.7. Bankaların teknik etkinlik değişim değerleri	94
Çizelge 5.8. Bankaların teknolojideki değişim değerleri	95
Çizelge 5.9. Bankaların toplam faktör verimlilik değişim değerleri	96
Çizelge 5.10. Bankaların toplam faktör verimliliği değişimi ve unsurları	97
Çizelge 5.11. 2020 yılında SBM-I (ρ^*) ve aylak değerleri	98
Çizelge 5.12. 2020 yılında süper etkinlik sonuçları	99
Çizelge 5.13. İzotoniklik (Isotonicity) testi.....	101

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Üretim olanak kümesi gösterimi (tek girdi ve tek çıktı)	26
Şekil 3.2. Ölçek etkinliğini gösteren grafik	45
Şekil 3.3. Malmquist endeksi ve zaman içinde etkinlik değişimi	61
Şekil 5.1. Bankaların CCR ve BCC modellerinin etkinlik ortalama değerleri	86
Şekil 5.2. 2015 ve 2020 yılları arasındaki etkinlik ortalama trendi	87
Şekil 5.3. Bankaların etkinlik ortalama eğiliminin karşılaştırılması	93
Şekil 5.4. Mozambik bankalarının pencere analizi ile sıralaması	93
Şekil 5.5. 2015-2020 yılları arasında Malmquist Endeksi'nin değişimi	98
Şekil 5.6. Yılı değişkenler kutu grafiği	103

1. GİRİŞ

Mozambik veya başka herhangi bir ülkedeki finans sektörü, ekonomik kalkınmada temel bir rol oynamaktadır. Etkin bir finansal sistemin varlığı, Mozambik'in sürdürülebilir ekonomik ve sosyal gelişimi için temel bir koşuldur. Aslında, Kamau (2011), kaynakları etkin bir şekilde tahsis eden bir finans sektörünün, herhangi bir ülkede ekonomik büyümeyi yönlendiren motor olduğunu belirtmektedir. Öte yandan Kizito (2012) güçlü bir finansal sistemin üretken işletmelerin finansmanı yoluyla yatırımları teşvik ettiğini, tasarrufları harekete geçirerek, ticari faaliyetleri kolaylaştırarak ve bir bütün olarak finans sektörünün ekonomide finansal kaynakların tahsisinde kilit rol oynadığını vurgulamaktadır. Nguyen (2007) de bankaların performansının değerlendirilmesinin toplum için önemli olduğunu, çünkü finansal kurumlar daha etkin çalışırlarsa daha fazla kâr elde edeceklerini ve ekonominin likiditesini artıracaklarını ifade etmektedir. Bu bulgu göz önüne alındığında ve etkin finansal kurumlar olmadan ülkenin ekonomik büyümesini desteklemek çok zor olacağından, bankacılık sektörünün etkinliğini değerlendirmek önem arz etmektedir.

Bir bankacılık sektörünün gücü (Dimitrios, Helen ve Mike 2016; Tsumake 2014), özellikle gelişmekte olan ekonomiler için ekonomik büyüme ve istikrarlı ve etkin bir bankacılık sisteminin refahı üzerinde bir etkiyle (iç ve dış) çeşitli değişkenlerden doğrudan etkilenir (Güneş ve Yıldırım, 2016; Fernandes, Stasinakis ve Bardarova, 2018). Bu nedenle bankalar varlıklarının kalitesini, etkinliğini ve karlılığını, hayatta kalma ve gelişme için hayati gereksinimleri sürdürmeye çalışırlar (Zimková, 2014). Ayrıca, diğerlerinin yanı sıra emeğin etkin kullanımı, zamanın daha iyi kullanılması, daha ucuz maliyetler, ölçek ekonomisi bu hedeflere ulaşılmasına katkıda bulunabilir.

Bankaların performansının düzenli olarak değerlendirilmesi finansal istikrarın sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır (Adhikari, 2017). Kârlılık ölçülerinin üretilmesinin firmanın performansının karşılaştırılabilirliğini kolaylaştırabileceğini, dolayısıyla muhasebe kaydı ve raporlamanın, yöneticilerin hesap verebilirlik amacıyla iç ve dış raporlamaya ilişkin hedeflerine ulaşmalarına yardımcı olduğunu belirtmektedir (Coelho ve Vilares, 2010).

Karar verme birimlerinin etkinliğini veya performansını değerlendirmek için farklı teknikler kullanılarak çeşitli alanlarda birçok çalışma geliştirilmiştir. Etkinlik analizi için kullanılan ölçüm yöntemleri oran analizi, parametrik yöntemler ve parametrik olmayan yöntemler

olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Oran analizi yönteminin, etkinliği tek girdi değişkeni ve tek çıktı değişkeni kullanarak ölçmesi nedeniyle güvenilir sonuçlar vermediği düşünülmektedir. En çok kullanılan parametrik yöntemlerden biri olan regresyon analizi, girdi değişkenlerinin çıktı değişkenini ne kadar etkilediğini analiz ederek tek çıktılı ve birden fazla girdi değişkenli bir model kurmaktadır (Çelik, 2018).

Parametrik olmayan etkinlik ölçüm yöntemlerinden en sık kullanılan Veri Zarflama Analizi-VZA (Data Envelopment Analysis) birden fazla girdi ve çıktı değişkenini modele dahil ederek etkinlik analizi yapmayı sağlamaktadır. VZA kapsamında, 1978’de Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından önerilen modeller (CCR modelleri) ve 1984’te Banker, Charnes ve Cooper (BCC modelleri) etkinliği ölçmek için yaygın olarak uygulanan temel modellerdir. VZA bağlamında verimlilik ölçümü için uygulanan yaklaşımlardan biri de Malmquist Endeksi’dir (Chen ve Yang, 2010; Wang ve Lan, 2011; Gizaw, 2019).

Öte yandan, Pencere Analizi (Window Analysis) gibi dinamik veri zarflama analizi modelleri, panel verilerin verimliliğini ölçmek için yaygın olarak uygulanmaktadır (Küpeli, Bodur ve Alp, 2019; Palečková, 2017; Jia ve Yuan, 2017; Al-Refaie, Najdawi ve Sy, 2015). Birçok veri zarflama analiz modelinde, etkin olarak sınıflandırılan birden fazla karar verme birimi (KVB) bulmak mümkündür. Etkin olanlar arasında hangi birimin daha etkin olduğunu belirlemek için bazı yazarlar süper etkinlik modelleri (Super-Efficiency Models) önermektedir (Tone, 2001).

Örneğin bu çalışma, Mozambik bankacılık sektörünün etkinliğini değerlendirmek için Veri Zarflama Analizi (CCR ve BCC modelleri), Malmquist Endeksi, Pencere Analizi ve Süper Etkinlik Modellerini uygulamaktadır. Çünkü VZA, herhangi bir sektörel birimin etkinliğini ölçmek için kullanılan güçlü bir optimizasyon aracıdır (Chandrasekar, vd., 2017; Gizaw, 2019). Bu çalışmaya ilham veren iki faktör vardır: (i) bankacılık sektöründe etkinlik ve üretkenlik üzerine yapılan birçok araştırmada en çok kullanılan teknik olduğu için VZA kullanımı ve (ii) bu tekniğin Mozambik’te bankacılık sektörüne uygulanmasına ilişkin az sayıda çalışma olmasıdır (Lemequezani, 2020).

Mozambik, Afrika’nın Güney bölgesinde yer alan bir ülkedir. 1970’lerin başlarında, Portekiz’den bağımsızlığını kazandıktan sonra, ülke merkezi bir ekonomi izlemiştir ve bankalar da dahil olmak üzere tüm ithalat şirketlerini kamu kuruluşu hâline getirmiştir

(hükümet 1977’de ülkedeki hemen hemen tüm bankaları kamulaştırmıştır ve yalnızca Banco Standard Totta of Mozambique kalmıştır). 1984 yılında ülke, Bretton Woods kurumlarından (Uluslararası Para Fonu’na katılmış) yardım kabul etmiş ve tavsiyeleri aracılığıyla birçok şirketin özelleştirilmesi ve yeni işletmelerin kurulması gerekmiştir. Bankacılık sektörü en çok yükselen sektörlerden biri olmuştur. Mozambik Merkez Bankası resmi olarak 1992 yılında kurulmuştur (Lemequezani, 2020). Mozambik Bankası, ticari bankacılık ve merkez bankacılığının işlevlerinin ayrıldığı 1975’ten yeni kurumların ortaya çıktığı 1992 yılına kadar ticari işlevler üstlenmiştir.

Mozambik Bankası’nın 2018 Yıllık Raporuna göre, yıl sonu itibarıyla ülkede faaliyet gösteren 19 ticari banka bulunmaktadır. Mozambik’teki ticari bankalar aşağıda açıklanmıştır (Lemequezani, 2020):

1. Banco Comercial e de Investimentos (BCI), SA- %40 pazar payı ile ülkenin en büyük bankasıdır. Yüzde altmışı Portekiz kamu bankası Caixa Geral de Depositos’a ve %40’ı küçük hissedarlara aittir (<http://www.bci.co.mz>).
2. Millennium BIM, SA, Ülkenin en büyük ikinci bankasıdır. Bu banka 2001 yılında Millennium BCP ve Banco Comercial de Moçambique’nin birleşmesiyle kurulmuştur (<http://www.millenniumbim.co.mz>).
3. Standard Bank (SB) bir Güney Afrika bankasıdır ve Afrika’nın en büyüğüdür. Standard Bank of South Africa Limited, Güney Afrikalı bir finansal hizmetler grubudur ve varlıklar açısından Afrika’nın en büyük borç verenidir. Şirketin şirket merkezi, Standard Bank Centre, Johannesburg, Simmonds Caddesi’nde yer almaktadır. Şimdi Standard Bank olarak bilinen banka, 1862’de İngiliz denizaşırı bankası Standard Bank’ın Güney Afrika’daki bir yan kuruluşu olarak The Standard Bank of South Africa adı altında kurulmuştur (<http://www.standardbank.co.mz>).
4. ABSA Bank (eski Barclays Bank). Absa Bank Mozambique, SA, kıtanın gururu olmayı hedefleyen bir Afrika finansal hizmetler grubu olan Absa Group Limited’in bir parçasıdır. Absa Group Limited, Güney Afrika’daki Johannesburg Stock Exchange’de işlem görmektedir ve kıta genelinde 12 ülkede varlığı ve yaklaşık 42.000 çalışanı ile Afrika’nın en büyük çeşitlendirilmiş finansal hizmet gruplarından biridir (<https://www.absa.co.mz/>).
5. First National Bank (FNB) Mozambique, FNB Güney Afrika’nın bir yan kuruluşudur. Afrikaans: Eerste Nasionale Bank (ENB) Güney Afrika’nın "beş büyük" bankasından biridir. Johannesburg Securities Exchange’de (JSE) FSR sembolü altında işlem gören

- büyük bir finansal hizmetler holdingi olan First Rand Limited'in bir bölümüdür. FNB ayrıca Botswana Stock Exchange 'de FNBB sembolü altında listelenmiştir ve BSE Yerli Şirket Endeksi'nin bir bileşenidir (<http://www.fnb.co.mz>).
6. BancABC (önce African Banking Corporation) aslen bir *British Overseas Bank*'ydi, merkezi Londra'da olmasına rağmen tüm denizaşırı şubeleri bulunmakta ve şu anda ana hissedarları International Finance Corporation, Old Mutual, Botswana Insurance Fund Managers ve Citi Venture Capital'dir. 1999 yılında ABC Mozambique, Brezilyalı BNP Paribas ve Ned Bank of South Africa arasında bir ortak girişim olan BNP Ned Bank olarak kurulmuştur (<http://www.bancabc.co.mz/en/>).
 7. Soci t  G n rale Moçambique (SGM) – eski *Mauritius Commercial Bank SA*, Mauritius merkezli bir banka olan *The Mauritius Commercial Bank Limited*'in bir yan kuruluşudur (<http://www.societegenerale.co.mz>).
 8. Ecobank Mozambique, bir pan-Afrika bankası Ecobank'ın bir yan kuruluşudur. 2013 yılında Ecobank, *Banco ProCredit*'i satın alarak pazara girdi. Banka 1989 yılında faaliyete başlamıştır. Nijerya pazarındaki müşterilerine toptan, perakende, kurumsal, yatırım ve işlem bankacılığı hizmetleri sunan evrensel bir banka olarak faaliyet göstermektedir. Banka, faaliyetlerini üç ana bölüme ayırmaktadır: (a) Bireysel Bankacılık (b) Toptan Bankacılık ve (c) Hazine ve Finans Kuruluşları. Ayrıca, banka sermaye piyasaları ve yatırım bankacılığı hizmetleri sunmaktadır (<http://www.ecobank.com>).
 9. Socremo Microfinance Bank bir Mozambik mikrofinans özel bankasıdır. 26 Mayıs 1998'de Socremo, Maputo'da *Sociedade de Cr ditos de Moçambique* olarak kurulmuştur. Socremo, GPE'nin sosyal destek projesini bir krediye dönüştürmeyi amaçlayan, o zamanki İstihdamı Teşvik Ofisi (*Gabinete de Promo o do Emprego - GPE*) tarafından yönetilen uzun bir sürecin sonucudur. Bireysel bankacılıkta finansal hizmetlere erişimi olmayan düşük gelirli nüfusa finansal hizmetler sunmak amacıyla kurulmuştur (<http://www.socremo.com>).
 10. Banco Nacional de Investimento, SA (BNI) bir eyalet Ulusal Yatırım Bankasıdır. BNI, SA, 14 Haziran 2010'da kurulmuştur ve inovasyon odaklı projelerin finansmanına ve Mozambik'in sürdürülebilir kalkınma sürecine katkıda bulunmaya ve iş sektörlerini güçlendirmeye adanmış Mozambik kalkınma ve yatırım bankasıdır. Ulusal Yatırım Bankası (*National Investment Bank*), yalnızca Mozambikli şirketler ve uluslararası yatırımcılarla değil, aynı zamanda kalkınma araçları ve finansal ürünler sağlamaktan sorumlu ulusal ve uluslararası kuruluşlarla da ayrıcalıklı bir muhataptır (<http://www.bni.co.mz/>).

11. CapitalBank-Mozambique SA (CBM), İsviçre merkezli *ICB Banking Group* tarafından kontrol edilen ve gelişmekte olan piyasalarda uzmanlaşmış bir bankadır. Uluslararası banka hizmetleri ve dış ticaret finansmanına odaklanmaktadır (<http://www.capitalBank.co.mz>).
12. United Bank for Africa Moçambique, SA (UBA), merkezi Nijerya’da bulunan, 20 Afrika ülkesinde faaliyet gösteren ve Londra, Paris ve New York olmak üzere üç küresel finans merkezinde ofisleri bulunan lider bir pan-Afrika finansal hizmetler grubudur. UBA şu ülkelerde faaliyet göstermektedir: Benin Cumhuriyeti, Burkina Faso, Kamerun, Kongo Brazzaville, Kongo DRC, Fildişi Sahili, Gabon, Gana, Gine, Kenya, Liberya, Mali, Mozambik, Nijerya, Senegal, Sierra Leone, Tanzanya, Çad, Uganda ve Zambiya (<https://www.ubamozambique.com/>).
13. OPPORTUNITY Bank, SA, bir mikrofinans bankasıdır. *Opportunity Bank Mozambique*, SA (BOM), şimdi *MyBucks Bank Mozambique*, SA (MBC, *MyBucks Banking Corporation* veya *Bank*) olarak anılıyor ve Mozambik’te 2005’ten beri faaliyet gösteren ticari bir bankadır ve tasarruf ve yatırım ürünleri, mikro kredi, kredi tüketici kredisi, tarımsal kredi, küçük işletme kredisi, kamu sektörü çalışanları, sigorta, banka kartları ve elektronik bankacılık hizmetleri vermektedir. Banka’nın Maputo, Matola, Matendene, Beira, Dondo, Chimoio, Manica, Tete, Nampula, Nacala, Quelimane, Mocuba ve Gurué’de 13 şubesi bulunmaktadır. Ayrıca ana belediyelerde 4 ATM’si ve mobil bankacılık olarak bilinen teknoloji aracılığıyla Mozambik’in uzak bölgelerinde temsilcilikleri bulunmaktadır (<https://www.mbc.finance/>).
14. Banco MAIS, SA, Mozambikli girişimcilere, özellikle kadınlara kredi ve tasarruf hizmetleri sunmaktadır. *Banco MAIS*, Maputo, Boane, Xai-Xai, Chimoio ve Tete’deki İş Birimleri ağlarına odaklanan bir bankadır (<https://www.bancomais.co.mz/>).
15. Banco Unico, SA (şimdi Nedbank olarak anılmaktadır)-Nedbank of South Africa’nın bir yan kuruluşudur (<http://www.bancounico.co.mz>).
16. Banco Terra, SA-Banco Terra, SA - şu anda Moza Banco ile birleşme halinde olan bir Ulusal Özel Bankadır.
17. Moza Banco, SA-bir Ulusal Özel Bankadır. 2008 yılında ilk kez kapılarını açmıştır. 2011 yılında, mevcut yeni Afrika Bankası olan Espírito Santo Africa Bank (BES África), Banka’nın sermayesinin %25,1’ini alarak Moza’nın hissedar yapısına entegre olurken, Mozambique Capitals iştirakleri %51 ile en büyük hissedar konumunu korumuştur. Eylül 2016’da ekonomik ve finansal göstergelerin sürekli bozulması ve Banka’nın ihtiyatlı durumu sonucunda Mozambik Merkez Bankası Moza Banco’ya

müdahalede bulunmuştur. Amaç, faaliyeti canlandırmak ve Banka'nın sektöre ve piyasaya olan güvenini yeniden tesis etmek için gerekli önlemleri alan bir Geçici Yönetim Kurulu atanarak mudilerin ve menfaat sahiplerinin çıkarlarını korumaktır.

Haziran 2017'de, bankanın yeniden sermayelendirme süreci kapsamında Kuhanha (Mozambik Bankası Emekli Sandığı Yönetim Şirketi), 8,17 milyon meticaıs sermaye enjekte ederek bankanın hissedar yapısına dahil olmuştur ve bu hissenin %79,3'üne tekabül etmektedir. Arise, Aralık 2018'de Moza'nın hissedar yapısına %29,80 oranında iştirak etmiştir. Ayrıca Aralık 2018'de Moza, iki kurum arasındaki birleşmeyi gerçekleştiren *Banco Terra de Moçambique*'nin (BTM) hisselerinin %100'ünü satın almıştır (<http://www.mozabanco.co.mz>).

18. Banco Letshego, SA -Letshego Holdings Limited ("Letshego") 1998 yılında kurulmuştur, merkezi Gaborone'dedir ve 2002 yılından beri Botsvana Menkul Kıymetler Borsası'nda halka açık olarak işlem görmektedir. Bugün, Botsvana'nın en büyük yerli gruplarından biridir. Kapsayıcı finansmana odaklanan bir gündemle, yaklaşık 500 milyon ABD Doları ile Sahra altı Afrika'daki ilk 50 şirket (eski Güney Afrika) arasına yerleştirmiştir. Güney, Doğu ve Batı Afrika'da (Botsvana, Gana, Kenya, Lesoto, Mozambik, Namibya, Nijerya, Ruanda, Svaziland, Tanzanya ve Uganda) on bir ülkede faaliyet göstermektedir (<https://www.letshego.com/mozambique>).
19. Banco BiG Moçambique ("BiG Moçambique", "BiG" veya "Banco") 2014 yılında Mozambik Bankası (*Bank of Mozambique*) tarafından ülkede bir bankacılık birimi kurmak için verilen yetkinin ardından Mart 2016'da faaliyetlerine başlamıştır (<http://bancobig.co.mz/>).

Yukarıda açıklanan ticari bankalara ek olarak, Bayport Financial Services gibi ülkede her geçen gün büyüyen başka finansal kuruluşlar veya mikrofinans kuruluşları da bulunmaktadır (<https://bayport.co.mz/>).

Piyasaya katılan kurum sayısı bankacılıkta rekabetin arttığını ve yeni rakipler ülkeye girmeye çalıştığı için bu rekabet devam edecek gibi görünmektedir. Bu gerçek, bankaları faaliyetlerini etkin bir şekilde yürütmeye zorlayarak, hem müşteri güvenini hem de ülkenin sağlıklı ekonomik büyümesini sağlar. Böylece sektörün etkinlik değerlendirilmesini haklı çıkarmaktadır. Bu nedenle etkinlik analizi, gerek düzenleyici kurum gerekse bankacılık

sektöründeki yönetim uygulamaları değerlendirmesi için çok önemli görünmektedir (Wanke, Barros ve Emrouznej, 2016; Adhikari, 2017).

Etkin bir bankacılık sistemi, herhangi bir ülkenin ilerici ekonomik büyümesinde büyük rol oynar (Kumar ve Singh, 2014). Bankacılık sektörünün ülke bazında etkinliği, finansal sistemde tüm para sisteminin başarısı ve bankacılık sektörünün istikrarının bu etkinlikten etkilenmesi nedeniyle önemli bir konudur (Yılmaz, 2013). Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Avrupa ve Asya'da banka etkinliğinin değerlendirilmesi yaygın olmasına rağmen, Afrika bankacılığı hakkında az sayıda çalışma mevcuttur (Wanke, Maredza ve Gupta, 2017) ve aynısı Mozambik için de geçerli olup, bu durum literatürde bir boşluk olduğunu göstermektedir.

Geleneksel finansal oran analizi (Financial Ratio Analysis (FRA)), Veri Zarflama Analizi ve stokastik sınır analizi (Stochastic Frontier Analysis (SFA)) gibi yöntemler bankaların etkinliğini incelemek için en çok kullanılan yöntemlerdir (Mousa, 2015; Gizaw, 2019). Mozambik bankacılık sektöründe etkinlik değerlendirmesine ilişkin literatürde çok az çalışma yapılmıştır (Wanke, Barros ve Emrouznejad, 2016; Lemequeane, 2020). Mozambik'teki ticari bankaların finansal raporlarına bakıldığında, bankacılık gelirleri ile işletme maliyetleri arasındaki oran sonucu ortaya çıkan etkinlik analizini bulmak mümkündür.

FRA'nın doğası gereği tek değişkenli olmasından dolayı, analizleri kullanan firmaların etkinliğini ölçmek ve tahmin etmek zordur (Stainer, 1997; Mousa, 2015). Fakat VZA, çoklu KVB'ler içindeki çoklu girdilerden ve çoklu çıktılardan etkinliğin ölçülmesine izin verir. VZA, sınırlı sayıda KVB'ler verildiğinde etkinliği ölçmek için en doğru tekniktir.

Aslında Mozambik bankalarının etkinliğini VZA gibi modeller aracılığıyla ölçmeye ihtiyaç vardır. Bankaların performanslarını ölçmek için kaynaklarının birleşimini nasıl kullandıklarını bilmek önemlidir. Bu nedenle, bu çalışma Mozambik ticari bankalarının etkinliğini değerlendirmek için VZA tekniğini önermektedir. Bu yöntem, bankaların etkinlik skoru ve hangi bankaların diğerlerine göre etkin olduğunu ve etkin olmayan bankaların etkinliğe ulaşmak için ne yapmaları gerektiğini belirlemeyi mümkün kılar. Bu çalışma, en etkin bankayı belirleyerek zaman içinde verimlilikteki değişimi analiz etmektedir.

Mozambik bankacılık sektörünün etkinliğinin analizi, banka yöneticilerinin karar vermeleri için önemli göstergeler sağlayacaktır.

Bu çalışmanın amacı, VZA ile Mozambik bankacılık sektöründe bankaların etkinliklerini değerlendirmektir. Bu amaçla, aşağıdaki üç hedef tanımlanmıştır:

1. Bankaların göreceli etkinliğini belirlemek ve etkin olmayan bankalar için hedef değerleri bulmak,
2. 2015-2020 yılları arasında bankaların etkinlik veya verimliliklerindeki değişimi incelemek,
3. En etkin bankayı belirlemek ve performansa dayalı bir banka sıralaması oluşturmaktır.

Bu çalışma altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde Mozambik bankacılık sektörü, çalışmanın gerekçesi, problem ve amaçlarından bahsedilmiştir. İkinci bölümde, etkinliğin temel kavramları sunulmuştur. Ayrıca etkinlik ölçüm yöntemlerinden de bahsedilmiştir. Bu bölümde, aynı zamanda bankacılık sektöründeki etkinlik çalışmalarına ilişkin literatür taraması da gözden geçirilmiştir. Üçüncü bölümde Veri Zarflama Analizinden bahsedilmiştir. Bu bölümde klasik VZA modelleri (CCR ve BCC modelleri) tartışılmıştır. Ayrıca, Aylak Tabanlı Ölçüm (*Slacks-Based Measure (SBM)*), Andersen Petersen ve Tone'un süper etkinlik modelleri Dinamik VZA modelleri, yani Pencere Analizi ve Malmquist Endeksi de açıklanmıştır. Dördüncü bölümde, çalışmanın amaçlarını karşılamak için kullanılan metodolojiden, verilerden, değişkenlerden ve veri analizi yöntemlerinden bahsedilmiştir. Beşinci bölümde, çalışmanın ana bulguları ve tartışmaları sunulmuştur. Son olarak, altıncı bölümde, ana sonuçlar ve gelecekteki çalışmalar için önerilerden bahsedilmiştir.

2. ETKİNLİK KAVRAMI

Ekonominin temelini oluşturan kaynakların etkin kullanımı sorunu, artan rekabet şartlarına paralel olarak günümüz şirketlerinde önemli bir konudur. Kaynakların etkin kullanımı; gerçek değer, varsayılan değere kıyasla kaynak kullanımında ne kadar performans gerçekleştirir sorusunun cevabıdır. Şirketler, performans hedeflerine ulaşırken değişen piyasa koşullarına ayak uydurabilmek için mevcut kaynaklarını en etkin şekilde kullanmaya çalışacaklardır.

Etkinlik ve verimlilik kavramlarının önemine rağmen, genellikle standart bir biçimde gelen güvenilir ve geçerli ölçüm tekniklerinin eksikliği, yönetim sürecini değerlendirmek için çeşitli sorun alanları göz önüne alındığında etkinliğin ölçülmesini zorlaştırmaktadır. Etkinlik ölçüm yöntemleri ve VZA konusuna girmeden önce etkinliğin temellerini belirlemek konunun daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır. Buna bağlı olarak performans (*performance*), etkinlik (*efficiency*) ve verimlilik (*productivity*) kavramları ortaya çıkmaktadır.

2.1. Temel Kavramlar

2.1.1. Performans

Performans, bir şirketin belirli bir dönemde elde ettiği başarı derecesi olarak tanımlanabilir. Diğer bir deyişle performans, bir kişinin, grubun veya şirketin bir işi nasıl gerçekleştirdiğinin amaçlanan amaca nasıl ulaşabileceğinin nicel ve nitel ifadesidir. Tanımlardan da anlaşılacağı gibi, belirlenmiş bir hedef vardır ve performans o hedefe ulaşma derecesine göre ölçülür. Göreli bir kavram olan performans, değerlendirmeyi yapan kişiye bağlı olarak farklı sonuçlar üretebilir (Tetik, 2003; Oruç, 2008). Performans sonuçlarına göre yöneticiler, gerektiğinde iş ve yapış yöntemleriyle ilgili kararlarında değişiklik yapmalıdır. Performans ölçümlerinde etkinlik ve verimlilik ölçüm yöntemleri kullanılmalıdır.

2.1.2. Etkinlik (Efficiency)

Etkinlik, bilim adamları tarafından birçok şekilde tanımlanır. Etkinlik, bir şeyi yapmak veya istenen bir sonucu elde etmek için malzeme, enerji, çaba, para ve zaman israfından kaçınma (çoğunlukla ölçülebilir) yeteneğidir. Genel olarak konuşursak, işleri iyi, başarılı ve israf

etmeden yapma yeteneğidir. Matematiksel veya bilimsel bir bakış açısından, en fazla çıktıyı elde etmek için en az miktarda girdi kullanan performans seviyesini ifade eder. Genellikle, minimum miktarda atık, masraf veya gereksiz çaba ile belirli bir sonuç üretmek için belirli bir çaba uygulanması kabiliyetini içerir. Bir üretim biriminin, bir birim çıktı üretmek için girdileri en uygun şekilde birleştiren nokta kümelerinden oluşan üretim imkânı sınırına ne kadar yaklaştığını ölçer (Kablan, 2010). Etkinlik, farklı alanlarda ve endüstrilerde çok farklı girdi ve çıktıları ifade eder. Etkinlik, minimum çaba veya kaynaklarla bir sonuç üretme yeteneği ile ilgilidir.

Etkililik, KVB'nin amaçlarını ve hedeflerini belirleme ve gerçekleştirme becerisine atıfta bulunurken, etkinlik KVB'nin minimum kaynak veya girdi ile çıktı üretme kabiliyetine atıfta bulunur veya genel olarak çıktıların girdilere oranı olarak tanımlanır (Sherman ve Zhu, 2006). Genel bir bakış açısından etkililik, bir bireyin, bir grubun veya bir sistemin, tek kullanımlık kaynaklarla belirlenmiş hedeflere ulaşma kabiliyetini tanımlar.

Etkinlik, eldeki girdilerden ne denli iyi çıktı üretilebileceğini göstermektedir. Yani etkinlik, çıktıları üretmede kaynakların optimal kullanılma derecesini belirlemektedir. Eldeki girdi bileşimi kullanılarak olabilecek maksimum çıktıyı üretme teknik etkinlik; uygun ölçekte üretim yapma da ölçek etkinliği olarak tanımlanır (Abbott ve Doucouliagos, 2003). Etkinlik ve verimlilik çoğu zaman birbirinin yerine kullanılsa da anlam olarak farklıdırlar.

2.1.3. Verimlilik (Productivity)

Verimlilik, üretilen mal ve hizmetlerin miktarı ile bu mal ve hizmetlerin üretiminde kullanılan girdiler arasındaki orantı ile elde edilir. Her bir faktörün etkinliğinin ayrı ayrı ölçülmesi, üretim unsurlarına ilişkin birden fazla faktörün birleştirilmesini gerektirir. Verimlilik, en kısa tanımıyla, bir firmanın çıktısının girdilerinin toplamına oranıdır. Bir firmanın ürettiği mal ve hizmet miktarı ile üretim için kullanılan girdi miktarı arasındaki ilişkidir. Başka bir deyişle, evrendeki insan ihtiyaçları için üretilen ve sayısı sınırlı olan üretim kaynaklarının etkinliğinin bir ölçüsüdür. Verimlilik, üretim miktarı ile üretim faktörleri arasındaki orandır (Doğan, 1984; Yürüşen, 2011).

2.2. Etkinlik Ölçüm Teknikleri

Firmalar girdileri verimli kullanarak üretimin ne kadar artırılması gerektiğine önem verirler. Etkinliği ölçmek için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Etkinliği ölçmek için ilk yöntem 1957'de Farrell tarafından geliştirilmiştir. Ardından, genel ve parametrik VZA modellerinin tanıtımına kadar verimliliği ölçmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir (Erpolat, 2011). Etkinlik ölçüm yöntemleri üç gruba ayrılabilir: oran analizi, parametrik ve parametrik olmayan yöntemler. Etkinliği ölçmek için bu üç yöntem aşağıda açıklanmıştır:

2.2.1. Oran analizi

Oran analizi, örgütsel performansı ölçmek için en çok kullanılan yöntemdir. Bir girdi ve bir çıktı ile sınırlı olduğu için en yaygın kullanılan yöntemdir, oldukça basittir ve çok az bilgi gerektirir. Tek bir girdinin tek bir çıktıya oranı olarak tanımlanan oran analizinde, her bir oran, diğer boyutları yok sayarak etkinlikle ilgili boyutlardan yalnızca birini dikkate alır. Finansal analizde kullanılan oranlar (likidite, aktivite, karlılık vb.) o faaliyet dönemindeki olayları ancak ilgili orana konu olan kalemler bazında yorumlayabilir. Oran analizi derecelendirmelerinin bir başka zayıflığı, bir şeyle karşılaştırılmaları gerektiğidir. Örneğin, oran analizi ile etkinliğin ölçüldüğü bir işletmenin sayısal sonuçları, kendi içeriği veya diğer işletmelerden alınan benzer değerlerle ilişkilendirilmelidir (Oruç, 2008).

Oran analizi ile yapılan ölçümde, bazı sonuçlar işletmenin yüksek etkin olduğunu gösterirken, diğerleri kendilerini etkisiz gösterebilir. Bu olumsuzluğu ortadan kaldırmak için bireysel oranların tek boyutluluğunu dengeleyen "genişletilmiş orantı kümeleri" geliştirilmiştir, ancak tek boyutlu yapıdan kurtulamamaktadırlar. Bu nedenle etkinlik ölçüm çalışmalarında farklı oranları önemli ölçüde ağırlıklandıran bir kriter türetilmesine büyük ihtiyaç duyulmaktadır (Yeşilyurt ve Alan, 2003).

2.2.2. Parametrik yöntemler

Parametrik yöntemler, etkinliği ölçülen karar biriminin üretim fonksiyonunun analitik bir yapıya sahip olduğunu varsayar (Bülbül ve Akhisar, 2005). Parametrik yöntemlerle verimlilik ölçülürken, regresyon teknikleri kullanılarak tahmin yapılır. Üretim fonksiyonu genellikle bir çıktının birçok girdiyle ilişkilendirilmesiyle tanımlanır. Ayrıca çok sayıda girdi

ve çok sayıda çıktının ilişkilendirildiği parametrik yöntemler geliştirilmiş olsa da bu yöntemler yaygın olarak kullanılmamaktadır. Bu nedensel ilişki teorik olarak var olmalı ve değişkenler arasındaki ilişkinin fonksiyonel yapısı bilinmelidir. Değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren nokta grafikleri, fonksiyonel yapıyı temsil etmek için kullanılır (Yeşilyurt ve Alan, 2003; Oruç, 2008).

