
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Gazi
1926

BÖLGESEL HAVAYOLU TAŞIMACILIĞI GELİŞMİŞLİK DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ

Serkan ŞAY

DOKTORA TEZİ

KAZALARIN ÇEVRESEL VE TEKNİK ARAŞTIRMASI ANABİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEMMUZ 2018

Serkan ŞAY tarafından hazırlanan "BÖLGESEL HAVAYOLU TAŞIMACILIĞI GELİŞMİŞLİK DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Kazaların Çevresel ve Teknik Araştırması Anabilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Kurtuluş BORAN

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum. ...……..

Başkan: Prof. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Karabük Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum. ……

Üye: Prof. Dr. Adnan SÖZEN

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum. ...……...

Üye: Prof. Dr. Tayfun MENLİK

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum. ...……

Üye: Dr. Öğretim Üyesi İhsan TOKTAŞ

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum. ...……

Tez Savunma Tarihi: 27 / 07 / 2018

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Doktora Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

……

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

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

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dökümanları 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.

Serkan ŞAY

27/07/2018

BÖLGESEL HAVAYOLU TAŞIMACILIĞI GELİŞMİŞLİK DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ

(Doktora Tezi)

Serkan ŞAY

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2018

ÖZET

Havayolu taşımacılığı, teknolojinin gelişmesi, yeni havaalanlarının inşa edilmesi ve uçak sayılarının artması ile birlikte her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır. Havayolu taşımacılığı, diğer ulaşım araçlarına göre daha hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. Orta ve uzun olan mesafeler için daha ideal bir taşıma yöntemi olmakla beraber medikal ürünler, değerli eşya, çiçek gibi kısa sürede bozulabilecek ürünlerin de taşınmasında tercih edilmektedir. Bu çalışma ile Türkiye'de hızla gelişme gösteren havayolu taşımacılığında mevcut 55 adet havaalanının etkinliği karşılaştırılmıştır. 2012-2016 yılları arasındaki 5 yıllık dönem için Veri Zarflama Analizi ve Malmquist Indeks yaklaşımları kullanılarak toplam faktör verimlilik değişimleri incelenmiştir. Türkiye'nin tamamını içeren 55 adet havaalanı karar verme birimi olarak seçilmiş, havayolu toplam faktör verimlilik değişimlerinin gelişimi gerek yolcu gerekse yük taşımacılığı bakımından iç hat ve dış hatlar olmak üzere irdelenmiştir. Bu çalışma ile havayolu taşımacılığının yıllar içerisindeki gelişimi yönünde geliştirilecek politikalara sayısal dayanak sağlanmış olacaktır.

Bilim Kodu : 93102
Anahtar Kelimeler : Havayolu Taşımacılığı, Veri Zarflama Analizi, Malmquist İndeks, Toplam Faktör Verimliliği, Etkinlik değeri
Sayfa Adedi : 81
Danışman : Prof. Dr. Kurtuluş BORAN

DETERMINATION OF DEVELOPMENTAL LEVELS OF REGIONAL AIR TRANSPORTATION

(Ph. D. Thesis)

Serkan ŞAY

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

July 2018

ABSTRACT

Airway transportation earns increasing level of significance day by day with the development of technology, the construction of new airports and the increase of aircraft numbers. Airway transportation is faster than other means of transportation. While it is more optimum instrument of transportation for medium to long distances, airway transportation is especially preferred for carrying medical products, precious goods, and other items which could decay in short-time frame (flowers, i.e.). This study has compared efficiency of fifty-five airports, which serve in Turkey's fast developing sector of airport transportation. It examined total factor productivity changes for the five-year period of 2012-2016 with the employment of Data Envelopment Analysis and Malmquist Index. The study designated Turkey's entire fifty-five airports as decision-making units. Then the development of airline total factor productivity changes in terms of both passenger and cargo carriers at domestic and international flights were examined. The research outcome of this study will provide a quantitative basis for policies as regards the development of airport transportation over years.

Science Code : 93102
Key Words : Airway transportation, Data Envelopment Analysis, Malmquist Index, total factor productivity, activity value
Page Number : 81
Supervisor : Prof. Dr. Kurtuluş BORAN

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca kıymetli yardım ve katkılarını hiçbir zaman esirgemeyen Hocalarım Prof. Dr. Kurtuluş BORAN ve Prof. Dr. Adnan SÖZEN'e, yine tecrübelerinden faydalandığım Prof. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK'a, yarenim Dr. Engin ERDEM'e, değerli büyüğüm Beşir SAYDAM'a, aile dostum Abdurrahman TİRYAKİ ve ailesine teşekkürü bir borç bilirim.

Özellikle bana maddi ve manevi her türlü desteği vererek her zaman yanımda olan ve beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan sevgili eşim Emine Canan ŞAY'a, hayatlarını çaldığım evlatlarım Salih Göktürk ŞAY ve Amine Gökçe ŞAY'a, babam Salih ŞAY ve annem Hatice ŞAY'a gösterdikleri anlayış, fedakarlık ve sabırdan ötürü şükranlarımı sunuyorum.

TÜRKİYE CUMHURİYETİ'nin bölünmez bütünlüğü için şehit ve gazi olan tüm isimsiz kahramanlara ŞAY ailesi adına teşekkürlerimi arz ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET…… iv

ABSTRACT……. v

TEŞEKKÜR……. vi

İÇİNDEKİLER.…… vii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ…….. ix

ŞEKİLLERİN LİSTESİ……... x

SİMGELER VE KISALTMALAR…….. xii

1. GİRİŞ…….. 1

2. LİTERATÜR TARAMASI……. 3

3. TÜRKİYE'DEKİ HAVAYOLU TAŞIMACILIĞI…… 7

3.1. Yolcu Trafiği……... 9

3.2. Yük Taşımacılığı…….. 10

4. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ VE MALMQUIST INDEKS…… 15

4.1. Performans Analizi ve Yöntemleri…….. 15

4.1.1. Veri zarflama analizi…….. 15

4.1.2. Malmquist indeks toplam faktör verimlilik (TFV) değişimi……. 17

4.1.3. Stokastik sınır analizi…….. 18

4.2. Veri Zarflama Analizi…….. 18

4.3. Veri Zarflama Analizi Bileşenlerinin Seçimi…….. 22

4.3.1. Karar verme birimlerinin seçimi…… 22

4.3.2. Girdi ve çıktıların seçimi…… 23

4.3.3. Göreceli performansın ölçülmesi…….. 23

4.4. Doğrusal Veri Zarflama Analizi Programı…….. 24

Sayfa

4.4.1. Birincil (Primal) formülasyon…….…….. 24

4.4.2. İkincil (Dual) formülasyon…… 26

4.5. Veri Zarflama Analizi'nde Toplam Etkinlik…….. 29

4.5.1. Teknik etkinlik……... 29

4.5.2. Ölçek etkinliği……... 32

4.6. Malmquist İndeksi…….. 34

5. ETKİNLİK ANALİZİ SONUÇLARI (UYGULAMA)……. 41

5.1. İç Hat Gelen-Giden Yolcu Performans (Model 1) Sonuçları…….. 45

5.2. İç Hat Kargo Taşımacılığı Performans (Model 2) Sonuçları…….. 48

5.3. Dış Hat Gelen-Giden Yolcu Performans (Model 3) Sonuçları……... 49

5.4. Dış Hat Kargo Taşımacılığı Performans (Model 4) Sonuçları…… 51

5.5. Malmquist Indeks Analiz Sonuçları…… 53

5.5.1. İç hatlar gelen-giden yolcu (Model 1) performansı malmquist indeks analiz sonuçları……..... 54

5.5.2. İç hatlar kargo taşımacılığı (Model 2) performansı malmquist indeks analiz sonuçları…….. 58

5.5.3. Dış hatlar gelen-giden yolcu (Model 3) performansı malmquist indeks analiz sonuçları…….. 62

5.5.4. Dış hatlar kargo taşımacılığı (Model 4) performansı malmquist indeks analiz sonuçları…….. 66

5.6. Analiz Sonuçları Genel Değerlendirme…….. 69

6. SONUÇLAR, DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER……. 71

KAYNAKLAR…… 75

ÖZGEÇMİŞ…….. 81

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 2.1. Referans çalışmaların literatür taraması…….. 4

Çizelge 5.1. Analizde kullanılan havaalanları…….. 42

Çizelge 5.2. Analizde kullanılan girdi-çıktı değişkenler ve modeller…….. 43

Çizelge 5.3. Model 1 analiz sonucu teknik etkinlik skorları…… 46

Çizelge 5.4. İç hat Kargo Taşımacılığı (Model 2) analiz teknik etkinlik skorları…… 48

Çizelge 5.5.Model 3 analiz teknik etkinlik skorları……. 50

Çizelge 5.6. Dış hat Kargo Taşımacılığı (Model 4) analiz teknik etkinlik skorları……. 52

Çizelge 5.7. İç hatlar gelen-giden yolcu performansının toplam faktör verimlilik skorlarının son 5 yıl ortalaması…….. 57

Çizelge 5.8. İç hatlar kargo taşımacılığı performansının toplam faktör verimlilik skorlarının son 5 yıl ortalaması…….. 61

Çizelge 5.9. Dış hatlar gelen-giden yolcu performansının toplam faktör verimlilik skorlarının son 5 yıl ortalaması…….. 65

Çizelge 5.10. Dış hatlar kargo taşımacılığı performansının toplam faktör verimlilik skorlarının son 5 yıl ortalaması…….. 69

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 3.1. Türkiye'deki hava taşımacılığında uçak trafiği…….. 9

Şekil 3.2. Havayolu taşımacılığı yolcu sayısı……. 10

Şekil 3.3. Havayolu kargo yük taşımacılığı gelişimi…… 11

Şekil 3.4. Havayolu taşıma kapasiteleri……... 12

Şekil 3.5. Havayolu taşımacılığı cirosu (milyar TL)…… 12

Şekil 3.6. Havayolu taşımacılığı istihdam (kişi)…….. 13

Şekil 4.1. Etkinlik sınırı ve Regresyon doğrusu……. 16

Şekil 4.2. Etkinlik sınırı (girdi minimizasyonu)…….. 29

Şekil 4.3. Etkinlik sınırı (çıktı maksimizasyonu)……. 31

Şekil 4.4. Ölçeğe göre değişen getiri…….. 33

Şekil 4.5. Malmquist indeks analizi ile etkinlik değişimi…… 37

Şekil 4.6. Veri zarflama analizinin uygulama modeli…….. 40

Şekil 5.1. Girdiye ve çıktıya göre verimlilik…… 44

Şekil 5.2. Ölçeğe göre değişken model…… 45

Şekil 5.3. İç hatlar gelen-giden yolcu performansının toplam faktör verimlilik skorları (2012-2013)…….. 54

Şekil 5.4. İç hatlar gelen-giden yolcu performansının toplam faktör verimlilik skorları (2014-2015)……. 55

Şekil 5.5. İç hatlar gelen-giden yolcu performansının toplam faktör verimlilik skorları (2014-2015)……. 55

Şekil 5.6. İç hatlar gelen-giden yolcu performansının toplam faktör verimlilik skorları (2015-2016)…….. 56

Şekil 5.7. İç hatlar kargo taşımacılığı performansının toplam faktör verimlilik skorları (2012-2013)…… 58

Şekil 5.8. İç hatlar kargo taşımacılığı performansının toplam faktör verimlilik skorları (2013-2014)…… 59

Şekil **Sayfa**

Şekil 5.9. İç hatlar kargo taşımacılığı performansının toplam faktör verimlilik skorları (2014-2015)…..……..…….…… 59

Şekil 5.10. İç hatlar kargo taşımacılığı performansının toplam faktör verimlilik skorları (2015-2016)…….. 60

Şekil 5.11. Dış hatlar gelen-giden yolcu performansının toplam faktör verimlilik skorları (2012-2013)…….. 62

Şekil 5.12. Dış hatlar gelen-giden yolcu performansının toplam faktör verimlilik skorları (2013-2014)…….. 63

Şekil 5.13. Dış hatlar gelen-giden yolcu performansının toplam faktör verimlilik skorları (2014-2015)…….. 63

Şekil 5.14. Dış hatlar gelen-giden yolcu performansının toplam faktör verimlilik skorları (2015-2016)…….. 64

Şekil 5.15. Dış hatlar kargo taşımacılığı performansının toplam faktör verimlilik skorları (2012-2013)…….. 66

Şekil 5.16. Dış hatlar kargo taşımacılığı performansının toplam faktör verimlilik skorları (2013-2014)…….. 67

Şekil 5.17. Dış hatlar kargo taşımacılığı performansının toplam faktör verimlilik skorları (2014-2015)…….. 67

Şekil 5.18. Dış hatlar kargo taşımacılığı performansının toplam faktör verimlilik skorları (2015-2016)…….. 68

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kulanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda belirtilmiştir.

Simgeler	**Açıklama**
u_i	Girdi üzerindeki ağırlık
v_k	Çıktı üzerindeki ağırlık
λ_c	Karar verme üzerindeki ağırlık

Kısaltmalar	**Açıklama**
AB	Avrupa birliği
CRS	Ölçeğe göre sabit getiri
DEA	Data envelopment analysis
DİE	Devlet istatistik kurumu
DRS	Ölçeğe göre azalan getiri
EFFCH	Etkinlik değişimi
GSYİH	Gayri safi yurtiçi hasila
IRS	Ölçeğe göre artan getiri
KVB	Karar verme birimi
MI	Malmquist indeksi
PECH	Saf etkinlik değişimi
SECH	Ölçek etkinlik değişimi
SSA	Stokastik sınır analizi
TECHCH	Teknik değişim
TFPCH	Toplam faktör verimlilik değişimi
TFV	Toplam faktör verimliliği
THY	Türk hava yolları
VRS	Ölçeğe göre değişen getiri
VZA	Veri zarflama analizi

1. GİRİŞ

Günümüzde uzaklık tanımadan ülkelerarası ve şehirlerarasında ticari, teknik, finansal, kurumsal, ekonomi ve işletmecilik konularında işbirlikleri gerçekleştirilmektedir. Havayolu sayesinde insanların veya üretilen bir malın konforlu ve güvenli bir halde en kısa sürede bir yerden başka bir yere nakledilmesi sağlanmaktadır. Ulusal ve uluslararası düzeyde teknolojik ve ekonomik gelişmelerin ivme kazanmasıyla birlikte havayolu taşımacılığı, farklı kültürlere sahip insanları buluşturmaktadır. Böylece birbirlerini daha iyi tanıma doğrultusunda önemli kültürel ve sosyal katkılar da sağlamakla birlikte birçok probleme hız açısından da katkıda bulunmaktadır.

Dünyadaki Gayri Safi Yurtiçi Hasıladaki (GSYİH) yıllık artışla beraber havayolu yolcu ve yük taşımacılığının hemen hemen aynı seviyelerde artış gösterdiği görülmektedir. Türkiye'de ise aynı durumun mevcut olduğu ancak Gayri Safi Yurtiçi Hasıladaki artış ve düşüşlerin, havayolu taşımacılığına daha keskin bir şekilde etkisinin olduğu görülmektedir. Son yıllarda Türkiye, havayolu taşımacılığında hızlı bir şekilde gelişme gösteren ülkelerden biri haline gelmiştir. Bununla birlikte özellikle karayolu taşımacılığına nispeten havayolu ile yapılan yolcu ve yük taşımacılığının toplam taşımacılık içindeki payı oldukça düşüktür. 2016 yılı verilerine göre iç ve dış hat toplamında yaklaşık 175 milyon kişiye hizmet verilmiştir. Yük taşımacılığında ise 3 milyon ton değerine ulaşılmıştır. Bunun yanı sıra 1,5 milyon uçak trafiği de gerçekleştirilmiştir.

Havayolu taşımacılığının olumlu gelişmelerinin sürdürülebilirliği için bölgesel planlamaların doğru yapılması gerekmektedir. Bu çalışma ile Türkiye'deki hem iç hem de dış hat havayolu ulaştırmasının etkin ve sağlıklı bir şekilde gelişimine fayda sağlayamak ve Avrupa Birliği (AB)'nin havayolu ulaştırmasıyla ilgili müktesebatına uyum sağlayarak stratejilerin belirlenmesine yardımcı olmak amaçlanmıştır.

Bu nedenle ulusal havayolu taşımacılığının ülkemizdeki etkinlik değerlendirmesi ve göreceli performans değerlendirmesi olan Veri Zarflama Analizi (VZA) yaklaşımı kullanılarak yapılmıştır. İlaveten performansın zaman içerisindeki değişimini incelemek amacıyla havayolu taşımacılığının toplam faktör değişimi, Malmquist Index yaklaşımıyla incelenmiştir.

Bu analizler, Türkiye'nin AB'ye aday üye statüsünde ve uyum süreci içersinde yer alan Ulaştırma başlığındaki yeni gelişmeleri ve eğilimleri yakından takip etmesinde ve bu yönde havayolu ulaştırma politikaları geliştirmesinde sayısal dayanakların elde edilmesine de katkı sağlayacaktır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Veri Zarflama Analizi (VZA), etkinlik ölçümü için parametrik olmayan yöntemler içerisinde en sık kullanılanlardan birisidir. VZA, ilk olarak 1957 yılında Farrell'in tek girdi/çıktı teknik etkinlik ölçüm metodunu kullanmasıyla başlamıştır [1]. Veri Zarflama Analizi'nin temelinde, karşılaştırma yapılan tüm karar verme birimleri (KVB)'nin benzer stratejik hedeflere yönelmeleri vardır. Karşılaştırılması düşünülen hizmet ya da ürettikleri mal bağlamında birbirlerine benzer ekonomik karar verme birimleri (KVB)'nin "göreceli" etkinliklerinin ölçülmesi amacıyla geliştirilmiştir. Veri Zarflama Analizi, etkinlik analizinde rastlanılan zorlukları yok edebilmek düşüncesi ile en başta amacı kâr olmayan işletmelerin karşılaştırmalı etkinliklerinin ölçülmesinde kullanılmıştır. Daha sonra ise amacı kâr olan üretim ve hizmet sektörlerindeki işletmelerin karşılaştırmalı etkinliklerinin ölçülmesinde de yoğunlukla tercih edilmiştir [2].

Birçok uygulama ile aynı sektörde aynı hedefleri olan işletmelerin birbirleriyle karşılaştırılarak hedefler için sayısal dayanak bulguları elde edilen bir yöntem olan VZA, 1978 yılında Cooper, Rhodes ve Charnes tarafından çoklu girdi/çıktı kullanılarak göreceli etkinlik ölçümü metoduna yenilik getirilmiş ve bu yöntemin uygulama alanı oldukça genişletilmiştir [3]. Uygulama alanları olarak üretim, hastaneler, fast food restoranları, okullar, yer seçimi, bankacılık, bench marking, zincir mağazalar, askeriye, uzay araştırmaları, spor ve ulaştırma sayılabilmektedir [4-20].

Veri Zarflama Analizi'nin en önemli katkısı ise birçok girdinin kullanılması sonucu elde edilen birçok çıktının, parametrik yöntemlerdeki gibi önceden tespit edilmiş herhangi bir analitik fonksiyonun varlığının öngörülmesini gerektirmeden ölçüm yapılmasına olanak sağlamasıdır.