Oran analizinden daha kapsamlı olan regresyon analizinin de bazı yetersizlikleri vardır. Birincisi, regresyon analizinde, tek bir çıktı tanımına bağlı olarak çıktıları ortak birim bazında tek bir değere indirgeme zorunluluğu vardır. Bu nedenle, farklı birimleri ortak bir birim olarak ifade etmede zorluklar vardır. Ayrıca regresyon analizinde etkinliğin değerlendirilmesi ortalama değerlerle tanımlanır ve bu nedenle etkin sınırdan uzak birimler bile etkin olabilir. Analizin bir diğer zayıflığı, regresyon analizinin üretim fonksiyonunu parametrik olarak tanımlaması (girdiler veya çıktıları sabit katsayılar ataması), üretim birimlerinin farklı teknolojileri veya hedef kombinasyonlarını belirlemesine izin vermemesi ve etkin olmayan birimleri belirleyememesidir (Güran ve Cingi, 2002).

2.2.3. Parametrik olmayan yöntemler

Girdi ve çıktılardaki kalite farklılıkları, etkinlik ve üretkenliğin hesaplanmasını zorlaştırmaktadır. Özellikle günümüzde kullanılan farklı kaynaklar ve bunların sonucunda elde edilen farklı ürünler verimin hesaplanmasını zorlaştırmakta, farklı girdi ve çıktı birimleri bu zorluğu artırmaktadır (Bozdağ vd., 2001).

Parametrik olmayan yöntemler, doğrusal programlamaya dayalı teknikleri kullanarak hesaplama sonucunda verimliliği ölçer. Bu yöntemler, parametrik yöntemlerde olduğu gibi üretim biriminin yapısı ile ilgili sorulara girmeye gerek duymadığından nispeten avantajlıdır. Ayrıca bu yöntemler birden fazla açıklayıcı ve açıklanan değişken kullanabilme avantajına sahiptir. Öte yandan, rastgele bir hata terimi içermediklerinden, veriler, ölçümler veya diğer nedenler, modelde hatalara neden olabilir ve verimlilik değerini yanlış ayarlayabilir. Parametrik olmayan verimlilik ölçüm yöntemlerinin büyük çoğunluğu girdi ve çıktı ölçüm birimlerinden bağımsızdır. Böylece organizasyonların veya işletmelerin farklı boyutlarının aynı anda ölçülmesine olanak sağlar. Parametrik olmayan yöntemler arasında en çok kullanılan analiz yöntemi VZA'dır (İnan, 2000) ve bu tekniğin detayları ilerleyen bölümde tartışılacaktır.

2.3. Bankacılık Sektöründe Etkinlik Çalışmaları

Pratikte, etkinlik düzeyini belirlemek için birkaç yöntem uygulamak mümkündür. Finansal oran analizi (financial ratio analysis (FRA)), VZA ve stokastik sınır analizi (stochastic frontier analysis (SFA)), bankaların finansal performansını analiz etmek için sıklıkla ve yaygın olarak kullanılan yaklaşımlardır. Finansal oran analizi, bankacılık etkinlik ölçümünde en basit tekniktir; girdi fiyatlarını veya ürün karmasını kontrol edememek gibi birçok sınırlamayla karşılaşması da eleştirilmiştir. Daha sonra bankanın mevcut tüm girdi ve çıktıları bünyesinde barındırabilecek bir ölçüye ihtiyaç duyulmakta ve diğer iki teknik bu talebi karşılamaktadır (Ncube, 2009). Birçok literatürde VZA ve stokastik sınır analizi, parametrik olmayan ve parametrik analiz yöntemlerinden en çok tercih edilen etkinlik ölçüm teknikleridir. VZA, özellikle bankacılık alanında etkinlik ölçümünde en yaygın olarak kullanılan parametrik olmayan teknik olarak görülmektedir.

Bir bankanın etkinliği, bankanın hizmetini mümkün olan minimum kaynaklarla sunabilmesi veya sınırlı miktarda girdi kullanarak mümkün olan maksimum ürün ve hizmetleri üretebilmesi anlamına gelir. Bankacılık sisteminin etkinliği, bankacılık sektörünün istikrarını ve ardından ülkenin para politikasının etkinliğini etkilediği için finansal piyasadaki en önemli konudur (Yılmaz, 2013). VZA yöntemini kullanarak ticari bankaların etkinliğini değerlendiren çok sayıda çalışma bulunmaktadır; Bu çeşitli çalışmaların incelemeleri aşağıdaki gibi sunulmuştur.

Uluslararası literatürde, Sherman ve Gold'un (1985) çalışması birçok kişi tarafından bankacılık sektöründe etkinliği analiz etmek için VZA metodolojisinin uygulanmasında öncü olarak kabul edilmektedir (Daraio ve Simar, 2007; Liu vd., 2013; Forsund ve Sarafoglou, 2002; 2005). Bu öncü çalışmada yazarlar, muhasebe verilerinin sağladığının ötesine geçen etkinlik bilgileri sağlayarak banka şubesi etkinliğini artırmaya yardımcı olabilecek yeni bir yaklaşım olarak VZA kullanımını araştırmışlardır. Diğer bir deyişle, Sherman ve Gold'un (1985) çalışması, bankacılık sektöründe geliştirilecek VZA metodolojisini uygulayan diğer çalışmalara temel ve ilham kaynağı olmuştur.

Aly vd. (1990) tarafından yazılan ampirik bir araştırma başlıklı bir makale, 1986'da 322 banka örneği için çeşitli etkinlik ölçümlerini araştırmak amacıyla VZA'yı uygulamıştır. Çalışma üç girdi (emek, sermaye ve ödünç verilebilir fonlar) ve beş çıktı (ticari ve sınai

krediler, tüketici kredileri, emlak kredileri, diğer krediler ve vadesiz mevduat) kullanmıştır. Sonuçta düşük bir genel etkinlik seviyesi bulunmuştur. Etkinsizliğin ana kaynağı doğası gereği tekniktir ve ortalama olarak örneklemdaki banka ölçek etkindir.

Pastor vd. (1997), 1992 yılı için farklı Avrupa ve ABD bankalarının teknolojilerindeki etkinlik, verimlilik ve farklılıkları karşılaştırmıştır. Çalışmalarında ABD’de 168, Fransa’da 67, İspanya’da 59, Avusturya’da 44, İtalya’da 31, Almanya’da 22, İngiltere’de 18 ve Belçika’da 17 banka seçmişler ve bankaların etkinlik düzeylerini araştırmak için VZA yaklaşımını kullanmışlardır. VZA’da iki girdi “faiz dışı giderler ve kişisel harcamalar” ve üç çıktı “krediler, diğer üretken varlıklar ve mevduat” seçmişlerdir. Ülkeler arası etkinlik puanlarına ilişkin bulgularına göre, İspanya, Danimarka ve Portekiz’deki bankalar teknik açıdan görece en etkin bankalardır. Fransa ve İtalya’dan gelen bankaların daha az etkin olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ABD, Avusturya ve Almanya’daki bankaların ölçek verimsiz olduğunu bulmuşlardır.

Yadav (2015), parametrik olmayan bir yaklaşımla (VZA) 2007-2014 döneminde 131 örneklem olarak Rusya’nın ticari bankalarının teknik etkinlik, saf teknik etkinlik ve ölçek etkinliğini incelemiştir. Teknik etkinlik puanlarının %31 ile %51 arasında değiştiği bulunmuştur. Bu durum bankaların etkinlik sınırında olmak için girdilerini %49’dan %69’a düşürmeleri gerektiği anlamına gelir. Sonuç, örneklemdaki ticari bankaların genel olarak ölçeğe göre azalan getirilerde faaliyet gösterdiğini ve ayrıca bankaların optimum çıktılar (krediler ve net yatırım) yaratmak için girdilerin (toplam giderler ve mevduat) kullanımında düşük performans gösterdiğini göstermektedir.

Karimzadeh (2012), VZA kullanarak 2000-2010 yılları arasında Hint ticari bankalarının etkinliğini incelemiştir. Araştırmacı, 8 ticari banka örneğini baz alarak, aracılık yaklaşımını kullanarak çıktı değişkeni olarak kredileri ve yatırımları, girdi olarak ise duran varlık, mevduat ve çalışan sayısını kullanmıştır. Bulgular; maliyet (ekonomik) etkinlik, teknik etkinlik, ve tahsis etkinliği VRS modelinde sırasıyla 0,991, 0,995 ve 0,991 ve CRR modelinde 0,936, 0,969 ve 0,958 şeklindedir. Hindistan’daki çalışma döneminde seçilen Kamu Sektörü Bankaları Özel sektörden daha etkin bulunmuştur.

Baidya ve Mitra (2012) tarafından yürütülen çalışmada, 2009–2010 mali yılına ait 26 Hintli kamu sektörü bankasının teknik etkinliğini ölçmek ve değerlendirmek amaçlanmıştır. VZA

modelleri olarak CCR ve Andersen ve Petersen'in süper etkinlik modeli kullanılmıştır. Sonuçlar, örneklemin tamamının ortalama teknik etkinliğinin %86,5 olduğunu ve sadece yedi bankanın (%23) tam etkin olduğunu ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, Hindistan'daki 19 kamu sektörü bankasının bir etkinlik iyileştirme kapsamı bulunmaktadır. Çalışma, hizmetlerini sunmak için daha fazla işgücü kullanan bankaların nispeten daha verimsiz olduğunu bulmuştur.

Raphael (2012) 2008'den 2011'e kadar olan dönemde bir VZA kullanarak Tanzanya'daki ticari bankaların etkinliğini araştırmıştır. Çalışmada üç girdi değişkeni (mevduat, faiz giderleri ve işletme giderleri) ve dört çıktı değişkeni (kredi, yatırım, faiz geliri ve faizsiz gelir) kullanılmış olup, analiz sonucu Tanzanya'daki ticari bankaların çoğunun teknik olarak verimsiz olduğunu göstermiştir. Büyük bankalar, büyüklük açısından küçük bankalara göre daha iyi performans göstermiştir. Çalışmaya göre, ticari bankalar teknik etkinliği artırmak için aynı çıktı seviyesini korurken girdi kaynaklarının kullanımını en aza indirmelidir.

Yannicka vd., (2016) çalışmasında Fildişi Sahili bankacılık sektörünün VZA kullanılarak teknik etkinlik değerlendirmesini, 2008-2010 yılları arasında 14 bankayı değerlendirerek yapmıştır. Bu çalışmada girdilere yönelik CCR ve BCC modelleri uygulanmıştır.

Lemequezani (2020), 2008-2018 yılları arasında Mozambik'teki ticari bankaların etkinlik ve verimliliklerini değerlendirmek için bir Malmquist Toplam Verimlilik Endeksi uygulamıştır. Aynı çalışmada, ticari bankaların verimliliğinin belirleyicilerini değerlendirmek için regresyon modelini uygulamıştır. Bireysel performansa bakıldığında, 12 banka örneğinde, sonuçlar, birçok KVB'nin Malmquist Verimlilik Endeksi'nin 1'den büyük olmasına rağmen, sistemin negatif bir toplam puana sahip olduğunu göstermektedir, bu da Toplam Faktör Verimliliği (TFV)'de pozitif bir değişim yüzdesi anlamına gelmektedir.

Yıldırım (1999), 1988-1996 yılları arasında VZA yöntemini kullanarak Türk bankacılık sektörünün etkinliği üzerine bir araştırma yapmıştır. Çalışmada girdi değişkenleri olarak toplam vadesiz mevduat, toplam vadeli mevduat, faiz giderleri ve faiz dışı giderler; Çıktı olarak toplam krediler, faiz geliri ve faiz dışı gelir gibi değişkenler kullanılmıştır.

Budak (2011) çalışmasında, bankaların etkinliğini değerlendirmek için VZA uygulamıştır. Kullanılan girdi değişkenleri şunlardır: şube sayısı, personel sayısı ve faiz ve faiz dışı

giderler; dikkate alınan çıktılar şunlardır: toplam mevduat, toplam krediler, faiz ve faiz dışı gelir ve net gelir. 2008, 2009 ve 2010 yıllarında Türk bankacılık sektöründe faaliyet gösteren 22 ticari banka için bu tekniğin kullanılması bankaların bu yıllardaki etkinliğini belirlemiştir. Ayrıca 2010 yılına ait verilerle etkin olmayan bankalar için hedef değerleri hesaplamıştır. Bu çalışmada temel CCR ve BCC modelleri uygulanmıştır.

Karataş (2014), çalışmasında Adana 1. bölgede faaliyet gösteren bir kamu bankasının 2005 ve 2012 yılları arasında faaliyet gösteren 28 şubesinin VZA yöntemiyle etkinlik ölçümünü yapmıştır. Çalışmanın amacı etkin olan şubeleri bulmak ve etkin olmayan şubelerin de referans kümeleri sayesinde etkin hale getirilmesini sağlamaktır. Ayrıca çalışmasında çıktı yönlü CCR modeli kullanmış ve Malmquist TFV Endeksi analizi ile etkinliğin zaman içindeki değişimini ölçmüştür. Sonuçlar, etkin şubelerin çoğunun ilçelerde olduğunu göstermiştir. Bunun nedeni, o bölgede kıyaslanamaz olmaları veya şehirdeki şubelere göre daha az rakiplerinin olmasıdır.

Kurşun (2016), çalışmasında 2014 yılında faaliyet gösteren özel bir katılım bankasının kurumsal, ticari ve bireysel müşterilere hizmet veren 135 şubesinin etkinliğini BCC ve CRR modelleri kullanarak değerlendirmiştir. Çalışmada girdi değişkenleri olarak cari hesap, katılım hesabı, personel giderleri, şube kira giderleri kullanılırken çıktı değişkenleri olarak ise nakdi kullandırım, gayri nakdi kullandırım, komisyon gelirleri ve kar kullanılmıştır. Çalışma sonucunda BCC modeli kullanılarak yapılan analizlerde etkin şube sayısının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni, BCC modelinin değişken getiri varsayımı altında bir dışbükeylik kısıtına sahip olmasıdır.

Stavárek ve Řepková (2012), 2000-2010 döneminde etkinliğin arttığını bulmuş ve en büyük bankaların orta ölçekli ve küçük bankalardan önemli ölçüde daha kötü performans gösterdiğini bulmuşlardır. Zinková (2014), Slovakya'daki ticari bankacılık kurumlarının temsili bir örneğinin teknik etkinliğini ve süper etkinliğini analiz etmiştir. Burada üç VZA modeli olan Banker, Charnes ve Cooper (1984) modeli, Tone (2001)'nin SBM modeli ve Tone (2002)'nin süper etkinlik SBM modeli uygulanmıştır. Sonuçlara göre, yabancı bankanın şubesi olan Komerční banka, 2012 yılında Slovak Cumhuriyeti'nde değişken ölçüğe göre getiri altında faaliyet gösteren süper etkin bankacılık kuruluşu olarak bulunmuştur.

Palečková (2017), 2004-2013 döneminde Çek ticari bankalarının etkinlik değişimini incelemek için VZA ve Pencere Malmquist endeksi yaklaşımını uygulamıştır. Ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında hesaplanan ortalama etkinlik %73 ve ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında hesaplanan değer %83'tür. Bu çalışmada, 2004-2013 döneminde Çek ticari bankalarının ortalama pozitif etkinlik artışı tahmin edilmiştir. Ayrıca, ortalama ölçek etkinliğinin %88 olduğu bulunmuştur, bu da Çek ticari bankalarının, özellikle en büyük bankaların uygun olmayan büyüklükte olduğu anlamına gelmektedir.





3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

Veri Zarflama Analizi (VZA) (*Data Envelopment Analysis (DEA)*), Charnes¹, Cooper² ve Rhodes³ (1978) tarafından geliştirilen doğrusal bir programlama tekniğidir. VZA, aynı çoklu girdilere ve birden çok çıktıya sahip olan üretken birimlerin göreceli etkinliğini analiz etmek için kullanılabilen bir performans ölçüm tekniğidir. VZA, ölçüt olarak birimlerin göreceli etkinliğini karşılaştırmaya ve karşılaştırma ölçütüne göre diğer birimlerdeki girdi kombinasyonlarındaki verimsizlikleri ölçerek karşılaştırmaya izin veren parametrik olmayan bir tekniktir. VZA ile ilgili en erken çalışmalardan biri, üretimin teknik etkinliğini tek girdi ve tek çıktı durumunda ölçmeye çalışan Farrell⁴'in (1957) çalışmasıdır. VZA ilk olarak Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından, bir KVB'nin tek girdi ve tek çıktı modelini birden çok girdi ve birden çok çıktıya genelleştiren bir model önerme girişiminde, ölçüğe göre sabit getiri (*Constant Return-to-Scale (CCR)*) varsayımıyla geliştirilmiştir.

VZA'da değerlendirilmekte olan varlıklara, yani çıktı üretmek için girdi kullanan varlıklara Karar Verme Birimi (KVB) denir. Bu teknik, bir KVB'nin bir dizi çıktı üretmek için mevcut kaynakları ne kadar etkin kullandığını ölçmeyi amaçlar (Charnes vd., 1978). VZA, Banker⁵, Charnes ve Cooper (1984) tarafından ölçüğe göre değişken getiriyi (Variable Return-to-Scale (VRS)) içerecek şekilde genişletilmiştir. Karar verme birimleri, üretim birimlerini, üniversiteler, okullar, banka şubeleri, hastaneler, enerji santralleri, polis karakolları, vergi daireleri, hapishaneler, savunma üsleri, bir dizi firma gibi büyük kuruluşların departmanlarını ve hatta tıp doktorları gibi uygulayıcı kişileri içerebilir. KVB'lerin performansı VZA'da toplam çıktıların toplam girdilere oranı olan etkinlik veya verimlilik kavramı kullanılarak değerlendirilir. VZA kullanılarak tahmin edilen etkinlikler görelidir, yani en iyi performans gösteren KVB'ye göre 1 veya %100 etkinlik skoru atanır ve diğer KVB'lerin performansı bu en iyi performansa göre 0 ile % 100 arasında değişir. Daha önce belirtildiği gibi, VZA'da kullanılan etkinlik ölçüsü Eş. (3.1)'de gösterildiği gibi toplam çıktıların toplam girdilere oranıdır.

¹ Abraham Charnes (1917–1992)-Amerikalı Matematikçi

² William Wager Cooper (1914–2012)- Amerikalı Yöneylem Araştırmacısı

³ Edwardo Lao Rhodes (1946–)-Amerikalı Yönetim Bilimcisi

⁴ Michael James Farrell (1926–1975) -İngiliz Ekonomist.

⁵ Rajiv D. Banker (1953–)-Muhasebeci.

$$Etkinlik = \frac{\text{Çıktı}}{\text{Girdi}} \quad (3.1)$$

Görelî etkinliğin hesaplanmasının arkasındaki temel varsayım şudur: Eğer bir KVB, X birim Girdi kullanarak Y birim çıktı üretebiliyorsa, o zaman diğêr KVB'ler de etkin çalışıyorlarsa aynı şeyi yapabilirler.

3.1. VZA Modelleri

Veri zarflama analizi literatüründe iki temel model bulunmaktadır. Birincisi, 1978'de Charnes, Cooper ve Rhodes (CCR) tarafından önerilen modeldir ve ölçêge göre sabit getiri (girdi sayısı arttıkça çıktıda eşdeğêr bir artışa yol açar) varsayımı üzerinde çalışır. Buna karşılık, ikinci model Banker, Charnes ve Cooper (BCC) tarafından 1984'te önerilmiş ve ölçêge göre değışken getiri (girdilerdeki bir artış, çıktılarda orantısal bir değışikliğe neden olmaz) varsayımı üzerinde çalışır (Charnes vd., 1994).

Her KVB için sanal girdiler ve sanal çıktılar, bilinmeyen ağırlıklar (v_i ve u_r) ile değışken girdi ve çıktıların çarpımı ile aşağıdaki gibi oluşturulur (Cooper, Seiford ve Tone, 2000):

$$\text{Sanal girdi} = v_1x_{1o} + v_2x_{2o} + v_3x_{3o} + \dots + v_mx_{mo} = \sum_{i=1}^m v_ix_{io} \quad (3.2)$$

$$\text{Sanal çıktı} = u_1y_{1o} + u_2y_{2o} + u_3y_{3o} + \dots + u_sy_{so} = \sum_{r=1}^s u_ry_{ro} \quad (3.3)$$

Böylece doğrusal programlama kullanarak aşağıdaki oranı maksimize ederek ağırlıkları belirlemeye çalışmaktadır.

$$\frac{\text{Sanal çıktı}}{\text{Sanal girdi}} \quad (3.4)$$

n tane KVB olduğunu varsayalım. Bu KVB'lerin her biri için bazı ortak girdi ve çıktı öğeleri aşağıdaki gibi seçilir:

1. Verilerin tüm KVB'ler için pozitif olduğu varsayılarak, her girdi ve çıktı için sayısal veriler mevcuttur.
2. Öğeler (girdiler, çıktılar ve KVB'lerin seçimi), KVB'lerin görelî etkinlik değerlendirmelerine girecek bileşenlere bir analistin veya bir yöneticinin ilgisini yansıtmalıdır.
3. Prensip olarak, küçük girdi ve büyük çıktı miktarları tercih edilir, etkinlik puanları bu ilkeleri yansıtmalıdır.
4. Farklı girdi ve çıktıların ölçü birimleri uyumlu olmak zorunda değildir.
5. KVB _{j} için girdi ve çıktı verilerine sırasıyla $(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})$ ve $(y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})$ diyelim. Yukarıdaki özellikleri karşılayan X girdileri ve Y çıktıları matrisi şu şekilde temsil edilmektedir:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix} \quad (3.5)$$

$$Y = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ y_{s1} & y_{s2} & \dots & y_{sn} \end{pmatrix} \quad (3.6)$$

3.1.1. Girdiye yönelik CCR modeli

Veriler göz önüne alındığında, her bir KVB'nin etkinliği bir kez ölçülür ve bu nedenle değerlendirilecek her KVB _{j} için bir tane olmak üzere n optimizasyona ihtiyaç var. Herhangi bir denemede değerlendirilecek KVB _{j} , aralığı 0 olmak üzere bu aralıkta her bir KVB _{o} olarak tanımlanır. Girdi ağırlıkları v_i ($i = 1, \dots, m$) ve çıktı ağırlıkları u_r ($r = 1, \dots, s$) olmak üzere, aşağıdaki kesirli programlama problemi çözülmektedir (Cooper, Seiford ve Tone, 2000):

$$(FP_0) \max_{v,u} \theta = \frac{u_1 y_{10} + u_2 y_{20} + u_3 y_{30} + \dots + u_s y_{s0}}{v_1 x_{10} + v_2 x_{20} + v_3 x_{30} + \dots + v_m x_{m0}} \quad (3.7)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$\frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + u_3 y_{3j} + \dots + u_s y_{sj}}{v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + v_3 x_{3j} + \dots + v_m x_{mj}} \leq 1 \quad (j = 1, \dots, n) \quad (3.8)$$

$$v_1, v_2, v_3, \dots, v_m \geq 0 \quad (3.9)$$

$$u_1, u_2, u_3, \dots, u_s \geq 0. \quad (3.10)$$

Bu kısıtlar, sanal çıktı ile sanal girdi oranının her KVB için 1'i geçmemesi gerektiğini belirtir. Amaç, değerlendirilmekte olan KVB_o oranını maksimize eden v_i ve u_r ağırlıklarını elde etmektir. Kısıtlardan dolayı optimal amaç değeri θ^* en fazla 1'dir. Matematiksel olarak Eş. (3.10) ve Eş. (3.9)'daki negatif olmama kısıtı Eş. (3.8)'deki terimin kesin bir değere sahip olması için yeterli değildir. Tüm girdi ve çıktı değerleri negatif olmamalıdır.

3.1.2. Kesirli modelden doğrusal modele

Yukarıdaki kesirli programlama (FP_0), aşağıdaki doğrusal programlama (LP_0) ile eşdeğerdir (Cooper, Seiford ve Tone, 2000):

$$(LP_0) \max \theta = \mu_1 y_{10} + \mu_2 y_{20} + \dots + \mu_s y_{s0} \quad (3.11)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$v_1 x_{10} + v_2 x_{20} + \dots + v_m x_{m0} = 1 \quad (3.12)$$

$$\mu_1 y_{1j} + \mu_2 y_{2j} + \dots + \mu_s y_{sj} \leq v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \dots + v_m x_{mj} \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (3.13)$$

$$v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0 \quad (3.14)$$

$$\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_m \geq 0 \quad (3.15)$$

Teorem 3.1.1. (Bağımsızlık Teoremi) Eş. (3.7) ve (3.11)'deki maks $\theta = \theta^*$ 'nin optimal değerleri, bu birimlerin her KVB için aynı olması koşuluyla, girdi ve çıktılar ölçüldüğü birimlerden bağımsızdır.

Devam etmeden önce, LP_o 'nun doğrusal programlamanın simpleks yöntemiyle çözülebileceğini not edelim. Optimum çözüm, LP_o 'nun ikili tarafı (dual) ele alınarak daha kolay elde edilebilir.

(θ^*, v^*, u^*) doğrusal programlama problemi LP_o 'nun çözümü olsun. Daha sonra CCR etkinliğine ulaşıp ulaşılmadığı aşağıdaki şekilde belirlenebilmektedir:

Tanım 3.1.1 (CCR-Etkinliği)

1. $\theta^* = 1$ ise, $v^* > 0$ ve $u^* > 0$ ile en az bir optimal (v^*, u^*) varsa KVB $_o$ CCR-Etkindir.
2. Aksi takdirde, KVB $_o$ etkin değildir.

KVB $_o$ 'nun 1'den az bir skora sahip olduğu durum düşünölsün, yani $\theta^* < 1$ (CCR-etkinsiz) olsun. O zaman Eş. (3.13)'te ağırlığın (v^*, u^*) sol ve sağ taraflar arasında eşitlik ürettiği en az bir kısıt (veya KVB) olmalıdır, aksi takdirde θ^* genişletilebilir. Böyle $j \in \{1, 2, \dots, n\}$ kümesi

$$E'_o = \left\{ j: \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} = \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \right\} \quad (3.16)$$

olsun. CCR etkin KVB'lerden oluşan E'_o 'nun alt kümesi E_o , KVB $_o$ 'nun referans kümesi veya eş grubu olarak adlandırılır. KVB $_o$ 'yu verimsiz olmaya zorlayan, bu etkin KVB'ler koleksiyonunun varlığıdır. E_o tarafından tanımlanan kümeye KVB $_o$ 'nun etkin sınırı denir.

3.1.3. Optimal ağırlıkların anlamı

LP_o için optimal bir çözüm olarak elde edilen (v^*, u^*) , KVBo için bir dizi optimal ağırlık ile sonuçlanır. Oran ölçeği

$$\theta^* = \frac{\sum_{r=1}^s u_r^* y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i^* x_{io}} \quad (3.17)$$

ile değerlendirilir. Eş. (3.12)'den payda 1'dir ve dolayısıyla

$$\theta^* = \sum_{r=1}^s u_r^* y_{ro} \quad (3.18)$$

olur. Daha önce belirtildiği gibi, (v^*, u^*) , oran ölçeğini maksimize etme anlamında KVB_o için en uygun ağırlıkların kümesidir. v^* , girdi ögesi i için en uygun ağırlıktır ve büyüklüğü, görel olarak, ögenin ne kadar yüksek düzeyde değerlendirildiğini ifade eder. Benzer şekilde, u^* , r çıktı ögesi için aynı şeyi yapar. Ayrıca,

$$\sum_{i=1}^m v_i^* x_{io} (= 1) \quad (3.19)$$

sanal girdisindeki her bir $v_i^* x_{io}$ ögesi incelenirse, o zaman her bir $v_i^* x_{io}$ 'nun değerine referansla her bir ögenin görel önemi görülebilir. Aynı durum $u_r^* y_{ro}$ için de geçerlidir; burada u_r^* , y_{ro} 'nun toplam θ^* değerine görel katkısının bir ölçüsünü sağlar. Bu değerler sadece hangi maddelerin KVB_o'nun değerlendirilmesine katkıda bulunduğunu değil, aynı zamanda bunu ne ölçüde yaptığını da gösterir.

3.1.4. Üretim olanakları kümesi

Bu kısımda (X, Y) çiftinin pozitiflik varsayımı gevşetilir. Ancak, negatif olmama varsayımı varsayılır, yani girdi ve çıktı vektörlerinin bileşenlerinden en az birinin pozitif olması

gerekir. Matematiksel olarak, bu karakterizasyona yarı-pozitif denir (Cooper, Seiford ve Tone, 2000; Aydemir, 2002). Bu girdi ve çıktı verilerinden (X, Y) oluşan Üretim Olanakları Kümesi de tanıtılacaktır. Daha sonra CCR modelinin ikili (dual) problemi oluşturulacak ve ikili problemin, veri kümesine (X, Y) uygulanan bir doğrusal programlama problemine dayalı olarak etkinliği değerlendirildiği gösterilecektir. Tüm girdi fazlalıkları ve çıktı eksiklikleri dikkate alınarak CCR etkinliği yeniden tanımlanacaktır.

Bir CCR modelinin bir versiyonu, en azından verilen çıktı seviyelerini karşılarken girdileri en aza indirmeyi amaçlar. Buna girdiye yönelik (*input-oriented*) model denir. Çıktıya yönelik (*output-oriented*) model adı verilen ve gözlemlenen değerlerden daha fazla girdi gerektirmeden çıktıları maksimize etmeye çalışan başka bir model türü daha vardır. Bu modeller aşağıdaki kısımlarda tartışılmaktadır.

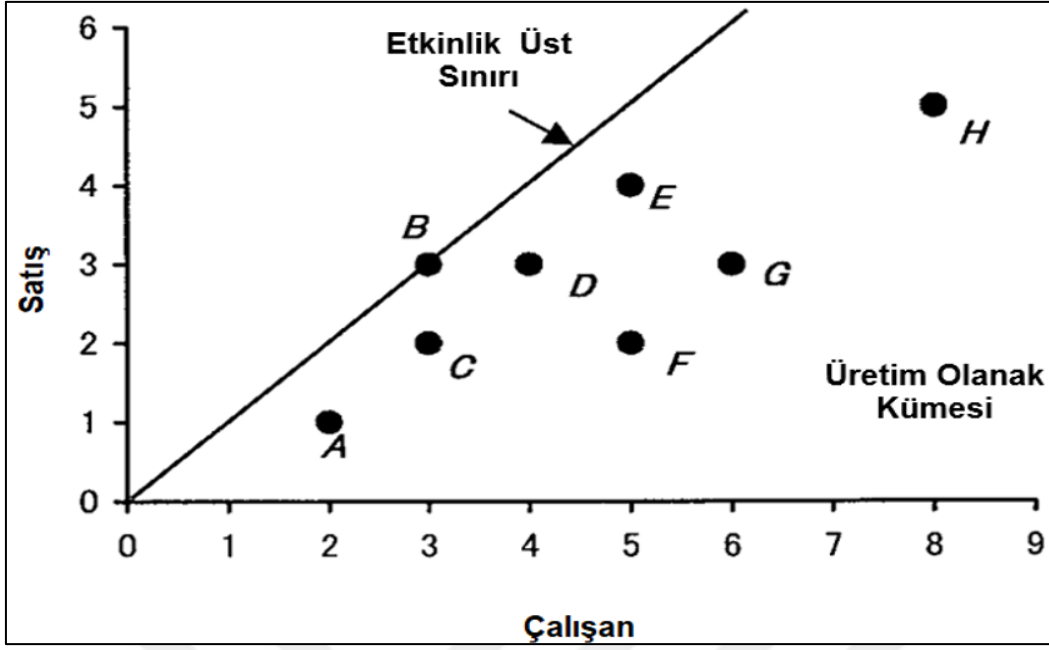
Uygulanabilir faaliyetler kümesine Üretim Olanakları Kümesi (*Production Possibility Set*) denir ve P ile gösterilir. Üretim olanakları kümesi aşağıdaki özelliklere sahiptir:

1. Gözlenen değerler (x_j, y_j) ($j = 1, 2, \dots, n$) P 'ye aittir.
2. (x, y) P 'ye aitse, herhangi bir pozitif skaler t için (tx, ty) P 'ye aittir. Bu özelliğe ölçeğe göre sabit getiri (*constant returns-to-scale*) varsayımı denmektedir.
3. P 'deki bir aktivite (x, y) için, $\bar{x} > x$ ve $\bar{y} < y$ ile herhangi bir yarı-pozitif aktivite P 'ye dahil edilir.
4. P 'deki vektörlerin herhangi bir yarı-pozitif lineer kombinasyonu P 'ye aittir.

Yukarıdaki özellikler karşılanırsa, üretim olanak kümesi P şu şekilde tanımlanır:

$$P = \{(x, y) | x \geq X\lambda, y \leq Y\lambda, \lambda \geq 0\}, \lambda: R^{n'} \text{ de bir yarı - pozitif vektördür} \quad (3.20)$$

Şekil 3.1, tek girdi ve tek çıktı durumu için iki boyutta ayarlanmış tipik bir üretim olasılığını göstermektedir. Bu örnekte, olanak kümesi B tarafından belirlenir ve orijinden B 'ye kadar olan doğru etkin sınırdır (Etkinlik Üst Sınırı).



Şekil 3.1. Üretim olanak kümesi gösterimi (tek girdi ve tek çıktı) (Cooper, Ceiford ve Tone (2006: 43))

3.1.5. CCR modeli ve ikili problem

(X, Y) matrisine dayalı olarak, CCR modeli önceki kısımda girdi çarpanları için v satır vektörü ve çıktı çarpanları olarak satır vektörü u ile bir LP problemi olarak formüle edilmiştir. Bu çarpanlar, aşağıdaki LP probleminde değişkenler olarak ele alınır (Cooper, Ceiford ve Tone, 2000):

$$(LP_0) \max_{v,u} uy_0 \quad (3.21)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$-vX + uY \leq 0 \quad (3.22)$$

$$v \geq 0, u \geq 0 \quad (3.23)$$

Yukarıdaki formülasyon, içinde vektör notasyonu kullanılması haricinde, daha önceden CCR modeli için Eş.(3.11)'deki model verilen formülasyonla aynıdır.