Veri Zarflama Analizi'nin uygulama alanları arasında hastanelerin etkinliği, banka şubelerinin etkinliği, üniversite bölümlerinin etkinliği, kamu hizmetlerinin etkinliği, aracı kurum hizmetleri etkinliği, eğitim kurumlarının etkinliği, otellerin etkinliği, kütüphanelerin etkinliğinin ölçülmesi sayılabilmektedir. Bu konuda son yıllarda enerji alanında yapılan çalışmalar, kullanılan veriler ve analiz yöntemleri ile ilgili referans bilgileri Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Referans çalışmaların literatür taraması

Çalışma	Kullanılan veri	Girdiler	Çıktılar	Kullanılan Metod
Vaninsky (2006) [21]	1991-2004 yılları arasında ABD'ndeki elektrik üretimi	• İşletme giderleri • Enerji kayıpları	• Net kurulu güç	Veri Zarflama Tekniği (VZA)
Jamasb et al. (2008) [22]	1996-2004 yılları arasında 39 adet ABD gaz dönüşüm firması	• Toplam giderler	• Dağıtım • Kompresör kapasitesi • Hat uzunluğu	VZA
Ramos-Real et al. (2009) [23]	1998-2005 yılları arasında 18 adet Brezilya elektrik dağıtım firması	• Elektrik hat uzunluğu (km) • Çalışan sayısı • Kayıplar (GWh)	• Satış (GWh) • Müşteri sayısı,	VZA
Wang et al.(2007) [24]	1978-2003 yılları arasında Hong Kong elektrik sağlayıcı endüstrisi	• Sermaye artırımı • İşçi	• Elektrik dağıtım satışları (MWh) • Müşteri yoğunluğu (müşteri/km^2)	Malmquist Index
Özyiğit, T. ve ark.[6]	Enerji Kaynakları	• Birincil enerji kaynakları	• Elektrik Üretimi	VZA
Ahn, T.S.[7]	Yüksek Eğitimin Etkinliği	• Eğitim verileri	• Başarı	VZA
Kulshreshtha and Parikh (2002) [25]	1985-1997 yılları arasında Hindistan'daki yeraltı ve yerüstü kömür madenciliği firmaları	• Yerüstü: Madencilik makineleri, vinçler, damperler • Yeraltı: Madencilik makineleri, halat çekme	• Yerüstü: fazla yük kaldırma • Yeraltı: Kömür	Malmquist Index
Pe'rez-Reyes and Tovar (2009) [26]	14 adet Peru elektrik dağıtım şirketi	• İşçi sayısı • Güç dağıtım kayıpları (MWh) • Hat uzunluğu (km)	• Satışlar (MWh) • Müşteri sayısı	Malmquist Index
Hawdon (2003) [27]	1998 ve1999 yıllarındaki 33 adet Uluslararası gaz firması	• İstihdam • Boru hattı uzunluğu	• Gaz tüketimi • Müşteri sayısı	VZA
Wolf (2009) [28]	1987-2006 yılları arasında 1001 adet Uluslararası petrol gaz firmaları	• Petrol/Gaz rezervi • Toplam aktifler • Çalışan sayısı	• Gelir • Net kâr	Çok değişkenli regresyon

Çizelge 2.1. (Devam) Referans çalışmaların literatür taraması

Çalışma	Kullanılan veri	Girdiler	Çıktılar	Kullanılan Metod
Abbott (2006) [29]	1969-1999 yılları arasında Avustralya'nın elektrik sağlayıcı endüstrisi	• Sermaye stoku • Kullanılan enerji (in TJ) • İşçi istihdamı	• Tüketilen elektrik	VZA
Barros 3(2008) [30]	2001-2004 yılları arasında Portekiz'deki hidroelektrik santrallerdeki enerji üretimi	• Çalışan sayısı • Sermaye • İşletme maliyetleri • Yatırım	• Üretilen (MW) • Kapasite kullanımı	Malmquist Index
Estache et al. (2008) [31]	1998-2005 yılları arasında Afrika ülkelerindeki 12 adet elektrik firması	• Sermaye • İşçi	• Satış • Elektrik tüketimi • Müşteriler	Malmquist Index
Ulucan, A. [10]	Şirket performansı	• Şirket girdileri • Personel	• Şirket çıktıları • İcmaller	VZA
Yu, M. [11]	Hava alanlarının fiziksel etkinliği	• İç hat hava alanı fiziksel büyüklükler	• Çevresel etkiler	VZA
Düzakın and Düzakın (2007) [32]	Türkiye'nin 500 büyük sanayi kuruluşu	• İlave edilmiş brüt değer • Net aktifler • Ortalama çalışan sayısı	• Vergiden önceki yarar • İhracat gelirleri	VZA

3. TÜRKİYE'DEKİ HAVAYOLU TAŞIMACILIĞI

Türkiye'de taşımacılığın hızla geliştiği havayolu ulaşımı, diğer ulaşım sistemlerine göre çok daha yeni olmasına rağmen gelişim seyri en yüksek olanlardandır. Bu süreç, dünya genelinde havayolu ulaşımının seyrine bağlıyken ülkemizde geçmişten günümüze kadar uygulanan ulaşım politikalarına bağlı olarak, yolcu ve yük taşımacılığında diğer ulaşım yollarının çok hızlı gelişimi ve alternatiflerin arttırılmasına dayalı olmakla beraber ekonomi politikalarıyla da bağlantılı bir durumdur.

Türkiye'de havayoluyla ilk yurt dışı uçuşu, 1947 yılında Ankara-İstanbul-Atina hattında gerçekleştirilmiştir. Bu başlangıcı sonra 1951 yılında Lefkoşa, Beyrut ve Kahire hattı takip etmiştir [33].

Tüm bu gelişmeler ile Türkiye'de havayolu taşımacılığında sunulan arz karşılığında talebin yetersiz kalması, diğer ulaşım mekanizmalarının oldukça yetersiz olması, onlara yapılacak yatırımların çok daha rasyonel ve öncelikli görülmesine yol açmıştır.

Ulaşım faaliyetleri ülkemizde her zaman önemsenmiş ve yatırımlardan her zaman önemli bir pay almıştır. Ancak dönemlere göre bu yatırımların ağırlıkları değişim göstermiştir. 1950'li yıllardan itibaren karayolu yapımı ve karayolu taşımacılığının öncelikli olması, yolcu taşımacılığının çok büyük kısmının (%96'sının) karayolları ile gerçekleşmesine neden olmuştur.

Ulaştırma sektörlerine yapılan yatırımlarda karayolu ve otoyol yatırımları, 1990 ile 1995 yılları arasındaki toplam yatırımlar içinde önemli bir paya sahip iken 1996 yılı ve sonrasında azalma sürecine girmiştir. Havayolu ulaştırması ise yurt içi yolcu taşımacılığında çok küçük bir paya sahip iken 1996 yılı ve sonrası yatırımlardaki payı önemli oranda artmıştır. Havayolu taşımacılığının payı, 1996-1999 döneminde ortalama %19,7'ye ulaşmıştır. Ancak bu durum da ulaştırma alt sektörleri arasındaki yatırım dengesizliklerin artmasına sebebiyet vermiştir.

Ulaştırmaya yapılan bu yatırımların gerçek amacının "Türkiye'yi, Avrupa ve Asya arasındaki konumu nedeniyle, sadece karayolu taşımacılığının değil tüm ulaştırma sektörünü kapsayan kombine taşımacılığın terminali haline getirmek" ile uyumlu olduğu da dikkate alınmalıdır [34].

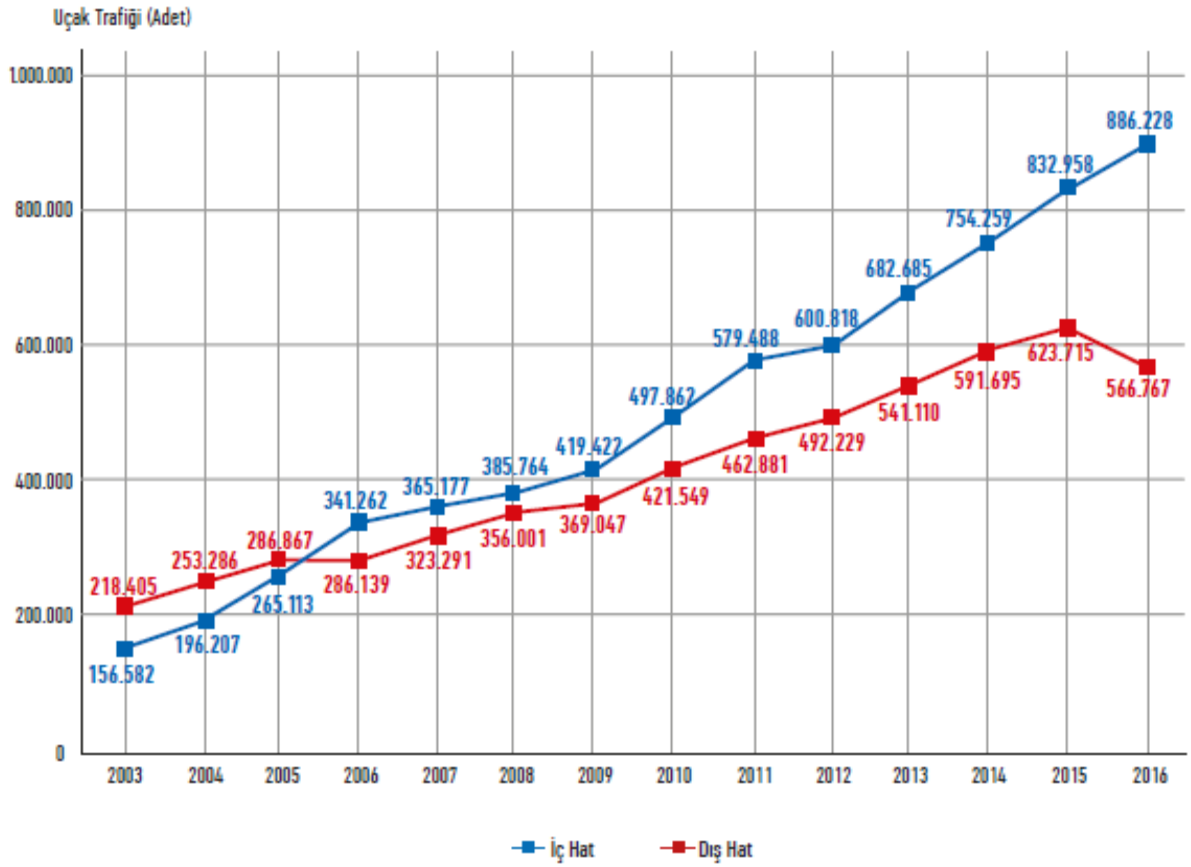
Sonraki yıllarda da bu amacın devamlılığını korumasına ve diğer ulaşım yollarında önemli gelişmeler oluşmasına rağmen Türkiye'de şehirlerarası yolcu taşımacılığının yaklaşık

% 90,5'i, yük taşımacılığının ise yaklaşık % 87,4'ü karayolu ile gerçekleştirilmektedir. Bu durumun beraberinde çevresel sorunlar ve karayolu güvenliği sorunlarını getirdiği, iyileşmelere rağmen trafik kazalarındaki can ve mal kayıplarının önemli bir sorun olduğu 10. Kalkınma Planı'nda (2014-2018) da belirtilmektedir [35]. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı'nın Türkiye Cumhuriyeti'nin kuruluşunun 100. yılı olması nedeniyle hazırladığı 2023 yılı hedeflerinde de karayolu ağırlıklı bu yapının değişmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

Toplu taşıma imkânlarından daha fazla faydalanarak yurtiçi taşımacılık faaliyetlerinde karayolu taşımacılığının payının yolcu taşımacılığında % 72, yük taşımacılığında da % 60 seviyesine düşürülmesi amaçlanmaktadır [36]. Ulaştırma faaliyetlerindeki bu durum karşısında diğer ulaşım yolları gibi havayollarının da önemi artmıştır. Özellikle 1980'lerden itibaren tüm dünyada havayolu taşımacılığında gerçekleşen gelişmeler göz önüne alınacak olursa, sadece yurt içi taşımacılık için değil uluslararası taşımacılık sistemlerine uyum sağlayabilmek ve konumunun sunduğu imkânlar dolayısıyla bu sektörden daha fazla pay alabilmek için havayolu ulaşımında atılan adımlar hızlandırılmıştır. Nitekim 9. Kalkınma Planı'nda (2007-2013) "bölgede ve dünyada sayılı bir havacılık sektörüne sahip olmanın temel amaç olduğu" belirtilmiştir [37].

Bu bakış açısı 10. Kalkınma Planı'nda da genişletilerek devam etmiş, "Türkiye'nin lojistikte bölgesel bir üs olması" amaçlanmıştır. Buraya kadar Türkiye'de havayolu ulaşımının kuruluş ve ilk gelişim aşamaları, bu gelişime neden olan ortam ve politikalar ile birlikte kısaca değerlendirilmiştir. Sektörün tüm dünyadaki gibi Türkiye'de de 1950'li yıllardan sonra hızlı bir gelişim evresine girdiği göz önüne alınacak olursa, bu tarihten itibaren sektörün tüm bileşenlerinde yaşanan gelişim sürecinin ayrı ayrı değerlendirilmesi daha doğru olacaktır.

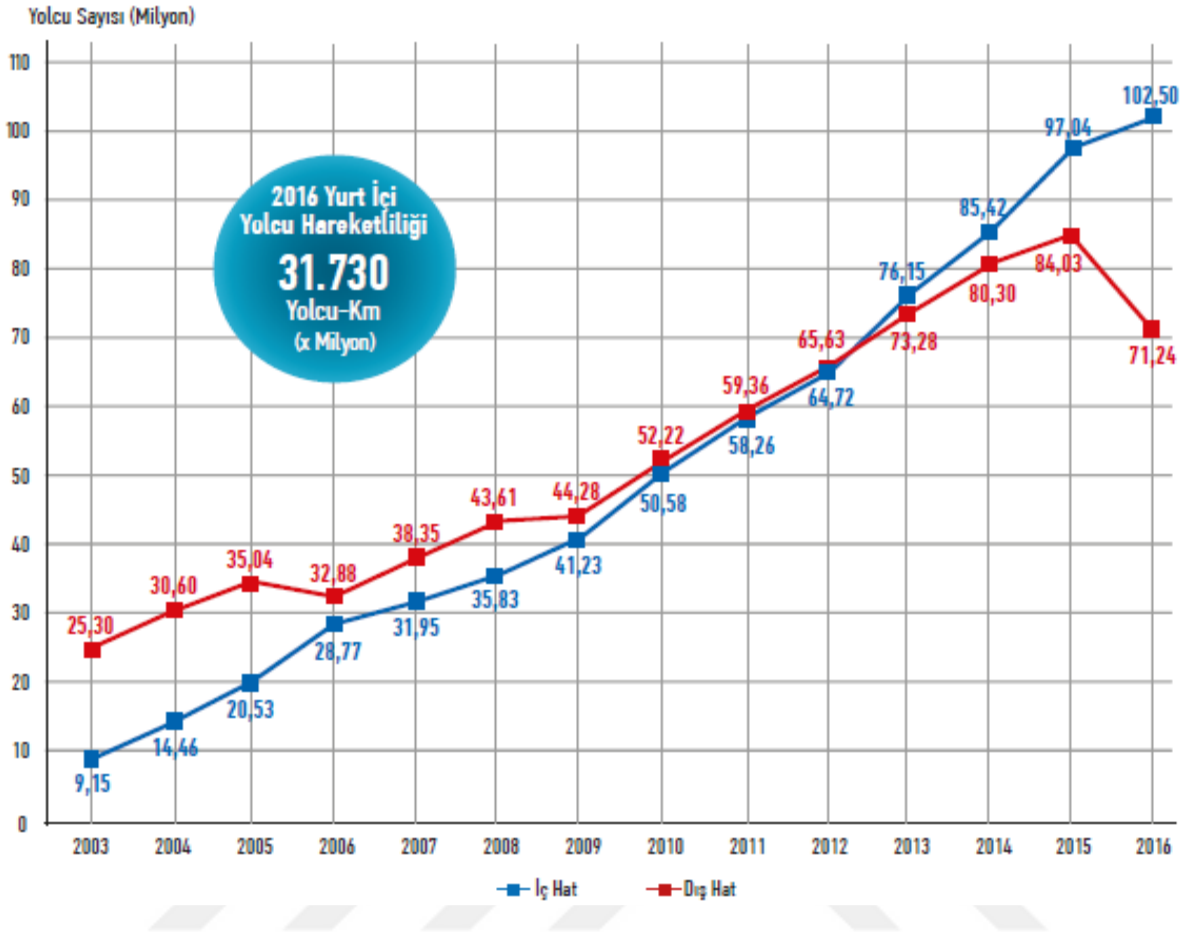
Bu durum, Şekil 3.1'de en iyi şekilde açıklanmıştır [38]. Uçak hareketliliğine bakıldığında 2016 yılında yaklaşık 1 500 000 uçak hareketi gerçekleşmiştir. 2003 yılına göre yaklaşık 5 kat bir artış söz konusudur. 2009 yılından sonraki artış kayda değerdir.



Şekil 3.1. Türkiye'deki hava taşımacılığında uçak trafiği

3.1. Yolcu Trafiği

Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE) verileri, havayolu ulaşımını kullanan yolcu sayısı 1939 yılında 399 iken 1943 yılında 56 911'e, 1948 yılında 72 262'ye, 1951 yılında 111 914'e, 1956 yılında 202 066'ya ve 1957 yılında ise 329 880'e ulaştığını göstermektedir. 2003 yılından itibaren bu rakamlar Şekil 3.2.'de gösterilmiştir [38]. 2016 yılında iç ve dış hat toplamında rakam 180 000 000 ulaşmış, 31.730 yolcu-km değeri elde edilmiştir. 2003 yılına göre yaklaşık 5 katı bir artış sağlanmıştır.



Şekil 3.2. Havayolu taşımacılığı yolcu sayısı

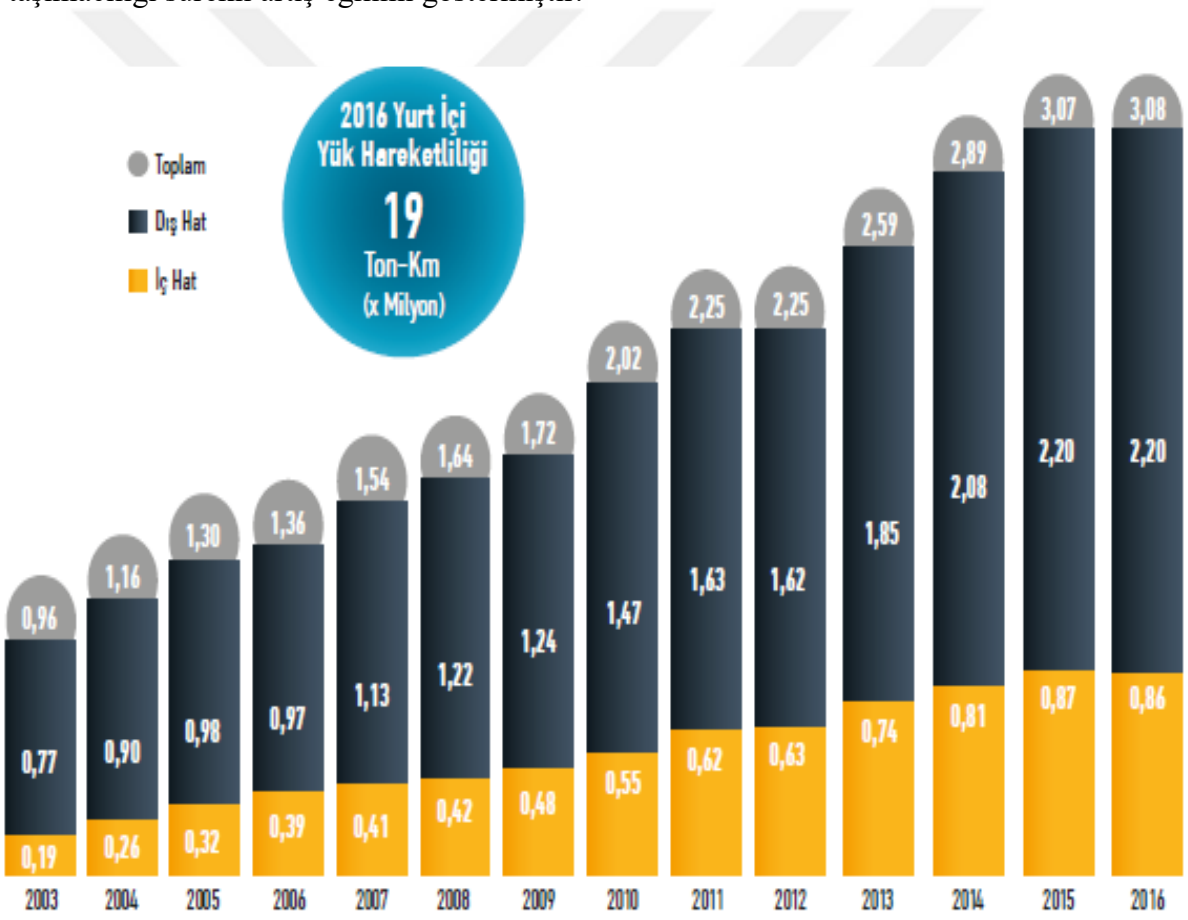
3.2. Yük Taşımacılığı

Bilinen bir gerçek; havayolunun diğer ulaşım yollarına göre daha pahalı oluşu, toplam yük taşımacılığındaki havayolu payının oldukça düşük kalmasına ve havayolunun daha çok yolcu taşımacılığı ağırlıklı bir yapı göstermesine neden olduğu şeklindedir. Maliyetin yüksek olması daha ziyade uzak mesafeler arasında değerli maddeler (değerli taşlar, optik ve elektronik eşyalar, sanat eserleri, hassas cihazları vb.) ile dayanma süresi kısa olan bazı ürünlerin (ilaçlar, çiçek, meyve-sebze, yumurta vb.) taşımacılığı için kullanılmasına yol açmıştır. Bunun yanında taşınan yükün önemli bir kısmı posta olmuştur [39].