(LPo)'ın dual problem formülasyonu reel ve negatif olmayan vektör değişkenleri için aşağıdaki şekildedir:

$$(DLP_0) \min_{v,u} \theta \quad (3.24)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$\theta x_o - X\lambda \geq 0 \quad (3.25)$$

$$Y\lambda \geq y_o \quad (3.26)$$

$$\lambda \geq 0 \quad (3.27)$$

Primal (LPo) ve dual (DLPo) kısıt ve değişkenleri arasındaki karşılaştırma, Çizelge 3.1 ile özetlenmektedir:

Çizelge 3.1. CCR modeli primal ve dual yazımlar (Cooper, Ceiford ve Tone (2000: 44))

Kısıt (LPo)	Dual Değişken (DLPo)	Kısıt (DLPo)	Primal Değişken (LPo)
$vx_o = 1$	θ	$\theta x_o - X\lambda \geq 0$	$v \geq 0$
$-vX + uY \leq 0$	$\lambda \geq 0$	$Y\lambda \geq y_o$	$u \geq 0$

$\theta, \lambda_o = 1, \lambda_j (j \neq 0)$ değerleri, (DLPo) için gerçekleştirilebilir bir çözümdür. Dolayısıyla, θ^* ile gösterilen optimal θ , 1'den büyük değildir. Öte yandan, veriler için sıfır olmayan (yani yarı-pozitif) varsayım nedeniyle, Eş.(3.46) kısıtı λ 'yı sıfırdan farklı olmaya zorlar çünkü $y_o > 0$ ve $y_o \neq 0$ 'dır. Dolayısıyla, Eş.(3.27)'den θ sıfırdan büyük olmalıdır. Bunların hepsi bir araya getirildiğinde $0 \leq \theta^* \leq 1$ elde edilir. $s^- \in R^m$ girdi fazlalıkları (input slack) ve $s^+ \in R^s$ çıktı eksiklikleri (output slack) olarak tanımlansın. Bu vektörler, literatürde aylak vektörler (değişkenler) olarak adlandırılır ve şu şekilde ifade edebilir (Cooper, Ceiford ve Tone, 2000):

$$s^- = \theta x_o - X\lambda, s^+ = Y\lambda - y_o \quad (3.28)$$

Aylak değerlerin tümü (DLP_o) herhangi bir uygun çözüm için pozitiftir. Olası girdi fazlalıklarını ve çıktı eksikliklerini bulmak için aşağıdaki iki fazlı LP problemi çözülmektedir.

Aşama I- (DLP_o) çözülür. Optimum amaç değeri θ^* olsun. Doğrusal programlamanın dualite teoremine göre, θ^* , (LP_o)'nun optimal amaç değerine eşittir ve CCR-etkinliği (Farrell etkinliği) olarak da adlandırılır. Bu θ^* değeri, (DLP_o)'nun aşağıdaki "Aşama II" problemine dahil edilmiştir.

Aşama II- θ^* bilgisini göz önünde bulundurarak ve (λ, s^-, s^+) değişkenlerini kullanarak aşağıdaki LP çözülür:

$$\max_{\lambda, s^-, s^+} \omega = es^- + es^+ \quad (3.29)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$s^- = \theta^* x_o - X\lambda \quad (3.30)$$

$$s^+ = Y\lambda - y_o \quad (3.31)$$

$$\lambda \geq 0, s^- \geq 0, s^+ \geq 0 \quad (3.32)$$

burada $e=(1, \dots, 1)$ (birlerin vektörü), $es^- = \sum_{i=1}^m s_i^-$ ve $es^+ = \sum_{r=1}^s s_r^+$ olarak tanımlanır.

Aşama II'nin amacı $\theta = \theta^*$ 'ı sabit tutarken, girdideki fazlalıkların ve çıktıdaki eksikliklerin toplamını maksimize edecek bir çözüm bulmaktır.

Yukarıda matris şeklinde sunulan modelleri yazmanın diğer yolu ise şudur (Cooper, Seiford ve Zhu, 2004):

$$\theta^* = \min \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \quad (3.33)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = \theta x_{io} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (3.34)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{ij} \lambda_j - s_i^+ = y_{ro} \quad (r = 1, 2, \dots, s) \quad (3.35)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (3.36)$$

Burada,

θ : KVBo'nun girdilerinin radyal olarak ne kadar azaltılabileceğini belirleyen büzülme katsayısı

λ_j : Girdiye yönelik modeller için j. KVB'nin aldığı yoğunluk değeri (o; KVB'nin referans kümesinin alacağı değer)

s_i^- : KVBo'nun i. girdisine ait aylak (atıl) girdi değeri

s_i^+ : KVBo'nun r. çıktısına ait aylak (atıl) çıktı değeri

$\varepsilon > 0$: yeterince küçük bir sayıdır (*non-Archimedean*), genellikle $\varepsilon \leq 10^{-6}$.

Tanım 3.1.2. (Aylak Çözümü, Sıfır Aylak Aktivitesi). Aşama II'nin optimal çözümü $(\lambda^*, s^{*-}, s^{*+})$ maksimum aylak çözümü (max-slack solution) olarak adlandırılır. Maksimum aylak çözümü $s^{*-} = 0$ ve $s^{*+} = 0$ 'ı sağlarsa buna sıfır aylak (zero-slack) denir.

Tanım 3.1.3. (CCR-Etkinliği, Radyal Etkinlik, Teknik Etkinlik). Yukarıdaki LP'lerin optimal çözümü $(\theta^*, \lambda^*, s^{-*}, s^{+*})$, $\theta^* = 1$, $s^- = 0$, ve $s^+ = 0$ 'ı sağlarsa, KVBo'ya CCR-Etkinliği denir, aksi takdirde ise CCR-etkinsizdir, çünkü tam etkinlik (%100) için:

(i) $\theta^* = 1$.

(ii) Bütün aylak değişkenler 0'dır.

koşulları sağlanmak zorundadır.

Bu iki koşuldan ilki radyal etkinlik olarak adlandırılır. Aynı zamanda teknik etkinlik olarak da adlandırılır, çünkü $\theta^* < 1$ değeri, kullanıldıkları karışımı (=orantıları) değiştirmeden tüm girdilerin aynı anda azaltılabileceği anlamına gelir. $(1 - \theta^*)$ üretim olanak kümesi tarafından izin verilen maksimum orantılı azalma olduğu için, sıfır olmayan aylaklarla ilişkili herhangi bir ek azalma, girdi oranlarını zorunlu olarak değiştirecektir. Bu nedenle, yukarıdaki iki aşamalı prosedürde tanımlanan sıfır olmayan herhangi bir aylak ile ilişkili etkinsizliklere karışım etkinsizlikleri adı verilir. Bu iki etkinsizlik kaynağını karakterize etmek için başka isimler de kullanılır. (i) ve (ii) koşulları birlikte alındığında Pareto⁶ - Koopmans⁷ veya güçlü etkinlik olarak da adlandırılan ve aşağıdaki şekilde ifade edilebilecek olanı tanımlar (Cooper, Seiford ve Tone, 2000; Aydemir, 2002).

Tanım 3.1.4. (Koopmans Etkinliği). Bir KVB, herhangi bir girdiyi veya çıktıyı başka bir girdi veya çıktıyı kötüleştirmeden iyileştirmek mümkün değilse tam (%100) etkindir.

Teorem 3.1. 2. Tanım 3.1.3'te verilen CCR-Etkinliği, Tanım 3.1.1'de verilene eşdeğerdir.

İlk olarak, v ve u ve (LP_0) vektörlerinin, (DLP_0) 'nun sırasıyla Eş. (3.27) ve (3.28) kısıtlamalarına karşılık gelen ikili çarpanlar olduğuna dikkat edelim. Şimdi aşağıdaki "tamamlayıcı koşullar" (LP_0) 'nun herhangi bir optimal çözümü (v^*, u^*) ile (DLP_0) 'nun $(\lambda^*, s^{-*}, s^{+*})$ arasında geçerlidir.

⁶ Vilfredo Pareto (1848-1923)-İtalyan siyaset bilimci, sosyolog ve ekonomist.

⁷ Tjalling Koopmans (1910-1985)-Hollandalı-Amerikalı matematikçi ve ekonomist.

$$v^* s^{-*} = 0 \text{ ve } u^* s^{+*} = 0 \quad (3.37)$$

Bu, v^* veya u^* 'nin herhangi bir bileşeni pozitifse, o zaman karşılık gelen s^{-*} veya s^{+*} bileşenin sıfır olması gerektiği ve bunun tersine, her iki bileşenin aynı anda sıfır olabileceği olasılığına da izin verildiği anlamına gelir.

Diğer taraftan,

- (i) $\theta^* < 1$ ise, (LP_o) ve (DLP_o) aynı optimal amaç değerine θ^* sahip olduğundan, KVBo Tanım 1'e göre CCR etkinsizdir.
- (ii) $\theta^* = 1$ ise ve sıfır aylak değilse ($s^{-*} \neq 0, s^{+*} \neq 0$), yukarıdaki tamamlayıcı koşullara göre, pozitif aylığa karşılık gelen v^* veya u^* elemanları sıfır olmalıdır. Bundan dolayı, KVBo, Tanım 3.1.1'e göre CCR-etkinsizdir.
- (iii) Son olarak, eğer $\theta^* = 1$ ve sıfır aylak ise, o zaman "güçlü tamamlayıcılık teoremi" (LP_o) ile pozitif bir optimal çözüm (v^*, u^*) sağlanır ve dolayısıyla KVBo Tanım 3.1.1 ile CCR-etkindir.

Bunun tersi, tamamlayıcı ilişki ve (v^*, u^*) ve (s^{-*}, s^{+*}) arasındaki güçlü tamamlayıcılık teoremi için de geçerlidir.

3.1.6. Referans kümesi ve etkinlikte iyileştirme

Etkinsiz bir KVBo için, birinci ve ikinci aşamalarda elde edilen maksimum aylıklık çözümüne dayalı olarak referans kümesi E_o aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır (Cooper, Seiford ve Tone, 2000):

$$E_o = \{j | \lambda_j^* > 0\} \quad (j \in \{1, 2, \dots, n\}) \quad (3.38)$$

Optimal bir çözüm şu şekilde ifade edilebilir:

$$\theta^* x_o = \sum_{j \in E_o} x_j \lambda_j^* + s^{-*} \quad (3.39)$$

$$y_o = \sum_{j \in E_o} y_j \lambda_j^* - s^{+*} \quad (3.40)$$

Bu şu şekilde yorumlanabilir,

$$x_o \geq \theta x_o - s^{-*} = \sum_{j \in E_o} x_j \lambda_j^* \quad (3.41)$$

ve şu anlama gelir:

$$x_o \geq \text{teknik - karışık etkinsizlik} \quad (3.42)$$

=gözlemlenen girdi değerlerinin pozitif bir kombinasyonu

Ayrıca

$$y_o \leq y_o + s^{+*} = \sum_{j \in E_o} y_j \lambda_j^* \quad (3.43)$$

=gözlemlenen çıktı değerlerinin pozitif bir kombinasyonu

olacaktır. Bu ilişkiler, girdi değerlerinin θ^* oranı kadar radyal olarak azaltılması ve s^{-*} cinsinden kaydedilen giriş fazlalıklarının ortadan kaldırılması durumunda KVBo için (x_o, y_o) etkinliğinin iyileştirilebileceğini düşündürmektedir. Benzer şekilde, çıktı değerleri s^{+*} cinsinden çıktı eksiklikleri ile artırılırsa etkinlik elde edilebilir. Brüt girdi iyileştirmesi Δx_o ve çıktı iyileştirmesi Δy_o şu şekilde hesaplanabilir:

$$\Delta x_o = x_o - (\theta x_o - s^{-*}) = (1 - \theta^*)x_o + s^{-*} \quad (3.44)$$

$$\Delta y_o = s^{+*} \quad (3.45)$$

Etkinlikte ilerleme formülasyonu, diğer adıyla “CCR-projeksiyonu” şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$\hat{x}_o = x_o - \Delta x_o = \theta x_o - s^{-*} \geq x_o \quad (3.46)$$

$$\hat{y}_o = y_o - \Delta y_o = \theta y_o + s^{+*} \leq y_o \quad (3.47)$$

3.1.7. Çıktıya yönelik CCR modeli

Bu noktaya kadar, esas olarak amacı en azından verilen çıktı seviyelerini üretirken girdileri en aza indirmek olan bir modelle ilgileniliyordu. Bu modele girdiye yönelik model denir. Herhangi bir girdinin gözlemlenen miktarından fazlasını kullanmadan çıktıları maksimize etmeye çalışan başka bir model daha vardır. Bu, çıktıya yönelik model olarak adlandırılır ve şu şekildedir (Cooper, Seiford ve Tone, 2000; Aydemir, 2002):

$$(DLPO_o) \max_{\eta, \mu} \eta \quad (3.48)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$x_o - X\mu \geq 0 \quad (3.49)$$

$$\eta x_o - Y\mu \leq 0 \quad (3.50)$$

$$\mu \geq 0 \quad (3.51)$$

(DLPOo)'nun optimal çözümü, doğrudan aşağıdaki gibi girdiye yönelik CCR modelinin optimal çözümünden türetilebilir:

$$\lambda = \mu/\eta \text{ ve } \theta = 1/\eta \quad (3.52)$$

olmak üzere, (DLPOo) şeklinde yazılabilir.

$$(DPL_o) \min_{\theta, \lambda} \theta \quad (3.53)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$\theta x_o - X\lambda \geq 0 \quad (3.54)$$

$$y_o - Y\lambda \leq 0 \quad (3.55)$$

$$\lambda \geq 0 \quad (3.56)$$

Bu model girdiye yönelik CCR modelidir.

Böylece, çıktıya yönelik modelin optimal çözümü, girdiye yönelik modelin çözümü ile şu şekilde ilişkilidir:

$$\eta^* = 1/\theta^*, \mu^* = \lambda^*/\theta^* \quad (3.57)$$

Çıktıya yönelik modelde serbest değişkenler (t^-, t^+) şu şekilde tanımlanır:

$$X\mu + t^- = x_o \quad (3.58)$$

$$Y\mu - t^+ = \eta x_o \quad (3.59)$$

Bu değerler aynı zamanda girdiye yönelik model aracılığıyla da ilişkilidir.

$$t^{-*} = s^{-*}/\theta^*, t^{+*} = s^{+*}/\theta^* \quad (3.60)$$

$\theta^* \leq 1$ olduğu için η^* aşağıdaki kısıt altındadır:

$$\eta \geq 1$$

η değeri ne kadar yüksek olursa, KVB o kadar az etkin olur. θ^* girdi azaltma oranını ifade ederken, η çıktı büyütme oranını tanımlar.

(DLPOo)'nun dual problemi, p ve q vektör değişkenleri olacak şekilde aşağıdaki modelde ifade edilmiştir.

$$(LPOo) \min px_o \quad (3.61)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$qy_o = 1 \quad (3.62)$$

$$-pX + qY \geq 0 \quad (3.63)$$

$$p \geq 0, q \leq 0 \quad (3.64)$$

Teorem aşağıda belirtilmiştir:

Teorem 3.1.3. (LPo)'ın optimal çözümü (v^*, u^*) iken, çıktıya yönelik (LPOo) modelinin optimal çözümü aşağıdaki bağıntıyla elde edilebilmektedir:

$$p^* = v^*/\theta^*, q^* = u^*/\theta^* \quad (3.65)$$

(p^*, q^*) 'nin (LPO_o) için uygulanabilir olduğu açıktır. Optimalliği aşağıdaki denklemden gelir.

$$p^* x_o = v^* x_o / \theta^* = \eta^* \quad (3.66)$$

Böylece, çıktıya yönelik CCR modelinin çözümü, girdiye yönelik CCR modelinden elde edilebilir. Bu modeli kullanarak iyileştirme şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$\hat{x}_0 \Leftarrow x_o - t^{-*} \quad (3.67)$$

$$\hat{y}_0 \Leftarrow \eta y_o + t^{+*} \quad (3.68)$$

Çıktıya yönelik CCR modelini yazmanın başka bir yolu şudur (Cooper, Seiford ve Zhu, 2004):

$$\phi^* = \max \phi + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \quad (3.69)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = x_{io} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (3.70)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{ij} \lambda_j - s_i^+ = \phi y_{ro} \quad (r = 1, 2, \dots, s) \quad (3.71)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (3.72)$$

Eğer $\phi^* = 1$ ve $s_i^{-*} = s_r^{+*} = 0$ ise KVB_o etkindir.

3.1.8. Banker, Charnes ve Cooper modeli (BCC Modeli)

Banker, Charnes ve Cooper (1984), üretim olanak kümesi şu şekilde tanımlanan BCC modelini tanımlamışlardır:

$$P_B = \{(x, y) | x \geq X\lambda, y \leq Y\lambda, e\lambda = 1, \lambda \geq 0\} \quad (3.73)$$

burada $X = (x_j) \in R^{m \times n}$ ve $Y = (y_j) \in R^{s \times n}$ verilen veri kümesidir, $\lambda \in R^n$ ve e , tüm öğeleri 1'e eşit olan bir satır vektörüdür. BCC modeli, CCR modelinden yalnızca $e\lambda = \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ koşulunun eklenmesiyle farklılık gösterir. Bu kısıtlamaya dışbükeylik kısıtlaması denir (Cooper, Seiford ve Tone, 2000).

3.1.9. Girdiye yönelik BCC modeli

Girdiye yönelik BCC modeli, aşağıdaki (zarflama formu) doğrusal programı çözerek KVB_o'nun ($o = 1, 2, \dots, n$) etkinliğini değerlendirir:

$$(BCC_o) \min \theta_B \quad (3.74)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$\theta_B x_o - X\lambda \geq 0 \quad (3.75)$$

$$Y\lambda \geq y_o \quad (3.76)$$

$$\lambda \geq 0 \quad (3.77)$$

burada θ_B skalar değerdir.

Bu doğrusal programlamanın (BCCo) dual çarpımsal formu şu şekilde ifade edilir:

$$\max z = uy_o - u_o \quad (3.78)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$vx_o = 1 \quad (3.79)$$

$$-vX + uY - u_0e \leq 0 \quad (3.80)$$

$$v \geq 0, u \geq 0 \quad (3.81)$$

$$z \text{ ve } u_o \text{ serbest işaretli değişkenlerdir (pozitif, negatif ya da sıfır değeri alabilir).} \quad (3.82)$$

Eşdeğer BCC kesirli programlama dual programlamadan şu şekilde elde edilir:

$$\max \frac{uy_o - u_o}{vx_o} \quad (3.83)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$\frac{uy_j - u_o}{vx_j} \leq 1 \quad (j = 1, \dots, n) \quad (3.84)$$

$$v \geq 0, u \geq 0, u_o \text{ serbest} \quad (3.85)$$

$$v \geq 0, u \geq 0 \quad (3.86)$$

Primal-dual kısıtlamalar ve değişkenler arasındaki karşılaştırmalar Çizelge 3.2'deki gibi şemalaştırılabilir.

Çizelge 3.2. BCC modelinde primal ve dual ifadeler (Cooper, Ceiford ve Tone (2000: 89))

Kısıt (LP _o)	Dual Değişken (DLP _o)	Kısıt (DLP _o)	Primal Değişken (LP _o)
$\theta_B x_o - X\lambda$	$v \geq 0$	$v x_o = 1$	θ
$Y\lambda \geq y_o$	$u \geq 0$	$-vX + uY - u_0 e \leq 0$	λ
$e\lambda = 1$	u_0		

CCR ve BCC modelleri arasındaki fark, CCR modelinde var olmayan $e\lambda = 1$ kısıtlaması ile ilişkili dual değişken olan serbest değişken u_0 'ın mevcut olmasıdır.

Primal problem (BCC_o), CCR durumuna benzer iki aşamalı bir prosedür kullanılarak çözümlür. Bu prosedür, ilk aşamada θ_B 'nin minimizasyonu, ikinci aşamada ise θ_B değerini optimal amaç değeri olan θ_B^* 'de tutarak, girdi fazlalıklarının ve çıktı eksikliklerinin maksimizasyonu şeklindedir. (BCC_o) için optimal bir çözüm ($\theta_B^*, \lambda, s^{-*}, s^{+*}$) olsun, burada s^{-*} ve s^{+*} sırasıyla maksimum girdi fazlalıklarını ve çıktı eksikliklerini temsil eder. θ_B^* 'nin CCR modelinin optimal değeri, BCC modelinin optimal değerinden küçük veya ona eşittir, çünkü (BCC_o) $e\lambda = 1$ ek bir kısıtlama uygular, dolayısıyla onun uygulanabilir bölgesi CCR modelinin alt kümesidir (Cooper, Seiford ve Tone, 2000; Aydemir, 2002).

Tanım 3.1.5. (BCC-Etkinliği). (BCC_o) için bir optimal çözüm ($\theta_B^*, \lambda^*, s^{-*}, s^{+*}$) $\theta_B^* = 1$ 'i ve aylak yoksa ($s^{-*} = 0, s^{+*} = 0$) şartlarını sağlarsa o zaman KVB o 'ya BCC-etkin denir, aksi takdirde BCC-etkinsizdir.

Tanım 3.1.6. (Referans Kümesi). BCC-verimsiz bir KVB o 'nin referans kümesi, λ^* optimal çözümünü temel alarak şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$E_o = \{j | \lambda_j \geq 0\} (j \in \{1, 2, \dots, n\}) \quad (3.87)$$

Birden fazla optimal çözüm varsa, bunu bulmak için herhangi birini seçebilir:

$$\theta_B^* x_o = \sum_{j \in E_o} \lambda_j^* x_j + s^{-*} \quad (3.88)$$

$$y_o = \sum_{j \in E_o} \lambda_j^* y_j - s^{+*} \quad (3.89)$$

Böylece, iyileştirme formülü, BCC-projeksiyonu şu şekilde verilir:

$$\hat{x}_o \leftarrow \theta_B^* x_o - s^{-*} \quad (3.90)$$

$$\hat{y}_o \leftarrow y_o + s^{+*} \quad (3.91)$$

Bu projeksiyon sonucu elde edilen (\hat{x}_o, \hat{y}_o) noktası, BCC-etkindir.

Girdiye yönelik dual BCC modelini (zarflama modeli) yazmanın başka bir yolu aşağıdaki gibidir (Cooper, Seiford ve Zhu, 2004):

$$\theta^* = \min \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \quad (3.92)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = \theta x_{io} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (3.93)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{ij} \lambda_j - s_i^+ = y_{ro} \quad (r = 1, 2, \dots, s) \quad (3.94)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (3.95)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (3.96)$$

3.1.10. Çıktıya yönelik BCC modeli

Çıktıya yönelik BCC modeli şu şekilde ifade edilmektedir:

$$(BCCOo) \max \eta_B \quad (3.97)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$X\lambda \leq x_o \quad (3.98)$$

$$\eta_B y_o - Y\lambda \leq 0 \quad (3.99)$$

$$e\lambda = 1 \quad (3.100)$$

$$\lambda \geq 0 \quad (3.101)$$

Bu, çıktıya yönelik BCC modelinin zarf şeklidir. Yukarıdaki doğrusal programla (BCCOo) ilişkili dual (çarpımsal) form şu şekilde ifade edilir:

$$\min \frac{v x_o - v_o}{u y_o} \quad (3.102)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$\frac{vx_j - v_0}{uy_j} \geq 1 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (3.103)$$

$$v \geq 0, u \geq 0, \quad (3.104)$$

$$v_0 \text{ serbest işaretli değişken} \quad (3.105)$$

Çıktıya yönelik dual BCC modelini (zarflama modeli) yazmanın başka bir yolu aşağıdaki gibidir (Cooper, Seiford ve Zhu, 2004):

$$\phi^* = \min \phi + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \quad (3.106)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = x_{io} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (3.107)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{ij} \lambda_j - s_i^+ = \phi y_{ro} \quad (r = 1, 2, \dots, s) \quad (3.108)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (3.109)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (3.110)$$

3.1.11. Ölçeğe dönüşüm kavramı

VZA modeli, girdiler ve çıktılar arasında orantılılığın, yani ölçeğe göre sabit getirilerin (CRS) varlığını varsayabilir. CRS modeli, girdilerdeki herhangi bir orantılı değişikliğin çıktılarda eşit orantılı değişiklikle sonuçlandığını varsayar. Bu varsayım geçerli değilse, ölçeğe göre değişken getirileri (VRS) varsayan bir model kullanılmalıdır. VRS modeli, dışbükeylik aksiyomunu varsayar; bu, girdi değerlerindeki bir değişikliğin, çıktılarda orantılı değişiklikten daha büyük veya daha küçük bir değişiklikle sonuçlanabileceği anlamına gelir. CRS ve VRS modelinde elde edilen etkinlik değerleri karşılaştırılarak, optimal bir ölçek (CRS), ölçeğe göre artan getiri (*Increasing Return-to-Scale-IRS*) ve ölçeğe göre azalan getiri (*Decreasing Return-to-Scale-DRS*) KVB'leri belirlemek mümkündür. Ölçeğe göre getirilerin verimsizlik doğası, ölçeğe göre artmayan getiri (*Non Increasing Return-to-Scale-NIRS*) varsayımı dayatılarak belirlenebilir. Bir KVB için NIRS varsayımının uygulanmasının sonucu VRS varsayımının sonucuna eşitse, KVB'nin DRS'si vardır. Farklılarsa, söz konusu KVB için IRS vardır (Coelli vd., 1998; Cooper, Seiford ve Tone, 2000).

3.1.12. Teknik etkinliğin ayrışımı

Bir KVB'nin sahip olabileceği etkinsizlik kaynaklarını araştırmak ilginçtir. Bunlar KVB'nin etkinsiz çalışmasından mı yoksa KVB'nin çalıştığı dezavantajlı koşullardan mı kaynaklanır? Bu soruyla, (girdi yönelik) CCR ve BCC puanlarının karşılaştırılması uygun olacaktır. CCR modeli, ölçeğe göre sabit üretim imkân kümesini varsayar, yani, gözlemlenen tüm KVB'lerin ve bunların negatif olmayan kombinasyonlarının radyal genişlemesi ve azalmasının mümkün olduğu varsayılır, bu nedenle CCR puanına genel teknik etkinlik denir. Buna karşılık, BCC modeli, üretim imkân kümesi olarak gözlemlenen KVB'lerin dışbükey kombinasyonlarını varsayar ve BCC puanına lokal saf teknik etkinlik denir. Bir KVB, hem CCR hem de BCC puanlarında tamamen etkin ise (%100), en etkin ölçek boyutunda çalışıyor demektir. Bir KVB'nin tam BCC etkinliğine ancak düşük bir CCR puanına sahip olması durumunda ulaşılır. Bu ise KVB'nin ölçek boyutu nedeniyle lokal olarak etkin çalıştığını, ancak genel olarak etkin çalışmadığını gösterir. Bu nedenle, bir KVB'nin ölçek etkinliğini iki puanın oranıyla karakterize etmek mantıklıdır.

Tanım 3.1.7. (Ölçek Etkinliği). Bir KVB'nin CCR ve BCC puanları sırasıyla θ_{CCR}^* ve θ_{BCC}^* olsun. Ölçek etkinliği şu şekilde tanımlanır:

$$\text{Ölçek Etkinliği}(\text{ÖE}) = \frac{\theta_{CCR}^*}{\theta_{BCC}^*} \quad (3.111)$$

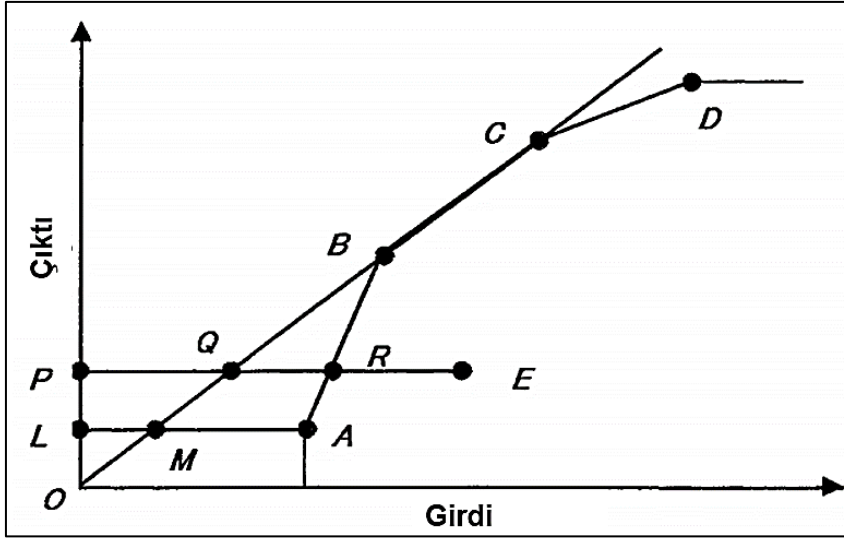
Ölçek Etkinliği birden büyük değildir. CRS özelliklerine sahip BCC etkin bir KVB için, yani en üretken ölçek boyutunda, ölçek etkinliği birdir. CCR skoru, ölçek etkisini hesaba katmadığı için (genel) teknik etkinlik (TE) olarak adlandırılır. Öte yandan, BCC, değişken ölçeğe göre getiri koşulları altında (lokal) saf teknik etkinliği (LTE) ifade eder. Bu kavramları kullanarak, Eş. (3.112) bağıntısı, etkinliğin aşağıdaki gibi bir ayrışmasını gösterir:

$$\text{Genel Teknik Etkinlik(GTE)} = \text{Lokal Teknik Etkinlik(LTV)} \times \text{Ölçek Etkinliği}(\text{ÖE}) \quad (3.112)$$

Bu ayrıştırma, etkinsizliğin kaynaklarını, yani etkinsiz operasyonelden mi yoksa ölçek etkinliği tarafından sunulan dezavantajlı koşullardan mı veya her ikisinden mi kaynaklandığını gösterir. Tek girdi ve tek çıktı durumunda, ölçek etkinliği Şekil 3.2'de gösterilebilir. Artan ölçeğe dönüşlü BCC etkin A için, ölçek etkinliği

$$\text{ÖE}(A) = \theta_{CCR}^*(A) = \frac{LM}{LA} < 1 \quad (3.113)$$

ile verilir. KVB A lokal olarak etkin çalışır (LTE=1) ve genel etkinsizliğine (TE), LM/LA tarafından ifade edilen ölçek etkinsizliğinden (SE) neden olur.



Şekil 3.2. Ölçek etkinliğini gösteren grafik (Cooper, Seiford ve Tone (2000: 137))

KVB'ler B ve C için ölçek etkinliği birdir, yani en üretken ölçek boyutunda çalışırlar. BCC-etkinsiz KVB E için

$$\text{ÖE}(E) = \frac{PQ}{PE} \frac{PE}{PR} = \frac{PQ}{PR} \quad (3.114)$$

hesaplanır. Bu, girdiye yönelik BCC projeksiyonu R'nin ölçek etkinliğine eşittir. E'nin ayrıştırılması

$$GTE(E) = LTE(E) \times \text{ÖE}(E) \quad (3.115)$$

'dir.

ya da

$$\frac{PQ}{PE} = \frac{PR}{PE} \frac{PQ}{PR} \quad (3.116)$$

E'nin genel etkinsizliği, E'nin etkinsiz çalışmasından ve aynı zamanda E'nin dezavantajlı koşullarından kaynaklanmaktadır. Yukarıdaki ölçek etkinliği girdiye yönelik olmasına

rağmen, çıktıya yönelik ölçek etkinliğini çıktıya yönelik puanları kullanarak da tanımlamaktadır.

3.1.13. Toplamsal model (Additive model)

Önceki modellerde, yönelim türünü (girdiye yönelik veya çıktıya yönelik) ayırt etmek gerekmekteydi. Şimdi iki yönelim, toplamsal model (*Additive Model-ADD*) olarak adlandırılan tek bir modelde birleştirilir (Cooper, Seiford ve Tone, 2000). Değerlendirilecek n KVB'nin olduğunu ve her KVBj'nin m girdi ve çıktı olduğunu düşünelim. KVB0'ı değerlendirmek için Charnes vd. (1985) tarafından önerilen toplamsal model aşağıdaki gibi formüle edilmiştir:

$$(ADD0) \max \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \quad (3.117)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io} \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (3.118)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{ij} - s_i^+ = y_{io} \quad r = 1, 2, \dots, s. \quad (3.119)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (3.120)$$

$$s_i^- \geq 0, s_r^+ \geq 0 \quad (3.121)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3.122)$$

$s^{-*} = 0$ ve $s^{+*} = 0$ ise KVBo (ADDo) etkindir. Her etkinsiz KVB j için önceki modelin optimal çözümünün $\lambda_j^* = 0$ ürettiğini göstermek mümkündür. Bu nedenle, bu modelin optimal bir çözümünde pozitif lambda değerlerine sahip KVB'lerin kümesi, KVB o 'nun referans kümesi olarak bilinir ve bu, etkin KVB'ler kümesinin bir alt kümesidir.

Etkinsiz bir KVB o için, λ_j^* için optimal bir çözüme dayanan R_o referans kümesi, şu şekilde tanımlanır:

$$R_o = \{j \mid \lambda_j^* \geq 0\} \quad (j \in \{1, 2, \dots, n\}) \quad (3.123)$$

3.1.14. Aylak tabanlı ölçümü

Aylak Tabanlı Ölçümü (Slacks-Based Measure (SBM)) modeli Tone (2001) tarafından önerilmiştir ve hem girdiler hem de çıktılar için kullanılan ölçüm birimlerinden bağımsız olan bir etkinlik indeksi oluşturmak için doğrudan girdi ve çıktılardaki aylaklarla ilgilenir. Yani uzaklıklar mil veya kilometre cinsinden ölçüldüğünde etkinlik değeri aynıdır. Daha genel olarak, x_{io} ve x_{ij} , $k_i x_{io} = \hat{x}_{io}$, $k_i x_{ij} = \hat{x}_{ij}$ ile değiştirildiğinde ve y_{ro} ve y_{rj} , $c_r y_{ro} = \hat{y}_{ro}$, $c_r y_{rj} = \hat{y}_{rj}$ ile değiştirildiğinde, bu ölçümün aynı olmasını istemektedir; burada k_i ve c_r ($i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, s$) keyfi pozitif sabitlerdir. Bu özellik, boyutsuz ve birimler değişmez gibi adlarla bilinir.

1. (P1) Ölçü, her girdi ve çıktı ögesinin ölçü birimine göre değişmez. (Birimler değişmez).
2. (P2) Ölçü, girdilerdeki fazlalıklarda ve çıktılardaki eksikliklerde monoton azalmaz. (Monoton).

Bu model, CCR ve BCC'den farklı olarak, radyal olmayan bir etkinlik ölçüsü üretir. Bir KVBo'nun (x_o, y_o) etkinliğini tahmin etmek için, aşağıdaki kesirli programlama λ , s^- ve s^+ olarak formüle edilmiştir.

$$(SBM) \min \rho = \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_i^m s_i^- / x_{io}}{1 + \frac{1}{s} \sum_r^s s_r^+ / y_{ro}} \quad (3.124)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$x_o = X\lambda + s^- \quad (3.125)$$

$$y_o = Y\lambda - s^+ \quad (3.126)$$

$$\lambda \geq 0, s^- \geq 0, s^+ \geq 0 \quad (3.127)$$

Bu model, $X \geq 0$ olduğunu varsayar. $x_{io} = 0$ ise, amaç fonksiyonundaki s_i^- / x_{io} terimi elimine edilir. $y_{io} \leq 0$ ise, çok küçük bir pozitif sayı ile değiştirilir, öyle ki s_r^+ / y_{ro} terimi bir ceza rolü oynar. Pay ve payda, hedefteki her bir öge için aynı birimlerde ölçüldüğünden, amaç fonksiyonunun ρ değerinin (P1) özelliğini sağladığını doğrulamak kolaydır. Ayrıca, herhangi bir boş değişkenlerdeki (s_i^-, s_r^+) bir artışın, diğer her şeyin sabit kalmasının, bu hedefin değerini ve kesinlikle monoton bir şekilde azaltacağını doğrulamak kolaydır.

Ayrıca,

$$0 \leq \rho \leq 1 \quad (3.128)$$

Bu, ρ değerinin 0 ila 1 aralığı ile sınırlı olduğu anlamına gelir.

$$0 \leq \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{io}} \leq 1 \quad (3.129)$$

takip eder. Sıfırdan farklı bir slack tarafından temsil edilen bir çıktı eksikliği, üretilen çıktının karşılık gelen miktarını aşabileceğinden, bu aynı ilişki çıktılar için geçerli değildir. Ancak her durumda,

$$0 \leq \frac{\sum_{r=1}^s s_r^+}{s} \quad (3.130)$$

olacaktır. Dolayısıyla bunlar, yalnızca tüm girdi ve çıktılarda bolluk sıfır olduğunda Eş. (3.124)'da ulaşılan üst sınır $\rho = 1$ ile ortalama girdi ve çıktı karışımı verimsizlik oranlarını temsil eder.

Eş. (3.124)'daki ρ formülü şuna dönüştürülebilir:

$$\rho = \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{x_{io} - s_i^-}{x_{io}} \right) \left(\frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{y_{ro} + s_r^+}{y_{ro}} \right)^{-1} \quad (3.131)$$

Önceki ifadede, $(x_{io} - s_i^-)/x_{io}$ ifadesi, i girdinin görece azalma oranını hesaplar, dolayısıyla bu ifadenin ilk terimi, girdilerin ortalama azalma oranına veya girdilerin ortalama verimsizliğine karşılık gelir. Benzer şekilde, $(y_{ro} + s_r^+)/y_{ro}$, r çıktısının görece genişleme oranını hesaplar ve dolayısıyla ikinci terim, çıktıların ortalama genişleme oranının veya çıktıların ortalama verimsizliğinin tersidir.

Tanım 3.1.8. Bir KVB (x_o, y_o) , $\rho^* = 1$ ise SBM etkindir.

Bu koşul, $s^{-*} = 0$ ve $s^{+*} = 0$ 'a eşdeğerdir, yani optimal bir çözümde girdi fazlalığı ve çıktı açığı yoktur. SBM açısından verimsiz bir KVB (x_o, y_o) için şu ifadeye sahiptir:

$$x_o = X\lambda^* + s^- \quad (3.132)$$

$$y_o = Y\lambda^* - s^+ \quad (3.133)$$

KVB (x_o, y_o) girdi fazlalıkları silinerek ve çıktı eksiklikleri artırılarak geliştirilebilir ve etkin hâle getirilebilir. Bu, aşağıdaki formüllerle gerçekleştirilir (SBM-projeksiyon):

$$\hat{x}_o \Leftarrow x_o - s^{-*} \quad (3.134)$$

$$\hat{y}_o \leftarrow y_o + s^{+*} \quad (3.135)$$

λ^* temelinde, (x_o, y_o) referans kümesi şu şekilde tanımlanır:

Tanım 3.1.9. (Referans kümesi) Pozitif λ^* 'ya karşılık gelen indeks grubu (x_o, y_o) için referans kümesi olarak adlandırılır. Referans kümesi R_o , şu şekilde gösterilir (Cooper, Seiford ve Tone, 2000):

$$R_o = \{j \mid \lambda_j^* > 0\} \quad (j \in \{1, 2, \dots, n\}) \quad (3.136)$$

R_o kullanılarak (\hat{x}_o, \hat{y}_o) şu şekilde ifade edilebilir:

$$\hat{x}_o = \sum_{j \in R_o} x_j \lambda_j \quad (3.137)$$

$$\hat{y}_o = \sum_{j \in R_o} y_j \lambda_j \quad (3.138)$$

Bu, (x_o, y_o) etkin sınır üzerindeki bir noktanın, her bir üyesi aynı zamanda etkin olan referans kümesinin üyelerinin pozitif bir kombinasyonu olarak ifade edildiği anlamına gelir.

3.1.15. Girdiye/Çıktıya yönelik SBM modeli

Girdiye yönelik SBM modeli şu şekilde ifade edebilmektedir (Cooper, Seiford ve Tone, 2000):

$$(SBM - I - C) \rho_i^* = \min_{\lambda, s^-} 1 - \frac{1}{m} \sum_{r=1}^m s_r^- / x_{io} \quad (3.139)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$x_o = X\lambda + s^- \quad (3.140)$$

$$y_o \leq Y\lambda \quad (3.141)$$

$$\lambda \geq 0, s^- \geq 0 \quad (3.142)$$

ölçeğe göre sabit getiriler (SBM-O-C) varsayan çıktıya yönelik SBM modeli aşağıdaki gibi formüle edilir:

$$(SBM - O - C) \rho_o^* = \min_{\lambda, s^+} \frac{1}{1 + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s s_r^+ / y_{ro}} \quad (3.143)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$x_o \geq X\lambda \quad (3.144)$$

$$y_o = Y\lambda - s^+ \quad (3.145)$$

$$\lambda, s^+ \geq 0 \quad (3.146)$$

(SBM-O-C)'nin optimal çözümü $(\rho_o^*, \lambda^*, s_r^{+*})$ 'dir. Ayrıca, aşağıdaki teorem vardır:

Teorem 3.1.6. Eğer çıktıya yönelik CCR modeli herhangi bir optimal çözüm için çıktılarda boş değişkenlere sahipse $\rho_o^* = \eta_o^*$ eşitliği doğrudur.

Böylece, CCR çözümü çıktılarda karıştırma verimsizliği ortaya çıkarsa $\rho_o^* < \eta_o^*$ eşitsizliği oluşur. Bu teorem, SBM modelinin tüm verimsizlikleri hesaba kattığı gerçeğini yansıtırken, CCR modeli sadece genel teknik verimsizlikleri hesaba katmaktadır.

3.1.16. VZA'da serbestlik problemi

VZA, girdi ve çıktılara ağırlık verme serbestliği veren bir sistemdir. Ancak, KVB'lerin sayısı sabit kalırsa ve girdi ve çıktı sayısı artarsa, girdiler ve çıktılar için ağırlık seçiminde izin verilen bu serbestlik VZA'nın ayırım gücünde bir azalmaya neden olabilir ve birçok KVB'yi etkin hale getirebilir (Jenkins ve Anderson, 2003; Oruç, 2008).

Etkinlik değerlerini maksimize etmek için KVB'ler en fazla ağırlığı en az kullanan girdilere ve en çok üreten çıktılara verirken, en az ağırlığı en çok kullanan girdilere ve en az üreten çıktılara verir. Bu nedenle KVB'lerin sayısının az olması, verimlilik değeri hesaplanacak KVB'lerin en çok ürettikleri çıktıya veya en az kullandıkları girdiye yakın değerlere sahip diğer KVB'lere sahip olma ihtimalinin daha düşük olduğu anlamına gelir (Oruç, 2008).

n KVB sayısı, m girdi sayısı ve s çıktı sayısı olsun. Bazı yazarlar, KVB'lerin sayısı ile aşağıda incelenen değişkenler arasında bir ilişki olduğunu öne sürmektedir.

- $n \geq \max\{m \times s, 3(m + s)\}$ (Cooper, Seiford ve Tone (2000))
- $n + 1 > m + s$ (Delikdaş (2002))
- $n \geq 2(m + s)$ (Sezen ve Doğan (2005))

3.1.17. VZA'nın avantajları ve dezavantajları

Diğer modellerde olduğu gibi, VZA metodolojisinin klasik modelleri bazı avantaj ve dezavantajlara sahiptir.

VZA'nın avantajları

- Her KVB'nin etkinliği için bir değer belirler.
- Etkin ve Etkin olmayan KVB'ler arasında ayırım yapmayı sağlar.
- Girdi ve çıktı değişkenleri için herhangi bir varsayıma gerek yoktur.
- Birbiriyle benzer üretim yapısına sahip firmaların karşılaştırılması için kullanılır.
- Bir etkinlik sınırının tanımlanmasına izin verir ve etkin olmayan KVB'ler için bir referans (*benchmark*) olarak hizmet eden etkin KVB'leri belirler, bu da KVB'nin performanslarını iyileştirmesine olanak tanır.
- Girdi ve çıktı değişkenleri herhangi bir birim alabilir.
- Karar vermede yardımcı olur, çünkü bir KVB etkisiz ise, onu etkin kılmak için gerekli kararlar alınabilir.
- Önceden bir üretim fonksiyonu tanımlamadan KVB'lerin görelî bir değerlendirmesinin gerçekleştirilmesine olanak tanır.
- Esneklik, her KVB'nin kendisine en uygun ağırlıkları seçmesine izin verdiği için, verimsiz KVB'lerin belirlenmesinde büyük önem taşır.

- Çok yönlülük, çünkü her tür organizasyona ve farklı zaman periyotlarına uygulanabilir, bu da etkinliğin evriminin analizine olanak tanır.
- Etkinlik ölçümü, ortalama etkin birimler değil, en etkin KVB'ler karşılaştırılarak yapılır (Ertay ve Ruan, 2005).

VZA'nın dezavantajları

- Ağırlıkların belirlenmesindeki esneklikten kaynaklanan yüksek sayıda etkin KVB'nin varlığı, özellikle değerlendirilen KVB'lerin sayısı toplam girdi ve çıktı sayısına kıyasla yeterince büyük olmadığında.
- Parametrik olmayan bir teknik olduğu için sonuçlar üzerinde istatistiksel hipotez testleri yapmak kolay değildir.
- Çok sayıda KVB ile, her KVB için bir doğrusal programlama modeli gerektiğinden problem çözme hesaplama açısından zaman alıcı olabilir.
- Analiz edilen KVB'lerin göreceli etkinliği ölçülür.
- Teknik, olası ölçüm hatalarına karşı çok hassastır.
- KVB'lerin optimizasyonu bireysel olarak yapılır, bu da serbestlik derecesini artıran birçok karar değişkeninin hesaplanmasına yol açar (Erkin ve Erdoğan, 2001).
- Gözlenen etkinlik ve en iyi etkinlik arasındaki fark, yalnızca verimsizliğe atfedilir ve aykırı değerler için ölçüm hataları göz ardı edilir. Dış etkenleri göz ardı etmek yanıltıcı sonuçlara neden olabilir (Oruç, 2008).
- Referans kümesindeki KVB'lerin diğerlerine göre daha fazla sayıda olması, bu birimlerin tek başına değerlendirildiğinde gerçekten etkin olup olmadığının yorumlanmasını güçleştirmektedir. Bu nedenle VZA ile elde edilen sonuçların göreceli olarak değerlendirilmesi gerekmektedir (Aydemir, 2002).

3.1.18. Veri zarflama analizinde dikkate alınması gereken adımlar

VZA kullanarak etkinliği ölçmeden önce, dikkate alınması gereken adımlar vardır. Bu adımlar aşağıda açıklanmıştır:

Karar verme birimlerinin seçimi

VZA'nın ilk adımı, etkinlik ölçümüne esas olacak KVB'lerin seçilmesidir. KVB'ler, kaynakları ürüne dönüştüren, yani üretim sürecini yürüten herhangi bir ekonomik birim (şirket) olabilir. Bu birimler bankalar, okullar, hastaneler, üniversiteler, enerji sektörleri, ülkeler vb. olabilir (Küçük, 2007).

- KVB'lerin seçimi için dikkate alınması gereken iki ilke vardır.
- Her KVB, kullandığı kaynaklardan ve ürettiği çıktılarından sorumludur.
- Etkinlik değeri sonuçlarının anlamlı olması için KVB'lerin sayısının yeterince büyük olması gerekir.

KVB'lerin birbirine benzer olması yani kümenin homojen olması, benzer ortamlarda çalışması ve sonuçların anlamlı olması çok önemlidir. KVB'lerin sayısı girdi ve çıktı değişkenlerinin toplamından daha büyük olduğu için, herhangi bir KVB'nin bir maksimizasyon probleminde sonucu değiştirme olasılığını azaltacak farklı etkinlik kriterleri olacaktır. Bu nedenle, etkinlik ölçümünü sağlamak için KVB'lerin seçiminde dikkatli olunmalıdır.

Girdi ve çıktı değişkenlerinin değişmesi

KVB'lerin seçimi VZA literatüründe ilklerden biri olmasına rağmen, girdi ve çıktı değişkenlerinin seçimi sağlıklı bir etkinlik ölçümünde en önemli adımdır. Diğer bir deyişle, girdi ve çıktı değişkenleri anlamlıysa, etkinliği ölçmek anlamlı sonuçlar üretir. Bu aşamada amaç, üretim teknolojisini en iyi ifade eden girdi ve çıktı değişkenlerini seçmektir. Üretim sürecine girebilecek tüm değişkenleri belirlemek gerekir. Girdi ve çıktı değişkenleri, değerlendirilecek faaliyetin türüne göre farklılık gösterir. Bu kapsamda aynı KVB için farklı girdi ve çıktı değişkenleri kullanıldığında farklı etkinlik değerleri elde edilebilmektedir. Analizde önemli bir değişken göz ardı edilirse, o değişkeni etkin kullanan KVB'lerin etkinliği düşebilir. Yeni girdi ve çıktı değişkenleri eklenirse etkinsiz KVB'ler etkinlik sağlayabilir. Kısım 3.1.16'da KVB'lerin sayısı ile değişkenlerin sayısı arasındaki ilişki kurulmuştur.

Belirtildiği gibi, KVB'lerin sayısı değişkenlerin sayısına bağlıdır. Değişken sayısı çok büyükse, gözlemlerin homojenliği sorusu sorgulanabilir. Bu olumsuzluklardan kaçınmak için, etkinliği ölçecek değişkenlerin uzman görüşüne veya bazı istatistiksel analizlere başvurulabilir. Birbiriyle yüksek korelasyonlu ve etkinlikte değişikliğe neden olmayacak değişkenler elimine edilmeli ve mümkünse veriler ölçüm hatalarından arındırılmalıdır (Karaca, 2003). Sonuç olarak, çeşitli VZA yöntemleri ile test edilerek hangi girdi ve çıktının üretim teknolojisini en iyi temsil ettiği bulunabilir. Bu süreci en iyi temsil eden mümkün olan en az sayıda değişkenle yapılan analizlerden sağlıklı sonuçlar elde etmek mümkündür.

Veri kullanılabilirliği ve güvenilirliği

Hangi değişkenlerin kullanılacağına karar verdikten sonra, tüm KVB'ler için bu değişkenlere ilişkin veriler elde edilmelidir. Veri kullanılabilirliği, girdi ve çıktı değişkenlerinin seçimini etkiler, yani belirli bir değişken için veriler mevcut değilse, bu değişken doğal olarak analizden çıkarılabilir. Öte yandan, herhangi bir birim için girdi ve çıktı verileri elde edilemiyorsa, o birim çalışmadan çıkarılmalıdır. VZA tekniği görece etkinliği ölçtüğü için, bir birimin çıkarılması, kalan birimlerin görece etkinliğini olduğundan daha yüksek gösterebilir (Karaca, 2003). Uygulamada, veri eksikliği girdi ve çıktı seçimini etkileyebilir. Bir girdi veya çıktı için veri mevcut değilse, üretim oranını açıklayabilecek başka değişkenler bulunmalıdır. Güvenilirlik, veri toplama kadar önemlidir. Yanlış veri, ait olduğu birimin etkinlik değerini etkilemekle kalmaz, aynı zamanda tüm birimlerin etkinlik değerini de sorgulanır hale getirir.

Model seçimi

VZA kullanılarak yapılacak analizler, kullanım alanları ve bazı varsayımlara göre belirlenir. Hangi VZA modelinin kullanılacağı, analiz sürecinde girdilerin ve çıktıların kontrol edilip edilemeyeceğine bağlıdır. Bu, değişkenlerin verilerini gözlemleyerek hangi modelin en uygun sonuçları üreteceğine karar vermek gerektiği anlamına gelir. Bu şekilde, girdiler üzerinde çok az kontrol varsa veya hiç kontrol yoksa çıktıya yönelik bir model kurulur; çıktılar üzerinde çok az kontrol varsa, girdiye yönelik bir model seçilir, yani CCR ve BCC gibi temel VZA modelleri kullanılmalıdır. Negatif veya sıfır değerlerden dolayı sonuçlar hatalıysa, diğer VZA modelleri uygulanmalıdır (Kıran, 2008).

VZA ile görelî etkinliğin belirlenmesi

Karar birimleri belirlendikten ve girdi ve çıktı değişkenleri seçildikten sonra her bir birim için etkinlik değeri hesaplanır. Araştırmacı hesaplamada incelediği üretim teknolojisine en uygun VZA modelini kullanır. Verileri analiz etmek için yazılım açısından, örneğin LINDO, LINGO, GAMS, vb. kullanabilir. DEA-Solver, *Frontier Analyst*, *Efficiency Measurement System* (EMS), MaxDEA, DEAP, R, PIM-DEA gibi son yıllarda piyasaya sürülen ve *Windows* üzerinde çalışabilen özel DEA yazılımları da bulunmaktadır. Bu amaçla kullanılan çeşitli yazılımların varlığı VZA tekniğinin giderek daha fazla kullanıldığını göstermektedir. Görelî etkinliği hesaplamak için öncelikle etkinlik eşiği en etkin görünen birimler tarafından oluşturulur. Referans grubu (etkin birimlerin), en etkinden etkinsize doğru sıralanarak her bir etkinsiz birim için oluşturulur. İyileştirmeler yapmak için bu grupları belirlemek esastır (Seelanatha, 2007; Kıran, 2008). Etkin karar verme birimlerinin etkinliğini ölçmek için kullanılan başka VZA yöntemleri de vardır. Yöntemlerden biri çapraz etkinlik matrisi (Sexton vd., 1986), diğerleri Andersen ve Petersen'in ilk süper etkinlik modeli (Andersen ve Petersen, 1993) ve Tone'un süper etkinlik modelidir (Tone, 2002).

Elde edilen sonuçların değerlendirilmesi

Her bir karar verme birimi için detaylı inceleme yapıldıktan sonra sonuçların genel bir değerlendirmesi yapılır. Ait olduğu sektörün hesaplanan etkinliği hakkında yorum yapılabilir. Hedeflere ulaşılamasa bile iyileştirmeye ihtiyaç olduğunun anlaşılması ve elde edilen bilgilerin değerlendirilmesi önemli kazanımlardır. Ayrıca, belirtilen hedeflere ve elde edilen sonuçların sektöre getireceği çıkarımlara göre yorumlar yapılır.

3.2. Malmquist Endeksi

Malmquist⁸ Endeksi (ME), zaman içindeki verimlilik değişimini değerlendirmektedir (Malmquist, 1953). Bu endeks VZA literatürüne Caves vd. (1982) ve Malmquist'in tüketim analizinde kullanılmak üzere uzaklık fonksiyonlarının oranları olarak miktar endeksleri oluşturma önerisine dayanmaktadır. Uzaklık fonksiyonları, yalnızca girdi ve çıktı miktarları hakkında veri gerektiren çok çıktılı çok girdili teknolojilerin temsilidir (Fare vd., 1994).

⁸ Stem Malmquist (1917-2014)- İsveçli ekonomist ve istatistikçi.

VZA modellerine dayanan Malmquist endeksi , KVB’lerin çoklu zaman dilimlerinde göreceli etkinlik değişimini ölçmek için en belirgin endekslerden biridir.

Caves vd. (1982) orijinal Malmquist giriş endeksini genişletti ve Malmquist endeksinin ilk türünü tanıttı ve daha sonra Fare vd. (1992), uygun panel verilerinin mevcut olduğu ve Malmquist endeksini ölçmek için VZA uyguladıkları göz önüne alındığında, Malmquist endeksinin parametrik olmayan bir VZA benzeri yaklaşım kullanılarak hesaplanabileceğini göstermiştir. Ölçeğe göre sabit getiri olduğunu varsayar ve teknolojik değişimi ve teknik etkinliğin değişimini, etkinliğin zaman içinde değişen iki bileşeni olarak tanımlar.

İki KVB arasındaki veya bir KVB’nin iki zaman periyodu arasındaki verimlilik farkını tanımlayan ve girdi ve çıktı için hesaplanabilen Malmquist Toplam Faktör Verimliliği (MTFV); değişen teknik ve teknolojik verimliliğe dayanmaktadır (Fare et al., 1994). Teknik etkinlikteki değişim (TED), “üretim sınırını yakalama etkisi” (*catch-up effect*), teknolojik değişim (TD); “üretim sınırının yer değiştirmesi” (*frontier-shift* ya da *boundary-shift*) olarak ifade edilmektedir (Rezits, 2006). Söz konusu etkiler, toplam faktör verimliliğindeki değişimin ana unsurlarını oluşturmakta ve teknik etkinlikteki değişim ve teknolojik değişimin çarpımı, toplam faktör verimliliğindeki değişimi yani; MTFV endeksini vermektedir (Kök ve Şimşek, 2006; Lorcu, 2010).

Zaman içinde ölçek büyüklüğünün, verimlilik değişimine etkisini önlemek amacı ile KVB’lerin ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında faaliyet gösterdikleri kabul edilen ve girdi ve çıktı uzaklık fonksiyonlarının kullanıldığı MTFV endeksinin, VZA ile hesaplanabilmesi için; t zaman periyodu $t = (1,2,3,\dots,T)$ için, $x^t \in R^m$ çıktısına çeviren S^m üretim teknolojisi $S^t = \{(x^t, y^t): x^t, y^t \text{ üretebilir}\}$, şeklinde tanımlanabilir. Çıktı uzaklık fonksiyonu t ’de şu şekilde tanımlanır:

$$D_o^t(x^t, y^t) = \inf\{\theta: (x^t, y^t/\theta) \in S^t\} = (\sup\{\theta: (x^t, \theta y^t)\})^{-1} \quad (3.147)$$

(Rezits, 2006).

Endeksin tanımlanabilmesi için, ihtiyaç duyulan iki farklı zaman periyoduyla ilgili olarak bir diğer uzaklık fonksiyonu da

$$D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1}) = \inf\{\theta: (x^{t+1}, y^{t+1}/\theta) \in S^{t+1}\} \quad (3.148)$$

şeklinde tanımlanır (Herrero ve Pascoe, 2004).

Benzer şekilde, $(t + 1)$ periyodundaki teknoloji ile ilgili olan diğer uzaklık fonksiyonu da

$$D_o^{t+1}(x^t, y^t) = \inf\{\theta: (x^t, y^t/\theta) \in S^{t+1}\} \quad (3.149)$$

olacaktır. Yukarıdaki uzaklık fonksiyonunu kullanarak, çıktıya yönelik Malmquist endeksi, aşağıda gösterildiği gibi, ardışık periyotlardaki iki endeksin geometrik ortalaması ile hesaplanır (Thanassoulis, 2001; Cooper, Seiford ve Zhu, 2011):

$$M_o(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left[\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.150)$$

Malmquist Endeksi, aşağıdaki gibi bir üretim sınırını yakalama (*catch-up*, TED) bileşenine ve bir üretim sınırının yer değiştirmesi (*boundary-shift*, TD) bileşenine ayrıştırılabilir:

$$M_o(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \left[\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.151)$$

burada,

$$TED = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \quad (3.152)$$

ve

$$TD = \left[\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.153)$$

şeklinde hesaplanmakta ve $M_o(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = TED \times TD$ olarak da ifade edilmektedir.

Färe vd. (1992), $TD > 1$ 'in pozitif bir değişimi veya teknolojik ilerlemeyi gösterdiğini; $TD < 1$ teknolojide negatif değişiklik anlamına geldiğini ve $TD = 1$ değeri teknolojide herhangi bir değişiklik olmadığını (sabit kaldığını) ifade etmiştir (Palečková, 2017).

TED , iki uzaklık fonksiyonunun oranıdır ve Farrell tarafından dönemler $(t + 1)$ için tanımlanan çıktıya yönelik teknik etkinlik ölçüsündeki değişimi gösterir (Färe ve diğerleri, 1994). TD , (t) ve $(t + 1)$ periyotları arasındaki teknoloji kaymalarının geometrik ortalamasıdır ve sınır kayması etkisi olarak adlandırılır ve üretim teknolojisindeki değişimi ölçer. Buradaki teknoloji kelimesi sadece üretim teknolojileri veya makineler anlamında kullanılmaz, üretim sürecinin verimliliği etkileyecek politikaları, düzenlemeleri ve çevresel etkilerini de kapsayacak şekilde genişletilebilir (Boitumelo vd., 2008; Lorcu, 2010). Eğer,

- (i) $M_o(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) > 1$ ise; (t) 'den $(t+1)$ 'ye toplam faktör verimliliği artışından söz edebilmektedir,
- (ii) $M_o(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) < 1$ ise; (t) 'den $(t+1)$ 'ye toplam faktör verimliliği azalışından söz edebilmektedir,
- (iii) $M_o(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = 1$ ise; (t) 'den $(t+1)$ 'ye toplam faktör verimliliğinde herhangi bir değişikliğin olmadığı söylenebilmektedir,

Yukarıdaki denklemi (Eş. (3.150)) hesaplamak için, 4 doğrusal programlama problemini içeren dört bileşenli uzaklık fonksiyonları aşağıda gösterildiği gibi çözümlenmelidir (Worthington, 1999):

$$[D_0^t(y_t, x_t)]^{-1} = \max_{\theta, \lambda} \theta \quad (3.154)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$-\theta y_{it} + Y_t \lambda \geq 0$$

$$x_{it} - X_t \lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

$$[D_0^{t+1}(y_{t+1}, x_{t+1})]^{-1} = \max_{\theta, \lambda} \theta \quad (3.155)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$-\theta y_{i,t+1} + Y_{t+1} \lambda \geq 0$$

$$x_{i,t+1} - X_t \lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

$$[D_0^{t+1}(y_{t+1}, x_t)]^{-1} = \max_{\theta, \lambda} \theta \quad (3.156)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$-\theta y_{i,t+1} + Y_t \lambda \geq 0$$

$$x_{i,t+1} - X_t \lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

$$[D_0^{t+1}(y_t, x_t)]^{-1} = \max_{\theta, \lambda} \theta \quad (3.157)$$

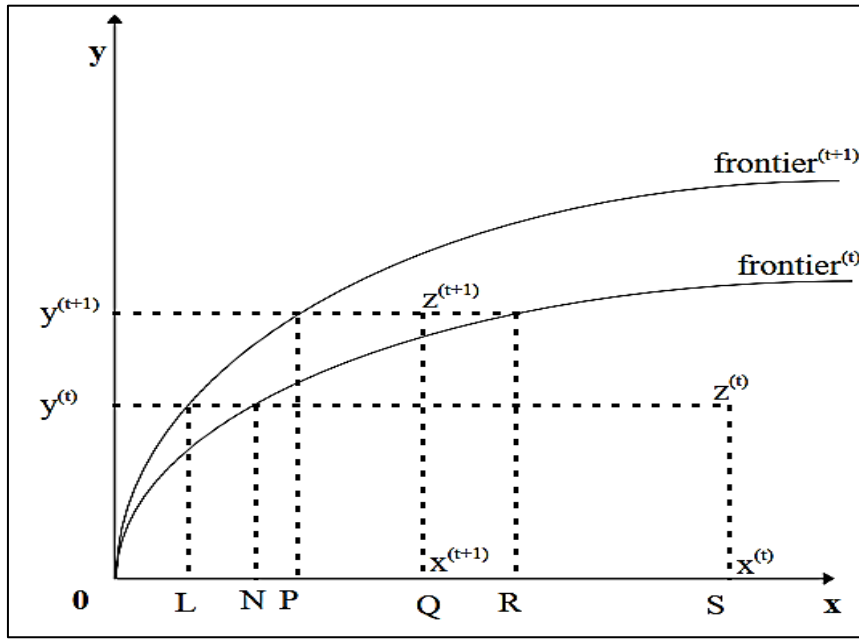
Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$-\theta y_{it} + Y_{t+1} \lambda \geq 0$$

$$x_{it} - X_{t+1} \lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

Eş.(3.154) fonksiyonu, $t + 1$ üretim noktasının teknoloji t ile karşılaştırıldığında çıktıya yöneliktir. Yukarıdaki dört fonksiyonun tümü, her KVB için hesaplanmalıdır. n KVB varsa, $n(3t - 2)$ fonksiyonu hesaplanabilir. Şekil 1'de açıklanan çizim, belirli bir girdi x seviyesinden üretilebilecek verimli çıktı y seviyesini temsil eden üretim sınırını göstermektedir. KVB A'nın verimlilik değişimi, verimliliğini t ve $t + 1$ olmak üzere iki zaman diliminde ve ayrıca t 'den $t + 1$ 'e teknoloji kaymasını inceleyerek ölçülmektedir.



Şekil 3.3. Malmquist endeksi ve zaman içinde etkinlik değişimi (Worthington (1999: 21))

Mevcut t ve gelecekteki $t + 1$ zaman periyotlarında bu şekilde elde edilen sınırlar buna göre etiketlenir. Verimsizliğin var olduğu varsayıldığında, herhangi bir verimli KVB'nin zaman içindeki göreceli hareketi bu nedenle hem onun karşılık gelen sınıra göre konumuna (teknik etkinlik) hem de sınırın kendisinin konumuna (teknik değişiklik) bağlı olacaktır. Verimsizlik göz ardı edilirse, zaman içindeki verimlilik artışı, bir KVB'nin kendi sınırlarını yakalamasından kaynaklanan iyileştirmeler ile sınırın kendisinin zaman içinde yukarı kaymasından kaynaklanan iyileştirmeler arasında ayırım yapamayacaktır. Girdi/çıktı demeti $z(t)$ ile temsil edilen t periyodundaki herhangi bir KVB için, $0N = 0S$ yatay uzaklık oranı ile girdi tabanlı bir etkinlik ölçüsü çıkarılabilir. Yani, t döneminde üretimi teknik olarak etkin kılmak için girdiler azaltılabilir (yani etkin sınıra doğru hareket). Karşılaştırma yapacak olursak, t döneminde bulunanla karşılaştırılabilir teknik etkinlik elde etmek için $t + 1$ döneminde girdiler $0R = 0Q$ yatay uzaklık oranıyla çarpılmalıdır. Sınır değiştiğinde, $0R =$

$0Q$ 1'den büyüktür, ancak $t + 1$ döneminin sınırıyla karşılaştırıldığında teknik olarak etkinsizdir (Worthington, 1999; Palečková, 2017).

3.3. Pencere Analizi

Amaç, zaman içinde etkinlikteki değişimi analiz etmekse, pencere analizi (*Window Analysis*) yöntemi veya Malmquist endeksi bu amaç için önerilen iki tekniktir. Bu kısımda VZA Pencere analizi tekniği tartışılmaktadır. Pencere analizi, çok dönemli performansı değerlendirmenin alternatif bir yoludur. Malmquist endeksi ile karşılaştırıldığında, KVB'lerin etkinliği yalnızca ilgili yıllar içinde değerlendirildiği ve daha sonra performanstaki genel eğilimleri gözlemlemek için çeşitli periyodik ortalamalar hesaplandığı için pencere analizi daha basit bir yaklaşımdır.