Uzun yıllar Türkiye'de havayoluyla taşınan yük, bagaj, gazete ve posta olmuştur. Dünya kargo taşımacılığının gelişmesine paralel olarak Türkiye'de de bu alanda çalışmalar başlamış, ihracat ve ithalat imkânı fazla olan havalimanlarında kargo terminalleri faaliyete açılmıştır. Türk Hava Yolları (THY)'nın 1981 yılından sonra başlattığı kargo seferlerine 1984 yılından itibaren özel havayolu şirketleri de katılmıştır. THY, dünyadaki gelişmelere uyarak çeşitli havacılık şirketleri ile anlaşıp kargoları ortak taşımaya başlamıştır [40]. 1960

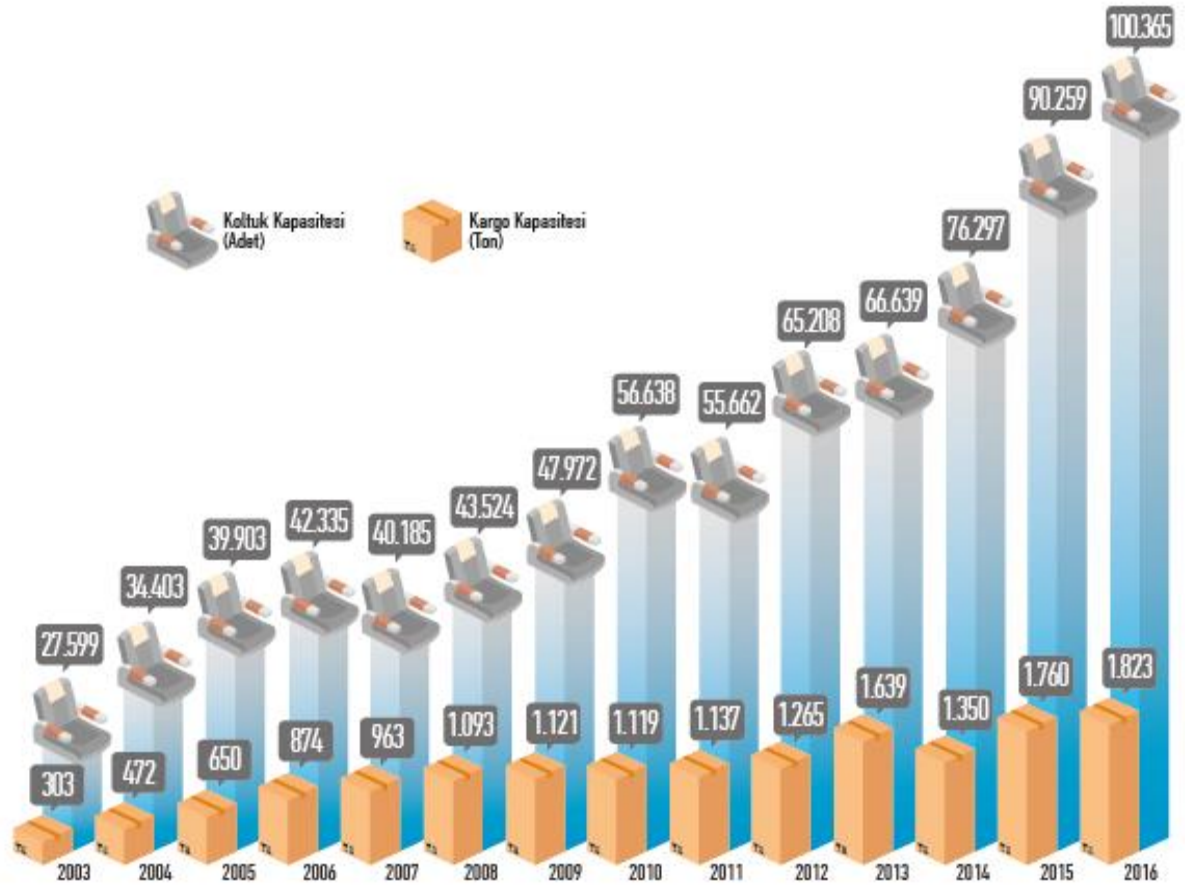
yılında ülkemiz yurt içi yük taşımacılığında havayolu ulaşımının payı yok denilebilecek kadar az iken 2010 yılında da tüm ulaşım yolları arasındaki payı sadece % 0,44'tür. Uzun vadede de bu durum fazla değişmeyecek gibi görünmektedir. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı'nın 2023 yılı hedeflerinde de bu oran % 1 olarak gösterilmektedir [36].

Türkiye'de yıllara göre havayolu ulaşımı ile taşınan yük miktarında yaşanan değişim, yolcu taşımacılığındaki değişim ile paralel bir yapı göstermektedir. Şekil 3.3.'te kargo taşımacılığında havayolunun gelişimi gösterilmiştir [38]. 2016 yılı itibariyle yük hareketliliği 19 000 000 ton-km'ye ulaşmıştır. Gerek iç gerekse dış hatlardaki kargo taşımacılığı sürekli artış eğilimi göstermiştir.



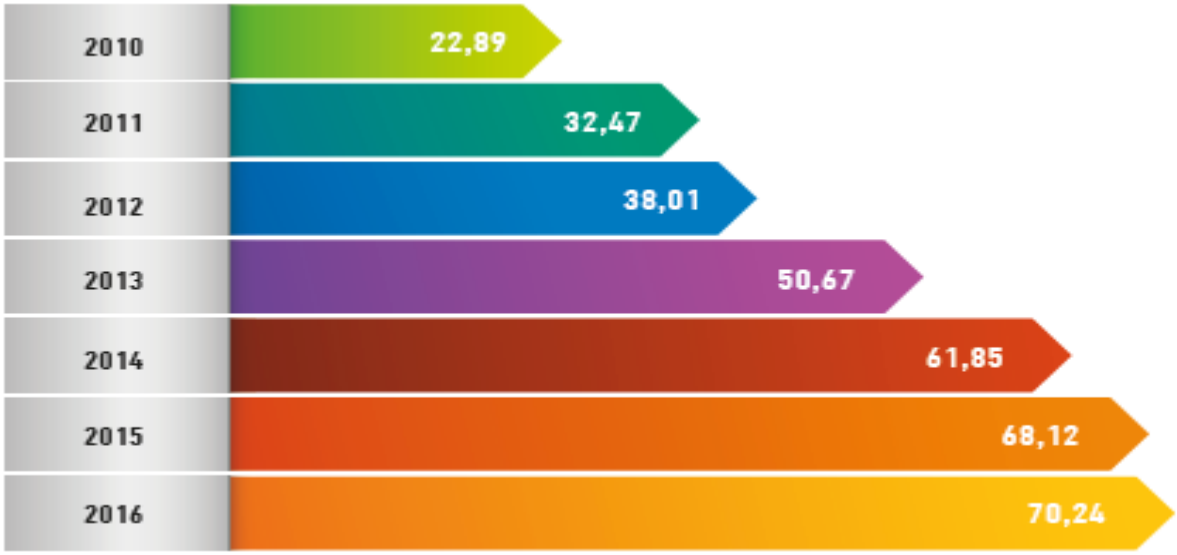
Şekil 3.3. Havayolu kargo yük taşımacılığı gelişimi

Havayolu taşımacılığında gerek yolcu gerekse kargo taşımacılıklarında kapasite gelişimi de Şekil 3.4'de verilmiştir [38]. Her iki parametrede de artış sürekliliği mevcuttur.

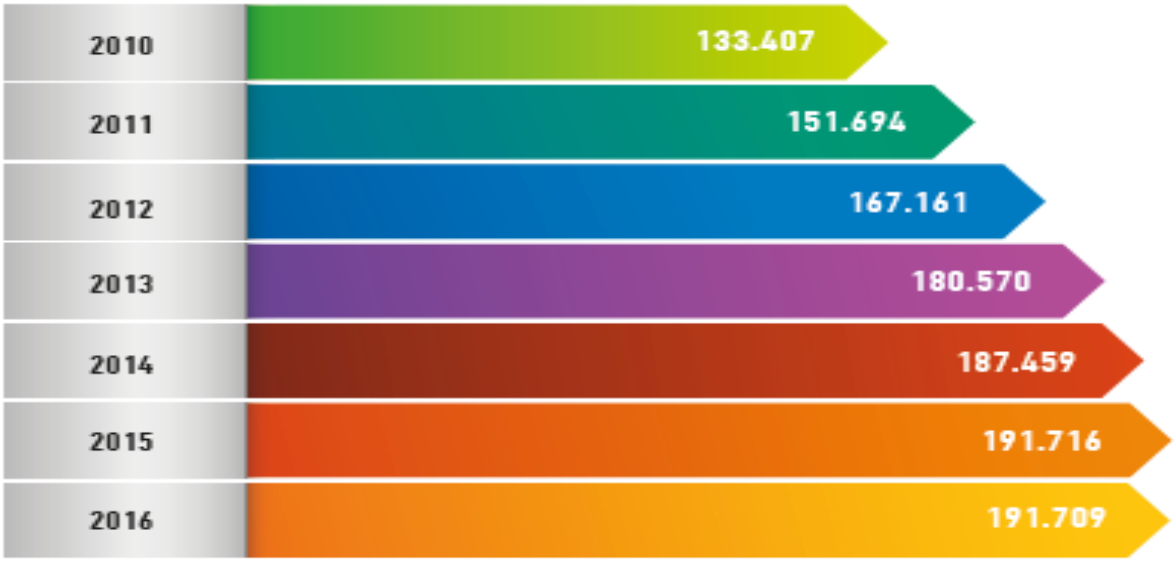


Şekil 3.4. Havayolu taşıma kapasiteleri

Bu gelişim, havayolu taşımacılığının hem cirosunun hem de istihdamın artışına da yol açmıştır. Bu gelişimler de Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'da verilmiştir [38].



Şekil 3.5. Havayolu taşımacılığı cirosu (milyar TL)



Şekil 3.6. Havayolu taşımacılığı istihdam (kişi)

4. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ VE MALMQUIST INDEKS

4.1. Performans Analizi ve Yöntemleri

Kaynakların etkin kullanımı her geçen gün daha fazla anlam kazanmakta ve önemli olmaktadır. Üretim süreçlerinde, etkinlik tek girdi tek çıktı olması halinde;

Etkinlik = Çıktı/ Girdi

biçiminde tanımlanabilmekte ve dolayısıyla kolayca hesaplanabilmektedir. Ancak üretim süreçleri çoklu girdi ve çıktıya sahip olduklarından dolayı etkinlik tanımı, tüm üretim faktörlerini girdi ve çıktıları birlikte (simultaneously) dikkate alabilmek adına aşağıda belirtilen ifadedeki gibi genişletilmelidir:

Etkinlik =Ağırlıklı Çıktılar Toplamı/ Ağırlıklı Girdiler Toplamı

Bu tanımdaki ağırlıkların tespiti iki yolla olabilmektedir.

Birincisi, uzman görüşüne dayalı önceden belirlenmiş ağırlıkların kullanılması şeklindedir. Ancak girdi ve çıktıların ağırlıkları uzmandan uzmana değişeceğinden dolayı subjektif bir yol olduğu için tercih edilmemektedir. Çünkü itirazlara açıktır.

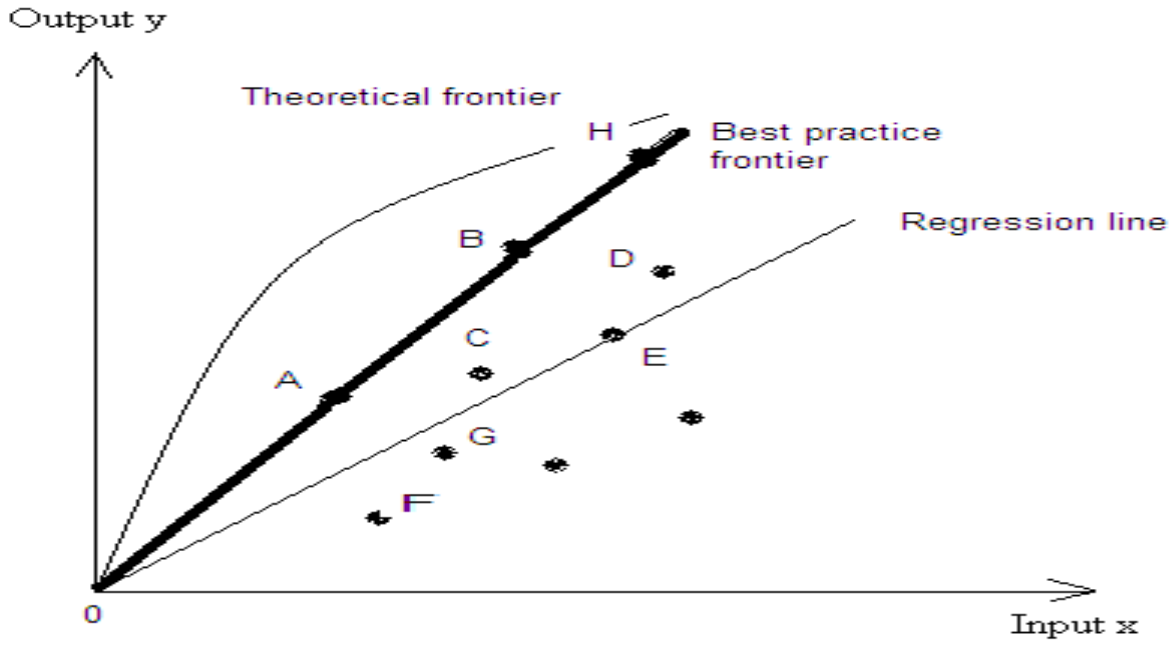
İkincisi, ağırlıkların bir matematiksel modelle belirlenmesi şeklindedir. Ağırlıklar, bir model aracılığı ile belirlendiğinden objektif olarak değerlendirilebilmektedir. Bu teknik, oldukça yeni ve bilim dünyasında performans değerlendirmesi için hızla kabul gören ve pratiği uygulanan Veri Zarflama Analizi (VZA) (Data Envelopment Analysis, DEA) yöntemidir.

Performans değerlendirme yöntemleri şunlardır:

4.1.1. Veri zarflama analizi

Veri Zarflama Analizi (VZA), en başta özellikle kâr amacı olmayan KVB'lerin performans hesaplaması için düşünülmüştür. Ancak giderek yaygınlaşmış ve kâr amacı olan ve olmayan; üniversiteler, askeri operasyonlar, ticari bankalar, hastaneler, tarımsal kooperatifler, kamu kesimi kurumlarının etkinliğine varıncaya kadar çok çeşitli alanlarda uygulamalarına rastlanmakta ve her geçen gün kullanımı da artmaktadır [41-44].

Veri Zarflama Analizi, yöneylem araştırması yöntemleriyle çeşitli KVB'lerin performans skorlarını hesaplayan parametrik olmayan yeni bir metodolojidir. Performans hesaplama çok değişkenli ve karmaşık yapıdadır. Veri Zarflama Analizi'nde etkin üretim sınırı, girdi ve çıktılar üzerinden isimlendirilen belli bir fonksiyona gerek duymaksızın saptanmaktadır. Veri Zarflama Analizi, eldeki verilerden hareketle referans noktaları oluşturmaktadır. Referans noktaları oluşturulan KVB'ler tam (1 veya 100) performans skoru alırken daha az etkin karar verme birimlerinin performans skorları da 1 veya 100'den daha küçük değer almaktadır.



Şekil 4.1. Etkinlik sınırı ve regresyon doğrusu

Veri Zarflama Analizi, Şekil 4.1'de gösterildiği gibi gözlem yığınından bilgi/sonuç çıkarmanın alternatif bir yoludur. Veriler üzerinden tek bir regresyon doğrusu elde etmeyi amaçlayan parametrik yöntemlerin aksine Veri Zarflama Analizi, Pareto-Etkin karar verme birimleri grubundan oluşturulan kesikli doğru ile her bir birimi optimize etmektedir. Parametrik ve parametrik olmayan yöntem (Matematiksel Programlama) yaklaşımlarının her ikisi de veri grubunun içerdiği tüm bilgiyi kullanmaktadır. Ancak parametrik yaklaşımda sapmaları minimum yapan regresyon doğrusu her bir karar verme birimine uygulanmak istenirken VZA, aksine her bir KVB'nin performans ölçümünü optimum yapmaktadır. Böylece hayali " ortalama " bir karar verme birimi tanımlama yerine pratikte en iyi karar verme birimini belirlemekte (burada A, B, H), böylece pratikten parçalı ya da parçalı olmayan etkinlik sınırı oluşturmaktadır. Diğer karar verme birimlerini, bu etkin olan karar verme birimlerine göre değerlendirmektedir. Buna göre (C, D, F, G, D, E…) etkin olmayan

karar verme birimleridir. Etkinlik sınırı etkin olan ve olmayan tüm KVB'leri zarflandığından analize Veri Zarflama Analizi denilmektedir.

VZA, etkin olmayan (girdilerini çıktı için elverişli kullanmayan veya aynı girdi miktarına göre daha az çıktı yapan) karar verme birimlerinin çıktıdaki azlıkları ve/veya girdideki fazlalıkları yani etkinsizlik kaynaklarını sayısal olarak belirlemektedir. Böylece etkin karar verme birimleri düzeyine çıkabilmek için yapılması gerekenler hakkında öneride bulunulabilmektedir.

Veri Zarflama Analizi, diğer bir yolla da etkin olmayan karar verme birimlerine yardımcı olmaktadır. Pratikte hangi etkin karar verme birimlerini ne oranda örnek/referans alacağını da belirlemektedir. Etkin olmayan karar verme birimleri girdi ve çıktılarını, önerilen oranda referans karar verme birimlerine benzettiğinde etkin konuma yükseltebilmektedir. Veri Zarflama Analizi ile yapılan analizler anlık değerlendirmelerdir. Etkin olmayan karar verme birimleri için bahsedilen iyileştirme ve diğer nedenlerle belli zaman aralıkları ile tekrarlanmalıdır.

Veri Zarflama Analizi, ilgili üretim süreci için geçerli olan ölçeğe göre sabit, değişken, artan, azalan getiri varsayımına göre farklı modeller kullanmaktadır.

Veri Zarflama Analizi, karar verme biriminin amacına bağlı olarak çıktıyı sabit tutup girdiyi minimum yapan (girdi-yönlü) ya da girdiyi sabit tutup çıktıyı maksimum yapan (çıktı-yönlü) modellere sahiptir. Doğru değerlendirme için ilgili olaya uygun model seçmek de önemlidir.

4.1.2. Malmquist indeks toplam faktör verimlilik (TFV) değişimi

VZA modellerini, Malmquist Indeks formülasyonunda kullanarak zaman içinde verimlilik değişim ölçümlerini hesaplamak mümkündür. Elde panel veriler var ise Malmquist Index Toplam Faktör Verimlilik Değişimi ve bunun parçaları olan etkinlik değişimi, teknik değişim (innovasyon), saf etkinlik ve ölçek etkinlik değişimi gibi performans elemanlarının zaman içindeki değişimi izlenebilmektedir. Performans yönetimi böylece dinamik bir yapı kazanmaktadır. Bu analiz yardımıyla durum tespiti ve ileriye dönük performans planlaması mümkün olmaktadır [45,46].

4.1.3. Stokastik sınır analizi

İlgilenilen üretim süreci bir olasılık dağılımına uyuyorsa yani parametrik yapıda ise performans değerlendirmesini Veri Zarflama Analizi yerine Stokastik Sınır Analizi (SSA) (Stochastic Frontier Analysis (SFA)) ile yapmak daha uygundur. Veri Zarflama Analizi, ilgilenilen süreci deterministik kabul etmektedir. Oysa bazı süreçler olasılıklı düşünülerek yapısına ilişkin bir fonksiyon belirlenebilmektedir. SSA, sürece ilişkin fonksiyona dayalı performans tanımlamasıyla karar verme birimlerini değerlendirmektedir. Analizin mantığı Veri Zarflama Analizine benzemekle birlikte etkinlik sınırı doğru veya parçalı doğru olmayıp eğriseldir ve tüm karar verme birimlerini zarflamaktadır [47,48].

4.2. Veri Zarflama Analizi

Veri Zarflama Analizi (VZA), hizmet veya ürettikleri mal bakımından birbirlerine benzer şirketleri KVB olarak tanımlayarak göreceli etkinliklerini ölçmek için geliştirilen bir yöntemdir [3]. Yöntem değişkenleri arasında bir ilişki kurulamayan yani parametresiz olarak etkinlik ölçen bir yöntemdir. "Karar Verme Birimleri" olarak temel girdileri herhangi bir çıktıya dönüştüren (homojen yapıdaki) işletme, ekonomik veya herhangi bir kuruluş olabileceği gibi performansları karşılaştırılacak olan birimler olarak da tarif edilmektedir.