VZA pencere analizi, aynı KVB'yi farklı zaman dilimlerinde farklı KVB'ler olarak ele alan dinamik bir bakış açısına dayanmaktadır. Hareketli ortalama yöntemi, her bir KVB'nin görelî etkinliğini belirlemek için farklı referans kümesi seçmek için kullanılmaktadır. KVB'nin belirli bir dönemdeki performansı, diğer KVB'lerin performansına ek olarak diğer dönemlerdeki performansıyla karşılaştırılmaktadır (Cooper, Seiford ve Zhu, 2011). Ayarlanan pencere bir kez kaydırıldığında, her pencerenin ilk periyodu silinecek ve aynı anda yeni periyot eklenecektir. Bu yöntemin en büyük avantajlarından biri, her bir KVB'nin verimliliğinin dinamik varyasyonunu hem yatay hem de dikey olarak kapsamlı bir şekilde tanımlamaktır. En önemlisi KVB'lerin sayısı artırılır, dolayısıyla KVB'lerin sınırlı sayıda olduğu durumlarda KVB'lerin sayısı artar ve ayırım gücü artar (Halkos ve Tzeremes, 2009; Jia ve Yuan, 2017; Tüzüner ve Alp, 2018; Küpeli, Bodur ve Alp, 2019; Apan, Alp ve Öztel, 2019).

N ($n = 1, 2, \dots, N$), s çıktı üretmek için m girdi kullanarak ve T ($t = 1, 2, \dots, T$) periyodunda gözlemlenen KVB'lerin toplam sayısı olsun. KVB_n^t , r boyutlu girdi vektörü $x_n^t = (x_n^{1t}, x_n^{2t}, \dots, x_n^{rt})'$ ve s boyutlu çıktı vektörü $y_n^t = (y_n^{1t}, y_n^{2t}, \dots, y_n^{st})'$ ile t periyodundaki bir KVB_n 'i temsil eder. Pencere genişliği w ($1 \leq w \leq t - k$) olan bir pencere k ($1 \leq k \leq T$) zamanında başlarsa, girdi ve çıktıların metriği sırasıyla aşağıdaki gibi verilir (Palečková, 2017):

$$X_{kw} = (x_1^k, x_2^k, \dots, x_N^k, x_1^{k+1}, x_2^{k+1}, \dots, x_N^{k+1}, x_1^{k+w}, x_2^{k+w}, \dots, x_N^{k+w})' \quad (3.158)$$

ve

$$Y_{kw} = (y_1^k, y_2^k, \dots, y_N^k, y_1^{k+1}, y_2^{k+1}, \dots, y_N^{k+1}, y_1^{k+w}, y_2^{k+w}, \dots, y_N^{k+w})' \quad (3.159)$$

KVB_t^n için VZA pencere probleminin CCR modeli aşağıdaki doğrusal program çözümlere verilmiştir:

$$\min \theta \quad (3.160)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$\theta'X_t - \lambda'X_{kw} \geq 0 \quad (3.161)$$

$$\lambda'Y_{kw} - Y_t \geq 0 \quad (3.162)$$

$$\lambda_n \geq 0 \quad (n = 1, 2, \dots, N \times w) \quad (3.163)$$

CCR modelinin amaç değeri teknik etkinlik olarak belirlenir ve BCC modelinin amacı saf teknik etkinliktir. BCC modeli şu şekilde gösterilmektedir:

$$\min \theta \quad (3.164)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$\theta'X_t - \lambda'X_{kw} \geq 0 \quad (3.165)$$

$$\lambda'Y_{kw} - Y_t \geq 0 \quad (3.166)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (3.167)$$

$$\lambda_n \geq 0 \quad (n = 1, 2, \dots, N \times w) \quad (3.168)$$

Asmild vd. (2004), her bir penceredeki tüm KVB'ler karşılaştırıldığından ve birbiriyle karşılaştırıldığından, pencerelerin her birinde teknik bir değişiklik olmadığına işaret etmekte ve dar bir pencere genişliği kullanılması gerektiğini önermektedir. Pencere sayısı $T - w + 1$ ile bulunur. Pencere genişliği, t tek ise $w = \frac{T+1}{2}$ veya t çift ise $w = \frac{T+1}{2} \pm \frac{1}{2}$ ilişkisi ile bulunabilir (Cooper, Seiford ve Tone, 2000).

3.4. Süper Etkinlik Modelleri

Çoğu VZA modelinde en iyi performans gösterenler etkinlik puanı birliğine sahiptir ve deneyimlerden yola çıkarak, bu “etkin statüye” sahip birden çok KVB vardır. Bu etkin KVB'ler arasında ayırım yapmak ilginç bir araştırma konusudur. Bazı yazarlar en iyi performans gösterenleri sıralamak için yöntemler önermiştir (Andersen ve Petersen, 1993; Stewart, 1994; Seiford ve Zhu, 1999; Zhu, 2001; diğerleri arasında). Bu problem “süper etkinlik problemi” olarak adlandırılacaktır. Bu bölümde, etkin KVB'leri değerlendirmek veya sıralamak için kullanılan süper etkinlik modelleri tartışılacaktır. Andersen ve Petersen (1993) ve Tone'un (2022) süper etkinlik modelleri tartışılmıştır.

3.4.1. Radyal süper etkinlik modelleri

Andersen ve Petersen (1993) tarafından ilk süper etkinlik modeli önerilmiştir. Girdiye yönelik formülasyonu, CCR-I modelinin standart girdiye yönelik formülasyonuna çok yakındır. Bu, etkin olmayan birimlerin etkinlik puanını etkilemez ancak bu durumda etkin birimlerin etkinlik puanı bir ile sınırlı değildir. Andersen ve Petersen (1993) modelinin girdiye yönelik formülasyonu aşağıdaki gibidir (Cooper, Seiford ve Tone, 2000):

$$[\text{Super Radial} - I - C] \theta^* = \min_{\theta, \lambda, s^-, s^+} \theta - \varepsilon s^+ \quad (3.169)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$\theta x_0 = \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j x_j + s^- \quad (3.170)$$

$$y_0 = \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j y_j - s^+ \quad (3.171)$$

$$\lambda \geq 0, s^-, s^+ \geq 0, \varepsilon > 0 \quad (3.172)$$

Yukarıdaki model Radyal Süper Etkinlik modeli olarak adlandırılır ve x_0, y_0 vektörleri kısıtlamalarda sağdaki ifadeden çıkarılmaktadırlar. Solda değerlendirilmekte olan KVB θ ile ilişkili veriler, üretim imkânı kümesinden çıkarılmıştır. Ancak, $X, Y > 0$ matrislerinde tüm elemanlar pozitif olduğu sürece çözümler her zaman var olacaktır.

3.4.2. Radyal olmayan süper etkinlik modelleri

Bu bölümde Tone'un (2002) süper etkinlik modeli tanıtılmaktadır. Burada KVB (x_0, y_0) SBM-etkin, yani güçlü bir şekilde etkin olduğu varsayımı altında süper etkinlik konuları tartışılmaktadır.

$$P \setminus (x_0, y_0) = \left\{ (\bar{x}, \bar{y}) \mid \bar{x} \geq \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j x_j, \bar{y} \leq \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j y_j, \bar{y} \geq 0, \lambda \geq 0 \right\} \quad (3.173)$$

üretim olanak kümesini olsun.

$\bar{P} \setminus (x_0, y_0)$ 'nin $P \setminus (x_0, y_0)$ alt kümesini şu şekilde tanımlayalım:

$$\bar{P} \setminus (x_0, y_0) = P \setminus (x_0, y_0) \cap \{\bar{x} \geq x_0 \text{ ve } \bar{y} \leq y_0\} \quad (3.174)$$

burada $P \setminus (x_0, y_0)$ noktası (x_0, y_0) hariç tutulduğunu ifade eder. $X > 0$ ve $Y > 0$, varsayımına göre $\bar{P} \setminus (x_0, y_0)$ boş değildir.

(x_0, y_0) ve $(\bar{x}, \bar{y}) \in P \setminus (x_0, y_0)$ 'dan ağırlıklı bir l_1 uzaklığı olarak δ endeksi şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$\delta = \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \bar{x}_i / x_{i0}}{\frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \bar{y}_r / y_{r0}} \quad (3.175)$$

Eş. (3.174) ifadesiyle, bu uzaklık 1'den az değildir ve $(x_0, y_0) \in \bar{P} \setminus (x_0, y_0)$ ise 1 değerine ulaşır, yani KVB'nin (x_0, y_0) hariç tutulması orijinal üretim olanakları kümesini etkilemez. Bu endeks şu şekilde yorumlanabilir. Pay, x_0 'dan \bar{x} 'e olan ağırlıklı bir l_1 uzaklığıdır ve dolayısıyla $(\bar{x}, \bar{y}) \in \bar{P} \setminus (x_0, y_0)$ noktasının x_0 'dan \bar{x} 'e ortalama genişleme oranını ifade eder. Payda, y_0 'dan \bar{y} 'ye olan ağırlıklı bir l_1 uzaklığıdır ve $(\bar{x}, \bar{y}) \in \bar{P} \setminus (x_0, y_0)$ 'nun \bar{y} 'ye ortalama indirgeme oranıdır. Payda ne kadar küçükse, y_0, \bar{y} 'ye göre o kadar uzaktır. Tersine, y_0 'dan \bar{y} 'ye olan uzaklığının bir indeksi olarak yorumlanabilir. Bundan dolayı θ , iki indeksin çarpımıdır: biri, girdi uzayındaki uzaklık ve diğeri de çıktı uzayındaki uzaklık. Her iki indeks de boyutsuzdur.

3.4.3. Radyal olmayan süper etkinlik ölçütünün tanımı

Yukarıdaki gözlemlere dayanarak, aşağıdaki modelden optimal amaç fonksiyonu değeri θ^* 'nin (x_0, y_0) süper etkinliğini tanımlamaktadır:

$$[\text{SuperSBM} - C] \delta^* = \min_{\bar{x}, \bar{y}, \lambda} \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \bar{x}_i / x_{i0}}{\frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \bar{y}_r / y_{r0}} \quad (3.176)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$\bar{x} \geq \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j x_j \quad (3.177)$$

$$\bar{y} \leq \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j y_j \quad (3.178)$$

$$\bar{x} \geq x_0 \text{ ve } \bar{y} \leq y_0 \quad (3.179)$$

$$\bar{y} \geq 0, \lambda \geq 0. \quad (3.180)$$

$\phi \in R^m$ ve $\psi \in R^s$ 'yi, $\bar{x}_i = x_{i0}(1 + \phi_i)$ ($i = 1, 2, \dots, m$) ve $\bar{y}_r = y_{r0}(1 + \psi_r)$ ($r = 1, 2, \dots, s$) olacak şekilde tanıtalım. O halde Eş. (3.176), ϕ , ψ ve λ cinsinden aşağıdaki gibi eşdeğer olarak ifade edilebilir:

$$[\text{SuperSBM} - C'] \delta^* = \min_{\phi, \psi, \lambda} \frac{1 + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \phi_i}{1 - \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \psi_r} \quad (3.181)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$\sum_{j=1, \neq 0}^n x_{ij} \lambda_j - x_{i0} \phi_i \leq x_{i0} (i = 1, 2, \dots, m) \quad (3.182)$$

$$\sum_{j=1, \neq 0}^n y_{rj} \lambda_j + y_{r0} \psi_r \geq y_{r0} (r = 1, 2, \dots, s) \quad (3.183)$$

$$\phi_i \geq 0 (\forall i), \psi_r (\forall r), \lambda_j \geq 0 (\forall j) \quad (3.184)$$

$a < 1$ ve $b > 1$ olan (ax_0, by_0) , (x_0, y_0) 'dan azaltılmış girdilere ve büyütülmüş çıktılara sahip bir KVB olsun. Bundan dolayı (ax_0, by_0) 'nun süper etkinlik değeri (x_0, y_0) 'nunkinden az değildir.

Eş. (3.181)'un gösterimi aşağıda yapılmıştır. (ax_0, by_0) 'nun süper etkinlik puanı (δ^*) aşağıdaki program çözümlere değerlendirilir (Cooper, Seiford ve Tone, 2000):

$$[\text{SuperSBM} - C - 2] \delta^* = \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \hat{x}_i / (\alpha x_{i0})}{\frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \hat{y}_r / (\beta y_{r0})} \quad (3.185)$$

$$= \min \frac{\beta \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \hat{x}_i / (x_{i0})}{\alpha \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \hat{y}_r / (y_{r0})} \quad (3.186)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$\hat{x} \geq \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j x_j \quad (3.187)$$

$$\hat{y} \leq \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j y_j \quad (3.188)$$

$$\hat{x} \leq \alpha x_0 \text{ ve } 0 \leq \hat{y} \leq \beta y_0 \quad (3.189)$$

$$\lambda \geq 0 \quad (3.190)$$

[SuperSBM – C – 2] için herhangi bir uygun çözüm (\hat{x}, \hat{y}) için, $(\hat{x}/\alpha, \hat{y}/\beta)$ 'nin [SuperSBM – C] için uygun olduğu gözlemlenebilir.

$$\delta^* \leq \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (\hat{x}_i/\alpha)/(x_{i0})}{\frac{1}{s} \sum_{r=1}^s (\hat{y}_r/\beta)/(y_{r0})} = \frac{\beta \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \hat{x}_i/(x_{i0})}{\alpha \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \hat{y}_r/(y_{r0})} \quad (3.191)$$

Eş. (3.186) ile Eş. (3.191) karşılaştırıldığında, şöyle görünür:

$$\delta^* \leq \hat{\delta}^* \quad (3.192)$$

Sonuç olarak $(\alpha x_0, \beta y_0)$ ($a < 1$ ve $b > 1$)'nin süper etkinlik puanı (x_0, y_0) 'dan az değildir.

3.4.4. Süper etkinlik çözümlülüğü

Kesirli programlama [SuperSBM -C'], Charnes-Cooper dönüşümü kullanılarak doğrusal bir programlama problemine şu şekilde dönüştürülebilir (Cooper, Seiford ve Tone, 2000):

$$[LP] \tau^* = \min t + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \Phi \quad (3.193)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$t - \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \Psi = 1 \quad (3.194)$$

$$\sum_{j=1, \neq 0}^n x_{ij} \Lambda_j - x_{i0} \Phi_i - x_{i0} t \leq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (3.195)$$

$$\sum_{j=1, \neq 0}^n y_{rj} \Lambda_j - y_{r0} \Psi_r - y_{r0} t \geq 0 \quad (r = 1, 2, \dots, s) \quad (3.196)$$

$$\Phi_i \geq 0 \quad (\forall i), \Psi_r \geq 0 \quad (\forall r), \Lambda_j \geq 0 \quad (\forall j) \quad (3.197)$$

$$\lambda \geq 0 \quad (3.198)$$

[LP] 'nin optimal bir çözümü $(\tau^*, \Phi^*, \Psi^*, \Lambda^*, t^*)$ olsun. Dolayısıyla, $\delta^* = \tau^*$, $\lambda^* = \Lambda^*/t^*$, $\phi^* = \Phi^*/t^*$, $\psi^* = \Psi^*/t^*$ ile ifade edilen [SuperSBM – C'] optimal çözümünü elde edilmektedir.

Ayrıca, [SuperSBM – C] 'nin optimal çözümü şu şekilde verilmektedir:

$$\bar{x}_{i0}^* = x_{i0}(1 + \phi_i^*) \quad (i = 1, 2, \dots, m) \text{ ve } \bar{y}_{r0}^* = x_{r0}(1 + \phi_r^*) \quad (r = 1, 2, \dots, s). \quad (3.199)$$

3.4.5. Girdiye/Çıktıya yönelik süper etkinlik

Radyal olmayan süper etkinlik modelini girdi (çıktı) yönelimine uyarlamak için önceki modeli, yani Eş.(3.193) aşağıdaki gibi değiştirebilir. Girdiye yönelik için, yalnızca girdi alanında ağırlıklı l_1 uzayı ile ilgilenir. Böylece, Eş. (3.200) ortaya çıkmaktadır:

$$[\text{SuperSBM} - I - C] \delta_i^* = \min_{\phi, \lambda} 1 + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \phi_i \quad (3.200)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$\sum_{j=1, \neq 0}^n x_{ij} \lambda_j - x_{i0} \phi_i \leq x_{i0} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (3.201)$$

$$\sum_{j=1, \neq 0}^n y_{rj} \lambda_j \geq y_{r0} \quad (r = 1, 2, \dots, s) \quad (3.202)$$

$$\phi_i \geq 0 \quad (\forall i), \lambda_j \geq 0 \quad (\forall j) \quad (3.203)$$

Benzer şekilde, çıktıya yönelik süper etkinlik modeli aşağıdaki gibi geliştirilebilmektedir:

$$[\text{SuperSBM} - O - C] \delta_O^* = \min_{\psi, \lambda} \frac{1}{1 - \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \psi_r} \quad (3.204)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$\sum_{j=1, \neq 0}^n x_{ij} \lambda_j \leq x_{i0} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (3.205)$$

$$\sum_{j=1, \neq 0}^n y_{rj} \lambda_j + y_{r0} \psi_r \geq y_{r0} \quad (r = 1, 2, \dots, s) \quad (3.206)$$

$$\psi_r \geq 0 \quad (\forall r), \lambda_j \geq 0 \quad (\forall j) \quad (3.207)$$

Yukarıdaki iki model, [SuperSBM – C] ile aynı kısıtlı uygulanabilir bölgeye sahip olduğundan, $\delta_I^* \geq \delta^*$ ve $\delta_O^* \geq \delta^*$, burada δ^* Eş.(3.175)'teki gibi tanımlanır.

3.4.6. Ölçeğe göre değişken getiri uzantılar

Bu kısımda, süper etkinlik modelleri ölçeğe göre değişken getiri modellerine genişletilmektedir. Modellere dışbükeylik kısıtlamaları eklenerek, analizi ölçeğe göre değişken getiri durumuna genişletilmektedir:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \lambda_j \geq 0, \forall j. \quad (3.208)$$

Burada aşağıdaki gibi iki yaklaşım gözlemlenmektedir:

Radyal süper etkinlik durumu

Sırasıyla aşağıdaki gibi temsil edilen iki modeli [SuperRadial – I – V] (girdiye yönelik değişken-RTS) ve [SuperRadial – O – V] (çıktıya yönelik değişken-RTS) vardır (Cooper, Seifor ve Tone, 2000).

$$[\text{SuperRadial – I – V}] \theta^* = \min \theta \quad (3.209)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$\theta x_{i0} \geq \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j x_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (3.210)$$

$$y_{r0} \leq \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j y_{rj} \quad (r = 1, 2, \dots, s) \quad (3.211)$$

$$\sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j = 1 \quad (3.212)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad (\forall j) \quad (3.213)$$

$$[\text{SuperRadial – O – V}] 1/\eta^* = \min 1/\eta \quad (3.214)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$x_{i0} \geq \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j x_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (3.215)$$

$$\eta y_{r0} \leq \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j y_{rj} \quad (r = 1, 2, \dots, s) \quad (3.216)$$

$$\sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j = 1 \quad (3.217)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad (\forall j) \quad (3.218)$$

Yukarıdaki iki program, aşağıdaki koşullar altında uygulanabilirlikten zarar görebilir. Örneğin, y_{10} 'nun diğer y_{1j} 'den ($j \neq 0$) daha büyük olduğunu varsayalım, yani,

$$y_{10} > \max_{j=1, \neq 0}^n \{y_{1j}\} \quad (3.219)$$

olacaktır. Böylece, [SuperRadial – I – V] 'deki Eş. (3.211) kısıtlaması, Eş. (3.212) kısıtlamasına göre $r = 1$ için mümkün değildir.

Benzer şekilde, örneğin, x_{10} 'nun diğer x_{1j} 'den ($j = 0$) daha küçük olduğunu varsayalım, yani,

$$x_{10} < \min_{j=1, \neq 0}^n \{x_{1j}\} \quad (3.220)$$

Böylece, [SuperRadial – O – V] 'deki Eş. (3.215) kısıtlaması, Eş. (3.217) kısıtlamasına göre $i=1$ için mümkün değildir.

Bundan dolayı, $y_{r0} > \max_{j \neq 0} \{y_{rj}\}$ olacak şekilde r varsa [SuperRadial – I – V] 'nin gerçekleşebilir bir çözümü yoktur ve $x_{i0} < \min_{j \neq 0} \{x_{ij}\}$ olacak şekilde i varsa [SuperRadial – O – V] 'nin gerçekleşebilir bir çözümü yoktur (Cooper, Seiford ve Tone, 2000).

Radyal olmayan süper etkinlik durumu

Ölçeğe göre değişken getiriler altında radyal olmayan süper etkinlik, aşağıdaki program çözülerek değerlendirilir:

$$[\text{SuperSBM} - V] \delta^* = \min_{\bar{x}, \bar{y}, \lambda} \delta = \min_{\bar{x}, \bar{y}, \lambda} \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \bar{x}_i / x_{i0}}{\frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \bar{y}_r / y_{r0}} \quad (3.221)$$

Kısıtlar aşağıdaki gibidir:

$$\bar{x} \geq \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j x_j \quad (3.222)$$

$$\bar{y} \leq \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j y_j \quad (3.223)$$

$$\bar{x} \geq x_0 \text{ ve } \bar{y} \leq y_0 \quad (3.224)$$

$$\sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda = 1 \quad (3.225)$$

$$\bar{y} \geq 0, \lambda \geq 0. \quad (3.226)$$

$X > 0$ ve $Y > 0$ varsayımları altında, [SuperSBM – V] 'nin her zaman gerçekleşebilir olduğu ve radyal süper etkinliğin aksine sonlu bir optimuma sahip olduğu gösterilebilir. [SuperSBM – V] her zaman optimal ve sonlu bir çözüm sunar (Cooper, Seiford ve Tone, 2000).

Tone (2002), ölçeğe göre değişken getiri ortamı [SuperSBM – V] altındaki radyal olmayan süper etkinlik modelinin her zaman gerçekleşebilir olduğunu ve sonlu bir optimuma sahip olduğunu belirtir.





4. METODOLOJİ VE VERİLER

Bu bölümde, çalışmanın amaçlarına ulaşmak için kullanılan metodoloji prosedürleri, verileri ve değişkenleri açıklanmaktadır. Bu çalışmanın amacının parametrik olmayan VZA yöntemi ile Mozambik bankacılık sektörünün etkinliğini değerlendirmek olduğundan bahsedilmiştir. Bu hedeflere ulaşmak için değişkenlerin, verilerin ve veri analizi modellerinin seçimi çok önemlidir. Aşağıda bu yönlerin kısa bir açıklaması yer almaktadır.

4.1. Yığın, Örneklem ve Veri Kaynağı

Bu çalışmanın yığını 2018 yılı sonuna kadar faaliyet gösteren 19 ticari banka oluşturmakta ve Mozambik Bankasına göre (*Bank of Mozambique*) bu sayı 2020 yılına kadar değişmemiştir. Spesifik olarak, bankaların etkinliğinin belirlenmesinin yanı sıra, etkinlikte zaman içinde meydana gelen değişim değerlendirilmektedir. Piyasadaki süper etkin banka da belirlenmektedir.

Bu hedeflere ulaşmak için değişkenlerin ve verilerin seçimi çok önemlidir. Bu çalışmada kullanılan veriler, bankaların finansal raporlarından elde edildiği için ikincil niteliktedir. Bankaların zaman içindeki etkinliklerini değerlendirmek için bu amaçla 2015-2020 dönemi seçilmiştir. Çalışma için seçilen dönemde ticari bankaların internet siteleri üzerinden her bir bankanın tüm yıllara ait finansal raporlarına ulaşmak mümkün olmamıştır. Bu nedenle, bilgi edinmek için <https://www.amb.co.mz> web sitesi üzerinden KPMG'nin bankacılık sektörü araştırma raporlarından da yararlanılmıştır. Bankaların her birinin mali raporlarında ve bankacılık sektörü ile ilgili araştırma raporlarında yer alan bilgiler çaprazlanarak veri tabanının tamamlanması mümkün olmuştur.

Bu süreçte ve tüm bankaların tam bilgiye sahip olmaması nedeniyle 16 ticari banka hakkında bilgi bulmak mümkün olmuştur. Bu nedenle çalışma örnekleme, 16 Mozambik ticari bankasından 2015-2020 dönemine ait verilerden oluşmaktadır.

Çizelge 4.1 'de çalışmada seçilen 16 ticari bankanın tanımı, faaliyetlerin başladığı yıl ve kullanılan adının kısaltması sunulmaktadır.

Çizelge 4.1. Mozambik'te faaliyet gösteren seçilen 16 ticari bankanın listesi

i	Bankaların adı	Başlangıç yılı	Kısaltma
1	BIM - Banco Internacional de Moçambique, SA	1995	BIM
2	Banco Comercial e de Investimentos, SA	1996	BCI
3	Standard Bank, SA	1967	SB
4	Absa Bank Moçambique, SA	1977	ABSA
5	Banco Nacional de Investimento, SA	2011	BNI
6	FNB Moçambique, SA	2007	FNB
7	First Capital Bank, SA	2013	FCB
8	Moza Banco, SA	2008	MOZA
9	Banco Único, SA	2011	UNICO
10	Banco Mais	2016	MAIS
11	African Banking Corporation(Moçambique),SA	1999	BancABC
12	Banco Letshego, SA	2011	LETSHOGO
13	Ecobank Moçambique, SA	2000	ECOBANK
14	United Bank for Africa Moçambique, SA	2010	UBA
15	Société Générale Moçambique, SA	1999	SGM
16	Socremo Banco de Microfinanças, SA	1998	SOCREMO

4.2. Çalışmada Kullanılan Değişkenler ve Modeller

Bölüm 3'te bahsedildiği gibi, VZA, 1978 yılında Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından geliştirilen, performansı ölçmek için kullanılan ve aynı çoklu girdilere ve birden çok çıktıya sahip olan üretken birimlerin görelî etkinliğini değerlendirmek için kullanılan doğrusal programlama tabanlı bir yöntemdir. Daha basit bir şekilde, etkinlik, çıktılar ve girdiler arasındaki oran ile verilmektedir. Etkinliği belirlemek için girdiye ve çıktıya yönelik olmak üzere iki tür yönlendirme vardır. Girdiye yönelik model, en azından belirli düzeyde çıktılar üretmek için girdi tüketimini en aza indirmeye çalışır. Öte yandan, çıktı odaklı model, mevcut girdi kullanım seviyelerini korurken üretimi mümkün olduğunca artırmayı amaçlamaktadır. Bir önceki bölümde bahsedildiği gibi, VZA modeli altında, ölçeğe göre sabit getiri (CRS) ve ölçeğe göre değişken getiri (VRS) olmak üzere iki varsayım vardır.

CCR modelinde, kusurlu rekabet veya sınırlı finansal kaynaklar gibi faktörler, karar verme birimlerinin optimal ölçekte çalışmasını engelleyebilir, bu varsayım sadece tüm KVB'ler optimal bir ölçekte çalıştığında uygundur (Coelli vd., 1998). Bu çalışmada araştırmacı hem ölçeğe göre sabit getiri (CRS) hem de ölçeğe göre değişken getiri (VRS) modellerini girdi odaklı kullanmıştır. Her iki tekniğin de kullanılmasının nedeni, ölçeğin sabit getirileri varsayımının ancak tüm üretim birimlerinin optimum büyüklükte çalışması durumunda

kabul edilmesidir. Ancak bu varsayımın yerine getirilmesi pratikte imkansızdır, bu nedenle bu sorunu çözmek için ölçeğe göre değişken getirilerle de hesap yapılmıştır.

4.2.1. Seçilen değişkenler

VZA tekniğini kullanmanın zorluklarından biri, modeli besleyecek girdi ve çıktı değişkenlerinin seçimi ile ilgilidir. Zorluk, girdi veya çıktı değişkeninin seçimine bağlı olarak modelin farklı sonuçlar sunabilmesi ve hatta ait olduğu sektörü temsil etmemesi gerçeğinde yatmaktadır ve bankacılık sektörü de bir istisna değildir. Bankacılık sektöründe, diğerlerinin yanı sıra finansal aracılık, bankacılık hizmetlerinin üretimi, sözleşmeler, uluslararası ilişkiler için daha fazla kapasite belirlemeyi amaçlayan belirli muhasebe ve ekonomik göstergeler vardır. Carvalho vd. (2016), bankacılık sektörünü analiz etmek için ne tür değişkenlerin kullanılması gerektiği konusunda bilim adamları arasında bir fikir birliği olmadığını belirtmektedir.

Ancak VZA modelinin bankalar için kullanacağı uygun girdi ve çıktı değişkenleri ile ilgili olarak, çeşitli çalışmalarda belirtildiği gibi, finansal kurum davranışında girdi-çıkıtı ilişkisini tanımlamak için dört ana yaklaşım geliştirilmiştir: aracılık yaklaşımı, üretim yaklaşımı, varlık yaklaşımı ve kâr yaklaşımı (Zimková, 2014). Örneğin, aracılık yaklaşımı bankaların temel amacının mevduatı krediye (varlığa) dönüştürmek olduğunu varsaymakta ve üretim yaklaşımı bankaların müşterilerine sunduğu hizmetlere odaklanmaktadır.

Bu çalışmada, bankaların temel amacının mevduatları kredilere dönüştürmek olduğunu varsayan bir aracılık yaklaşımı kullanılmıştır. Bu yaklaşımla uyumlu olarak, danışılan diğer çalışmalar ve Mozambik ticari bankalarının mali rapor bilgilerinden hareketle Çizelge 4.2’de sunulan değişkenler seçilmiştir:

Çizelge 4.2. Seçilen değişkenler

Girdiler	Çıktılar
Aktif Toplamı	Net Faiz Geliri
Mevduat	Toplam Krediler
Operasyonel Maliyeti	

Bu değişken sayısı ve seçilen banka sayısının Cooper, Seiford ve Tone (2000)'in ilişkisine uyduğunu belirtmek önemlidir, buna göre m girdi sayısı, s çıktı sayısı ve n KVB'lerin sayısı, olup $n \geq \max\{m \times s; 3(m + s)\}$ dir. Bu durumda $16 \geq \max\{3 \times 2; 3(3 + 2)\}$, yani $16 \geq 15$ 'tir.

Bankaların finansal raporlarından alınan bilgilere dayalı olarak, bankalar ve değişkenler seçildikten sonra Çizelge 4.3'te girdi ve çıktı değişkenlerinin tanımlayıcı istatistiklerinden bilgiler sunulmaktadır. Mozambik'teki ulusal para birimi Metical'dır (MT veya MZN).

Çizelge 4.3. Mozambik'te faaliyet gösteren seçilen 16 ticari bankanın listesi

Yıllar	İstatistikler	Aktif Toplamı	Mevduat	Operasyonel Maliyeti	Net Faiz Geliri	Toplam Krediler
2015	N	16	16	16	16	16
	Ortalama	26942,55	19838,63	1479,20	1209,97	16012,94
	Std. Sapma	40645,77	30894,60	1726,57	1736,49	24400,51
	Min.	898,62	7,98	137,60	32,44	578,60
	Maks.	126007,35	91954,66	5296,15	6157,49	71511,47
2016	N	16	16	16	16	16
	Ortalama	30325,57	22093,77	1725,41	1776,54	16807,71
	Std. Sapma	46595,04	34747,93	1958,40	2604,97	27853,37
	Min.	1197,05	25,80	177,23	72,13	598,89
	Maks.	143432,92	103133,68	6101,20	9710,72	85746,06
2017	N	16	16	16	16	16
	Ortalama	32159,07	23303,02	1936,16	2637,40	14703,94
	Std. Sapma	48951,52	36956,12	2224,85	3675,86	23449,98
	Min.	1456,18	73,13	190,57	59,78	221,28
	Maks.	154663,78	113001,99	6804,53	11429,07	75858,65
2018	N	16	16	16	16	16
	Ortalama	35512,41	25939,56	2025,47	2774,32	14672,54
	Std. Sapma	51406,81	39331,51	2340,94	3962,43	21313,43
	Min.	1538,87	562,28	259,05	133,72	59,36
	Maks.	153641,48	115771,66	6981,31	12341,07	72120,45
2019	N	16	16	16	16	16
	Ortalama	39175,30	28903,12	2189,14	2817,25	14938,78
	Std. Sapma	55972,06	42863,04	2474,68	4050,68	20811,90
	Min.	1868,54	789,03	240,95	211,13	68,27
	Maks.	163242,76	125378,63	7518,67	12756,63	72471,64
2020	N	16	16	16	16	16
	Ortalama	45871,19	35183,66	2278,42	2822,25	15240,33
	Std. Sapma	64645,37	51361,67	2631,84	3969,11	20104,86
	Min.	1881,44	995,27	214,96	193,36	298,94
	Maks.	191436,46	151857,03	7856,04	11815,26	68102,65

4.2.2. Uygulanan VZA modelleri

Çalışmanın amaçlarına ulaşmak için aşağıdaki VZA modelleri uygulanmıştır:

- CCR ve BCC modelleri: Bankaların etkinliğini belirlemek için girdiye yönelik CCR ve BCC modelleri uygulanmıştır. İlk olarak, her iki modelle de her bir yıldaki bankaların etkinlikleri hesaplanmış ve her bir bankanın ve Mozambik bankacılık sektörünün her yıldaki etkinlik ortalaması belirlenmiştir. Daha sonra çalışma için seçilen son yıla, yani 2020 yılına ait veriler kullanılarak, BCC modeli ile etkin olmayan bankalar için hedef değerler belirlenmiştir.
- Pencere Analizi ve Malmquist Endeksi: Bankaların etkinliğini veya verimliliğini incelemek için Pencere Analizi (girdiye yönelik BCC modeli) ve çıktıya yönelik Malmquist Endeksi kullanılarak panellerdeki veriler üzerinden dinamik bir analiz yapılmıştır. VZA Pencere Analizi, farklı zaman dilimlerindeki bankaları ayrı bir banka olarak ele alarak etkinliği ölçmek için hareketli ortalama tekniğini kullanır ve performansı diğer tüm tek pencereli bankaların performansı ile karşılaştırmalı olarak ölçer. Malmquist Endeksi teknik etkinlik, teknolojik etkinlik, saf teknik etkinlik, ölçek etkinliği ve toplam faktör verimlilikteki değişimleri ölçebilir. Hem Malmquist Endeksi hem de Pencere Analizi için dikkate alınan periyot sayısı 6 yıldır. Pencere Analizi için, bu çalışmada 3 yıllık bir pencere seçilmiştir.
- Aylak Tabanlı Ölçümü (Slacks-Based Measure (SBM) ve Süper Etkinlik Modelleri: Piyasadaki en etkin (süper etkin) bankayı belirlemek için Tone'un (2002) süper etkinlik modeli, yani SuperSBM-I ve Andersen ve Petersen'in (1993) ilk süper etkinlik modeli uygulanmıştır. Bu amaçla 2020 yılına ait veriler kullanılmıştır. SuperSBM-I modelinin uygulanması bankaların etkin olduğunu varsaydığından radyal olmayan SBM-I modeli kullanılmıştır. SBM-I modeli, CCR ve BCC radyal modellerinin sınırlamalarından biri olan girdi ve çıktı aylaklarını doğrudan aynı anda ele aldığı için etkin ve etkin olmayan birimleri ayırt etme açısından en iyilerden biri olarak kabul edilmektedir.

Yukarıda bahsedilen modeller 3. bölümde ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Bu çalışmada modellerin geçerliliği ve örnekleme olasılığı aykırı değerlerin varlığı açısından doğrulanmıştır. İlk olarak modelin geçerliliğini doğrulamak için İzotoniklik (Isotonicity) Testi yapılmıştır, yani girdilerdeki artışın çıktılarda azalma yerine çıktılarda artışa neden olup olmadığı doğrulanmıştır (Avkran, 2016; Adusei, 2016; Hwang, Park ve Kim, 2018). Daha sonra

Chandola vd. (2009) tarafından önerilen kutu grafiği (Box Plot) metodoloğisi kullanılarak aykırı değerler tespit edilmiştir.

Veri analizi için üç yazılım kullanılmıştır. CCR ve BCC modelleri aracılığıyla bankaların etkinliğini belirlemek için, SBM modelinin sonuçları ve süper etkinlik modelleri için R yazılımı (R 4.1.1) kullanılmıştır. Pencere analizi sonuçları, Dortmund Üniversitesi'nden *Efficiency Measurement System* (EMS 1.3) yazılımı kullanılarak belirlenmiştir. Son olarak, Malmquist Endeksi ile ilgili sonuçları belirlemek için DEAP 2.1 yazılımı kullanılmıştır.



5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde, CCR ve BCC modelleri, Pencere Analizi, Malmquist Endeksi ve Süper Etkinlik aracılığıyla özetlenen hedefler dikkate alınarak çalışmanın ana sonuçları sunulmaktadır.

5.1. CCR ve BCC Modelleri Sonuçları

Çizelge 5.1’de, 2015-2020 yılları arasında 16 ticari bankanın girdiye yönelik CCR modeli ile elde edilen etkinlik değerlerinin sonuçları sunulmaktadır. Bu çizelgede, incelenen dönemde bankaların etkinlik ortalama değeri ve yıllara göre etkinlik ortalaması gösterilmektedir. Bu kısımda çizelgelerde özetlenen sonuçlar *R Studio* yazılımından elde edilmiştir.

Çizelge 5.1. 2015-2020 yılları arasındaki CCR girdiye yönelik etkinlik değerleri

Bankalar	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ortalama
BIM	0,59	0,91	0,93	0,79	0,82	0,65	0,78
BCI	0,55	0,83	0,79	0,74	0,87	0,67	0,74
SB	0,69	0,47	0,84	0,66	0,62	0,51	0,63
ABSA	0,46	0,57	0,86	0,53	0,52	0,57	0,59
BNI	0,49	0,93	0,89	0,77	0,61	1,00	0,78
FNB	0,57	0,62	0,60	0,47	0,37	0,31	0,49
FCB	0,57	0,62	0,43	0,44	0,38	0,44	0,48
MOZA	0,57	0,83	0,74	0,68	0,96	0,67	0,74
UNICO	0,55	0,63	0,69	0,66	0,68	0,49	0,62
MAIS	0,53	0,82	0,65	0,49	0,79	0,63	0,65
BancABC	0,56	0,61	0,62	0,46	0,52	0,41	0,53
LETSHOGO	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ECOBANK	0,32	0,31	0,21	0,31	0,32	0,38	0,31
UBA	0,63	0,70	0,42	1,00	0,39	0,27	0,57
SGM	0,33	0,47	0,40	0,60	0,65	0,54	0,50
SOCREMO	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Ortalama	0,59	0,71	0,69	0,66	0,66	0,59	0,65

Çizelge 3.1’de elde edilen sonuçlardan görüldüğü gibi, etkinlik değeri (teta) 1’e eşit olan bankaların performansı etkindir. Çizelgede sunulan veriler incelendiğinde, genel olarak bankacılık sektörünün etkin olmadığı görülmektedir, yani sektörün etkinlik düzeyinin ortalama değeri 0,65 olarak gerçekleşmiştir. Öte yandan, Mozambik finans sektöründeki ana dört banka (BIM, BCI, SB ve ABSA), incelenen dönemde girdiye yönelik CCR modeline göre etkin değildir, yani hiçbiri 1 değerine ulaşmamıştır. LETSHOGO ve SCREMO

bankaları incelenen tüm yıllarda (2015-2020) iki etkin banka olmuştur, yani bankalar tüm yıllarda 1 etkinlik değerine ulaşmıştır. BNI bankası 2020 yılında etkin bulunmuştur.

Banka bazında analiz edildiğinde, analiz edilen dönem boyunca 1'e eşit bir etkinlik ortalaması gösteren LETSHEGO VE SOCREMO bankalarında olduğu gibi, istenen sonuçları elde etmek için kaynaklarını etkin kullanan bazı bankaları bulmak mümkündür. Bu iki banka örneğin, bu analiz aşamasına kadar, analiz edilen dönemde etkin olmaya çalışan diğer bankalara göre referans bankalar olarak nitelendirilmiştir. Düşük performans gösteren bankalar ise 0,5'in altında etkinlik ortalaması gösteren ECOBANK, FCB ve FNB'dir.

Sonuçlar, 2015, 2016, 2017, 2018 ve 2019'da analiz edilen 16 ticari bankadan ikisinin maksimum etkinlik değeri gösterdiğini göstermektedir. 2020'de 16 bankadan üçü maksimum etkinlik değeri göstermiştir. Sonuçlar yıllara göre incelendiğinde, 2016 yılında Mozambik bankacılık sektörünün diğer yıllara göre daha yüksek bir teknik etkinlik ortalamasına sahip olduğu görülmektedir. İncelenen bankaların yarısından azı, dönem ortalamasının (0,65) altında bir etkinlik ortalaması değerine sahiptir. Girdiye yönelik CRS modeline göre, etkinlik ortalaması %65'tir. Bu, ortalama olarak, Mozambik bankalarının aynı miktarda çıktı üretmek için girdilerini orantılı olarak %35 oranında azaltabilecekleri anlamına gelir.

Girdiye yönelik BCC modeline ilişkin banka profilinin sonuçları Çizelge 5.2'de verilmiştir. Literatür taraması bölümünde tanımlandığı gibi bu model, ölçeğe göre değişken getirileri varsayar.

Çizelge 5.2. Girdiye yönelik BCC (VRS) etkinlik değerleri

Bankalar	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ortalama
BIM	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
BCI	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SB	1,00	0,84	1,00	1,00	0,91	0,92	0,94
ABSA	0,80	1,00	1,00	0,86	0,87	1,00	0,92
BNI	0,59	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,93
FNB	0,67	0,75	0,68	0,61	0,40	0,31	0,57
FCB	0,83	0,82	0,83	0,90	0,75	0,66	0,80
MOZA	0,79	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96
UNICO	0,69	0,75	0,74	0,80	0,69	0,53	0,70
MAIS	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
BancABC	0,64	0,69	0,71	0,49	0,52	0,43	0,58

Çizelge 5.2. (devam) Girdiye yönelik BCC (VRS) etkinlik değerleri

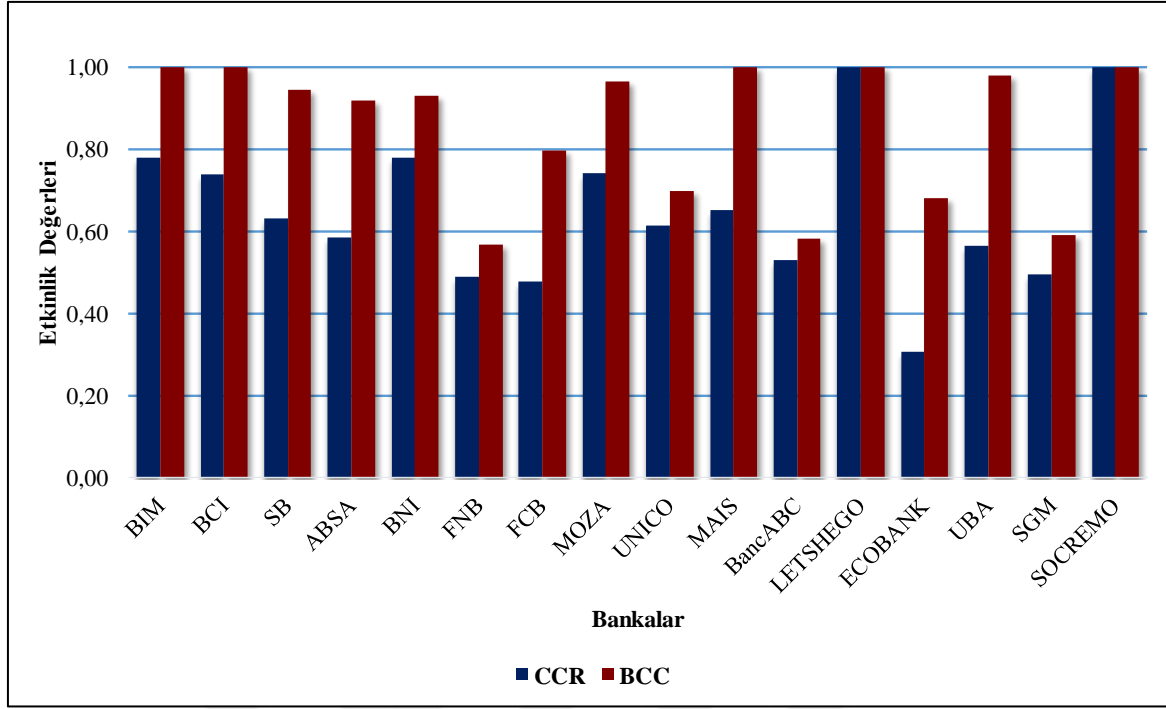
Bankalar	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ortalama
LETSHEGO	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ECOBANK	0,53	0,52	0,60	0,94	0,74	0,75	0,68
UBA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,89	0,98
SGM	0,66	0,51	0,45	0,63	0,70	0,60	0,59
SOCREMO	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Ortalama	0,82	0,87	0,88	0,89	0,85	0,82	0,85

Çizelge 5.2, girdiye yönelik BCC modelinin sonuçlarını göstermektedir. Çizelgede sunulan sonuçlardan, Mozambik bankacılık sektörünün etkinlik ortalamasının, girdiye yönelik CCR modeli ile elde edilen değere göre beklendiği gibi daha yüksek olan 0,85 olduğu görülmektedir. Çizelgeden, girdiye yönelik BCC modeli ile analiz edilen dönemin tüm yıllarında maksimum etkinlik değerine ulaşan beş bankanın BIM, BCI, MAIS, LETSHEGO ve SOCREMO olduğu görülmektedir. Mozambik bankacılık sektöründe öne çıkan iki ticari banka olarak sınıflandırılan BIM ve BCI bankalarının tüm yıllarda etkin buldukları görülmektedir.

Girdiye yönelik BCC yöntemi ile incelenen 16 ticari bankadan en az yedi bankanın tüm yıllarda etkin olduğu görülmektedir. Örneğin 2018 yılında 10 banka maksimum etkinlik değerine ulaşmıştır. Öte yandan, 2015-2020 döneminde bankaların etkinlik ortalaması incelendiğinde FNB, BancABC, SGM, ECOBANK, UNICO ve FCB olmak üzere altı bankanın 0,85'in altında etkinlik ortalamasına sahip olduğu görülmektedir. Ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında Mozambik bankalarının aynı miktarda çıktı üretmek için girdilerini orantılı olarak %15 oranında azaltabileceklerini söylemek mümkündür.

CCR ve BCC modelleri ile elde edilen sonuçlar incelendiğinde, analiz edilen dönemin tüm yıllarında %100'e eşit bir ölçek etkinlik gösteren iki bankanın (LETSHEGO ve SOCREMO) olduğu, yani bu bankaların yeterli büyüklükte çalıştıkları söylenebilir. Öte yandan, birkaç Mozambik ticari bankası uygun olmayan büyüklükte faaliyet göstermiştir.

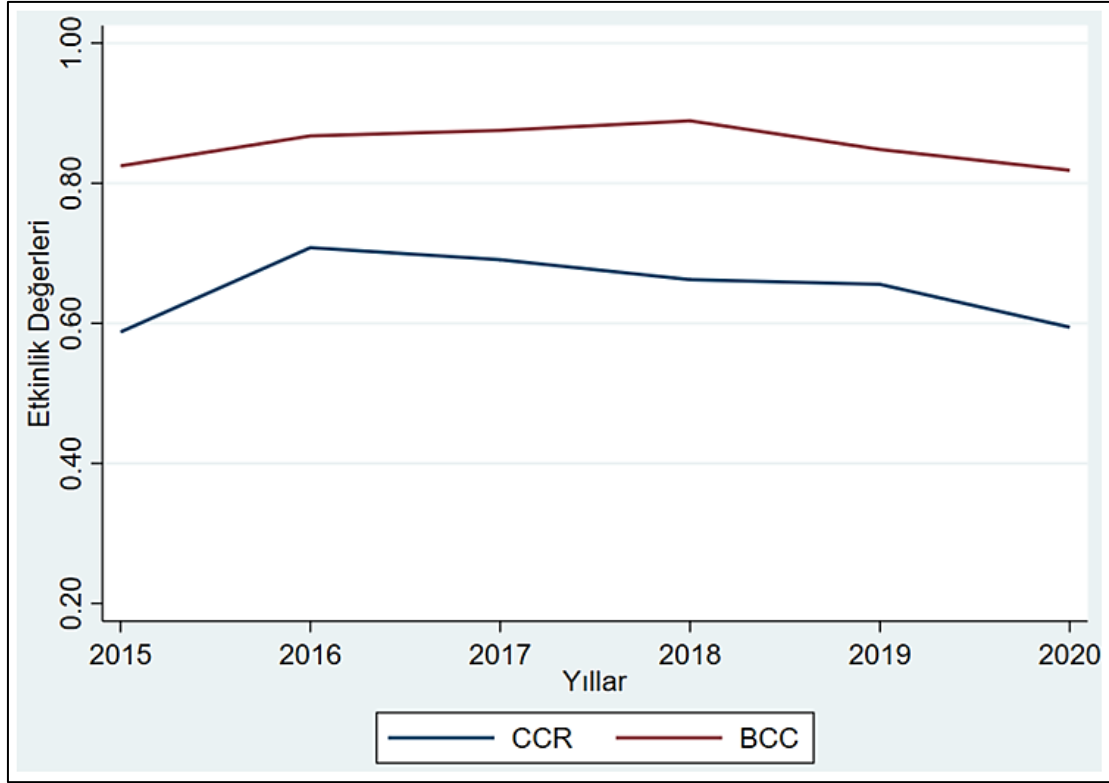
Şekil 5.1, CCR ve BCC modellerine göre bankaların etkinlik ortalama profilini gösterirken, Şekil 5.2 ise, analiz edilen dönemdeki etkinlik eğilimini göstermektedir.



Şekil 5.1. Bankaların CCR ve BCC modellerinin etkinlik ortalama değerleri

Şekil 5.1'den, analiz edilen dönemde tüm yıllarda sadece beş bankanın etkin olduğu açıkça görülmektedir. Girdiye yönelik CCR modeline göre tüm yıllarda iki banka etkinken, girdiye yönelik BCC modeline göre tüm yıllarda beş banka etkin bulunmuştur. Yani, CCR modelinde etkin olan tüm bankalar, BCC modelinde de mutlaka etkindir.

Öte yandan, Şekil 5.2 bankaların etkinlik ortalama eğilimini göstermektedir. Girdiye yönelik CCR modeline göre 0,59 ile 0,8'in biraz altında değiştiği, BCC modeline göre ise etkinlik ortalamasının 0,8 ile 0,9 arasında değiştiği görülmektedir. Dolayısıyla, elde edilen sonuçlardan, genel olarak Mozambik bankacılık sektörünün hedeflerine ulaşmak için mevcut girdileri kullanırken iyi performans göstermediği, bununla birlikte girdi ve çıktılarında bazı iyileştirme yönleri önerdiği söylenebilmektedir. Finansal aracılık altındaki BCC modeli (ölçeğe göre değişken getiri), Mozambik finansal sisteminin gerçekliğine en iyi uyan model gibi görünmektedir.



Şekil 5.2. 2015 ve 2020 yılları arasındaki etkinlik ortalama trendi

Etkin olduğu kanıtlanan bazı bankalar, etkin olmayan bankalar için referans olarak alınacaktır. Bu amaçla 2020 mali yılına ait veriler dikkate alınmıştır. Girdiye yönelik BCC modeli dikkate alındığında, Çizelge 5.3'te, etkin olmayan bankalar için referans kümesi sunulmaktadır.

Çizelge 5.3. 2020 yılında etkin olmayan bankalar için referans grubu

Etkin Olmayan Bankalar	Etkin Bankalar							
	BIM	BCI	ABSA	BNI	MOZA	MAIS	LETSHEGO	SOCREMO
SB	0,67	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,00
FNB	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,53	0,47
FCB	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,89	0,11	0,00
UNICO	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,97	0,00
BancABC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58	0,42
ECOBANK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63	0,00	0,37
UBA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,82	0,18	0,00
SGM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00

Çizelge 5.3'ten görülebileceği gibi, etkin olmayan bankalar referans grubu olarak şu bankalara sahiptir: BIM, BCI, ABSA, BNI, MOZA, MAIS, LETSHEGO ve SOCREMO.

Örneğin, 2020’de Standard Bank (SB), etkin olabilmesi için BIM, BCI ve LETSEGO bankalarını yansıtmalıdır.

Çizelge 5.4. 2020’de etkin olmayan bankalar için hedef değerler

Bankalar	Değişkenler	Gerçek Değerler	Hedef Değerler	% Değişim
SB	Aktif Toplamı	143419,01	132264,76	-7,8%
	Mevduat	111663,53	102166,18	-8,5%
	Operasyonel Maliyeti	6614,00	5157,28	-22,0%
	Net Faiz Geliri	8916,57	8916,57	0,0%
	Toplam Krediler	37864,33	37864,33	0,0%
FNB	Aktif Toplamı	20601,34	6323,30	-69,3%
	Mevduat	17791,75	1842,07	-89,6%
	Operasyonel Maliyeti	1784,63	518,63	-70,9%
	Net Faiz Geliri	1104,70	1104,70	0,0%
	Toplam Krediler	2615,90	5048,57	93,0%
FCB	Aktif Toplamı	7714,69	4303,46	-44,2%
	Mevduat	5749,93	2289,69	-60,2%
	Operasyonel Maliyeti	406,03	267,03	-34,2%
	Net Faiz Geliri	310,91	523,73	68,5%
	Toplam Krediler	2321,72	2321,72	0,0%
UNICO	Aktif Toplamı	31748,15	15809,73	-50,2%
	Mevduat	26732,48	7044,53	-73,6%
	Operasyonel Maliyeti	1665,97	889,09	-46,6%
	Net Faiz Geliri	1625,14	2061,75	26,9%
	Toplam Krediler	10525,44	10525,44	0,0%
BancABC	Aktif Toplamı	15529,80	6749,42	-56,5%
	Mevduat	12751,68	1913,95	-85,0%
	Operasyonel Maliyeti	1314,10	534,91	-59,3%
	Net Faiz Geliri	780,30	1177,35	50,9%
	Toplam Krediler	5440,79	5440,79	0,0%
ECOBANK	Aktif Toplamı	3949,85	2911,35	-26,3%
	Mevduat	2424,30	1822,92	-24,8%
	Operasyonel Maliyeti	352,65	265,17	-24,8%
	Net Faiz Geliri	260,59	356,01	36,6%
	Toplam Krediler	824,13	1295,68	57,2%
UBA	Aktif Toplamı	4306,54	3231,52	-25,0%
	Mevduat	2312,90	2049,90	-11,4%
	Operasyonel Maliyeti	269,81	239,13	-11,4%
	Net Faiz Geliri	193,36	358,68	85,5%
	Toplam Krediler	298,94	1399,98	368,3%
SGM	Aktif Toplamı	14889,44	6949,84	-53,3%
	Mevduat	12247,85	2389,20	-80,5%
	Operasyonel Maliyeti	738,55	239,13	-67,6%
	Net Faiz Geliri	541,88	1079,03	99,1%
	Toplam Krediler	5139,37	5139,37	0,0%

Çizelge 5.4, etkin olmayan birimlerin etkin elde etmesi için değişkenlerin hedef değerlerini göstermektedir. Yukarıda belirtilen çizelgede, her bir etkin olmayan birimin mevcut değerleri ve ulaşılması gereken değerler ve yüzde değişimi sunulmaktadır. Çizelge 5.4'teki sonuçlar *R Studio* yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. Analiz altındaki tablodan, örneğin standart bankanın (SB) %7,8 daha az toplam aktif, %8,5 daha az mevduat ve %22 Operasyonel maliyetlerinde azalma ile etkin bir şekilde çalışabileceği görülmektedir. FNB bankası, girdi miktarını ortalama %76,6 oranında azaltırsa, aynı miktarda çıktı üretebilir ve böylece etkin hâle gelebilir. Benzer şekilde, analiz diğer etkin olmayan bankalar için de yapılabilir. Dolayısıyla mevduat tutarı gerçek değerine göre daha düşük olan bu bankalar aynı veya daha fazla çıktı üretebilirse, bu onların etkisiz çalıştıklarını gösterir. Çünkü bankalar mevduat ve aktif toplamı azaltmakla ilgilenmeyebilir, ancak operasyonel maliyetlerini azaltabilirler.

5.2. Dinamik Veri Zarflama Analizi Sonuçları

Bu kısımda, VZA-Pencere analizi ve Malmquist Endeksi yöntemlerini kullanarak bankaların etkinliğini dinamik bir bakış açısıyla analiz etmektedir.

5.2.1. Pencere analizi sonuçları

Bankacılık sektörünün etkinliği, VZA pencere analiz modelleri ile özellikle ölçeğe göre değişken getirileri olan girdi yönelik (BCC-I) model kullanılarak hesaplanmıştır. Řepková (2012) ölçeğe göre sabit getiriler varsayımının yalnızca tüm üretim birimlerinin pratikte doldurulması imkansız olan optimum boyutta çalışması durumunda kabul edildiğini belirtmektedir. Bu nedenle, bu sorunu çözmek için ölçeğe göre değişken getiriler uygulanmıştır. Çizelge 5.5, EMS yazılımı kullanılarak elde edilen sonuçları vermektedir.

Çizelge 5.5. Pencere analizi sonuçları ve diğer tanımlayıcı istatistikler

Bankalar	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ortalama	St. Sapma	Min.	Maks.	Ranj
BIM	0,98	1,00	1,00					0,01	0,98	1,00	
		1,00	1,00	1,00			0,99	0,00	1,00	1,00	0,11
			1,00	1,00	1,00			0,00	1,00	1,00	
				1,00	1,00	0,89		0,06	0,89	1,00	
BCI	0,91	1,00	0,79					0,11	0,79	1,00	
		1,00	0,79	0,82			0,94	0,11	0,79	1,00	0,21
			1,00	0,97	1,00			0,02	0,97	1,00	
				1,00	1,00	1,00		0,00	1,00	1,00	

Çizelge 5.5. (devam) Pencere analizi sonuçları ve diğer tanımlayıcı istatistikler

Bankalar	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ortalama	St. Sapma	Min.	Maks.	Ranj
SB	1,00	0,71	1,00				0,88	0,17	0,71	1,00	0,29
		0,71	1,00	0,92				0,15	0,71	1,00	
			1,00	0,92	0,79			0,11	0,79	1,00	
				1,00	0,83	0,71		0,14	0,71	1,00	
ABSA	0,64	0,71	1,00				0,80	0,19	0,64	1,00	0,36
		0,70	1,00	0,71				0,17	0,70	1,00	
			1,00	0,69	0,72			0,17	0,69	1,00	
				0,78	0,78	0,86		0,05	0,78	0,86	
BNI	0,59	0,85	0,74				0,85	0,13	0,59	0,85	0,41
		1,00	0,85	0,71				0,14	0,71	1,00	
			1,00	0,96	0,64			0,20	0,64	1,00	
				1,00	0,91	0,97		0,04	0,91	1,00	
FNB	0,67	0,64	0,67				0,54	0,02	0,64	0,67	0,38
		0,59	0,66	0,58				0,04	0,58	0,66	
			0,58	0,52	0,39			0,10	0,39	0,58	
				0,50	0,38	0,29		0,10	0,29	0,50	
FCB	0,83	0,76	0,64				0,72	0,10	0,64	0,83	0,23
		0,82	0,69	0,63				0,10	0,63	0,82	
			0,81	0,72	0,65			0,08	0,65	0,81	
				0,86	0,63	0,64		0,13	0,63	0,86	
MOZA	0,79	0,91	0,96				0,91	0,09	0,79	0,96	0,21
		0,98	0,98	0,88				0,06	0,88	0,98	
			0,97	0,86	1,00			0,08	0,86	1,00	
				0,86	1,00	0,79		0,11	0,79	1,00	
UNICO	0,69	0,67	0,69				0,67	0,01	0,67	0,69	0,27
		0,69	0,65	0,67				0,02	0,65	0,69	
			0,72	0,74	0,60			0,08	0,60	0,74	
				0,77	0,62	0,51		0,13	0,51	0,77	
MAIS	1,00	0,90	0,82				0,93	0,09	0,82	1,00	0,27
		1,00	0,90	0,73				0,14	0,73	1,00	
			1,00	0,86	0,95			0,07	0,86	1,00	
				0,94	1,00	1,00		0,04	0,94	1,00	
BancABC	0,64	0,57	0,68				0,54	0,05	0,57	0,68	0,28
		0,55	0,66	0,49				0,09	0,49	0,66	
			0,59	0,47	0,44			0,08	0,44	0,59	
				0,46	0,47	0,40		0,04	0,40	0,47	
LETSHEGO	1,00	0,86	1,00				0,99	0,08	0,86	1,00	0,14
		1,00	1,00	1,00				0,00	1,00	1,00	
			1,00	1,00	1,00			0,00	1,00	1,00	
				1,00	1,00	1,00		0,00	1,00	1,00	
ECOBANK	0,52	0,44	0,41				0,61	0,06	0,41	0,52	0,43
		0,52	0,49	0,65				0,08	0,49	0,65	
			0,60	0,75	0,62			0,08	0,60	0,75	
				0,84	0,73	0,72		0,07	0,72	0,84	
UBA	1,00	0,98	0,77				0,95	0,13	0,77	1,00	0,23
		1,00	0,96	1,00				0,02	0,96	1,00	
			1,00	1,00	0,89			0,06	0,89	1,00	
				1,00	1,00	0,83		0,10	0,83	1,00	
SGM	0,66	0,43	0,40				0,53	0,14	0,40	0,66	0,26
		0,48	0,44	0,59				0,08	0,44	0,59	
			0,45	0,59	0,57			0,08	0,45	0,59	
				0,63	0,61	0,55		0,04	0,55	0,63	

Çizelge 5.5. (devam) Pencere analizi sonuçları ve diğer tanımlayıcı istatistikler

Bankalar	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ortalama	St. Sapma	Min.	Maks.	Ranj
SOCREMO	1,00	1,00	0,95					0,03	0,95	1,00	
		1,00	0,96	1,00			0,98	0,02	0,96	1,00	0,10
			1,00	1,00	0,95			0,03	0,95	1,00	
				1,00	0,96	0,90		0,05	0,90	1,00	
Ortalama	0,81	0,80	0,82	0,81	0,79	0,75	0,80				
St. Sapma	0,18	0,20	0,19	0,18	0,21	0,22	0,17				
Min.	0,52	0,43	0,40	0,46	0,38	0,29	0,53				
Maks.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99				
Ranj	0,48	0,57	0,60	0,54	0,62	0,71	0,46				

Çizelge 5.5'te sunulan sonuçlar incelendiğinde, elde edilen sonuçların, Mozambik bankacılık sektörünün 2015-2020 döneminde saf teknik etkinlik ortalamasının %83'ün altında olduğunu ve düşük bir performansı ortaya koyduğunu göstermektedir. Bankalar bazında sonuçlar incelendiğinde, BIM, LETSHEGO ve SOCREMO bankalarının sırasıyla %99, %99 ve %98 etkinlik ortalaması ile daha iyi performans sergiledikleri görülmektedir. Öte yandan, SGM, BancABC ve FNB bankaları %60'ın altında bir etkinlik ortalaması göstermiştir.

BIM ve BCI bankaları Mozambik'teki en büyük bankalar arasındadır ve incelenen dönem boyunca bir pencerede maksimum etkinliğe ulaşmışlardır. Doğrulan bir diğer önemli husus ise LETSHEGO ve SOCREMO gibi bazı bankaların en küçük bankalar arasında yer almasına rağmen, bu bankaların ABSA, SB ve MOZA gibi Mozambik'teki diğer önemli bankalara kıyasla daha iyi bir performans sergilemiş olmalarıdır.

Bankaların sonuçları etkinlik düzeylerinin standart sapması açısından incelendiğinde, genel olarak etkinlikte büyük bir değişkenliğin olmadığı, yani yüksek etkinlik elde eden bankaların çoğu zaman aynı performansla devam ettiği söylenebilmektedir. Düşük etkinlik gösteren bankaların, çalışma süresi içinde diğer pencerelerde de aynı özelliği koruduğunu doğrulamak da mümkün olmuştur.

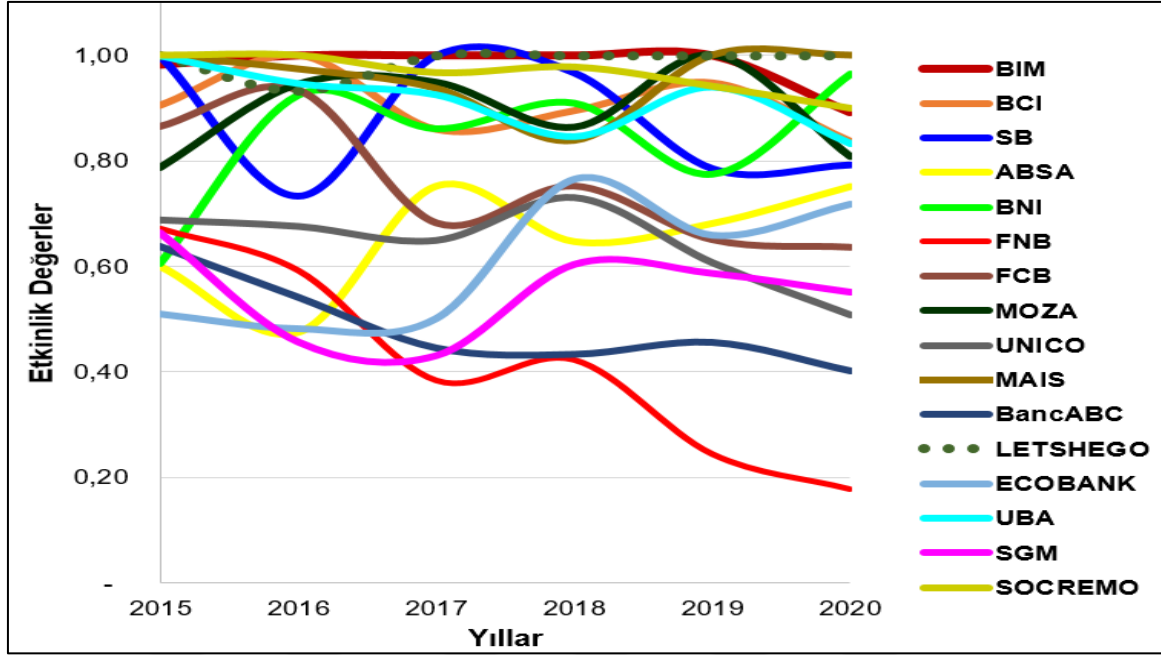
Çizelge 5.6, pencerelere göre etkinlik ortalaması göstermektedir. LETSHEGO bankası üç pencerede, BIM iki pencerede ve BCI tek pencerede maksimum etkinlik elde etmeyi başarmıştır. Diğer tüm bankalar maksimum etkinliğe ulaşamamıştır. UBA, MAIS ve MOZA bankaları %88 ile %99 arasında değişen bir performans sergilemiştir.

2015-2016-2017 döneminde hiçbir banka maksimum etkinliğe ulaşamamış olup bu, Mozambik bankacılık sektörünün en düşük etkinlik ortalaması (%79) gösterdiği pencere olmuştur. Bankacılık sektöründe en yüksek etkinlik ortalama düzeyine 2017-2018-2019 penceresinde (%81) ulaşılmıştır.