VZA, literatürde "Data Envelopment Analysis (DEA)" olarak adlandırılan prensipte doğrusal programlama teorisini kullanan ve özellikli olan KVB'lerin göreli verimliliğini kestirmek için tasarlanan parametresiz bir yöntemdir.

Veri Zarflama Analizi, KVB'nin her birinde etkinsizlik miktarını ve kaynaklarını tanımlayarak bir işletmenin girdilerinin nasıl çıktıya dönüştüreceğini sayısal olarak açıklamaktadır. Bu sonuç sayısal bir dayanakla etkin olmayan karar verme birimlerinde, girdi miktarını hangi oranda azaltmak ve/veya çıktı miktarını hangi oranda artırmak gerektiği konusunda problem çözenlere yol gösterebilmektedir. Bu yöntem, ilk etapta kâr amacı olmayan kurumların (askeriye, üniversite, sağlık kurumları vb.) karşılaştırmalı etkinliğinin ölçülmesini amaç edinmiştir. Sonrasında ise AR-GE projelerindeki çok şubeli şirketlerin veya çok uluslu göreli performansların ölçümünde ve nihayet kâr amacı olan hizmet ve üretim sektörlerindeki işletmeler arası göreli etkinliğin ölçümünde sıkça kullanımı başlamış durumdadır.

Son yıllarda Veri Zarflama Analizi modelleri, birçok uygulamada çok geniş uygulanma sahası bulmuştur. Veri Zarflama Analizi'nin kullanımına ilişkin bazı örnekler aşağıda verilmiştir:

✓ Eğitim (üniversiteler, okullar), bankalar, sağlık hizmetleri (hastane, doktorlar),
✓ İmalat firmaları, yönetim performanslarının değerlendirilmesi,
✓ Sigorta şirketleri, lojistik firmalar, tedarikçi değerlendirme,
✓ Toptancılar, restoranlar, kamu kurumları, şehirler,
✓ Bölgesel gelişme alanlarında göreceli verimlilik ölçümü yapmak amacıyla uygulanmıştır.

Veri Zarflama Analizi'nin uygulanması aşağıda belirtilen hedefler açısından kullanıldığında faydalı sonuçlar üretebilmektedir:

• Karşılaştırılan KVB'lerin her biri için girdi-çıktı boyutlarından herhangi birinde göreli etkinsizliğin kaynaklarını ve miktarlarını belirlemek,
• Etkinliğe göre KVB'lerini sınıflandırmak,
• KVB'lerini karşılaştırıp yönetimlerini değerlendirmek,
•Birimlerin kontrolleri haricindeki politika ve programların verimliliklerini değerlendirmek ve yönetsel etkinsizliği ile program etkinsizliğini ayırt etmek,
•Değerlendirme içerisindeki KVB'ler için kaynakların yeniden atanması amacı ile niceliksel bir yapı oluşturmak. Sınırlı kaynakları istenilen çıktıları üretmekte daha etkili olarak kullanılabilecek KVB'ler arasında değiştirme, bu yeniden atama politikalarının genel amacıdır.
• Karar verme birimleri arasındaki karşılaştırmayla doğrudan doğruya ilişkili olmayan amaçlar için etkin karar verme birimlerinin ya da etkin girdi-çıktı ilişkilerini belirlemek,
• Özellikli girdi-çıktı ilişkileri için yürürlükteki standartları, gerçekleşen performansa göre inceleme ve gözden geçirmek,
• Önceki çalışmalardaki sonuçları karşılaştırmak.

VZA yönteminin en önemli yeniliği, birçok girdinin kullanılıp birçok çıktının elde edilmesi durumlarında parametrik yöntemlerdeki gibi önceden bilinen herhangi bir analitik üretim fonksiyonunun olmasına gerek kalmadan etkinlik ölçümü yapabilmesidir. Diğer taraftan girdi ve çıktılar, ölçüm birimlerinden bağımsız durumdadırlar. Bu sebeple işletmenin farklı boyutlarındaki her bir parametreyi bağımsız olarak ele almaktadır.

VZA, birden çok ve farklı ölçeklerle ölçümü yapılmış ya da farklı ölçü birimlerine sahip girdi ve çıktıların karşılaştırılmasının zor olduğu durumlarda KVB'lerin göreli

performansını ölçmeyi amaç edinen doğrusal programlama tabanlı bir tekniktir [3]. VZA yöntemi, çıktı fonksiyonunun girdilere göre tanımlanmasına da, çoklu girdi ve çoklu çıktılar içeren parametrelere ağırlıklar belirleyerek yardımcı olmaktadır.

Çözüm aranıp göreceli bir karşılaştırma yapılması gereken problemlerde, birçok parametre girdi olarak kullanılabilmektedir (eleman sayısı, mesai saatleri, gelirler, teçhizat sayısı vb). Buna benzer olarak farklı çıktı ölçütleri de bulunmaktadır (kârlılık, büyüme hızı, pazar payı vb). KVB'ler için kullanılan birçok girdinin sonucunda, bu girdilerin dönüştürülmesi ile elde edilen çıktılardan dönüştürme işleminde sırasında hangi karar verme birimlerinin verimliliğinin düşük olduğunu belirlemek oldukça güç olmaktadır. Bu noktada Veri Zarflama Analizi, KVB'ler için göreceli etkinlikleri tespit etmede önemli bir yardımcı araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Veri Zarflama Analizi yaklaşımı, etkin olan referans gruplarının tüm birimlerine dayanıp bir kuramsal etkinlik sınırı elde etmede doğrusal programlamadan yararlanmaktadır. Kuramsal birime ait çıktı, referans grubundaki bütün çıktıların ağırlıklı ortalamaları yardımı ile hesaplanmaktadır. Yine kuramsal birime ait girdi, tüm referans grubundaki girdilerin ağırlıklı ortalamaları ile belirlenmektedir. Doğrusal programlama modelindeki kısıtlar, kuramsal birim çıktılarının incelenen birim çıktılarına eşit veya büyük olmasını gerektirmektedir. Kuramsal birimin daha fazla ya da aynı çıktıyı daha düşük girdi kullanması sonucu elde ettiğini, incelenen birimden kuramsal birim girdilerinin daha düşük olması göstermektedir.

Veri Zarflama Analizi, çok sayıda parametre ile kısıtların birlikte değerlendirmeye alındığı "matematiksel programlama" gibi teknikleri kullanmaktadır. Bu özelliği ile çok sayıda girdi ve çıktı parametrelerinin birlikte değerlendirilmesine imkân tanımayan ve KVB'yi sınırlandıran diğer tekniklere nispeten kullanıcıya daha kolay çalışabilme olanağı sunmaktadır. Çünkü politika üretilmesine yol açan ve yönetimsel kararların alınmasının gerekli olduğu gerçek hayat problemleri, pek çok faktörün aynı zamanda değerlendirilmesini gerektiren karma bir yapıya sahip olmaktadır. Öte yandan Veri Zarflama Analizi, matematiksel programlamanın sahip olduğu kapsamlı teori ve yöntem birikiminden kaynaklı olarak yol gösteren analizleri ve yorumların yapılabilmesine de imkân sağlamaktadır [49].

m adet girdisi ve t adet çıktısı olan n adet karar verme birimi için maksimize edilecek çıktı/girdi oranının matematiksel anlatımı aşağıda ifade edilmiştir.

$$Maxh_k = \frac{\sum_{r=1}^{t} u_{rk} Y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_{ik} X_{ij}} \qquad (4.1)$$

Bu ifadede $X_{ij}>0$ parametresi j karar verme birimince kullanılan i girdi miktarını, $Y_{rj}>0$ parametresi de j karar verme birimince kullanılan r çıktı miktarını göstermektedir. Bu karar problemi için değişkenler, k karar verme biriminin i girdi ve r çıktıları için vereceği ağırlıklardır. Bu ağırlıklar sırasıyla v_{ik} ve u_{rk} olarak gösterilmektedir. k karar verme biriminin ağırlıklarını diğer karar verme birimleri de kullandığı durumda etkinliklerinin % 100'ü aşmamasını sağlayan kısıt aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

$$\frac{\sum_{r=1}^{n} u_{rk} Y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_{ik} X_{ij}} \leq 1 \quad ; \quad J=1,\ldots,n. \qquad (4.2)$$

En sonunda kullanılacak girdi ve çıktı ağırlıklarının negatif olamamasını sağlayan kısıt da;

$$u_{rk} \geq 0 \quad ; \quad r = 1,\ldots,t \qquad (4.3)$$

$$v_{ik} \geq 0 \quad ; \quad i = 1,\ldots,m$$

şeklindedir. Bu eşitsizlikler setini doğrusal programlama formuna çevirerek simpleks veya benzeri algoritmalar ile çözüme ulaşmak için maksimizasyon formundaki amaç fonksiyonunun paydasının 1'e eşitlenip bir kısıt haline getirilmesi yeterli olmaktadır.

4.3. Veri Zarflama Analizi Bileşenlerinin Seçimi

4.3.1. Karar verme birimlerinin seçimi

Karar verme birimleri (KVB), performansı karşılaştırılacak girdileri çıktılara dönüştürmekle sorumlu birimler topluluğudur. Analize konu olacak KVB'lerde, aynı pazar koşullarında çalışması, aynı hedef doğrultusunda benzer işlevleri görmesi ve gruptaki bütün birimlerin verimliliklerini tanımlayan faktörlerin yoğunluk ve büyüklüklerindeki farklılıklar hariç aynı olması koşulları aranmaktadır [50]. Literatürde Ahn, karar verme birimleri seçim prensibi olarak iki öneri getirmektedir [7]:

a) Her bir KVB'nin kullandığı kaynaklar ve ürettiği çıktılardan sorumlu olarak tanımlanmış olması gerekmektedir. Bu KVB'lerin birbirlerine yaptıkları üretim açısından yeterince benzer durumda olmaları, aynı girdileri aynı çıktılara dönüştürmeleri ve benzer ortamlarda yer almaları gerekmektedir.
b) Verimlilik sınır tahmini neticesinin anlamlı çıkabilmesi için örneklemdeki KVB sayısı yeterli bir şekilde büyük olmalıdır.

Vassiloglou ile Giokas tarafından Veri Zarflama Analizi ile verimliliklerin doğru ölçülebilmesi için gereken KVB sayısının, girdi ve çıktı toplamının en az üç katı olması gerektiği vurgulanmaktadır [51]

Bowlin tarafından ise her bir girdi ve çıktı başına en az üç KVB'nin seçilmesi gerektiği söylenerek Vassiloglou ile Giokas gibi aynı görüş savunulmaktadır [52].

Norman ve Stoker tarafından kullanılacak girdi-çıktı sayısının çokluğuna bağlı olmanın yanında deneyimlere dayanarak bu sayının en az 20 olmasının gerekliliği üzerinde durulmaktadır [53].

Boussofiane tarafından ise girdi sayısı m, çıktı sayısı da s ise en az m+s+1 tane karar verme biriminin, araştırma sonuçlarının güvenilirliği için gerekli bir durum olduğu savunulmaktadır. Diğer yandan Boussofiane'nin, değerlendirmeye alınan KVB sayısının, değişken sayısının en az iki katı olması gerektiği yönünde de görüşü bulunmaktadır [54].

4.3.2. Girdi ve çıktıların seçimi

Veri Zarflama Analizinde kullanılan girdi ve çıktı parametreleri, çalışmadaki KVB'leri karşılaştırmanın temelini oluşturduğundan dolayı büyük bir özen gösterilmelidir. Esasında fonksiyonel bir varsayım bulunmasa bile aynı KVB için farklı girdi ve çıktı grupları, farklı verimlilik değerleri alacağından dolayı üretim sürecine nedensel olarak bağlı girdi ve çıktı parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Öte yandan modele çok fazla girdi ve çıktı parametresi eklenmesi, Veri Zarflama Analizi'nin verimli ve verimsiz birimleri birbirinden ayrıştırma yeteneğinin düşmesine sebep olmaktadır. Girdi ve çıktı sayılarının artabilmesi için KVB sayısının da artması gerekmektedir (n = gözlem sayısı, m = girdi sayısı, p = çıktı sayısı iken $n > m+p$).

VZA'daki değişkenler, girdi ve çıktı parametreleri olarak ayrılmakta ve değişkenlerin bu şekildeki ayrımında, KVB'ler üzerindeki etkilerine bakılmaktadır. Retzlaff-Roberts tarafından bu şekildeki ayrım yerine birimler üzerinde pozitif ve negatif etkili değişenler kavramının kullanılmasının daha doğru olacağı belirtilerek artışı birimin daha iyi olarak değerlendirilmesini sağlayan değişkenlerin "pozitif etkili", düşüşü de "negatif etkili" olarak alınmasının gerektiği savunulmaktadır [50]

4.3.3. Göreceli performansın ölçülmesi

Göreceli performans ölçümü, doğrusal programlamaya dayandığından dolayı optimizasyon programlarından (LINDO, GAMS vb.) veya Windows altında çalışabilen özel Veri Zarflama Analizi programlarından (Warwick DEA Software, DEAP, Frontier Analyst vb.) yararlanılabilmektedir.

Cooper ve diğerlerinin formülize ettiği gibi herhangi bir KVB için % 100 performans aşağıda belirtilen hallerde söz konusu olmaktadır [3]:

a) Hiçbir çıktısı aşağıda belirtilen durumların dışında artırılamaz:
   i) bir veya birden fazla girdisinin artırılması ya da
   ii) diğer çıktılarından bazılarının azaltılması.
b) Hiçbir girdisi aşağıda belirtilen durumların dışında azaltılamaz:
   i) çıktılardan bazılarının azaltılması ya da
   ii) diğer bazı girdilerinin artırılması

Hesaplamalar neticesinde her bir KVB için 0 ve 1 arasında (veya % cinsinden 0 ile 100 arasında) performans yani bir verimlilik değeri bulunmaktadır. KVB, performansı 1'e (% 100) eşit olması durumunda "en iyi gözlem" grubunu oluşturmaktadır. 1'den küçük olması durumunda ise göreceli olarak verimsizdir. Göreceli olarak verimsiz KVB'lerin 1'den sapma oranı, göreceli verimsizlik ölçüsünü vermektedir.

Veri Zarflama Analizi'nin uygulanması sonucundaki en büyük faydalı durum, verimli olmayan KVB'lere performanslarını iyileştirebilmeleri için ulaşılabilir hedefler koymasıdır. Çünkü hesaplamalar ile verimli birimlerin elde edilebilir bir teknoloji kullandıkları varsayımı sebebiyle verimli birimlerin teknolojisi, verimsiz birim için de ulaşılabilir olarak kabul edilmektedir.

Hesaplamalar sonucunda etkin KVB'lerin elde edilebilir bir teknoloji kullandıkları kabul edildiğinden dolayı etkin olmayan KVB de ulaşılabilir kabul edilmektedir. Fakat pratikte bu durumun her zaman mümkün olmadığı görülmektedir. Etkin olmayan KVB'lerde kontrol edilemeyen girdiler ya da fiziksel kısıtlar olabilmektedir. Hedeflere ulaşmak için girişilen iyileştirme çabaları sonuçsuz kalabilmektedir. Belirlenen hedefler için etkinlik analizinin yapıldığı ve dolayısıyla hedeflerin belirlendiği tarih "t" iken hedeflere varmak için iyileştirme çalışmalarının muhtemelen "t+1" zamanında yapılması göz önünde bulundurulması gereken diğer noktadır. Bu nedenle, "t" zamanındaki hedeflere bağlı kalmak, etkinliğin zaman içinde sabit olduğu varsayımını yapmak anlamına gelebilmektedir.

KVB'lerin detaylı bir şekilde incelenmesi sonrası her bir karar verme birimi için bütün girdi ve çıktıların göz önünde bulundurulduğu genel bir değerlendirmeye geçilmelidir. Her ne kadar Veri Zarflama Analizi ile belirlenen hedeflere (verimsiz kaynak kullanımının azaltılması vb.), karar vericilere ait çeşitli tercihler nedeniyle ulaşılamamış olsa bile elde edilen bilginin, sonraki çalışmalar için değerlendirilebilmesi, iyileştirmelere açık olması anlayışı önemli kazanımlardır.

4.4. Doğrusal Veri Zarflama Analizi Programı

4.4.1. Birincil (Primal) formülasyon

Cooper ve diğerleri, Eş. 4.1'deki kesirli programa uyarlanabilmesi için doğrusal programlama metotları ile dönüşüm sağlamıştır [3]. Amaç fonksiyonundaki kesiri maksimize etmek için pay ve paydanın bireysel değerleri yerine birbirlerine göre değerleri

önem arz etmektedir. Aynı etkiyi elde etmek için paydayı bir sabite eşitleyip sadece payın maksimize edilmesi gerekmektedir. Kesirli fonksiyondaki amaç fonksiyonun paydasını "1"e eşitleyerek "p" karar verme birimi için doğrusal program elde edilmektedir:

(4.4)

$$\text{MAX } u_i v_k \quad \sum_{i=1}^{t} u_i y_{ip}$$

Aşağıdaki kısıtlar altında:

$$\sum_{i=1}^{t} u_i y_{ic} \leq \sum_{k=1}^{m} v_k x_{kc}$$

$$c=1,\ldots,N$$

$$\sum_{k=1}^{m} v_k x_{kp} = 1$$

(4.5)

$u_i . v_k > 0$ tüm i ve k'lar için.

Modeldeki u_i ve v_k değerleri, girdi ve çıktılar üzerindeki ağırlıklar olup problemin değişkenlerini oluşturmaktadırlar. Yukarıda belirtilen model doğrusaldır. Bu model girdilerin ağırlıklı toplamını "1" ile kısıtlayarak ui ve v_k için uygun değerler seçip "p" karar verme biriminin ağırlıklı çıktı toplamını maksimize etmektedir. Kesirli fonksiyonda bulunan "1"den küçüktür kısıtları primal doğrusal programda da bulunmaktadır. Böylece verimlilik değeri "1"i aşamamaktadır.

Benzer bir doğrusal program, "p" karar verme birimi için ağırlıklı girdiler minimize edilip ağırlıklı çıktılar da "1"e eşitlenerek elde edilmektedir:

(4.6)

$$\text{MIN } v_k u_i \quad \sum_{k=1}^{m} v_k x_{kp}$$

Aşağıda belirtilen kısıtlar altında:

$$\sum_{k=1}^{m} v_k x_{kc} \geq \sum_{i=1}^{t} u_i y_{ic} \qquad (4.7)$$

c=1,...,N

$$\sum_{i=1}^{t} u_i y_{ic} = 1, \quad u_i, v_k > 0, \quad \text{tüm i ve k'lar için}$$

ui.vk >0. tüm i ve k'lar için.

Görüldüğü gibi primal formülasyondaki girdi ve çıktı ağırlıkları (u_i ve v_k) pozitiflik kısıtına sahip iken olağan doğrusal programlarda yalnızca negatif olmama kısıtları bulunmaktadır. Veri Zarflama Analizi'ndeki bu katı pozitif olma kısıtı, Cooper ve diğerleri tarafından modele konulmuştur [3]. Böylece girdi ve çıktı ağırlıkları aşağıda belitildiği gibi kısıtlanmıştır:

$$v_k > \varepsilon, \; k = 1, \ldots, m \qquad (4.8)$$

$$u_i > \varepsilon, \; i = 1, \ldots, t$$

Burada "ε" ihmal edilebilir oranda küçük bir değer veya non-Archimedean sabiti olarak ifade edilen ve ekseriyetle 10-5 veya 10-6 düzeyinde kullanılan bir değerdir. Lewin ve Morey tarafından ağırlıklar üzerindeki pozitiflik kısıtı, "alt sınır kısıtları" olarak isimlendirilmektedir [55].