Saf teknik etkinlik analizine göre, Mozambik bankacılık sektörü bir bütün olarak zayıf bir performansı göstermektedir, çünkü gözlemlenen dönemin tüm yıllarında, özellikle 2015-2017 döneminde, saf teknik etkinlik ortalamasının %99'ın altındadır. Şekil 5.3'te daha fazla sayıda bankanın etkinlik ortalama %99'ın altında olduğu kolaylıkla görülebilmektedir.

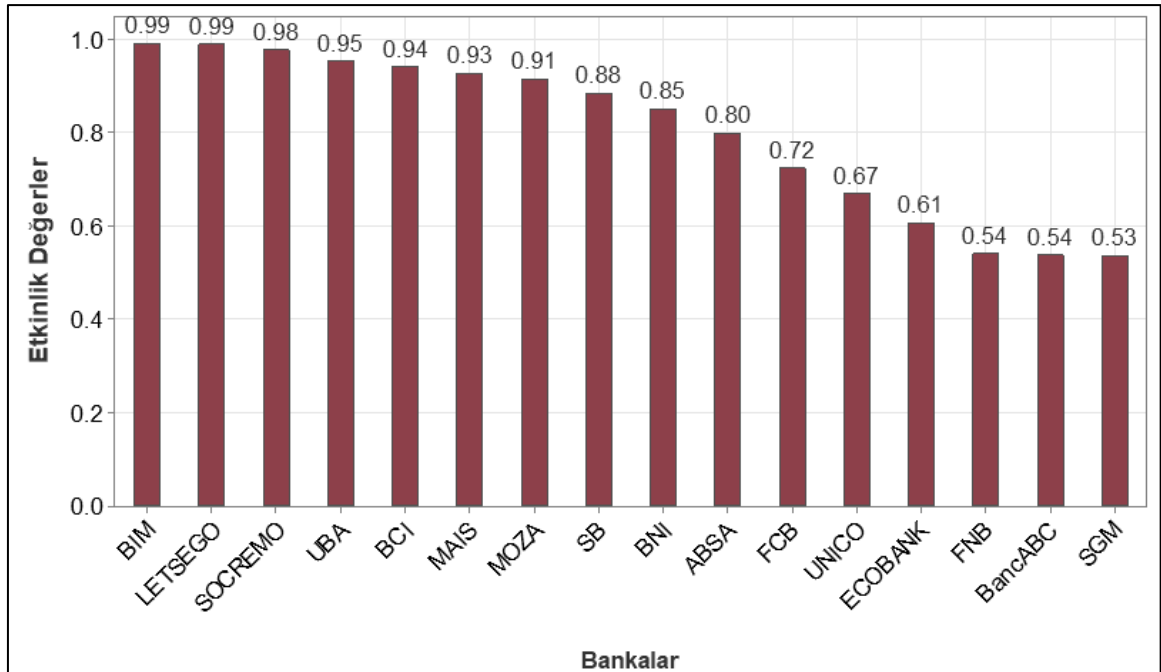
Çizelge 5.6. Pencereye göre etkinlik ortalamaları (BCC-I pencere modeli)

Bankalar	2015-2016-2017	2016-2017-2018	2017-2018-2019	2018-2019-2020
BIM	0,99	1,00	1,00	0,96
BCI	0,90	0,87	0,99	1,00
SB	0,90	0,88	0,90	0,85
ABSA	0,78	0,80	0,80	0,81
BNI	0,72	0,85	0,86	0,96
FNB	0,66	0,61	0,50	0,39
FCB	0,74	0,71	0,73	0,71
MOZA	0,89	0,94	0,94	0,88
UNICO	0,68	0,67	0,69	0,63
MAIS	0,91	0,88	0,94	0,98
BancABC	0,63	0,57	0,50	0,44
LETSHEGO	0,95	1,00	1,00	1,00
ECOBANK	0,46	0,55	0,66	0,76
UBA	0,92	0,99	0,96	0,94
SGM	0,50	0,51	0,54	0,60
SOCREMO	0,98	0,99	0,98	0,95
Ortalama	0,79	0,80	0,81	0,80



Şekil 5.3. Bankaların etkinlik ortalama eğiliminin karşılaştırılması

Sıralama açısından, dinamik bir bakış açısıyla, BCC-I Pencere Analizi modeli ile BIM bankası, Mozambik'teki en büyük bankalardan biri olarak ilk sırada yer almaktadır. LETSHEGO ve SOCREMO bankaları sırasıyla ikinci ve üçüncü sırada yer almıştır. FNB, BancABC ve SGM etkinlik sıralamasında son üç banka arasında yer almıştır. Şekil 5.4 bu senaryoyu açıkça göstermektedir.



Şekil 5.4. Mozambik bankalarının pencere analizi ile sıralaması

5.2.2. Malmquist endeksi sonuçları

Bu kısımda, 2015-2020 döneminde Malmquist Verimlilik Endeksi kullanılarak Mozambik bankacılık sektörünün verimliliğinin kısa bir analizi yer almaktadır. Analize dahil edilen 16 banka için 2015 ve 2020 yılları arasında teknik etkinlik (TED), teknolojik etkinlik (TD), saf teknik etkinlik (STED), ölçek etkinliği (ÖED) ve toplam faktör verimliliğindeki (TFVD) değişimler hesaplanmıştır. Bu değerler Çizelge 5.7, Çizelge 5.8, Çizelge 5.9 ve Çizelge 5.10'da gösterilmiştir. Dolayısıyla, TFVD değerinin 1'den büyük olması, toplam faktör verimliliğindeki "artışı", 1'den küçükse "azalmayı", 1 ise "değişim olmadığı" anlamına gelmektedir. TFVD, TED ve TD endekslerinin bileşenlerinden birinin 1'den küçük olması teknik etkinlik ve teknolojide bir düşüşe işaret ederken, bu endeksin 1'den büyük olması teknik ve teknolojinin evrimini gösterir. Diğer bir deyişle; TED'in 1'den büyük olması bankanın üretim sınırını yakalama etkisine sahip olacak, TD 1'den büyük ise üretim sınırı yukarı kayacaktır.

Çizelge 5.7. Bankaların teknik etkinlik değişim değerleri

Bankalar	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020
BIM	0,67	1,07	1,16	0,96	1,14
BCI	0,70	1,05	0,99	0,80	1,17
SB	0,82	1,17	1,18	0,96	1,14
ABSA	0,85	1,21	1,16	0,97	1,06
BNI	0,70	1,33	0,50	0,84	0,85
FNB	0,81	1,30	1,12	0,95	0,99
FCB	0,81	1,13	1,09	0,93	1,12
MOZA	0,81	1,06	0,95	0,85	1,17
UNICO	0,81	1,26	1,02	0,80	1,17
MAIS	0,81	1,14	0,97	0,92	1,10
BancABC	0,81	1,36	1,09	0,92	1,06
LETSHEGO	0,43	1,29	0,30	0,89	0,92
ECOBANK	0,90	1,25	0,95	0,93	1,02
UBA	0,83	1,25	1,21	0,97	1,09
SGM	0,81	1,23	0,96	0,90	1,11
SOCREMO	1,05	1,19	1,05	0,87	0,89
Ortalama	0,77	1,20	0,93	0,90	1,06

Yukarıdaki açıklamalara bakıldığında bankaların teknik etkinlik (TED) değerleri Çizelge 5.7'de gösterilmektedir. Genel olarak incelenen dönem boyunca teknik etkinlikte herhangi bir artış olmadığı söylenebilir. 2015-2016 döneminde bankaların teknik etkinlik ortalamalar herhangi bir artış olmamıştır, yani ortalama %77 olmuştur, bu da bankacılık sektörünün

teknik etkinlikte ortalama %23'lük bir düşüş yaşadığı anlamına gelmektedir. Bu dönemde teknik etkinlikte ortalama %5'lik bir artış sağlayan tek banka SOCREMO olmuştur. 2016-2017 döneminde bankacılık sektörünün etkinlik ortalamasında en büyük artış %20 artışla yaşanmıştır. Aynı dönemde, tüm bankalar teknik etkinlikte artış kaydetmiş, BancABC ise %36 ile teknik etkinlikte en büyük artışı kaydeden banka olmuştur. 2017-2018 döneminde bankacılık sektörü teknik etkinlik ortalamasında yaklaşık %7 oranında bir düşüş bulunmuştur. Buna rağmen, bu dönemde bankaların yarısından fazlası teknik etkinlikte artış kaydetmiştir. 2018-2019 döneminde hiçbir banka teknik etkinlik artışı göstermemiştir. 2019-2020 arasındaki son dönemde bankacılık sektörü teknik etkinlikte ortalama %6 artış yaşamıştır. Aynı dönemde sadece dört banka teknik etkinlik artışı kaydetmemiştir.

Çizelge 5.8. Bankaların teknolojiadaki değişim değerleri

Bankalar	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020
BIM	1,55	1,00	0,86	1,03	0,79
BCI	1,50	0,96	0,94	1,17	0,77
SB	0,69	0,99	0,79	0,94	0,82
ABSA	1,24	0,96	0,62	0,98	1,09
BNI	1,91	1,03	0,87	0,79	1,64
FNB	1,09	0,99	0,79	0,79	0,82
FCB	1,11	0,92	1,01	0,87	1,16
MOZA	1,44	1,01	0,92	1,42	0,69
UNICO	1,15	1,05	0,96	1,03	0,72
MAIS	1,56	1,07	0,76	1,60	0,80
BancABC	1,09	1,08	0,75	1,12	0,80
LETSHOGO	1,00	1,12	1,00	1,00	1,00
ECOBANK	0,96	1,00	1,45	1,04	1,18
UBA	1,11	1,02	2,40	0,39	0,69
SGM	1,45	0,99	1,49	1,08	0,83
SOCREMO	1,00	0,97	1,00	1,00	1,00
Ortalama	1,21	1,01	0,98	0,98	0,90

Çizelge 5.8'de, bankalara ait ortalama TD değerleri gösterilmiştir. Teknolojide ya da verimliliği etkileyecek olan üretim sürecine ait politikalar, düzenlemeler ve çevresel faktörlerdeki olumlu sinyaller (%21 artış) 2015–2016 döneminde gerçekleşmiştir. Bu dönemde sadece iki banka, SB ve ECOBANK, teknolojik etkinlik artışı kaydetmemiştir. 2016-2017 döneminde teknolojik etkinlikte ortalama sadece %1'lik bir artış gerçekleşmiştir. En büyük düşüş %10 ile 2019–2020 döneminde gerçekleşmiştir. İncelenen dönemlerde, en yüksek teknolojik değişim %140 ile UBA'da ve 2017-2018 döneminde gözlenmiştir. UBA

bankası da 2018-2019 döneminde teknolojik etkinlikte en büyük düşüşü %61 ile göstermiştir.

Çizelge 5.7 ve Çizelge 5.8'deki değerler kullanılarak hesaplanan bankalara ait malmquist toplam faktör verimlilik (MTFV) endeksleri, Çizelge 5.9'da gösterilmiştir. Buna göre; bankaların ortalama TFV' de 2015–2016'da %7'lik bir düşüş, 2016-2017'de %21'lik bir artış ve 2017–2020 dönemlerinde sırasıyla %0,9, %12 ve %5'lik düşüşler gözlenmiştir. 2016-2017 döneminde 15 banka toplam faktör verimliliğinde artış göstermiştir.

Çizelge 5.9. Bankaların toplam faktör verimlilik değişim değerleri

Bankalar	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020
BIM	1,03	1,07	0,99	0,99	0,90
BCI	1,05	1,00	0,93	0,93	0,90
SB	0,56	1,16	0,93	0,91	0,93
ABSA	1,05	1,15	0,71	0,95	1,16
BNI	1,33	1,36	0,43	0,66	1,39
FNB	0,87	1,29	0,88	0,75	0,81
FCB	0,89	1,04	1,11	0,82	1,30
MOZA	1,16	1,07	0,88	1,21	0,81
UNICO	0,92	1,32	0,98	0,82	0,84
MAIS	1,25	1,22	0,73	1,47	0,88
BancABC	0,88	1,47	0,81	1,03	0,85
LETSHEGO	0,43	1,45	0,30	0,89	0,92
ECOBANK	0,86	1,25	1,38	0,97	1,20
UBA	0,92	1,28	2,90	0,38	0,75
SGM	1,16	1,22	1,43	0,97	0,92
SOCREMO	1,05	1,15	1,05	0,87	0,89
Ortalama	0,93	1,21	0,91	0,88	0,95

Çizelge 5.7, Çizelge 5.8 ve Çizelge 5.9'daki ortalamalar kullanılarak hazırlanan Çizelge 5.10'da, incelenen dönemler için ortalama MTFV endeksi ve bileşenleri gösterilmiş ve dönemler ayrı ayrı incelenerek TFV'de yaşanan gerilemenin nedenleri açıklanmıştır. Buna göre; 2015–2016 döneminde, TFV'de %7'lik bir düşüş gözlenmiştir. Bu olumsuz değişim, teknolojik etkinlikteki %23'lük düşüşle açıklanmaktadır. Buna karşılık, aynı dönemde, saf teknik etkinlik (STE) ve ölçek etkinlikteki (ÖE) sırasıyla %9 ve %11'lik artışın bir sonucu olarak teknik etkinlik %21'lik bir pozitif değişim kaydetmiştir.

2016-2017 döneminde tüm verimlilik değerlendirme göstergeleri %100'ün altında kalmıştır. Bu dönemde TFV'yi %11'lik düşüş kaydetmiştir. 2017-2018 döneminde sadece saf teknik

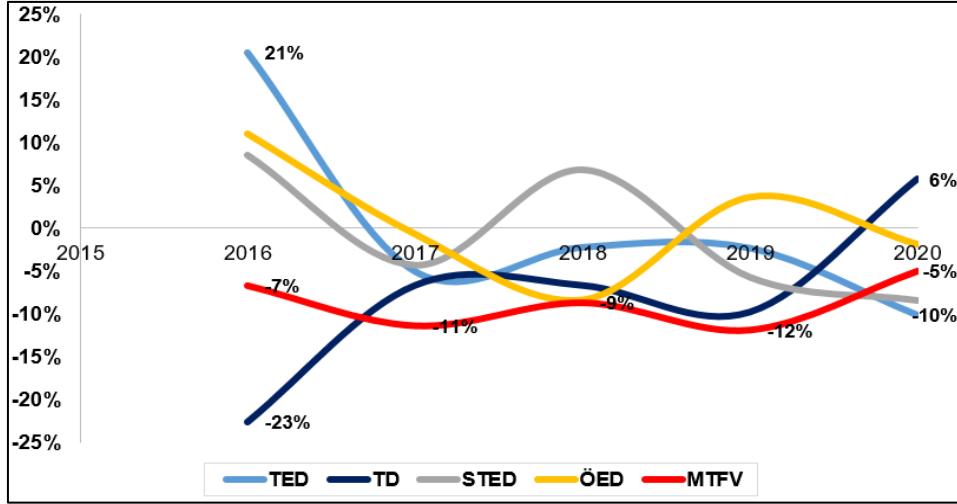
etkinlik %100'ün üzerinde yani %7 civarında bir artış gözlemlenmiştir. 2018-2019 döneminde sadece skaler verim %100'ün üzerinde bir değer kaydetmiş yani %4'lük bir pozitif değişim olmuştur. 2019-2020 döneminde, sektör %6 civarında pozitif bir değişim kaydederken, sadece teknolojik etkinlik %100'ün üzerinde değerler kaydetmiştir.

Elde edilen sonuçlar, Mozambik bankacılık sektöründe teknolojiye yapılan düşük yatırımın banka verimliliği üzerinde olumsuz etkileri olduğunu belirtmemize izin vermektedir. Diğer yandan, ortalama olarak, bankaların negatif bir yüzde değişimi olması, emek yoluyla toplanan mevduatın krediye ve net faiz gelirine dönüştürülmesinden oluşan aracılık sürecini yaşamadıklarını düşündürmektedir.

Çizelge 5.10. Bankaların toplam faktör verimliliği değişimi ve unsurları

Dönem	TED	TD	STED	ÖED	TFVD
2015-2016	1,21	0,77	1,09	1,11	0,93
2016-2017	0,95	0,93	0,96	0,99	0,89
2017-2018	0,98	0,93	1,07	0,92	0,91
2018-2019	0,98	0,90	0,94	1,04	0,88
2019-2020	0,90	1,06	0,92	0,98	0,95
Ortalama	1,00	0,92	0,99	1,01	0,91

Çizelge 5.10'da tüm değerler 1'den küçük olduğu için TFVD'nin tüm dönemlerde negatif olduğu görülmektedir. Mozambik bankacılık sektörünün TFVD değeri %91 olmuştur. Şekil 5.5'te, bankaların çeşitli göstergelerle ilgili performansı gösterilmektedir. Açıkça görülmekte ki, teknik etkinlik ve teknolojik etkinlikteki negatif değişkenlik, bankacılık sektörünün toplam faktör verimliliğinin negatif değişimine en çok katkıda bulunan süreçlerin bileşenleridir.



Şekil 5.5. 2015-2020 yılları arasında Malmquist Endeksi'nin değişimi

Dolayısıyla, sıfırın altındaki kırmızı çizgi, Mozambik bankacılık sektörünün Malmquist Endeksi'ne dayalı verimlilik açısından performansının negatif olduğunu açıkça göstermektedir.

5.3. Süper Etkinlik Modelleri Sonuçları

Bu bölümde, en etkin (süper etkin) bankayı belirlemek için süper etkinlik yöntemi sunulmaktadır. Süper etkinlik modellerinin uygulanmasından önce, Tone (2001) tarafından önerilen SBM modeli ile bankaların etkinliklerinin bir değerlendirmesi yapılmış, daha sonra Tone (2002) tarafından önerilen SBM'ye dayalı yüzey modeli ile süper etkinlik değerlendirilmiştir. Son olarak, Andersen ve Petersen (1993) tarafından önerilen ilk süper etkinlik modeli ile bir karşılaştırma yapılmıştır. Çizelge 5.11, ölçeğe göre sabit getiri varsayımına dayalı girdi yönelik SBM modelinin sonuçlarını sunmaktadır. Sunulan tüm sonuçlar R yazılımı kullanılarak elde edilmiştir.

Çizelge 5.11. 2020 yılında SBM-I (ρ^*) ve aylak değerleri

Bankalar	SBM-I (ρ^*)	Sıra	s_1^{-*}	s_2^{-*}	s_3^{-*}
BIM	0,3812	8	111669,33	124375,41	243072,13
BCI	0,4056	6	110903,10	132219,53	261679,42
SB	0,3262	11	91899,73	99100,91	326231,88
ABSA	0,3921	7	20853,21	29752,98	235028,17
BNI	1,0000	1	0,00	0,00	0,00
FNB	0,2100	16	14218,44	16235,33	136937,80
FCB	0,3041	12	4969,19	5080,46	22741,50
MOZA	0,4912	4	18667,15	28111,32	94152,41

Çizelge 5.11. (devam) 2020 yılında SBM-I (ρ^*) ve aylak değerleri

Bankalar	SBM-I (ρ^*)	Sıra	s_1^{-*}	s_2^{-*}	s_3^{-*}
UNICO	0,3305	10	19301,51	23697,45	85623,29
MAIS	0,4827	5	1441,92	1751,72	7920,27
BancABC	0,2853	13	9095,91	11182,82	89552,76
LETSHEGO	1,0000	1	0,00	0,00	0,00
ECOBANK	0,2701	14	2444,15	2057,15	25468,94
UBA	0,2155	15	3189,33	2040,48	19712,43
SGM	0,3548	9	8811,99	10765,90	34317,12
SOCREMO	1,0000	1	0,00	0,00	0,00

Çizelge 5.11’de sunulan sonuçlardan, Mozambik bankacılık sektöründe finansal aracılık sürecinin, analiz edilen 16 bankadan üçü, yani BNI, LETSHEGO ve SOCREMO tarafından başarıyla gerçekleştirildiği söylenebilmektedir. Görüldüğü gibi bahsi geçen üç bankanın tüm ρ^* değerlerinin 1’e eşit olması ve tüm girdi ve çıktı değişkenlerinin aylak değerlerinin sıfır olması bu bankaların etkin olduğunu düşündürmektedir. Girdi değişkenlerinin fazla aylığı (s^-), etkin olmayan bankaların etkin hale gelmek için girdilerini ne kadar azaltmak zorunda olduğuna işaret etmektedir. Burada s_1^{-*} , s_2^{-*} ve s_3^{-*} sırasıyla aktif toplamı, mevduatlar ve operasyonel maliyetleri girdiler değişkenlerinin aylaklarıdır. Cooper, Seiford ve Tone (2004) tarafından bu SBM girdiye yönelik (SBM-I), çıktı aylakları (eksiklikler) dikkate alınmamaktadır. Tone (2002) tarafından önerilen SuperSBM modelinin sonuçları, bankaların etkin SBM’ler olduğunu varsaymaktadır.

Çizelge 5.12. 2020 yılında süper etkinlik sonuçları

Bankalar	Tone (2001)		Tone (2002)		Andersen-Petersen (1993)	
	SBM-I	Sıra	SuperSBM-I	Sıra	SuperCCR-I	Sıra
BIM	0,3812	8			0,6463	6
BCI	0,4056	6			0,6669	4
SB	0,3262	11			0,5068	10
ABSA	0,3921	7			0,5655	8
BNI	1,0000	1	1,0643	2	1,1928	2
FNB	0,2100	16			0,3062	15
FCB	0,3041	12			0,4399	12
MOZA	0,4912	4			0,6661	5
UNICO	0,3305	10			0,4861	11
MAIS	0,4827	5			0,6316	7
BancABC	0,2853	13			0,4143	13
LETSEGO	1,0000	1	2,1752	1	2,4319	1
ECOBANK	0,2701	14			0,3761	14
UBA	0,2155	15			0,2694	16
SGM	0,3548	9			0,5354	9
SOCREMO	1,0000	1	1,0223	3	1,0669	3

Çizelge 5.12, SBM-I, SuperSBM-I ve Andersen ve Petersen Süper Etkinlik modellerinin sonuçlarını vermektedir. Üç modeldeki bankaların her birinin sıralaması da sunulmuştur. Burada ilk aşamada, etkin ve etkin olmayan bankaları ayırt etmek için SBM modeli uygulanmıştır. Çizelge 5.12’de sunulan sonuçlarda gösterildiği gibi, BNI, LETSHEGO ve SOCREMO olmak üzere üç banka tarafından SBM modeli aracılığıyla teknik etkinlik sağlanmıştır. Bu üç banka, SBM-etkin olarak adlandırılan bu model için bir maksimum etkinliğe, yani $\rho^* = 1$ ’e ulaşmıştır ve değişkenlerle ilişkili tüm aylıklar sıfırdır. SBM modelinden kaynaklanan etkin bankaları ayırt etmek ve sıralamak için ikinci aşama olarak Tone’un (2002) SuperSBM-I modeli uygulanmıştır. SuperSBM modelinin etkinlik değerleri de aynı tabloda sunulmaktadır.

Sonuçlara göre LETSHEGO bankası, 2020 yılında Mozambik’te ölçüğe göre sabit getiri altında çalışan süper verimli bankacılık olarak bulunmuştur. Banka 2011 yılında Mozambik’te faaliyete geçmiş, ancak 2016 yılında *Bank of Mozambique* (merkez bankası) mikro bankadan ticari bankaya dönüşüme izin vermiştir. En büyük hissedar (*Letshego holdings Limited*), Gaborone – Botswana merkezli bir pan-Afrika finansal hizmetler grubudur ve 1998 yılında kurulmuş, 2002 yılında Botswana borsasında işlem görmüştür ve şu anda piyasa değeri ile ikinci en büyük şirkettir. Bankanın odak noktası, özel sektör çalışanlarına kredi, özellikle okullara eğitim kredisi, bankacılık acentesinin lansmanı, daha düşük fon maliyetini garanti etmek için mevduat toplamaya vurgu yaparak çözümlerin çeşitlendirilmesidir. Mozambik’te bankacılık sektörü üzerine yapılan bazı araştırmalara göre, banka etkinlik açısından zaten en iyi banka olarak kabul edilmiş ve 2017 yılında orta düzeyde vergi mükellefleri kategorisinde vergi katkısında en iyi 2. şirket olarak ödüllendirilmiştir. BNI ve SOCREMO bankaları, süper etkin bankalar olarak sırasıyla 2. ve 3. sırayı almışlardır. BNI bankası, Tarım, Enerji, Altyapı, Sanayi ve Ticaret sektörlerinde ekonomik ve sosyal etkisi olan sürdürülebilir projelerin finansmanını tavsiye ederek ve teşvik ederek Mozambik Hükümeti’nin kalkınma politikasının uygulanması için bir araç görevi görür. SOCREMO (mikro banka), 1998’den beri Mozambik’te kurulmuş, mikrofinans konusunda uzmanlaşmış bir mikro bankadır. Misyonu, mikro, küçük ve orta ölçekli şirketlere yenilikçi sürdürülebilir finansal çözümler (mikro krediler, mevduat yakalama, mikro sigorta, para transferleri) sunmaktır. Nakit yönetimi ve likiditeden kaynaklanan zincirler, hane halkı ve sınırlı yatırım faaliyetlerdir.

Mozambik bankalarının 2020 yılındaki etkinlik değerleri, Çizelge 5.12’de sunulan Andersen ve Petersen (1993) tarafından önerilen süper etkinlik radyal modeli kullanılarak hesaplanmıştır. Andersen ve Petersen radyal süper etkinlik modeli tarafından rapor edilen etkinlik değerleri, SuperSBM modelinden elde edilenlerle karşılaştırılmıştır. SuperSBM modelinin etkinlik değerleri, Andersen ve Petersen’in süper radyal modelinkine eşit veya daha azdır. Bu, iki süper etkinlik modelinin etkin bir şekilde uygulanmasını sağlar. Süper radyal modelden elde edilen etkinlik değerleri SuperSBM modelinden elde edilen etkinlik puanlarına eşit veya daha büyük olduğundan 2020 yılında etkin ve etkin olmayan bankaların etkinlik durumları iki model için aynıdır. Radyal olmayan SBM modelinin etkinlik ölçümü, referans kümesinin değerleriyle belirlendiği için, model etkinlik ölçümlerindeki yanlılıkları ortadan kaldırmaktadır (Tone, 2001). Dolayısıyla SuperSBM modelinden elde edilen etkin ve etkin olmayan bankaların etkinlik değerleri, süper radyal modelden elde edilenden daha kararlıdır.

5.4. Etkinlik Değerlendirme Modelinin Geçerliliği

Bu kısımda modelin geçerliliği, model belirtimi ve örnekleme aykırı değerlerin varlığı açısından doğrulanır. İlk olarak, model spesifikasyonunun geçerliliğini doğrulamak, yani girdilerdeki bir artışın bir azalma yerine çıktılarda bir artışa yol açıp açmadığını doğrulamak için izotonisite testi başlatılır (bkz. Jiang ve He, 2016; Avkiran, 2006; Adusei, 2016; Hwang, Park ve Kim, 2018). Çizelge 5.13’te, girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki Pearson korelasyonu verilmiştir. Söz konusu tablodan, çalışma için seçilen tüm değişkenler arasındaki korelasyonların pozitif ve %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülebilmekte, bu da önceki bölümlerde sunulan modellerin özelliklerinin geçerli olduğunu düşündürmektedir.

Çizelge 5.13. İzotoniklik (Isotonicity) testi

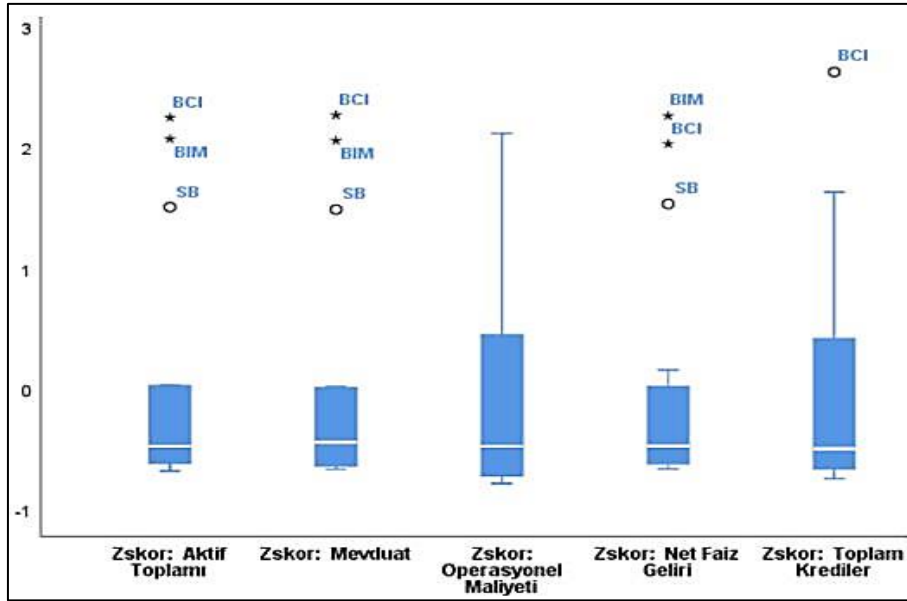
Yıllar	Değişkenler	Aktif Toplamı	Mevduat	Operasyonel Maliyeti	Net Faiz Geliri	Toplam Krediler
2015	Aktif Toplamı	1,0000				
	Mevduat	0,998**	1,0000			
	Operasyonel Maliyeti	0,959**	0,959**	1,0000		
	Net Faiz Geliri	0,957**	0,960**	0,890**	1,0000	
	Toplam Krediler	0,995**	0,995**	0,957**	0,960**	1,0000
	Aktif Toplamı	1,0000				
	Mevduat	0,998**	1,0000			

Çizelge 5.13. (devam) İzotoniklik (Isotonicity) testi

Yıllar	Değişkenler	Aktif Toplamı	Mevduat	Operasyonel Maliyeti	Net Faiz Geliri	Toplam Krediler
2016	Operasyonel Maliyeti	0,969**	0,971**	1,0000		
	Net Faiz Geliri	0,889**	0,900**	0,872**	1,0000	
	Toplam Krediler	0,986**	0,981**	0,936**	0,866**	1,0000
	Aktif Toplamı	1,0000				
	Mevduat	0,999**	1,0000			
2017	Operasyonel Maliyeti	0,967**	0,967**	1,0000		
	Net Faiz Geliri	0,940**	0,945**	0,960**	1,0000	
	Toplam Krediler	0,977**	0,973**	0,920**	0,878**	1,0000
	Aktif Toplamı	1,0000				
	Mevduat	0,999**	1,0000			
2018	Operasyonel Maliyeti	0,977**	0,975**	1,0000	1,0000	
	Net Faiz Geliri	0,981**	0,980**	0,967**	1,0000	
	Toplam Krediler	0,978**	0,976**	0,943**	0,924**	1,0000
	Aktif Toplamı	1,0000				
	Mevduat	0,999**	1,0000			
2019	Operasyonel Maliyeti	0,979**	0,980**	1,0000		
	Net Faiz Geliri	0,989**	0,985**	0,963**	1,0000	
	Toplam Krediler	0,952**	0,951**	0,936**	0,911**	1,0000
	Aktif Toplamı	1,0000				
	Mevduat	0,999**	1,0000			
2020	Operasyonel Maliyeti	0,975**	0,974**	1,0000		
	Net Faiz Geliri	0,992**	0,989**	0,968**	1,0000	
	Toplam Krediler	0,969**	0,966**	0,965**	0,954**	1,0000

** . Korelasyon 0,01 düzeyinde anlamlıdır. (2-tarafli).

Daha sonra kutu grafiği metodolojisi fikri ile aykırı değer tespiti yapılmıştır. Chandola, Banerjee ve Kumar'a (2009) göre bu metodoloji basit ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu metodolojiye göre çeyrek değerler hesaplanır ve kutu grafiği oluşturulur. Kutu grafiğinden, değişkenin dağılımının bir aykırı değere sahip olup olmadığını hızlı bir şekilde görmek kolaydır. Örneğin, Şekil 5.6, 2020 yılı için değişkenlerin kutu grafiğini göstermektedir. Aşağıdaki, çalışmada kullanılan değişken operasyonel maliyeti dışındaki tüm değişkenlerin z-skorunun aykırı değerlere sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 5.6. Yıllı değişkenler kutu grafiği

Yukarıdaki şekilden (Şekil 5.6), Mozambik finans sektöründeki üç ana bankanın, yani BCI, BIM ve SB'nin aktif toplamı, mevduat, net faiz geliri ve toplam kredi değerlerinin diğer bankalara göre daha yüksek olduğu görülebilir. Bu gerçek, bu üç bankanın Mozambik finans endüstrisinde çok önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Dolayısıyla aykırı değer tespit yöntemi, örneklemedeki üç büyük bankanın performanslarının diğer bankalara göre daha üstün olduğunu göstermektedir. Ancak, performanslarının diğer bankalardan çok daha iyi olduğu göz önüne alındığında üç büyük banka hariç tutulursa ve üç büyük bankanın ekonomik kalkınmadaki önemi göz ardı edilirse, diğer bankalara dayalı etkinlik değerlendirmesi borsadaki bankaları temsil etmeyebilir. Bu nedenle, örnekleme üç büyük bankayı dahil etmek gerekir ve listede yer alan on altı bankanın etkinlik değerlendirmesi çok anlamlı ve ilginçtir. Bu bankalar Mozambik finans sektöründeki en büyük bankalar olarak görülse de, SuperSBM modeli aracılığıyla VZA metodolojisi bu bankaların hiçbirinin süper etkin olmadığını göstermiştir. Dikkat çeken şey, bu bankaların daha iyi işleyiş, yani giderek daha etkin bir şekilde girdi ve çıktı bileşimini iyileştirmeleri gerektiğidir. Genel olarak, Mozambik bankacılık sektörü, incelenen dönemde düşük bir performans veya verimlilik sergilenmiştir. Benzer bir durum, Mozambik bankacılık sektörünün verimlilik ve etkinliğini değerlendirmek için Malmquist verimlilik endeksini uygulayan Lemequezani (2020) tarafından yapılan çalışmada da bulunmuştur.