4.4.2. İkincil (Dual) formülasyon

Aynı verileri kullanan ortak bir doğrusal programın formüle edilmesi, herhangi bir doğrusal program için mümkün olmaktadır. Birincil formülasyon programı ya da ikincil formülasyon programının çözümü, modellenen problem hakkında aynı bilgiyi vermektedir. Veri Zarflama Analizi doğrusal programı da buna bir istisna oluşturmamaktadır. Eş. 4.4 ve Eş. 4.6'daki formülasyonlar doğrusal programlardır. Etkinlik değerinin hesaplanmasında Veri Zarflama Analizi, bu doğrusal programların dual formülasyonunu kullanmaktadır. Eş. 4.4'deki denklemin duali, gerçek etkinlik sınırının parçalı doğrusal bir yaklaşımını, m tane girdinin

miktarlarını t tane çıktının miktar seviyesini karşılaması için minimize ederek kurmaktadır. Yani:

$$\text{Min } \lambda_c \qquad h_p - \varepsilon\left(\sum_{k=1}^{m} s_k + \sum_{i=1}^{t} s_i\right) \tag{4.9}$$

Aşağıdaki kısıtlar altında:

$$\begin{aligned} & x_{kp}h_p - s_k = \sum_{c=1}^{N} x_{kc}\lambda_c && \text{k=1,...,m} \\ & y_{ip}s_i = \sum_{c=1}^{N} y_{ic}\lambda_c && \text{i=1,...,t} \\ & \lambda_c \geq 0 && \text{c=1,...,N (birimlerdeki ağırlıklar)} \\ & s_k \geq 0 && \text{k=1,...,m (girdi aylak değişkenleri)} \\ & s_i \geq 0 && \text{i=1,...,t (çıktı aylak değişkenleri)} \end{aligned} \tag{4.10}$$

Modeldeki h_p işaretçe kısıtsız olup ε ihmal edilebilir büyüklükte bir sabittir. Bu sayı, Cooper ve diğerlerinin primal denklemde kullandıkları sabitin benzeridir [73].

Dual program, primal program kadar sade ve düzenli görünmese de yorumu oldukça basittir. "p" karar verme birimi ancak ve ancak verimlilik oranı olan hp^* "1"e ve tüm aylak değişkenler sıfıra eşit ise göreli olarak verimli demektir.

$$h_p^* = 1 \text{ ve } S_k^* = S_i^* = 0 \tag{4.11}$$

tüm k ve i'ler için.

Yukarıdaki yıldız (*) işareti, değişkenlerin ikincil formülasyon programı içindeki optimal değerlerini göstermektedir. Eş. 4.11'deki etkinlik koşulları gerçekleştiğinde, söz konusu karar verme biriminin etkinlik sınırı üzerinde yer alması gerekmektedir. Bu durumdaki karar verme birimleri etkin olmayan birimlere göre, "baskın" veya "en iyi gözlem"in bir tanımı olarak düşünülmelidir. Görüldüğü gibi dual program girdi veya çıktı üzerindeki ağırlıklar yerine KVB'ler üzerindeki ağırlıkları (λ_c) hesaplamaktadır. Ayrıca ikincil formülasyon programındaki ağırlıklar ise sıfıra eşit ya da sıfırdan büyük olmalıdır. Hesaplamada ikincil

formülasyon programı, birincil formülasyona göre daha kolay işlenir özelliklere sahiptir. Kısıtlar, birincil formülasyon programında tüm "N" karar verme birimleri üzerinde odaklanmaktadır. Bunun tersine ikincil programda kısıtlar, girdi, çıktı ve karar verme birimlerindeki toplamlar üzerindedir. Girdi ve çıktı sayıları hiçbir zaman KVB sayısını aşmamaktadır. Simplex metodun hesaplama verimliliği, kısıt grubu büyüdükçe düşmektedir. İkincil formülasyon programı, girdi ve çıktı parametreleri üzerindeki (m+t) kısıt sayısı ile "N" tane karar verme birimi üzerindeki N tane kısıt taşıyan programa, hesaplamada kolaylık nedeniyle tercih edilmektedir.

Eş. 4.6'daki denklemin çıktı maksimizasyon duali ise;

$$\text{Max } \lambda_c \qquad f_p + \varepsilon\left(\sum_{k=1}^{m} s_k + \sum_{i=1}^{t} s_i\right) \tag{4.12}$$

Aşağıdaki kısıtlar altında:

$$f_p y_{ip} + s_i = \sum_{c=1}^{N} \lambda_c y_{ic} \qquad i=1,\ldots,t$$

$$x_{kp} - s_k = \sum_{c=1}^{N} \lambda_c x_{kc} \qquad k=1,\ldots,m \qquad \text{ve,} \tag{4.13}$$

$\lambda_c \geq 0$, c=1,…,N (birim ağırlıkları)
$s_k \geq 0$, k=1,…,m (girdi aylak değişkenleri)
$s_i \geq 0$, i=1,…,t (çıktı aylak değişkenleri)

şeklindedir.

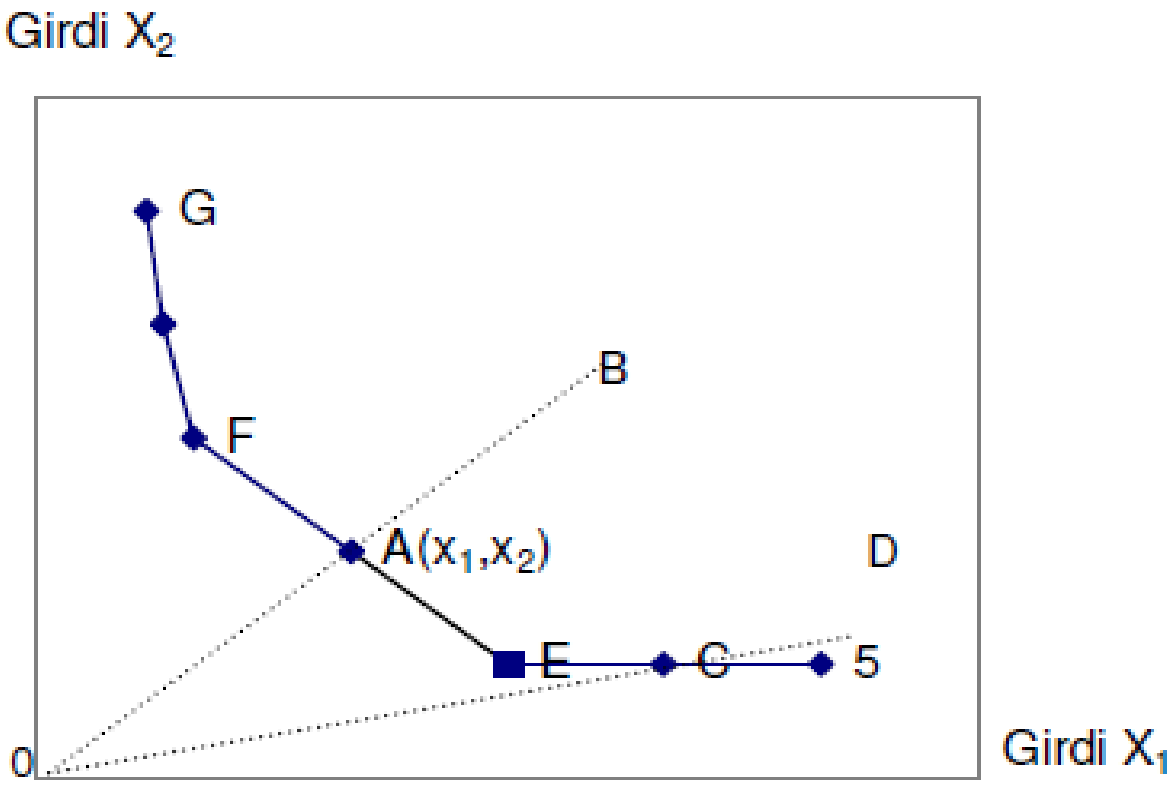
Burada da fp işaretçe kısıtsızdır ve "p" karar verme biriminin çıktı etkinliği, veri bir girdi grubu için hesaplanmaktadır. Görüldüğü gibi "çıktı maksimizasyonu" veya "girdi minimizasyonu" için dönüşüm sonucu elde edilen doğrusal formülasyon kullanılabilmektedir. Bunlardan birincisi bir KVB için çıktı verimliliğini, ikincisi ise girdi verimliliğini hesaplamaktadır. Tüm doğrusal programlarda olduğu gibi her iki formülün de birincil ve ikincil olmak üzere iki bileşeni bulunmaktadır.

4.5. Veri Zarflama Analizi'nde Toplam Etkinlik

4.5.1. Teknik etkinlik

Örneklemelerimizin altında yatan üretim teknolojisi, bir dizi kesişen doğrusal parçadan kuruludur. Bu parçalardan her biri ikincil formülasyon programın optimal çözümündeki kısıtlardan birini simgelemektedir. Doğrusal parçalar bir araya geldiklerinde kapalı konveks bir üretim grubu oluşturmaktadırlar.

Bir karar verme birimi; eğer bir başka karar verme birimi veya karar verme birimlerinin doğrusal bileşimi, eşit miktarda çıktıyı en az bir girdiyi daha az kullanarak üretmiyor ise teknik verimliliğe sahip demektir. Bu tanım, Eş. 4.11'deki etkinlik koşullarıyla denklik göstermektedir. Tekrarlamak gerekirse, "p" karar verme birimi verimlilik oranı "1"e ve tüm aylak değişkenleri "0"a eşitse verimlidir.



Şekil 4.2. Etkinlik sınırı (girdi minimizasyonu)

Şekil 4.2, tek bir çıktı üretirken iki girdi kullanan (x1 ve x2) 5 karar verme birimine (B, D, E,F,G) dayanan varsayımsal bir etkinlik sınırını göstermektedir. G, F ve E sınır üzerinde yer almaktadır ve "en iyi gözlem" grubunu oluşturmaktadırlar. Bu da başka herhangi bir karar verme birimi veya karar verme birimlerinin doğrusal bileşimi, aynı seviyede çıktıyı girdilerden birini veya ikisini de daha az kullanarak üretmiyor demektir. Bahsedilen bu karar verme birimlerinin (G, F, E) etkinlik oranları "1"e eşittir ve dualin çözümünde tüm aylak değişkenleri sıfırdır. B ve D karar verme birimleri sınır performansla göreli olarak etkin

değildir. Çünkü aynı düzeydeki çıktıyı girdilerden en az birini daha az kullanarak üretebilen bir karar verme birimi veya bir karar verme birimleri bileşimi bulmak mümkündür. Örneğin B karar verme birimi için etkinlik oranı 1'den küçüktür. Bu oran merkeze olan uzaklık esas alınarak OA/OB biçiminde ifade edilmektedir. Oranın 1'den küçük olması E ve F karar verme birimlerinin doğrusal kombinasyonunun en az B karar verme biriminin ürettiği kadar çıktıyı, x1 ve x2'yi daha az kullanarak üretebildiklerini göstermektedir. Etkinlik oranı, B karar verme birimi için sınır üzerinde bir hedef tespit etmek için kullanılabilmektedir. Bu hedef, B karar verme biriminin fiili performansını en iyi gözlemi oluşturan karar verme birimlerinin gerisinde kalmayacak şekilde iyileştirmesini sağlayabilecek durumdadır ((OA/OB)-OB=OA). Kavramsal olarak, OB vektöründe tanımlanan girdi tüketimi, yukarıda verilen etkinlik göstergeleri yardımıyla OA hedef vektörüne uydurulabilecek seviyededir. Hedefin belirttiği, B karar verme birimindeki girdi tüketiminin, aynı çıktı seviyesi korunmak suretiyle Şekil 4.2'deki x_1 ve x_2'ye çekilebileceğini göstermektedir.

Girdi minimizasyonu ikincil formülasyon programında, çıktı üzerindeki kısıtlar eşit- orantılı bir çıktı düzenlemesi gerektirmemekte ve ancak optimal çıktı aylak değişkenleri, si*, (i = 1……. t) sıfırdan farklı ise önem arz etmektedirler. B karar verme birimi için tüm girdi ve çıktı aylak değişkenleri sıfıra eşittir. Ancak D karar verme birimi girdi x1 için sıfırdan büyük bir aylak değişkene sahiptir. D için etkinlik oranı OC/OD olup her iki girdi için de eşit-orantılı bir azalma gerektirmektedir. Ancak C noktasına baktığımızda E karar verme biriminin aynı miktar çıktıyı daha az x1 ve aynı miktarda x2 ile ürettiğini görmekteyiz. Dolayısıyla D karar verme birimi x1 tüketimini C noktasından E noktasına olan yatay uzaklık miktarı kadar azaltmadığı takdirde tam (göreceli olarak) etkin olamayacaktır. C ve E karar verme birimleri arasındaki bu uzaklık (x1 kullanımındaki miktar farkı), D karar verme birimi için dual programda sıfırdan farklı bir s1* aylak değişkeni ile ifade edilmektedir:

$h_D^*=OC/OD$

Kısıtlar, (4.14)

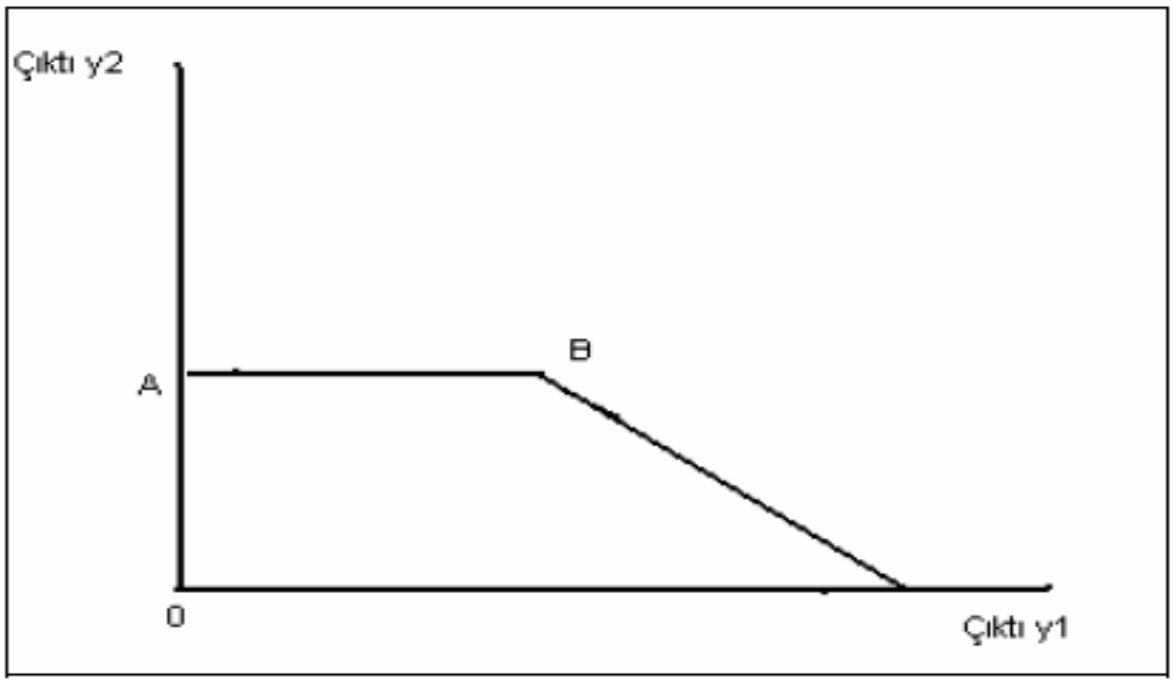
Girdi 1 için; $x_{1D}.h_D^*-s_1^* = x_{1E}.\lambda_E^*$

Girdi 2 için; $x_{2D}.h_D^*-0 = x_{2E}.\lambda_E^*$

Çıktı için; $y_{1B}+0 = y_{1E}\lambda_E^* + y_{1F}\lambda_F^*$

D karar verme birimi için hedef, h_D^* ile verilen, her iki girdide de radyal bir büzülme (contraction) ayrıca s1* aylak değişkeni ile verilen x1 girdisinde ek bir azaltma ile tanımlanmaktadır. Gerekli büzülme ve ek azaltma ile D karar verme birimi hedef performansa ulaşabilmektedir. Referans grubunda yalnızca E karar birimi bulunmamaktadır. Çünkü hedef performansı, bu "en iyi gözlem" karar verme biriminde gözlemlenen performans ile tam olarak çakışmaktadır ($\lambda_E^* = 1$ ve $\lambda_C^* = 0$, c≠E).

Şekil 4.3'de bir çıktı yüzeyi görülmektedir. Burada parçalı bir doğrusallık vardır ve her bir parça dual programdaki bir çıktı kısıtının varlığını göstermektedir. İkincil formülasyon programında A karar verme birimi için çözüm yukarıda anlatıldığı gibidir. Ancak burada çıktılar üzerinde iki kısıt bulunmaktadır.



Şekil 4.3. Etkinlik sınırı (çıktı maksimizasyonu)

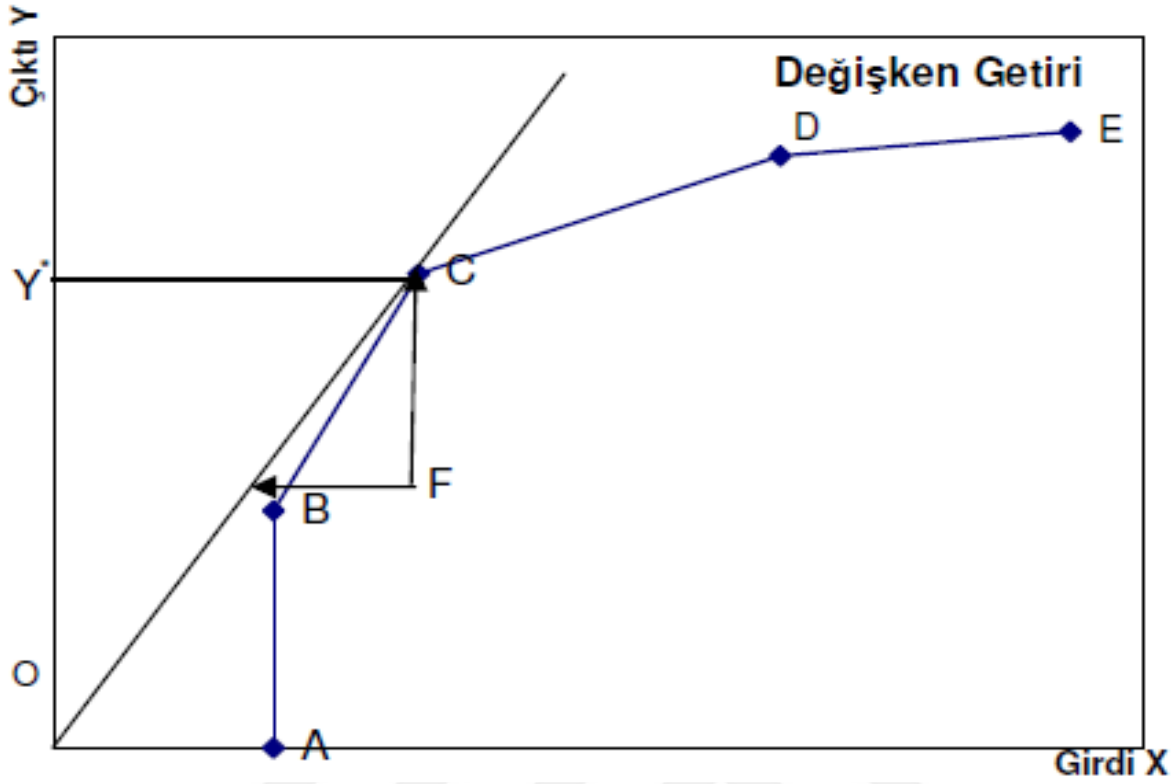
Çıktı 1: $y_{1A} + s_1^* = y_{1B}.\ \lambda_B^*$ (4.15)

Çıktı 2: $y_{2A} + 0 = y_{2B}\ .\ \lambda_B^*$

y_2 üzerindeki aylak değişken sıfırdır, yani $s_2^* = 0$'dır. Ancak y_1 üzerindeki aylak değişken pozitiftir (s1*>0). Şekil 4.3'de A karar verme birimi, B karar verme birimi kadar y_2 üretebilirken, B'den daha az y_1 üretebilmektedir. y_1 üzerindeki aylak değişken; A karar verme birimi, B karar verme birimi tarafından belirlenen standarda ulaşabilmek için y_1 çıktısını ne kadar arttırması gerektiğini göstermektedir. Bu miktar AB yatay uzaklığına eşittir: $AB = s_1^*$.

4.5.2. Ölçek etkinliği

Parametresiz yaklaşımın ilk uygulamaları ölçeğe göre sabit getirili üretim varsayımından yola çıkan doğrusal programlamalar olmuştur. Ancak, birçok ekonomist bu varsayımları fazla kısıtlayıcı bulduklarından dolayı Veri Zarflama Analizi yerine alternatif istatistiksel yöntemler kullanmayı tercih etmişlerdir. Ancak, Banker ve Thrall'ın [56]; Fare, Grosskopf ve Lovell'in [57]; Banker [58]; Banker. Charnes ve Cooper'ın [59] ve Banker, Charnes, Cooper ve Schinnar'ın [60] çalışmaları bu doğrusal programlama yaklaşımını daha geniş referans teknolojilerini kapsayacak şekilde geliştirerek daha geniş uygulama alanı kazandırmışlardır. Veri Zarflama Analizi, aynı zamanda ölçek etkinliği konusunda da bilgi üretebilen bir tekniktir. Eğer ağırlıklar toplamı 1'e eşit olacak şekilde kısıtlanırsa (λ_c^*=1) etkinlik sınırı ölçeğe göre artan, azalan ve sabit getirileri içerecek durumda bir değişken getirili özelliğe sahip olabilmektedir. Buna göre bir karar verme biriminin teknik etkinliğini koruması koşuluyla ölçeğindeki artış, toplam etkinliğini artırıyorsa bu KVB için ölçeğe göre artan getiri (increasing return to scale-IRS); toplam etkinliğini azaltıyorsa ölçeğe göre azalan getiri bulunmaktadır (decreasing return to scale-DRS). Diğer yandan bir KVB'nin teknik etkinliğini koruması koşuluyla ölçeğindeki artış ya da azalış toplam etkinliğini değiştirmiyorsa bu karar verme birimi için ölçeğe göre sabit getiri (constant return to scale-CRS) bulunmaktadır. Şekil 4.4'de artan ve azalan ölçeğe göre getiri mümkün olduğundan dolayı etkinlik sınırı üzerinde ölçek etkinliğine sahip olmayan KVB'ler de bulunabilmektedir. Örneğin B karar verme birimi (ölçeğe göre artan getirili), E karar verme birimi (ölçeğe göre azalan getirili) ve D karar verme birimi ölçek etkinliğine sahip olmasalar da ölçeğe göre teknik verimliliğe sahip durumdadırlar. Sonuç itibariyle elde edilen etkinlik sınırı, parçalı doğrusal bir niteliğe sahip ABCDE sınırıdır.



Şekil 4.4. Ölçeğe göre değişen getiri

Her bir parça, ölçeğe göre değişmekte ve ikincil programın bir kısıtının çözümüne denk gelmektedir. Ölçek etkinliğine sahip KVB olan C'ye göre daha düşük girdi-çıktı kombinasyonu seviyelerinde, yani BC doğru parçası boyunca ölçeğe göre artan getiri; daha yüksek çıktı-girdi kombinasyonlarında ise ölçeğe göre azalan getiri bulunmaktadır. Ölçek etkinliğine sahip karar verme birimi C ise hem sabit getirili hem de değişken getirili etkinlik sınırları üzerinde bulunmakla beraber gerçekte bunların kesiminde yer almaktadır.

Şekil 4.4'deki gözlem grubundan hareketle ölçeğe göre sabit getiri varsayımı yapılır ise 0 ile C noktasından geçen doğru parçası, teknik etkinlik sınırını oluşturmaktadır. Bu duruma göre, ölçeğe göre değişen getiri varsayımı altında etkin görünen ve etkinlik sınırında bulunan B ve D noktaları ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında etkin olmayan şekilde görünmektedir.

Ölçek etkinliği, VRS etkinlik skoru ile CRS etkinlik skoru arasındaki aralığın ölçümünü yapmaktadır. Herhangi bir karar verme birimi için ölçek etkinliği, VRS varsayımlarına göre elde edilen etkinlik skorunun CRS etkinlik skoruna bölünmesi ile hesaplanmaktadır. Ölçek etkinlik skorunun 1'den küçük olması ölçek etkinsizliğini; 1'e eşit olması ve CRS etkinlik skoru ile VRS etkinlik skorunun 1'e eşit olması durumları da KVB'nin ölçek etkinliğini

göstermektedir. Böylece yukarıda gösterilen karar verme birimlerinden B ve D teknik olarak etkin olup ölçek açısından etkin durumda değildir. Burada yalnızca C karar verme birimi ölçek etkinliğine sahip durumdadır [3]. Doğrusal programlama modelinde KVB'ler üzerindeki ağırlıkları 1'e eşitleyen kısıt, etkinlik sınırının "en iyi gözlem"in çoklu doğrusal kombinasyonlarından oluşmasına ve göreli etkinliğin daha az katı bir şekilde tanımlanmasına imkân tanımaktadır. Çünkü bu kez ölçeğe göre artan ve azalan durumlar da modelin içinde yani etkinlik sınırında yer almaktadır. Genel olarak ölçeğe göre sabit getiri durumunda etkinlik karşılaştırması, performansın daha düşük olduğu bir durum ortaya çıkarmaktadır. Çünkü bir karar verme biriminin "1" etkinlik değerine ulaşabilmesi için hem ölçek etkinliğine hem de teknik etkinliğe sahip olması gerekmektedir. Ölçeğe göre değişen getiri durumunda ise ölçek etkinliği olmayan bir KVB, eğer teknik etkinliğe sahip ise "en iyi gözlem" olarak sınır üzerinde yer alabilmektedir [3]. Dolayısıyla aynı KVB için teknik etkinlik ölçüsünün, ölçeğe göre sabit getiri durumundaki ölçeğe göre değişen getiri durumuna oranla daha düşük olduğu söylenebilmektedir.

4.6. Malmquist İndeksi

Malmquist TFV İndeksi, iki gözlemin Toplam Faktör Verimliliği'ndeki değişmeyi, ortak bir teknolojiye olan uzaklıkların oranı olarak ölçmektedir. Diewert, Christensen ve Caves, Toplam Faktör Verimliliği indeksinin ölçümü için Veri Zarflama Analizi temelli bir teknik geliştirmiş ve TFV değişimini, teknik değişim ve etkinlik değişimi bileşenlerinin toplamı olarak açıklamaktadırlar [61]. Bu indekse, uzaklık fonksiyonları yardımıyla indeks kurma fikrini ilk ortaya atan Sten Malmquist olması sebebiyle Malmquist ismi verilmiştir. Veri Zarflama Analizi, statik bir analiz şekli olup bir tek dönemdeki KVB verileri arasında bir kesit analizi yapmaktadır. Veri Zarflama Analizi ile etkinliği saptanmış bir KVB daha sonraki dönemlerde etkinliğini yitirerek referans olma özelliğini de kaybedebilmektedir. Bu nedenle, zaman içinde etkinliğin nasıl gelişmekte olduğunu incelemek de önem taşımaktadır. Malmquist TFV indeksi de zaman içinde verimliliğin ölçülmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Grosskopf, verimlilik artışını etkinlik ve teknik değişimdeki değişime bağlı olarak çıktıda meydana gelen net artış olarak tanımlayarak etkinlikten kastın teknoloji sınırından ne kadar uzakta olunduğu; teknik değişimden kastın da üretim sınırının yer değiştirmesi olarak anlaşılması gerektiğini belirtmiştir [62].

Etkinlik değişimlerini zaman içinde görebilmede kullanılan teknik, Malmquist Indeks Toplam Faktör Verimliliğidir.

Malmquist Toplam Faktör Verimliliği indeksi, bahsedilen avantajlara ilaveten indeksi oluşturan iki bileşeni açıkça tanımlayabilmektedir. Bunlar, karar verme biriminin etkin sınıra yaklaşma sürecinin bir değerlendirmesi olan etkinlik değişimi (efficiency change) ve etkin sınırın zaman içinde değişimini belirlemeye yönelik olarak oluşturulan teknik değişmedir (technical change).

Malmquist Toplam Faktör Verimliliği indeksi hem parametrik hem de parametrik olmayan yaklaşımlar imkânı vermektedir. Bu çalışmaya uygun olanı, parametrik olmayan Veri Zarflama Analizi tabanlı bir yaklaşımdır. Bu yüzden burada sadece parametrik olmayan Malmquist indeks yaklaşımı anlatılmıştır. Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi, iki gözlemin toplam faktör verimliliğindeki değişmeyi, ortak bir teknolojiye göre her bir noktanın uzaklığının oranını hesaplayarak ölçmektedir. Bu ölçüm için uzaklık fonksiyonu kullanılmaktadır. Malmquist indeksi ile uzaklık fonksiyonları arasındaki ilişki bu noktada doğmaktadır. Bunu yaparken yararlandığı uzaklık fonksiyonu, kâr maksimizasyonu veya maliyet minimizasyonu gibi herhangi bir davranışsal varsayım gerektirmeden birden fazla çıktı ve girdinin söz konusu olduğu durumlarda üretim teknolojisini belirleyebilmektedir. Uzaklık fonksiyonları yalnızca girdi ve çıktı miktarlarına dayalı çoklu çıktı ve çoklu girdi teknolojilerini yansıtmakta; çıktı ve girdilere ait gelir ve maliyet paylarının bilinmesine gerek duymamaktadır Girdi uzaklık fonksiyonu, çıktı vektörü verildiğinde oransal olarak en çok büzülen girdi vektörüne bağlı olarak üretim teknolojisini tanımlamaktadır. Benzer olarak, çıktı uzaklık fonksiyonu, girdi vektörü verildiğinde oransal olarak en çok genişleyen girdi vektörüne bağlı olarak üretim teknolojisini tanımlamaktadır.

Toplam Faktör Verimliliğindeki değişmeyi ölçebilmek için en az iki dönem gerekli olup her iki dönem için de uzaklık fonksiyonları, maksimum ortalama çıktıdan olan sapmaları ölçmek için kullanılmaktadır. Bu bağlamda Malmquist Toplam Faktör Verimliliği indeksi, iki zaman arasında bir karar verme biriminin etkinliğindeki değişmenin değerlendirilmesine imkân vermekte ve bu yolla Toplam Faktör Verimliliğindeki etkinlik değişimi ve teknik değişmenin katkıları belirlenebilmektedir [62]. Burada etkinlik değişimi, üretim sınırını yakalama etkisi (catch-up effect) olarak ifade edilirken, teknik değişme ise üretim sınırı eğrisinin yer değiştirmesi (frontier-shift) olarak da ifade edilmektedir. Etkinlik değişimi ve teknik değişim,

TFV'deki değişmenin ana unsurlarını oluşturmaktadır. Başka bir deyişle, her iki değişimin çarpımı TFV'deki değişmeyi vermektedir [61].

Malmquist İndeksi (MI), sınır teknolojideki ilerleme ve gerileme doğrultusunda KVB'lerin Toplam Faktör Verimliliğindeki ilerleme ve gerilemesini yansıtmaktadır. MI >1 bir dönemden diğer bir döneme karar verme birimi için Toplam Faktör Verimliliğindeki ilerlemeyi ifade ederken; MI = 1 ve MI < 1 sırasıyla Toplam Faktör Verimliliğindeki değişmemeyi ve azalmayı göstermektedir. Yine teknik etkinlik değişimi ve teknik değişim değerlerinin 1'den büyük olması teknik etkinlikteki ve teknolojideki ilerlemeyi ifade ederken, 1'den küçük olmaları gerilemeyi ifade etmektedir. Malmquist TFV indeksinin bu unsurlara ayrışması, TFV'deki artışın ana kaynaklarının belirlenmesinde önem kazanmaktadır. Diğer bir deyişle, teknik değişme ile etkinlik değişiminin çarpımı toplam faktör verimliliğindeki değişmeyi vermektedir [61].

Geleneksel olarak etkinlik ve verimlilik ölçümleri, ya girdiler sabit tutulurken çıktı miktarının artırılması (çıktı odaklı) ya da çıktılar sabit tutulurken girdi miktarının azaltılması (girdi odaklı) varsayımlarına göre yapılmaktadır. Burada çıktı odaklı model kullanılmıştır [61].

Her bir zaman periyodu (t=1,…T) için çıktı yönlü Malmquist İndeks üretim teknolojisi girdilerin ($\mathbf{x_t}$) çıktıya ($\mathbf{y_t}$) dönüşümlerinin pozitifliği olarak tanımlanmaktadır.
Bu teknoloji Şekil 4.5'de gösterilmiştir (t ve t+1 periyodu için). t zamanındaki teknik değişim,

$P_t(x) = \{y_t, x_t$ 'nin y_t dönüşümü $\}$.

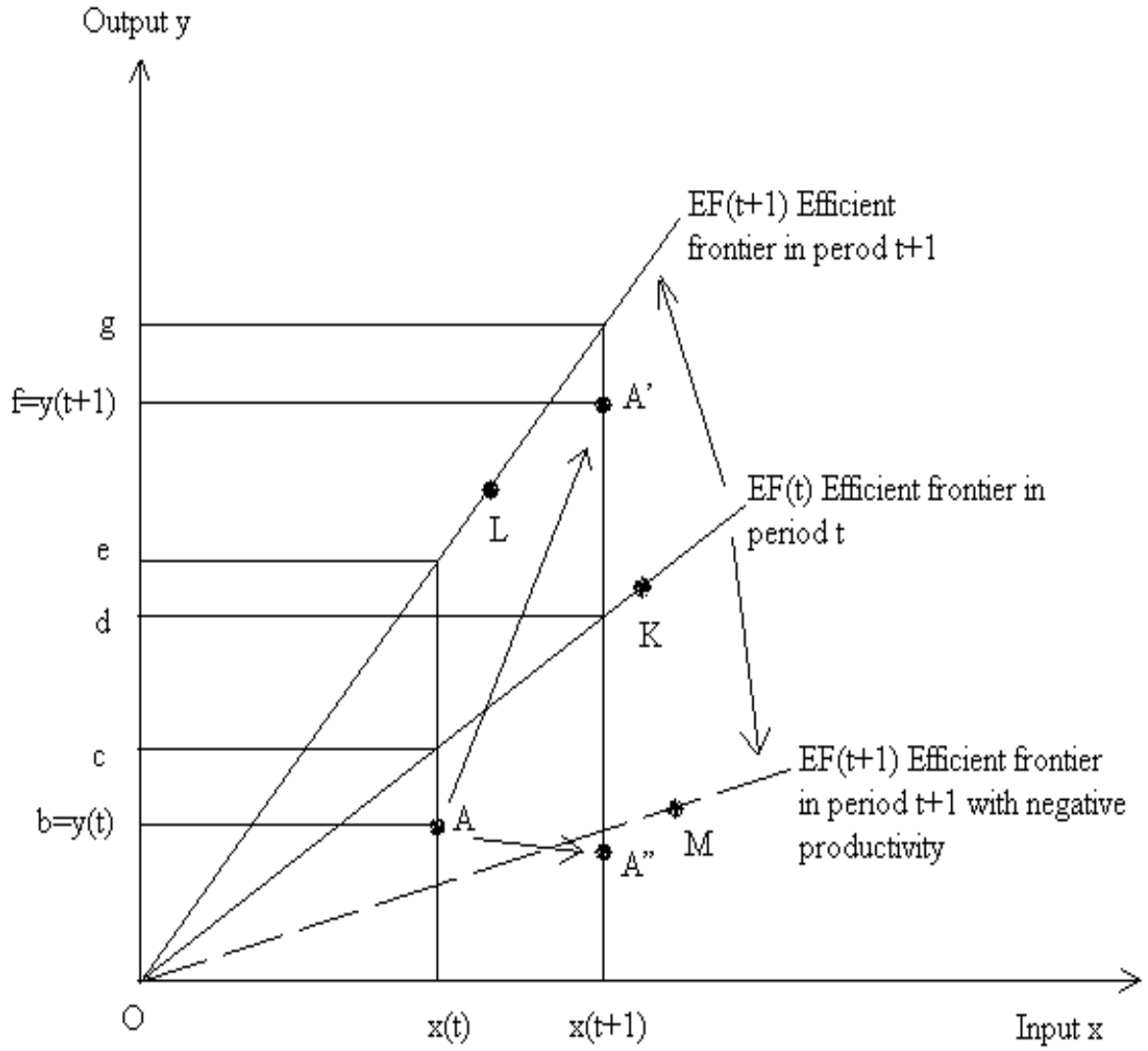
Karar verme birimlerinin t zamanında teknik etkinliğini ölçmek için çıktı fonksiyonu:

$$d_t(x_t, y_t) = \min \{\theta : (x_t, y_t/\theta) \quad P_t(x)\}.$$

olarak tanımlanmaktadır.

Verilen girdiyle maksimum çıktının mümkünlüğü bu fonksiyonla ölçülmektedir. Malmquist İndeks tek bir girdinin CRS kabulüyle output dönüşümü Şekil 4.5'de verilmiştir. Buradaki A ve A' noktaları t anından t+1 zamanında karar verme birimlerinin girdi-çıktı

kombinasyonlarını göstermektedir. Aynı zamanda **t (t+1)**, K (L veya M) noktalarının en iyi performansa dönüşümlerini de göstermektedir.



Şekil 4.5. Malmquist indeks analizi ile etkinlik değişimi

Karar verme birimlerinin çıktı yönlü etkinliği, Oc/Ob ile ölçülmektedir (Etkinlik A< 1, TFV CRS (CCR) etkin değil). Karar verme birimleri EF(t) üzerinde ise skor 1'dir (yani TFV CRS etkindir). Karar verme birimi t+1 zamanında A' taşınmakta ve EF(t+1) üzerine gelmektedir. Burada TFV CCR, çıktı yönlü MI, t ve t+1 zaman değişimi için:

$$MI_o(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) = \sqrt{\frac{d_t^o(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_t^o(x_t, y_t)} x \frac{d_{t+1}^o(x_{t+1} y_{t+1})}{d_{t+1}^o(x_t, y_t)}} \quad (4.16)$$

şeklinde tanımlanmaktadır.

Fare ve diğerleri tarafından önerilen ifade ise:

$$MI_o(x_{t+1}, y_{t+1}, x_t, y_t) = \frac{d^o_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d^o_t(x_t, y_t)} \sqrt{\frac{d^o_t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d^o_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})} x \frac{d^o_{t+1}(x_t\, y_t)}{d^o_{t+1}(x_t, y_t)}} \quad (4.17)$$

ya da Şekil 4.5'e göre

$$MI_o(t, t+1) = \sqrt{\frac{Of/Od}{Of/Og} x \frac{Ob/Oc}{Ob/Oe}} \quad (4.18)$$

şeklindedir [57].

Teknik etkinlik, ölçek etkinliği ve saf teknik etkinliğinden oluşmakta ve bu iki indeksin çarpımıyla elde edilmektedir. Ölçek etkinliği, işletmelerin uygun ölçekte çalışıp çalışmadığı; saf teknik etkinlik ise yönetsel etkinliği sorgulamaktadır. Teknolojideki değişme aracılığıyla ise, aynı girdiyle üretilen çıktı miktarındaki değişmenin yönü araştırılmaktadır.

Malmquist TFV indeksi, zaman içinde verimliliğin ölçülmesinde birçok durumda kullanılmaktadır. Bu indeksin bu kadar yaygın kullanılmasının üç temel nedeni bulunmaktadır:

1- Tornqvist indeksi ve Fisher' in ideal indeksinin hesaplanmasında gerekli olan fiyatların belirlenmesi şeklinde bir gereksinim bulunmamaktadır. Bazı durumlarda fiyat verileri sağlıklı olmayabilmektedir. Bu durumda, Malmquist TFV indeksi kullanılmaktadır.

2- Toplam Faktör Verimliliğinin, Tornqvist indeksi ve Fisher'in ideal indeksinden farklı olarak hesaplanabilmesi için maliyetin minimize edilmesi ya da kârın maksimumlaştırılması şeklinde varsayımları bulunmamaktadır.

3- Çeşitli kaynaklardan elde edilmiş olan panel verileri kullanarak çözümlemeler yapabilmektedir.

Şekil 4.5'e göre etkinlik değişimi tanımları ise:

$$\text{Etkinlik değişimi (EFFCH)} = \frac{Of\ /\ Od}{Ob\ /\ Oc} \tag{4.19}$$

$$\text{Teknik değişim (TECHCH)} = \sqrt{\frac{Of\ /\ Od}{Of\ /\ Og}\ x\ \frac{Ob\ /\ Oc}{Ob\ /\ Oe}} \tag{4.20}$$

olarak tanımlanabilmektedir.