6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Organizasyonların etkinliğinin değerlendirilmesi hem bankacılık sektöründe hem de diğer sektörlerde büyük önem taşımaktadır, çünkü etkinliğin değerlendirilmesi yoluyla mükemmellik seviyelerine ulaşabilen organizasyonlar rakip şirketler için bir referans teşkil edebilirler. Kuruluşların performans değerlendirme yöntemleri arayışı yıllar içinde değişti. Bu tür değişiklikler, pazarın sürekli değişmesinden kaynaklanmaktadır ve bu nedenle performans değerlendirme yöntemlerinin yeni tekniklerle değiştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur.

VZA gibi parametrik olmayan tekniklerin benimsenmesiyle organizasyonlar, daha titiz değerlendirme yöntemleri kullanmaya başladıkları ve dolayısıyla etkinlik düzeylerini artırıp daha etkin, daha rekabetçi hâle geldikçe, pazar taleplerine uyum sağlama yeteneklerini güçlendirmektedir.

Bu çalışma, Mozambik bankacılık sektörünün etkinliğini değerlendirmek için veri zarflama analizini uygulamayı amaçlamıştır. Öte yandan çalışma, Mozambik'teki bankaların etkinliğini değerlendirmek için bu tekniğin uygulanmasında önemli bir boşluğu doldurmaya çalışmaktadır. Bir fikir edinmek için, başvuru literatürden Malmquist Verimlilik Endeksinin Mozambik bankacılık endüstrisindeki uygulamasını gösteren bir çalışma bulunmuştur (Lemequeane, 2020). Bu nedenle, mevcut çalışma Malmquist Endeksinin Mozambik bankacılık endüstrisinde uygulayan ikinci çalışmadır.

Bu araştırma Mozambik bankacılık sektörünün etkinliğini değerlendirmek için VZA tekniklerinin kombinasyonunu uygulayan ilk çalışmadır, yani: temel VZA modelleri (CCR ve BCC modelleri), Pencere Analizi, Malmquist Endeksi, Aylak Tabanlı Ölçümü (*Slacks Based Measure-SBM*) ve Süper Etkinlik modelleri bu çalışmada bir arada kullanılmıştır.

VZA metodolojisinin ve bazı modellerinin işlevselliğinin daha iyi anlaşılması için 2015-2020 döneminde Mozambik'te faaliyet gösteren 16 ticari bankaya modellerin uygulaması yapılmıştır. Bu şekilde etkinliklerini değerlendirmek mümkün olmuştur. Bu çalışmada, ilk aşamada, bankaların etkinliğini değerlendirmek için girdiye yönelik CCR ve BCC modelleri kullanılmıştır.

Girdiye yönelik CCR modelinin uygulanması ile analiz edilen dönemin tüm yıllarında maksimum etkinlik değerine ($\theta^* = \%100$) ulaşan iki banka LETSHEGO ve SOCREMO bulunmuştur. UBA ve BNI bankaları sırasıyla 2018 ve 2020 yıllarında maksimum etkinlik değerine ulaşmıştır. UBA ve BNI bankaları sırasıyla 2018 ve 2020 yıllarında maksimum verimlilik değerine ulaşmıştır. Genel olarak, girdiye yönelik CCR modeli ile Mozambik bankacılık sektörünün etkinlik ortalaması %65 olmuştur.

Girdiye yönelik BCC modeli de uygulanmıştır. Bu model ile analiz edilen dönemin tüm yıllarında etkin banka sayısı beşe yükselmiştir. Bu grup, piyasadaki en büyük iki bankayı, yani BIM ve BCI'yi içermektedir. Standard Bank (SB) 2015, 2017 ve 2018 yıllarında maksimum etkinlik değerine ulaşmayı başarmıştır. ABSA bankası 2016, 2017 ve 2018 yıllarında etkin olduğu görülmektedir. UBA bankası 2015-2019 yılları arasında etkin olmuştur. 2016-2020 yılları arasında BNI ve MOZA bankaları etkin buldukları görülmektedir. Genel olarak, Mozambik bankacılık sektörünün girdi odaklı BCC modeliyle elde edilen etkinlik ortalaması %85 olmuştur.

Bu araştırmada, girdiye yönelik BCC modeli kullanılarak 2020 yılında etkin olmayan bankalar için bir referans grubu elde edilmiş ve bu referans grubuna göre hedef değerler hesaplanmıştır. Etkin olmayan bankaların etkin olabilmesi için değişkenlerinin değerleri açısından etkin bankalara benzemeleri gerekir. Örneğin Standard bank (SB) 2020 yılında etkin olmamıştır. Standard bank'nın etkinlik elde etmesi için BIM, BCI ve LETSHEGO baz alınarak hedef değerler hesaplanmıştır.

Araştırmada, Pencere Analizi ve Malmquist Endeksi olmak üzere iki VZA yöntemi kullanılarak bankaların etkinliğinin dinamik bir analizi yapılmıştır. VZA Pencere Analizi (girdiye yönelik BCC modeli) kullanılarak elde edilen sonuçların analizi, Mozambik bankalarının hem pencerelerden hem de yıllara göre etkinlik ortalamasında bir düşüş eğilimi göstermektedir. 2015-2017 döneminde kaydedilen pencere başına en düşük saf teknik etkinlik ortalaması %79 iken, pencere başına en yüksek etkinlik ortalaması %81 ile 2017-2019 döneminde elde edilmiştir ve çoğu banka için %91'in altındadır. Yıl bazında saf teknik etkinlik ortalaması da düşüş eğilimi göstermektedir. Örneğin, 2020 yılı Mozambik bankacılık sektöründe %75 ile en düşük etkinlik ortalaması görülmüştür. Düşük performansa rağmen BIM, LETSHEGO, SOCREMO ve BCI gibi bazı bankaların iyi bir performans gösterdiği söylenebilmektedir.

Belirtildiği gibi, Malmquist Endeksi (çıkıya yönelik CCR modeli) de uygulanmıştır. Bu VZA tekniği, Pencere Analizi ile görselleştirilemeyen teknik etkinlik, teknolojik etkinlik ve toplam faktör verimliliğindeki değişimlerin analiz edilmesini sağlamaktadır. Elde edilen sonuçlardan Mozambik bankacılık sektörünün teknik etkinliğinin durağan kaldığı gözlemlenmiştir. Teknolojik etkinlik, analiz edilen dönemde negatif bir değişim göstermiştir. Genel olarak, elde edilen Malmquist toplam faktör verimliliği endeksi %91 olup, Mozambik bankacılık sektörünün analiz edilen dönem boyunca negatif bir performans gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Ardından, piyasadaki en etkin (süper etkin) bankayı ortaya çıkarmak için SuperSBM-I modeli aracılığıyla Mozambik bankacılık sektörünün süper etkinliğine ilişkin bir analiz yapılmıştır. Bu amaçla 2020 yılına ait veriler kullanılmıştır. SuperSBM-I modelinin uygulanması bankaların etkin olduğunu varsaydığından radyal olmayan SBM-I modeli kullanılmıştır. SBM-I modeli, CCR ve BCC radyal modellerinin sınırlamalarından biri olan girdi ve çıktı aylaklarını doğrudan aynı anda ele aldığı için etkin ve etkin olmayan birimleri ayırt etme açısından en iyilerden biri olarak kabul edilmektedir. SBM-I modeli, BNI, LETSHEGO ve SOCREMO olmak üzere üç etkin bankayı maksimum etkinlik değerine ($\rho^* = 1,000$) ulaştıklarında tespit edebilmiştir. Sonuçlara göre $\delta^* = 2,1752$ değerindeki LETSHEGO bankası, 2020 yılında Mozambik'te ölçeğe göre sabit getiri altında faaliyet gösteren süper etkin bankacılık kuruluşu olarak bulunmuştur. Öte yandan $\delta^* = 1,0643$ değerine sahip BNI bankası, süper etkinlik sıralamasında ikinci sırayı almıştır. Son olarak, $\delta^* = 1,0223$ değerine sahip SOCREMO bankası üçüncü en iyi süper etkin banka olarak belirlenmiştir. Andersen ve Petersen (1993) tarafından önerilen radyal süper etkinliğin modeli benzer sonuçlara işaret edilmiştir. Bu sonuçlar, bu üç bankanın istenen sonuçları elde etmek için girdilerini en iyi şekilde birleştirmeyi başardıklarını belirtmek için yeterli kanıt sunmaktadır.

VZA yönteminde elde edilen etkinlik değerleri, incelenen bankaların görece etkinlik değerleri olduğu için, her bankanın yöneticileri, kendi etkinliklerini diğer bankaların faaliyetleri ile karşılaştırmak için bir kıyaslama aracı olarak kullanabilirler. Doğal olarak, etkinlik analizinin sonuçları, çalışmadaki değişken sayısı ve birim sayısından etkilenir. Bu tezde elde edilen sonuçların karşılaştırılabilmesi için, mümkünse daha fazla sayıda banka ile yeni değişkenler ve diğer VZA modellerinin kullanıldığı birkaç çalışma daha yapılmalıdır.



KAYNAKLAR

- Abbott, M., Doucouliagos, C. (2003). The efficiency of Australian universities: a data envelopment analysis. *Economics of Education Review*, 22 (1), 89-97.
- Adusei, M. (2016). Modelling the efficiency of universal banks in Ghana. *Quantitative Finance Letters*, 4 (1), 60–70.
- Al-Refaie, A., Najdawi, R., Sy, E. (2015). Using DEA Window Analysis to Measure the Efficiencies of Blowing Machines in Plastics Industry. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 10 (1), 27-38.
- Aly, H.Y., Grabowski, R., Pasurka, C., Rangan, N. (1990). Technical, Scale, and Allocative Efficiencies in U.S. banking: *An Empirical Investigation*. *The Review of Economics and Statistics*, 72 (2), 211-218.
- Andersen, P., Petersen, N.C. (1993). A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 39 (10), 1261-1264.
- Apan, M., Alp, İ., Öztel, A. (2019). Determination of the Efficiencies of Textile Firms Listed in Borsa İstanbul by Using DEA-Window Analysis. *Sosyoekonomi*, 27(42), 107-128.
- Asimild, M., Parad, J., Agarwal, V., Schaffnit, C. (2004). Combining DEA Window Analysis with the Malmquist Index Approach in a Study of the Canadian Banking Industry. *Journal of Productivity Analysis*, 21 (1), 67–89.
- Avkiran, N.K. (2006). *Productivity Analysis in the Service Sector with Data Envelopment Analysis* (Third edition). Australia, QLD 4072, 423.
- Aydemir, Z. C. (2002). *Bölgesel Rekabet Edebilirlik Kapsamında İllerin Kaynak Kullanım Görece Verimlilikleri: Veri Zarflama Analizi Uygulaması*. Uzmanlık Tezi, Devlet Planlama Teşkilatı.
- Baidya, M. K., Mitra, D. (2012). An analysis of the technical efficiency of Indian public sector banks through DEA approach. *International Journal of Business Performance Management*, 13 (3), 341-365.
- Bozdağ, N., Altan, Ş., Altan, M. (2001). *Toplam Etkinlik Ölçümü: Türkiye'deki özel ve kamu bankaları için bir uygulama*. V. Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu, 20-22.
- Budak, H. (2011). Veri Zarflama Analizi ve Türk Bankacılık Sektöründe Uygulaması. *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 23(3), 95-110.
- Bülbül, S. ve Akhisar, İ. (2005). *Türk Sigorta Şirketlerinin Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi ile Araştırılması*. VII. Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu, 1-12.
- Caves, D. C., Christensen, L. R., Dievert, W. E. (1982). The economic theory of index number and the measurement of input, output, and productivity. *Econometrica*, 50 (6), 1393-1414.

- Çelik, E. (2018). *Türkiye Bankacılık Sektöründe Etkinlik*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı Uygulamalı Yöneylem Araştırması Bilim dalı, Ankara.
- Chandola, V., Banerjee, A., Kumar, V. (2009). Anomaly detection. *ACM Computing Surveys*, 41 (3), 15.
- Chandrasekar, S, R., Ramasundaram, P. (2017). *Data Analysis Tools and Approaches (DATA) in Agricultural Sciences*. India: ICAR-Indian Institute of Wheat and Barley Research, 1-126.
- Charnes A, Cooper WW, Golany B, Seiford L. y Stutz, J. (1985). Foundations of data envelopment analysis for Pareto-Koopmans efficient empirical production functions. *Journal of Econometrics*, 30 (1), 91–107.
- Charnes A., Cooper, W.W., Lewin, A.Y., Seiford, L.M. (1994). *Data envelopment analysis: theory, methodology and application*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 23-101.
- Chen, K., Yang, H. (2011). A cross-country comparison of productivity growth using the generalised metafrontier Malmquist productivity index: with application to banking industries in Taiwan and China. *Journal of Productivity Analysis*, 35 (3), 197–212.
- Coelho, P. S., Vilares, M. J. (2010). Measuring the return of quality investments. *Total Quality Management and Business Excellence*, 21(1), 21-42.
- Coelli, T.J., Rao, D.S. P., O'Donnell, C.J., Battese, G. E. (1998). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Boston, Dordrecht, London: Kluwer Academic Publisher, 41-310.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., Zhu, J. (2011). *Handbook on Data Envelopment Analysis*. New York: Springer Science + Business Media, 1-211.
- Cooper, W., Seiford, L., Tone, K. (2000). *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text With Models, References, and DEA-Solver Software*. Boston: Kluwer Academic, 1-310.
- Cooper, W.W., Seiford, L. M., Zhu, L. (2004). *Handbook on Data Envelopment Analysis*. New York: Kluwer Academic Publishers, 1-209.
- Daraio, C., Simar, L. (2007). *Advanced Robust and Nonparametric Methods in Efficiency Analysis: methodology and applications*. New York: Springer Science & Business Media, 4-39.
- Delikdaş, E. (2002). Türkiye Özel Sektör İmalat Sanayinde Etkinlik ve Toplam Faktör Verimliliği Analizi. *ODTÜ Geliştirme Dergisi*, 29,(3-4), 247-284.
- Dimitrios A., Helen L., Mike, T. (2016). Determinants of non-performing loans: Evidence from Euroarea countries. *Finance Research Letters*, 18, 116-119
- Doğan, M. (1984). *İşletme Ekonomisi ve Yönetimi*. İzmir: İstiklal Matbaası, 291.

- Erpolat, S. (2011). *Veri Zarflama Analizi Ağırlık Kısıtlamasız Ağırlık Kısıtlamalı Şans Kısıtlı Bulanık Türkiye'deki Özel Bütçeli Diğer İdarelerin Etkinlik Analizi* (Birinci Baskı): İstanbul: Evrim Yayınevi, 2-15.
- Ertay, T., Ruan, D. (2005). Decision Aiding Data Envelopment Analysis Based Decision Model for Optimal Operator Allocation in CMS. *European Journal of Operational Research*, 164 (3), 800-810.
- Esenbel, M., Erkin, M. O., Erdoğan, F. K. (2006). *Veri Zarflama Analizi ile Dokuma, Giyim Eşyası ve Deri Sektöründe Faaliyet Gösteren Firmaların Etkinliğinin Karşılaştırılması*. Ankara: Gazi Üniversitesi Yayını, 6-19.
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M., Zhang, A. (1994). Productivity growth, technical progress, and efficiency changes in industrial country. *American Economic Review*, 84 (1), 66–83.
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productivity efficiency. *Journal of Royal Statistical Society*, 120, 253-290.
- Fernandes, F. D. S., Stasinakis, C., Bardarova, V. (2018). Two-stage DEA-Truncated Regression: Application in Banking Efficiency and Financial Development. *Expert Systems with Applications*, 96, 284-301.
- Førsund, F. R., Sarafoglou, N. (2002). On the origins of Data Envelopment Analysis. *Journal of Productivity Analysis*, 17 (1-2), 23-40.
- Førsund, F. R., Sarafoglou, N. (2005). The tale of two research communities: The diffusion of research on productive efficiency. *International Journal of Production Economics*, 98 (1), 17-40.
- Gizaw, M. (2019). *Technical and Scale Efficiency of Private Commercial Banks in Ethiopia: Using Data Envelopment Analysis (DEA)*. Master's thesis, Addis Ababa University, Ethiopia.
- Güneş, H., Yıldırım, D. (2016). Estimating Cost Efficiency of Turkish Commercial Banks under Unobserved Heterogeneity with Stochastic Frontier Models. *Central Bank Review, Research and Monetary Policy Department, Central Bank of the Republic of Turkey*, 16 (4), 127-136.
- Güran, M.C., Cingi, S. (2002). Devletin Ekonomik Müdahalelerinin Etkinliği. *Akdeniz İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 2 (3), 56-89.
- Halkos, G.E., Tzeremes, N.G. (2009). Exploring the existence of Kuznets curve in countries' environmental efficiency using DEA window analysis. *Ecological Economics*, 68 (7), 2168–2176.
- Herrero, I., Pascoe, S. (2004). Analysing the effect of technical change on individual outputs using modified quasi-Malmquist indexes. *Journal of the Operational Research Society*, 55 (10), 1081-1089.
- Hwang, Y. G., Park, S., Kim, D. (2018). Efficiency Analysis of Official Development Assistance Provided by Korea. *Sustainability*, 10 (8), 1-13.

- İnan, E.A. (2000). Banka Etkinliğinin Ölçülmesi ve Düşük Enflasyon Sürecinde Bankacılıkta Etkinlik. *Bankacılar Dergisi*, 34, 85–86.
- İnternet: Adhikhari, M. (2017). The impact of the merger law wave era (2012–2015) in the performance of commercial banks in Nepal. Web: <https://run.unl.pt/handle/10362/24453>. Erişim tarihi: 16.11. 2021.
- İnternet: Boitumelo, M., Valadkhani, A., Harvie, C. (2008). Identifying productivity change in Botswana's financial institutions: an application of Malmquist productivity indices. *School of Economics, University of Wollongong, Economics Working Paper Series*. Web: <https://ro.uow.edu.au/commwkpapers/198>. Erişim tarihi: 16.11. 2021.
- İnternet: Carvalho, P. L.C., Reis, R. P., Lima, A. L. R., Borges, R. C . (2016). Data envelopment analysis in the Banking Sector most frequently used input and output variables. Web: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n03/17380317.html>. Erişim tarihi: 18.11.2021.
- İnternet: Kablan, S. (2010). Banking Efficiency and Financial Development in Sub-Saharan Africa. *International Monetary Fund Working Paper* 10/136. Web: <https://doi.org/10.5089/9781455201198.001>. Erişim tarihi: 13.11.2021.
- İnternet: Wanke, P., Barros, C. P., Emrouznejad, A. (2016). Assessing productive efficiency of banks using integrated Fuzzy-DEA and bootstrapping: A case of Mozambican banks. Web: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.10.018>. Erişim tarihi: 17.11. 2021.
- İnternet: Wanke, P., Maredza, A., Gupta, R. (2017). Merger and acquisitions in South African banking: a network DEA model. Web: <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2017.04.055>. Erişim tarihi: 14.11. 2021.
- Jiang, H., He, Y. (2018). Applying Data Envelopment Analysis in Measuring the Efficiency of Chinese Listed Banks in the Context of Macroprudential Framework. *Mathematics*, 6, 184.
- Jenkins, L., Anderson, M. (2003). A Multivariate Statistical Approach to Reducing the Number of Variables in Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*, 147, 51-61.
- Jia, T., Yuan, H. (2017). The application of DEA (Data Envelopment Analysis) window analysis in the assessment of influence on operational efficiencies after the establishment of branched hospitals. *BMC Health Services Research*, 17 (265), 1-8.
- Jose, P., Francisco, P., Javier, Q. (1997). Efficiency analysis in banking firms: An international comparison. *European Journal of Operational Research*, 98, 395-407.
- Kamau, A. W. (2011). Intermediation efficiency and productivity of the banking sector in Kenya. *Interdisciplinary Journal of Research in Business*, 1 (9), 12-26.
- Karaca, K. (2003). *Türkiye’de Kamu İktisadi Teşebbüslerinin Etkinlik Ölçümü Üzerine Bir Uygulama*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Ankara.

- Karataş S. (2014). *Bir Devlet Bankasının Şubelerinin Performanslarının Veri Zarflama Analizi İle İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik Anabilim Dalı, Ankara.
- Karimzadeh, M. (2012). Efficiency Analysis by using Data Envelop Analysis Model: Evidence from Indian Banks. *International Journal of Latest Trends in Finance and Economic Sciences*, 2 (3), 228-237.
- Kıran, B. (2008). *Kalkınmada Öncelikli İllerin Ekonomik Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi Yöntemi İle Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Adana.
- Kizito, E.U. (2012). The Place of Financial Markets in the Development Process: Evidence from Nigeria. *Journal of Economics and Behavioral Studies*, 4 (11), 649-659.
- Kök, R., Şimşek, N. (2006). *Endüstri-içi Dış Ticaret, Patentler ve Uluslar arası Teknolojik Yayılma*. UEK-TEK, Uluslar arası Ekonomi Konferansı, Türkiye Ekonomi Kurumu, Ankara.
- Küçük, A. (2007). *Portföy Oluşturma ve Portföye Dahil Edilecek Hisse Senetlerinin Seçiminde Veri Zarflama Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Finansman Bilim Dalı, İstanbul.
- Kumar, N., Singh, A. (2014). Efficiency Analysis of Banks using DEA: A Review. *International Journal of Advance Research and Innovation*, 1, 120-126.
- Küpeli, M., Bodur, S., Alp, İ. (2019). Renewable Energy Performance of OECD countries: a Window Analysis Application. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 37 (1), 305-318.
- Kurşun, S. (2016). *Veri Zarflama Analizi İle Performans Değerlendirme: Katılım Bankacılığı Sektöründe Bir Uygulama*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Lemequezani, G. H. (2020). *Assessing Productivity and Efficiency in the Mozambican Banking Sector*. Master's Thesis, NOVA Information Management School. Universidade Nova de Lisboa. Lisbon.
- Liu, J. S., Lu, L. Y. Y., Lu, W. M., Lin, B. J. Y. (2013). Data envelopment analysis 1978-2010: a citation-based literature survey. *Omega*, 41 (1), 3-15.
- Lorcu, F. (2010). Malmquist toplam faktör verimlilik endeksi: Türk otomotiv sanayi uygulaması. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 39 (2), 276-289.
- Malmquist, S. (1953). Index numbers and indifference surfaces. *Trabajos de Estadística y de Investigación Operativa*, 4 (2), 209-242.
- Mousa, G. A. (2015). Financial Ratios versus Data Envelopment Analysis: The Efficiency Assessment of Banking Sector in Bahrain Bourse. *International Journal of Business and Statistical Analysis*, 2 (2), 2384-4663.

- Ncube, M. (2009). *Efficiency of banking sector in South Africa*. African Economic conference. United Nations Conference Centre, Addis Ababa-Ethiopia, 11-13.
- Nguyen, V. H. (2007). *Measuring Efficiency of Vietnamese Commercial Banks: An Application of Data Envelopment Analysis (DEA)*, in Khac Minh Nguyen and Thanh Long Giang (ed.). *Technical Efficiency and Productivity Growth in Vietnam*. Publishing House of Social Labor, Tokyo.
- Oruç, K.O. (2008). *Veri Zarflama Analizi ile Bulanık Ortamda Etkinlik Ölçümleri ve Üniversitelerde Bir Uygulama*. Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmış Doktora Tezi, Isparta.
- Palecková, I. (2017). Application of Window Malmquist index for examination of efficiency change of Czech commercial banks. *DANUBE: Law, Economics and Social Issues Review, De Gruyter, Warsaw*, 8, (3), 173-190.
- Pastor, J., Perez, F., Quesada, J. (1997). Efficiency analysis in banking firms: An international comparison. *European Journal of Operational Research*, 98 (2), 395-407.
- Raphael, G. (2012). Commercial banks efficiency in Tanzania: A non-parametric approach. *European Journal of Business and Management*, 4 (21), 2222-2839.
- Řepková, I. (2012). *Measuring the efficiency in the Czech banking industry: Data Envelopment Analysis and Malmquist index*. In: Proceedings of 30th International Conference Mathematical Methods in Economics. Silesian University, School of Business Administration, Karviná.
- Rezitis, A.N. (2006). Productivity Growth in the Grek Banking Industry: A Nonparametric Approach. *Journal of Applied Economics*, 9 (1), 119–138.
- Seelanatha, S. L. (2007). *Efficiency, Productivity Change and Market Structure of the Banking Industry in Sri Lanka*. PhD Final Thesis, University of Southern Queensland, School of Accounting, Economics and Finance Faculty of Business, Australia.
- Sexton, T.R., Silkman, R.H., Hogan, A. J. (1986). *Data Envelopment Analysis: Critique and Extensions*. In: Silkman, R. H., Ed., *Measuring Efficiency: An Assessment of Data Envelopment Analysis*. Jossey-Bass, San Francisco, CA, 73-105.
- Sezen, B., Doğan, E. (2005). Askeri Bir Tersaneyeye Bağlı Atölyelerin Karşılaştırmalı Verimlilik Değerlendirmesi: Bir Veri Zarflama Yöntemi Uygulaması. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 2, (2), 77-87.
- Sherman, G., Gold, F. (1985). Bank branch operating efficiency: evaluation with data envelopment analysis. *Journal of Banking & Finance*, 9 (2), 297-315.
- Sherman, H. D., Zhu, J. (2006). *Service Productivity Management: Improving Service Performance Using Data Envelopment Analysis (DEA)*. Boston: Springer Science & Business Media, 49-173.

- Stavárek, D., Řepková, I. (2012). Efficiency in the Czech banking industry: A non-parametric approach. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendeleianae Brunensis*, 60 (2), 357-366.
- Tetik, S. (2003). İşletme Performansını Belirlemede Veri Zarflama Analizi. *C.B.Ü İİBF, Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 10 (2), 221-230.
- Thanassoulis, E. (2001). *Introduction to the theory and application of data envelopment analysis: A Foundation Text with Integrated Software*. USA: Kluwer Academic Publishers, 37-191.
- Thompson, R., F. Singleton, R. Thrall and B. Smith. (1986). Comparative Site Evaluations for Locating a High-Energy Physics Lab in Texas. *Interfaces*, 16 (6), 35-49.
- Tone, K. (2001). A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. *European Journal of Operations Research*, 130 (3), 498-509.
- Tone, K. (2002). A slacks-based Measure of Super-Efficiency in Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*, 143, 32-41.
- Tsumake, G. K. (2016). *What are the determinants of non-performing loans in Botswana. Master's thesis*, University of Cape Town.
- Tüzüner, Z., Alp, İ. (2018). Comparison of solid waste management performances of Turkey and EU countries associated with Malmquist Index. *Politeknik Dergisi*, 21(1), 75-81.
- Wang, Z.H., Zeng, H.L., Wei, Y.M., Zhang, Y. X. (2012). Regional total factor energy efficiency: An empirical analysis of industrial sector China. *Applied Energy*, 97 (1), 115-123.
- Worthington, A. C. (1999). Malmquist Indices of Productivity Change in Australian Financial Services. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 9 (3), 303-320.
- Yadav, R. (2015). Technical efficiency, pure technical efficiency and scale efficiency of Russian commercial banks: an empirical analysis (2007-2014). *International Journal of Economic Research*, 6 (6), 52-59.
- Yang, H. H., Chang, C.Y. (2009). Using DEA window analysis to measure efficiencies of Taiwan's integrated telecommunication firms. *Telecommun Policy*, 33, 98-108.
- Yannick, G. S., Hongzhong, Z. , Thierry, B. (2016). *12th International Strategic Management Conference, ISMC 2016*, 28-30 October 2016, Antalya, Turkey Wuhan University of Technology, Wuhan, China.
- Yeşilyurt, C., Alan, M.A. (2003). Fen Liselerinin 2002 Yılı Göreceli Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi (VZA) ile Ölçülmesi. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4, (2), 91-104.
- Yılmaz, M. (2013). *Bankacılık Sektörü ve E-Ticaret: Şekerbank Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü İşletme Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara.

Yürüşen, S. (2011). *Veri Zarflama Analizi ile Bayi Performansının Hesaplanması: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı.

Zimková, E. (2014). Technical Efficiency and Super-Efficiency of the Banking Sector in Slovakia. *Procedia Economics and Finance*, 12, 780-787.





EKLER

EK-1. (devam) R, EMS ve DEAP yazılımına dayalı olarak elde edilen sonuçların gösterimi
SBM ve SuperSBM sonuçlarını elde etmek için R yazılımında kullanılan komutlar

	DMU	Score	Aktif {1}{V}	Mevd	Oper	Net_F	Topla	Benchmarks	{S} Aktif {1}	{S} Mevd
1	BIM15	98.23%	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	12 (0.18) 17 (0.82)	00.98	79.44
2	BCI15	90.54%	0.00	0.75	0.25	0.00	1.00	3 (0.28) 17 (0.69) 44 (0.03)	72.08	0.00
3	SB15	100.00%	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00		10	
4	ABSA15	63.57%	1.00	0.00	0.00	0.18	0.82	3 (0.02) 17 (0.07) 44 (0.92)	0.00	21.82
5	BNI15	58.71%	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	10 (0.34) 12 (0.66)	12.94	29.49
6	FNB15	67.18%	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	3 (0.07) 12 (0.93)	0.00	90.20
7	FCB15	83.01%	0.67	0.00	0.33	0.00	1.00	10 (0.53) 12 (0.07) 14 (0.41)	0.00	68.50
8	MOZA15	78.68%	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	3 (0.32) 12 (0.68)	0.00	19.02
9	UNICO15	68.78%	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	3 (0.11) 12 (0.89)	0.00	21.33
10	MAIS15	100.00%	0.00	0.00	1.00	0.53	0.47		10	
11	ABC15	63.82%	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	3 (0.05) 12 (0.95)	0.00	49.00
12	LETS15	100.00%	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00		31	
13	ECOB15	52.13%	0.35	0.65	0.00	1.00	0.00	12 (0.08) 14 (0.72) 32 (0.20)	0.00	0.00
14	UBA15	100.00%	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00		13	
15	SGM15	66.46%	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	10 (0.89) 12 (0.11)	33.58	89.62
16	SOCRE15	100.00%	0.34	0.00	0.66	1.00	0.00		4	
17	BIM16	100.00%	0.11	0.16	0.73	0.22	0.78		9	
18	BCI16	100.00%	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00		0	
19	SB16	71.07%	0.74	0.00	0.26	0.68	0.32	12 (0.30) 17 (0.12) 33 (0.21) 36 (0.37)	0.00	32.50
20	ABSA16	70.69%	0.53	0.00	0.47	0.88	0.12	12 (0.44) 33 (0.00) 35 (0.00) 36 (0.56)	0.00	38.12
21	BNI16	85.09%	0.98	0.02	0.00	0.85	0.15	12 (0.98) 14 (0.02)	0.00	0.00
22	FNB16	64.24%	1.00	0.00	0.00	0.38	0.62	17 (0.02) 36 (0.05) 44 (0.94)	0.00	12.07
23	FCB16	76.29%	0.65	0.00	0.35	0.34	0.66	10 (0.49) 12 (0.05) 14 (0.28) 16 (0.19)	0.00	41.43
24	MOZA16	91.28%	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	3 (0.31) 12 (0.69)	0.00	17.04
25	UNICO16	67.09%	0.98	0.00	0.02	0.15	0.85	3 (0.11) 12 (0.45) 17 (0.02) 44 (0.42)	0.00	12.68
26	MAIS16	68.00%	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	10 (0.10) 12 (0.00) 14 (0.70)	0.00	25.00

Input Output Data C:\Users\HP\Desktop\Tese\Veri_Narciso\Final_Data\Wind_Malm.xls

EK-1. (devam) R, EMS ve DEAP yazılımına dayalı olarak elde edilen sonuçların gösterimi
SBM ve SuperSBM sonuçlarını elde etmek için R yazılımında kullanılan komutlar

```

C:\Users\HP\DEAP\DEAP.EXE
A Data Envelopment Analysis (DEA) Program
by Tim Coelli
  Centre for Efficiency and Productivity Analysis
University of Queensland
Brisbane, QLD 4072
Australia.
Email: t.coelli@economics.uq.edu.au
Web: http://www.uq.edu.au/economics/cepa

Enter instruction file name:
EG6-out.txt          OUTPUT FILE NAME
16                   NUMBER OF FIRMS
6                    NUMBER OF TIME PERIODS
2                   NUMBER OF OUTPUTS
3                   NUMBER OF INPUTS
1                   0=INPUT AND 1=OUTPUT ORIENTATED
0                   0=CRS AND 1=VRS
2                   0=DEA(MULTI-STAGE), 1=COST-DEA, 2=MALMQUIST-DEA,
<
Ln 2, Col 40
File Edit Format View Help
MALMQUIST INDEX SUMMARY OF FIRM MEANS
  firm  effch  techch  pech  sech  tfpch
  1    1.019  0.921  1.000  1.019  0.939
  2    1.038  0.883  1.000  1.038  0.916
  3    0.941  0.975  0.986  0.954  0.917
  4    1.041  0.980  1.030  1.010  1.021
  5    1.154  0.702  1.103  1.046  0.811
  6    0.884  0.967  0.914  0.967  0.854
  7    0.951  0.996  0.941  1.011  0.948
  8    1.030  0.969  1.045  0.986  0.999
  9    0.975  0.919  0.974  1.001  0.896
 10    1.036  0.976  1.000  1.036  1.011
 11    0.942  0.969  0.934  1.008  0.912
 12    1.000  0.605  1.000  1.000  0.605
 13    1.031  0.975  1.058  0.975  1.005
 14    0.844  1.002  0.818  1.032  0.846
 15    1.104  0.971  1.102  1.002  1.073
 16    1.000  0.953  1.000  1.000  0.953
mean   0.997  0.915  0.992  1.005  0.912

```



GAZİ GELECEKTİR..