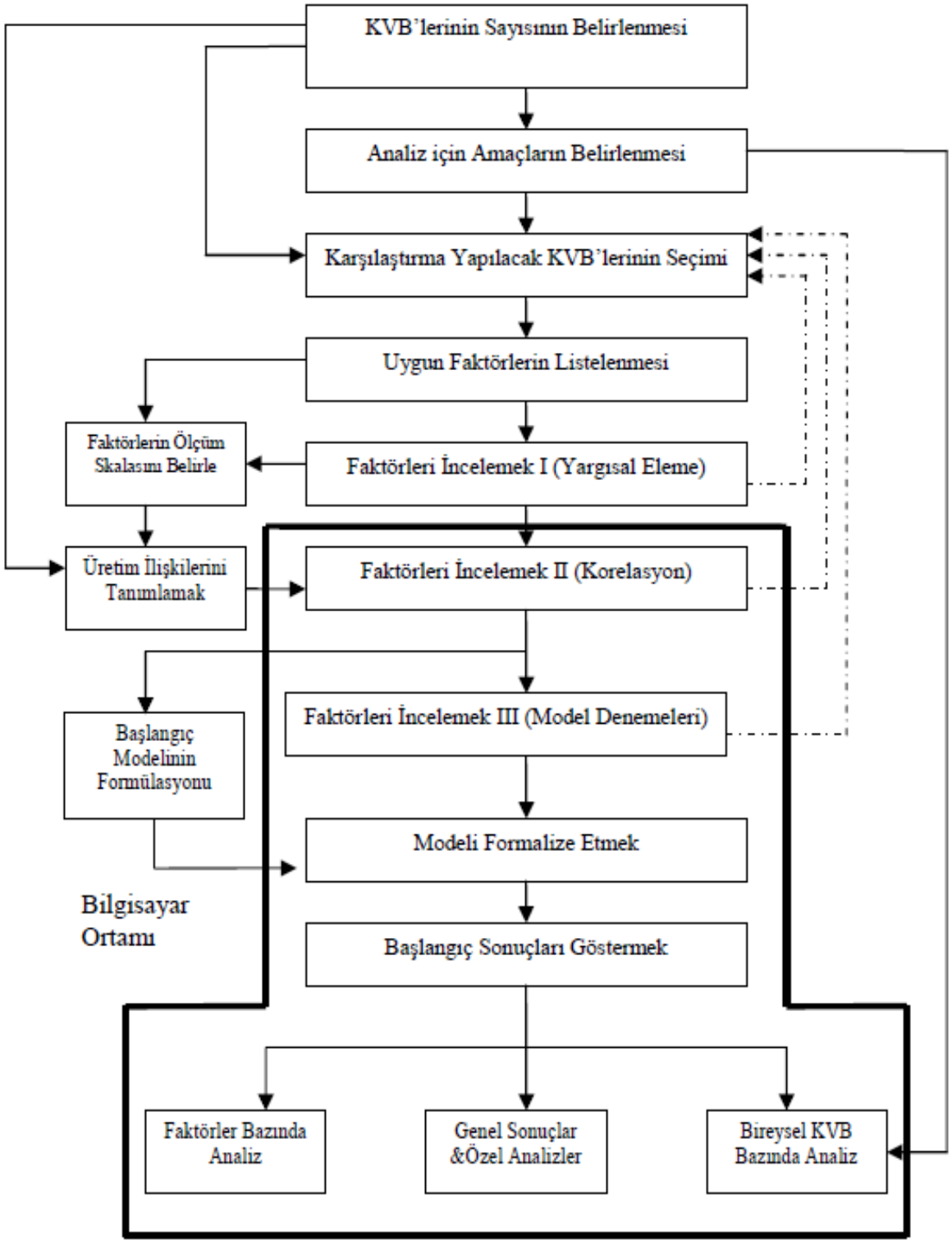
Saf etkinlik değişimi (PECH) ve ölçek etkinlik değişimi (SECH) ise:

$$\text{PECH} = \frac{d_{t+1}(x_{t+1},\ y_{t+1})}{d_t^{o}(x_t,\ y_t)} \tag{4.21}$$

$$\text{SECH} = \frac{d_{t+1}^{c}(x_{t+1},\ y_{t+1})}{d_{t+1}^{v}(x_{t+1,}\ y_{t+1})} \Big/ \frac{d_t^{c}(x_t,\ y_t)}{d_t^{v}(x_t,\ y_t)} \tag{4.22}$$

olarak gösterilebilmektedir.

Gerek Veri Zarflama Analizi gerekse Malmquist İndeks yaklaşımı belirli bir algoritma ve akış şemasına uygun bir yol haritası düzenlenerek yapılmalıdır. Bu akış diyagramı Şekil 4.6'da verilmiştir. Analizde uygulanan işlem basamakları burada tanımlanmaktadır.



Şekil 4.6. Veri Zarflama Analizi'nin uygulama modeli

5. ETKİNLİK ANALİZİ SONUÇLARI (UYGULAMA)

Bu çalışmada, literatürde birçok uygulamada performans değerlendirme tekniği olarak kullanılan Veri Zarflama Analizi ve Malmquist İndeks yöntemleri, Türkiye'deki havaalanlarının trafik göstergeleri bakımından göreceli performanslarının belirlenmesi için kullanılmıştır. VZA modellerinden VRS modeli uygulanmak suretiyle bir kesit analizi yapılmıştır. Çalışmada iç hat, dış hat yolcu taşımacılığı ve gelen-giden kargo performansları bakımından karar verme birimi olarak seçilen, Çizelge 5.1'de verilen 55 havaalanının göreceli performansları değerlendirilmiştir. Hava alanlarının etkinliğini belirlemede 4 farklı etkinlik modeli kurulmuştur. Bu modeller, Çizelge 5.2'de belirtilen girdi ve çıktı değerlerine göre modellenmiştir. Analizde kullanılan veriler Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Strateji Daire Başkanlığınca hazırlanan "İstatistiklerle Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme 2003-2016 Raporu"ndan alınmıştır [38]. Analizde 2012-2016 yılları arasındaki beş yıllık veriler kullanılmıştır.

Bu çalışmadaki amaç;

Model 1: İç hat gelen-giden yolcu performansının belirlenmesi

Model 2: İç hat gelen-giden kargo performansının belirlenmesi

Model 3: Dış hat gelen-giden yolcu performansının belirlenmesi

Model 4: Dış hat gelen-giden kargo performansının belirlenmesi

Çizelge 5.1. Analizde kullanılan havaalanları

Havaalanı no	Havaalanı adı	Havaalanı no	Havaalanı adı
1	İstanbul (Atatürk)	28	Sivas (Nuri Demirağ)
2	İstanbul (Sabiha Gökçen)	29	Zonguldak (Çaycuma)
3	Tekirdağ (Çorlu)	30	Kastamonu
4	Balıkesir	31	Sinop
5	Balıkesir (Koca Seyit)	32	Samsun (Çarşamba)
6	Çanakkale	33	Tokat
7	Çanakkale (Gökçeada)	34	Amasya (Merzifon)
8	İzmir (Adnan Menderes)	35	Trabzon
9	Aydın Çıldır	36	Ordu-Giresun
10	Denizli (Çardak)	37	Erzurum
11	Muğla (Dalaman)	38	Erzincan
12	Muğla (Milas-Bodrum)	39	Ağrı (Ahmed-i Hani)
13	Kütahya (Zafer)	40	Kars (Harakani)
14	Uşak	41	Iğdır
15	Bursa (Yenişehir)	42	Malatya
16	Eskişehir(Hasan Polatkan)	43	Elazığ
17	Kocaeli (Cengiz Topel)	44	Bingöl
18	Ankara (Esenboğa)	45	Van (Ferit Melen)
19	Konya	46	Muş
20	Antalya	47	Hakkari (Y.ova-S.Eyyubi)
21	Antalya- Alanya (Gazipasa)	48	Gaziantep
22	Isparta (Süleyman Demirel)	49	Adıyaman
23	Adana	50	Şanlıurfa (Gap)
24	Hatay	51	Diyarbakır
25	Kahramanmaraş	52	Mardin
26	Nevşehir (Kapadokya)	53	Batman
27	Kayseri	54	Şırnak (Şerafettin Elçi)
		55	Siirt

Çizelge 5.2. Analizde kullanılan girdi-çıktı değişkenler ve modeller

Havaalanı Göstergeleri	MODEL 1 (Input/Output)	MODEL 2 (Input/Output)	MODEL 3 (Input/Output)	MODEL 4 (Input/Output)
Uçak trafiği	I	I	I	I
Uçak sayısı	I	I	I	I
İç Hat Gelen Yolcu	O	I	I	
İç Hat Giden Yolcu	O	I	I	
İç Hat Kargo Taşımacılığı (Kargo, Bagaj, Posta)		O		
Dış Hat Gelen Yolcu			O	
Dış Hat Giden Yolcu			O	
Dış Hat Kargo Taşımacılığı (Kargo, Bagaj, Posta)				O

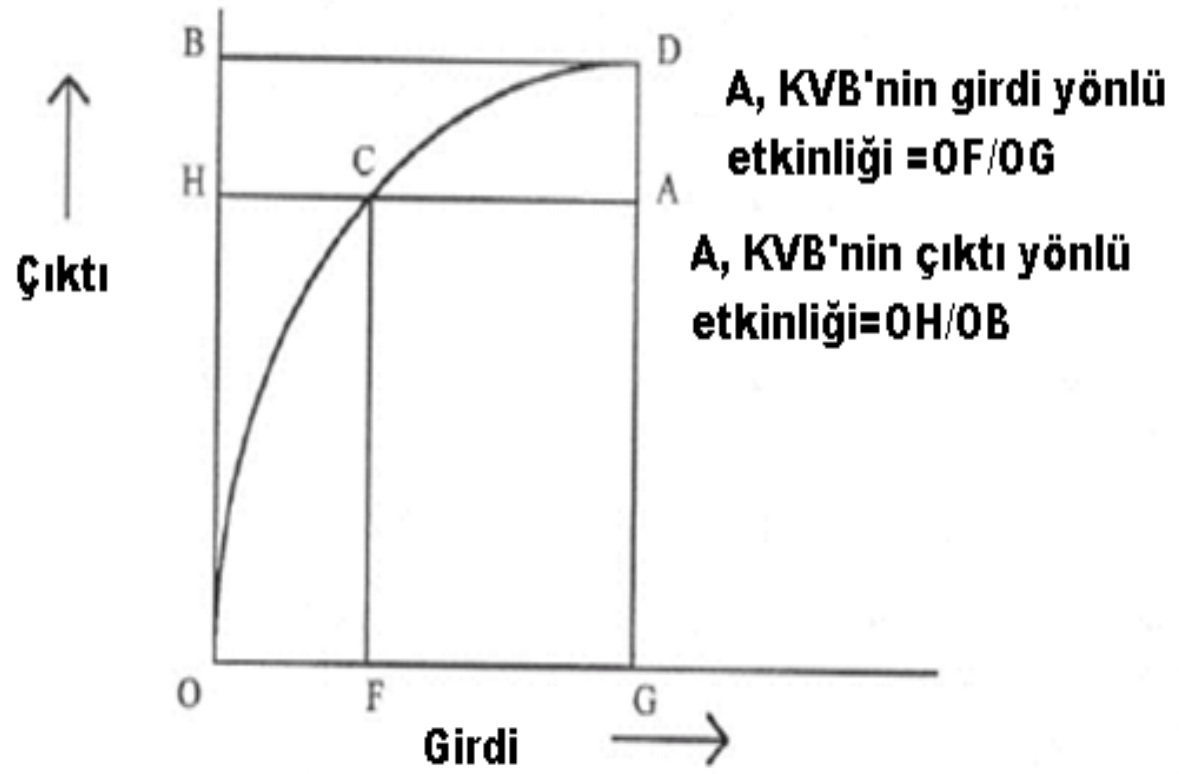
Veri Zarflama Analizleri iki yönlü yapılmaktadır:

- Girdiye yönelik verimlilik: Sabit bir çıktı düzeyi verilmiş iken % 100 verimli olmayan KVB'lerin (hava alanı), girdilerini (temel havayolu göstergeleri) hangi oranda daha az kullandıkları takdirde % 100 verimli olacaklarının ölçüsüdür.
- Çıktıya yönelik verimlilik: Sabit bir girdi düzeyi verilmiş iken % 100 verimli olmayan KVB'lerin %100 verimli olabilmeleri için hangi oranda daha fazla çıktı üretmeleri gerektiğinin ölçüsüdür.

Girdiye yönelik verimlilik yaklaşımında, eğer KVB'ye ait herhangi bir girdi miktarının azaltılması, o KVB'ye ait başka bir girdi miktarı artırılmadan ve/veya çıktılardan birinin miktarı azaltılmadan mümkün olamıyorsa bu KVB, pareto-verimli sayılmaktadır.

Çıktıya yönelik verimlilik yaklaşımında**,** eğer KVB'ye ait herhangi bir çıktı miktarının artırılması, o KVB'ye ait başka bir çıktı miktarı azaltılmadan ve/veya girdilerden birinin miktarı artırılmadan mümkün olamıyorsa bu KVB, pareto-verimli sayılmaktadır.

Girdi ve çıktıya yönelik hesaplanan verimlilik değerleri, Şekil 5.1'de gösterilmiştir:



Şekil 5.1. Girdiye ve çıktıya göre verimlilik

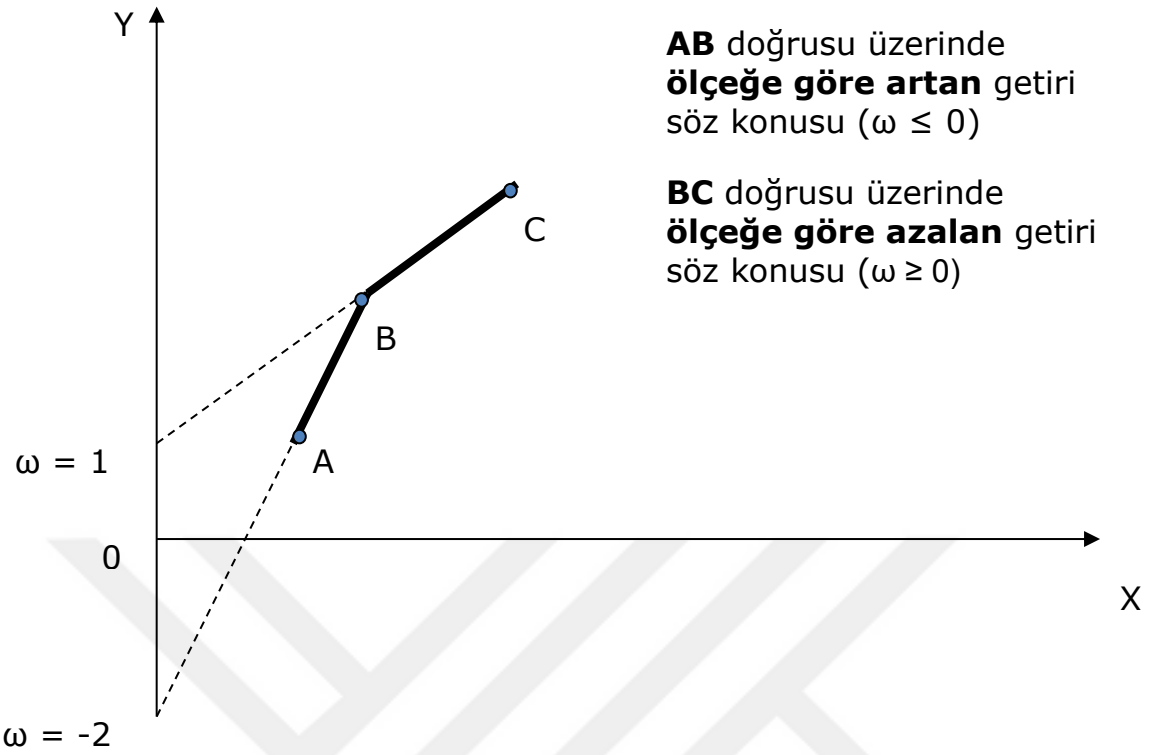
Burada kullanılan girdiye yönelik verimlilik hesabında ise CRS (Ölçeğe göre sabit getiri) modeli kullanılmaktadır. Bu modele göre ise;

Ölçeğe göre Sabit Getiri (CRS)

- Girdi vektöründeki herhangi bir radyal artış, çıktı vektöründe aynı oranda bir radyal artışa sebep olmaktadır.
- Radyal artış, bütün girdi bileşenlerinin aynı oranda artışı anlamındadır.

Ölçeğe göre Değişen/Azalan/Artan Getiri (VRS, DRS, IRS)

- Ölçeğe Göre Değişen Getiri
- Ölçeğe göre hem azalan hem artan hem de sabit getiri olabileceği anlamındadır.
- Ölçeğe Göre Azalan Getiri
- Girdi vektöründeki herhangi bir radyal artış, çıktı vektöründe daha küçük oranda bir radyal artışa sebep olmaktadır.
- Ölçeğe Göre Artan Getiri
- Girdi vektöründeki herhangi bir radyal artış, çıktı vektöründe daha büyük oranda bir radyal artışa sebep olmaktadır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. Ölçeğe göre değişken model

5.1. İç Hat Gelen-Giden Yolcu Performans (Model 1) Sonuçları

Havaalanlarının yani karar verme birimlerinin iç hat seferlerinde taşıdıkları yolcular, gelen ve giden yolcular olarak girdi yönlü olarak ölçülmüştür. Ayrıca her model için VRS etkinlik değerleri hesaplanmıştır. VRS modelinde girdi ve çıktı değişkenleri, değişken olarak dikkate alınmaktadır.

Havaalanı iç hatlar gelen-giden yolcu sayısı performans analizi için yapılan Model 1 analiz sonuçlarına göre KVB'lerin (havaalanları) VRS etkinliklerinin yıllara göre değişimi Çizelge 5.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. Model 1 analiz sonucu teknik etkinlik skorları

Havaalanı	Etkinlik Skorları				
	2012	2013	2014	2015	2016
İstanbul (Atatürk)	1	1	1	1	1
İstanbul (Sabiha Gökçen)	0,92	0,975	0,975	0,105	1
Tekirdağ (Çorlu)	0,304	0,69	0,002	0	0,265
Balıkesir	0,605	0,011	0,001	0,001	0
Balıkesir (Koca Seyit)	1	0,009	0,014	0,001	0,001
Çanakkale	0,003	0,029	0,641	0,029	0,008
Çanakkale (Gökçeada)	0,003	0,003	0	0	0
İzmir (Adnan Menderes)	0,795	0,915	0,786	0,294	0,945
Aydın Çıldır	0	0	0	0	0
Denizli (Çardak)	0,008	0,003	0,001	0,034	0,52
Muğla (Dalaman)	0,001	0,002	0,001	0	0,001
Muğla (Milas-Bodrum)	0,001	0,001	0,001	0,852	0,727
Kütahya (Zafer)	0,003	0,449	1	0,032	0,144
Uşak	0	0	0,423	0,004	0,011
Bursa (Yenişehir)	0,012	0,012	0,003	0,01	0,007
Eskişehir(Hasan Polatkan)	0,03	1	0,007	0,001	0,001
Kocaeli (Cengiz Topel)	0,006	0,14	0,102	0,039	0,228
Ankara (Esenboğa)	1	1	1	1	1
Konya	0,001	0,002	0,008	0,001	0,001
Antalya	0,782	0,891	0,8	0,791	0,876
Antalya- Alanya (Gazipasa)	0,003	0,43	0,006	1	0,001
Isparta (Süleyman Demirel)	0	0,131	0,536	0,074	1
Adana	1	1	1	0,275	0,907
Hatay	0,003	0,001	0,001	0,002	0,001
Kahramanmaraş	0,002	0,006	0,01	0,659	0,001
Nevşehir (Kapadokya)	0,004	0,008	0,003	0,025	1
Kayseri	0,001	0,001	0,008	0,001	0,001
Sivas (Nuri Demirağ)	0,008	0,003	0,001	0,015	0,003
Zonguldak (Çaycuma)	0,007	0,014	0	0	0
Kastamonu	0	0,145	0,417	0,084	1
Sinop	0,437	0	1	1	0,199
Samsun (Çarşamba)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Tokat	0,144	0,139	0,581	0,377	0,272
Amasya (Merzifon)	1	1	0,001	0,002	0,262
Trabzon	0,888	0,654	1	0,377	1
Ordu-Giresun	0	0	0	0,022	0,001
Erzurum	0,002	0,002	0,001	0,014	0,001
Erzincan	0,008	0,002	0,002	0,002	0,002
Ağrı (Ahmed-i Hani)	0,003	0,005	0,007	0,008	0,005
Kars (Harakani)	0,004	0,001	0,005	0,017	0,001
Iğdır	1	0,006	0,005	0,008	0,004
Malatya	1	0,002	0,002	0,388	0,001

Çizelge 5.3. (devam) Model 1 analiz sonucu teknik etkinlik skorları

Havaalanı	Etkinlik Skorları				
	2012	2013	2014	2015	2016
Elazığ	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001
Bingöl	0	0,191	0,001	0,002	0,002
Van (Ferit Melen)	0,001	0,002	0,002	0,003	0,001
Muş	0,004	0,006	0,001	0,003	0,002
Hakkari (Y.ova-S.Eyyubi)	0	0	0	0,001	0,041
Gaziantep	0,001	0,001	0,001	1	1
Adıyaman	0,002	0,004	0,007	0,021	0,006
Şanlıurfa (Gap)	0,004	1	0,001	0,014	0,001
Diyarbakır	0,001	0,001	0,001	0,958	0,001
Mardin	0,001	0,003	0,002	0,099	0,001
Batman	0,002	0,001	0,001	0,008	0,004
Şırnak (Şerafettin Elçi)	0	0,268	0,039	0,035	0,006
Siirt	0,643	1	0,185	1	0,008
Ortalama	0,23	0,239	0,211	0,213	0,245

Model 1 için girdi yönlü Veri Zarflama Analizi yapılıp havaalanı uçak sıklığına bakılarak bunun gelen ve giden yolcuya yansıyıp yansımadığına yani maksimum yolcu taşımaya göre göreceli etkinlik değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler, Çizelge 5.3'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde; İstanbul-Atatürk ve Ankara-Esenboğa havaalanlarının 5 yılda da etkinlik değeri 1 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, her iki havaalanının da maksimum kapasiteyle çalıştığını göstermektedir. Bazı havaalanlarındaki değerler kayda alınmadığından verileri sürekli değildir. Bunların etkinlik skorları 0 olarak hesaplanmaktadır. Örneğin Aydın-Çıldır havaalanı bunlardan birisidir. Etkinlik skorları 1'e yaklaşan havaalanları, yolcu sayısını bir miktar arttırdığında veya yapılan uçak seferlerinin bir miktar azaltıldığında etkin hale dönüşeceklerdir. Bu miktar, 1'e olan yakınlıkları oranındadır. Yani etkin olmayan (skoru 1 olmayan) bir havaalanının etkinlik skorunun bir anlamı da şöyledir: Bu birim, girdilerini etkinlik skoru kadar azaltırsa etkin konuma yükselebilecektir.

Yıllara göre ortalama etkinlik skorları değerlendirildiğinde; skorların çok düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir. Etkinliğin 1 olması dikkate alındığında ortalamanın üzerinde olan havaalanlarının etkinlik yolunda ilerlediği düşünülebilmektedir.

5.2. İç Hat Kargo Taşımacılığı Performans (Model 2) Sonuçları

İç hat kargo taşımacılığı performans analizi için yapılan Model 2 analiz sonuçlarına göre KVB'lerin (havaalanları) VRS etkinliklerinin yıllara göre değişimi Çizelge 5.4'te verilmiştir.

Çizelge 5.4. Model 2 analiz sonucu teknik etkinlik skorları

Havaalanı	Etkinlik Skorları				
	2012	2013	2014	2015	2016
İstanbul (Atatürk)	0,61	0,009	1	0,589	0,627
İstanbul (Sabiha Gökçen)	0,959	0,012	0,921	0,949	1
Tekirdağ (Çorlu)	1	0,501	0,001	0,001	1
Balıkesir	1	0,005	0,858	0,667	0
Balıkesir (Koca Seyit)	1	0,001	1	1	1
Çanakkale	0,003	0,005	0,999	0,001	0,001
Çanakkale (Gökçeada)	1	0,005	0	0	0
İzmir (Adnan Menderes)	0,742	0,021	0,667	0,691	0,775
Aydın Çıldır	0	0	0	0	0
Denizli (Çardak)	1	0,425	0,667	1	0,745
Muğla (Dalaman)	0,875	0,249	0,667	0,733	0,766
Muğla (Milas-Bodrum)	0,8	0,11	0,779	0,77	0,845
Kütahya (Zafer)	1	0,541	1	1	1
Uşak	0	0	0,997	0,994	0,993
Bursa (Yenişehir)	0,002	0,002	0,001	0,86	0,818
Eskişehir(Hasan Polatkan)	1	0,005	0,967	0,965	0,917
Kocaeli (Cengiz Topel)	0,002	0,005	0,997	0,998	0,999
Ankara (Esenboğa)	0,938	0,004	0,874	0,914	0,946
Konya	0,8	0,54	0,944	0,887	0,88
Antalya	0,687	0,004	0,684	0,697	0,735
Antalya- Alanya (Gazipasa)	1	1	0,5	1	0,667
Isparta (Süleyman Demirel)	0	0,006	0,999	1	1
Adana	1	0,328	0,779	0,794	0,868
Hatay	0,6	0,125	0,626	0,675	0,678
Kahramanmaraş	0,001	0,916	0,812	1	0,667
Nevşehir (Kapadokya)	1	0,842	0,333	0,734	1
Kayseri	0,727	0,266	1	0,708	0,787
Sivas (Nuri Demirağ)	1	0,429	0,667	0,707	0,698
Zonguldak (Çaycuma)	1	0,004	0	0	0
Kastamonu	0	0,006	1	1	1
Sinop	1	0	1	1	1
Samsun (Çarşamba)	0,8	0,023	0,751	0,795	0,806
Tokat	1	0,005	1	1	0,999
Amasya (Merzifon)	1	1	0,5	0,698	1

Çizelge 5.4. (devam) Model 2 analiz sonucu teknik etkinlik skorları

Havaalanı	Etkinlik Skorları				
	2012	2013	2014	2015	2016
Trabzon	0,787	0,017	0,667	0,753	0,75
Ordu-Giresun	0	0	0	1	0,816
Erzurum	0,833	0,488	0,626	0,749	0,722
Erzincan	0,893	0,249	0,5	0,703	0,491
Ağrı (Ahmed-i Hani)	1	1	0,646	0,446	0,474
Kars (Harakani)	0,5	0,117	0,25	0,492	0,553
Iğdır	1	0,775	0,25	0,441	0,423
Malatya	1	0,238	0,5	0,789	0,667
Elazığ	0,667	0,411	0,715	0,644	0,654
Bingöl	0	0,006	0,5	0,698	0,725
Van (Ferit Melen)	0,667	0,244	0,546	0,633	0,667
Muş	0,5	1	0,333	0,475	0,486
Hakkari (Y.ova-S.Eyyubi)	0	0	0	0,996	0,998
Gaziantep	0,692	0,008	0,667	0,749	0,76
Adıyaman	0,001	0,508	0,5	0,977	1
Şanlıurfa (Gap)	1	1	0,751	0,785	0,8
Diyarbakır	0,9	0,045	0,734	0,779	0,851
Mardin	0,667	0,471	0,5	0,627	0,627
Batman	0,75	0,157	0,5	0,865	0,627
Şırnak (Şerafettin Elçi)	0	0,007	1	0,859	0,494
Siirt	1	0,004	0,998	1	0,001
Ortalama	0,662	0,257	0,64	0,732	0,706

Model 2 için girdi yönlü Veri Zarflama Analizi yapılıp havaalanı uçak sıklığına bakılarak bunun kargo taşımacılığına yansıyıp yansımadığını yani maksimum kargo taşımacılığı göreceli etkinlik değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler, Çizelge 5.4'te verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, İstanbul-Atatürk ve Ankara-Esenboğa havaalanları dahil hiç bir havaalanı etkinliğini 5 yıl boyunca sürdürememiştir. Kargo taşımacılığı etkinliği, Sinop, Kastamonu ve Balıkesir'de daha sık olarak 1 olmuştur. Bazı yıllarda etkinlik değerleri 1'dir. 0 çıkan etkinlik skorlarında verilerin kayıtlarının sağlıklı olmadığı düşünülmektedir.

5.3. Dış Hat Gelen-Giden Yolcu Performans (Model 3) Sonuçları

Havaalanı dış hatlar gelen-giden yolcu sayısı performans analizi için yapılan Model 3 analiz sonuçlarına göre KVB'lerin (havaalanları) VRS etkinliklerinin yıllara göre değişimi Çizelge 5.5'de verilmiştir.

Çizelge 5.5. Model 3 analiz sonucu teknik etkinlik skorları

Havaalanı	Etkinlik Skorları				
	2012	2013	2014	2015	2016
İstanbul (Atatürk)	0,792	1	1	1	1
İstanbul (Sabiha Gökçen)	1	0,295	1	0,737	0,682
Tekirdağ (Çorlu)	1	1	0,13	0,367	0,859
Balıkesir	0	0	0	0,085	0,254
Balıkesir (Koca Seyit)	0,002	0,004	0,518	0,43	1
Çanakkale	0	0	0,008	1	1
Çanakkale (Gökçeada)	0	0	0	0,11	0,124
İzmir (Adnan Menderes)	0,816	1	0,638	1	1
Aydın Çıldır	0	0	0	0,178	1
Denizli (Çardak)	0,614	0,694	0,879	0,973	0,5
Muğla (Dalaman)	1	1	1	1	0,469
Muğla (Milas-Bodrum)	0,918	0,754	0,714	1	1
Kütahya (Zafer)	0	1	1	1	0,756
Uşak	0	0	0	1	1
Bursa (Yenişehir)	0,381	0,667	0,931	0,867	1
Eskişehir(Hasan Polatkan)	1	1	1	1	0,957
Kocaeli (Cengiz Topel)	0	0	0	0,024	0,017
Ankara (Esenboğa)	0,841	1	1	1	0,821
Konya	1	1	1	1	1
Antalya	0,43	0,711	1	0,517	0,356
Antalya- Alanya (Gazipasa)	0,222	0,512	0,7	0,381	0,188
Isparta (Süleyman Demirel)	0,328	0,413	0,649	0,31	0,367
Adana	1	1	1	1	1
Hatay	0,569	0,624	0,552	1	1
Kahramanmaraş	0	0	0	0,029	0,026
Nevşehir (Kapadokya)	0,369	1	0,007	1	0,908
Kayseri	1	0,779	1	0,064	0,049
Sivas (Nuri Demirağ)	0,383	0,916	1	1	1
Zonguldak (Çaycuma)	0,411	1	1	1	0,591
Kastamonu	0	0	0	0,144	0,053
Sinop	0	0	0	0,021	0,465
Samsun (Çarşamba)	0,858	1	0,583	0,676	1
Tokat	0	0	0	0,035	0,057
Amasya (Merzifon)	0,001	0,002	0,778	1	1
Trabzon	0,637	1	1	1	1
Ordu-Giresun	0	0	0	0,013	1
Erzurum	0,805	0,539	0,637	1	1
Erzincan	0	0	0,007	0,011	0,357
Ağrı (Ahmed-i Hani)	0	0	0	0,029	0,072
Kars (Harakani)	0	0	0,007	0,025	0,047
Iğdır	0	0	0	0,073	0,299
Malatya	0,322	0,344	0,506	1	1

Çizelge 5.5. (devam) Model 3 analiz teknik etkinlik skorları

Havaalanı	Etkinlik Skorları				
	2012	2013	2014	2015	2016
Elazığ	0,749	1	1	1	0,548
Bingöl	0	0	0	0,08	0,104
Van (Ferit Melen)	0,591	1	1	1	0,842
Muş	0,003	0,002	0,007	0,014	0,031
Hakkari (Y.ova-S.Eyyubi)	0	0	0	1	1
Gaziantep	1	1	1	1	1
Adıyaman	0	0	0	1	0,833
Şanlıurfa (Gap)	0,348	1	1	0,929	1
Diyarbakır	0,933	0,78	0,919	0,858	1
Mardin	0	0	0	0,016	1
Batman	0	0,002	0,009	0,026	0,021
Şırnak (Şerafettin Elçi)	0	0	0	1	0,029
Siirt	0	0	0	0,067	0,146
Ortalama	0,369	0,455	0,476	0,602	0,633

Model 3 için girdi yönlü Veri Zarflama Analizi yapılıp havaalanı uçak sıklığına bakılarak bunun dış hatlar gelen ve giden yolcuya yansıyıp yansımadığına yani maksimum yolcu taşımaya göre göreceli etkinlik değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler, Çizelge 5.5'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde; Konya, Adana ve Gaziantep havaalanlarının 5 yılda da etkinlik değeri 1 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, her üç havaalanının da maksimum kapasiteyle çalıştığını göstermektedir. Bazı havaalanlarındaki değerler kayda alınmadığından verileri sürekli değildir. Bunların etkinlik skorları 0 olarak hesaplanmaktadır. İstanbul-Atatürk, Ankara-Esenboğa, Trabzon gibi havaalanlarının etkinlik skorları bazı yıllarda 1, bazı yıllarda 1'in altındadır. 5 yıllık ortalamaları karşılaştırıldığında son yıllara göre artış eğilimi göstermiştir. Yani etkinlik skoru 0,36'lardan 0,63'lere çıkmıştır. Bu da havaalanlarının genel manada dış hatlar yolcu taşıma etkinliğinin yükselişte olduğunu göstermektedir.

5.4. Dış Hat Kargo Taşımacılığı Performans (Model 4) Sonuçları

Dış hat kargo taşımacılığı performans analizi için yapılan Model 4 analiz sonuçlarına göre KVB'lerin (hava alanları) VRS etkinliklerinin yıllara göre değişimi Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Model 4 analiz sonucu teknik etkinlik skorları

Havaalanı	Etkinlik Skorları				
	2012	2013	2014	2015	2016
İstanbul (Atatürk)	1	1	1	1	1
İstanbul (Sabiha Gökçen)	1	1	1	1	1
Tekirdağ (Çorlu)	0,746	0,238	0,13	0,367	0,087
Balıkesir	0	0	0	0,085	0,254
Balıkesir (Koca Seyit)	0,263	0,272	0,263	0,41	0,58
Çanakkale	0	0	0,475	1	0,451
Çanakkale (Gökçeada)	0	0	0	0,11	0,124
İzmir (Adnan Menderes)	0,937	1	0,638	1	1
Aydın Çıldır	0	0	0	0,178	1
Denizli (Çardak)	0,366	0,472	0,517	0,919	0,5
Muğla (Dalaman)	1	1	1	1	0,749
Muğla (Milas-Bodrum)	0,98	0,754	0,715	1	1
Kütahya (Zafer)	0	0,331	0,189	0,191	0,41
Uşak	0	0	0	1	1
Bursa (Yenişehir)	0,265	0,42	0,712	0,64	0,709
Eskişehir(Hasan Polatkan)	1	1	1	1	0,995
Kocaeli (Cengiz Topel)	0	0	0	1	0,751
Ankara (Esenboğa)	0,88	1	1	1	0,824
Konya	1	1	1	1	1
Antalya	0,722	0,738	1	0,517	1
Antalya- Alanya (Gazipasa)	0,739	0,717	0,718	0,41	0,269
Isparta (Süleyman Demirel)	0,316	0,413	0,649	0,31	0,348
Adana	1	1	1	1	1
Hatay	1	0,695	0,552	1	1
Kahramanmaraş	0	0	0	0,029	0,574
Nevşehir (Kapadokya)	0,974	1	0,479	0,279	0,351
Kayseri	1	1	1	0,066	0,019
Sivas (Nuri Demirağ)	0,483	0,351	0,382	0,299	0,656
Zonguldak (Çaycuma)	0,086	0,065	0,061	0,156	0,052
Kastamonu	0	0	0	0,144	0,457
Sinop	0	0	0	0,349	0,795
Samsun (Çarşamba)	0,749	1	0,57	0,676	0,947
Tokat	0	0	0	0,035	0,057
Amasya (Merzifon)	0,425	0,429	0,456	0,359	0,739
Trabzon	0,281	1	0,944	1	1
Ordu-Giresun	0	0	0	0,316	1
Erzurum	0,649	0,464	0,444	1	1
Erzincan	0	0	0,348	0,329	0,534
Ağrı (Ahmed-i Hani)	0	0	0	0,029	0,072
Kars (Harakani)	0	0	1	0,025	0,047
Iğdır	0	0	0	0,073	0,299
Malatya	0,168	0,193	0,251	1	1

Çizelge 5.6. (devam) Model 4 analiz sonucu teknik etkinlik skorları

Havaalanı	Etkinlik Skorları				
	2012	2013	2014	2015	2016
Elazığ	0,675	0,159	0,151	0,18	0,326
Bingöl	0	0	0	0,08	0,766
Van (Ferit Melen)	0,339	0,814	0,466	0,715	0,5
Muş	0,768	0,479	0,307	0,411	0,366
Hakkari (Y.ova-S.Eyyubi)	0	0	0	1	1
Gaziantep	1	1	1	1	1
Adıyaman	0	0	0	1	0,58
Şanlıurfa (Gap)	0,396	0,453	0,32	0,319	0,422
Diyarbakır	0,79	0,612	0,669	0,28	1
Mardin	0	0	0	0,243	1
Batman	0	0,434	0,328	0,548	0,494
Şırnak (Şerafettin Elçi)	0	0	0	1	0,029
Siirt	0	0	0	0,067	0,146
Ortalama	0,4	0,409	0,413	0,548	0,623

Model 4 için girdi yönlü Veri Zarflama Analizi yapılıp havaalanı uçak sıklığına bakılarak bunun kargo taşımacılığına yansıyıp yansımadığını yani maksimum kargo taşımacılığı göreceli etkinlik değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler, Çizelge 5.6'da verilmiştir. Çizelge incelendiğinde; İstanbul-Atatürk ve Sabiha Gökçen, Ankara-Esenboğa, Konya, Adana, Muğla-Dalaman ve Gaziantep havaalanları, etkinliğini 5 yıl boyunca 1 olarak sürdürmüştür. 5 yıllık ortalamaları incelendiğinde etkinlik skorları yıl yıl artış göstermiştir.

5.5. Malmquist Indeks Analiz Sonuçları

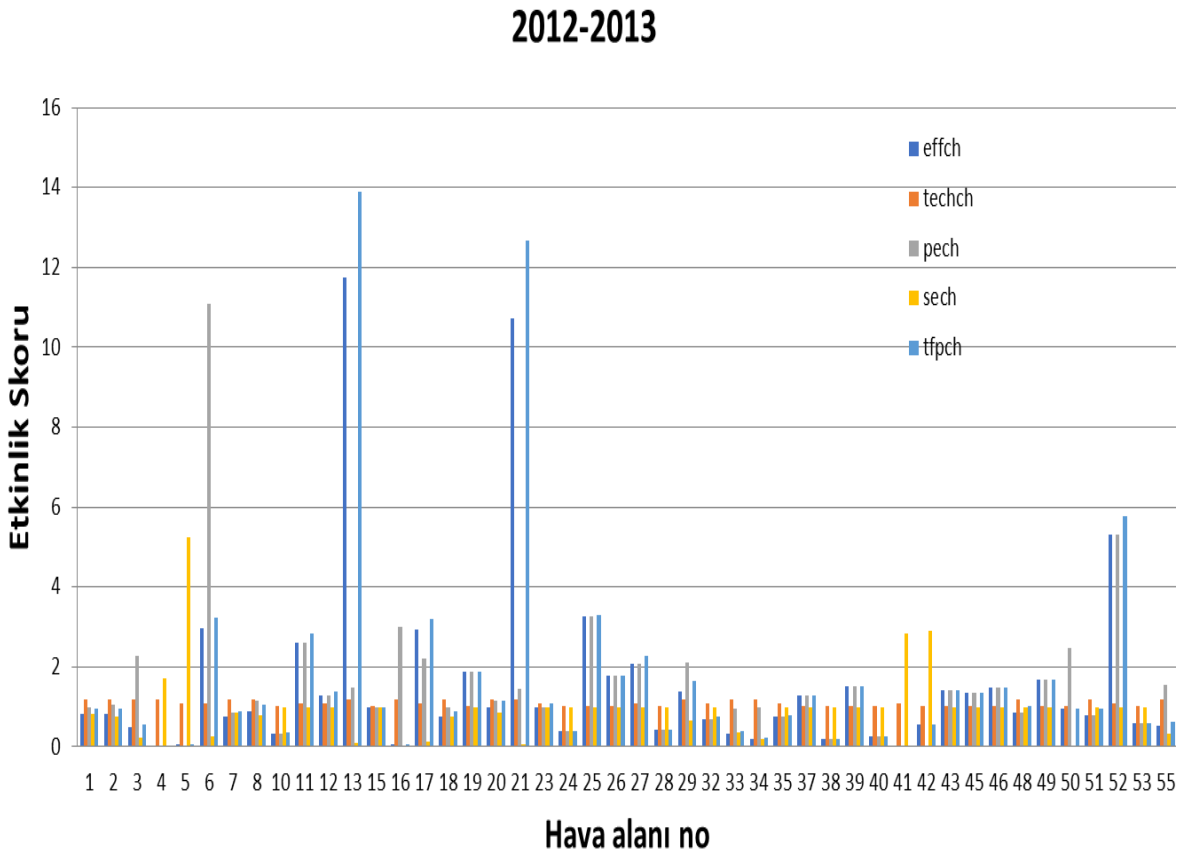
Her bir model için dinamik bir analiz yapılarak 5 yıl içerisindeki havaalanlarının gelişmişlik düzeyleri Malmquist İndeks yöntemi ile yapılmıştır. Malmquist İndeksi ile elde edilen ilk indeks, ikinci yıldan başlamak üzere tüm indeksler önceki yıla göre hesaplanmakta ve her bir KVB (havaalanları) için sabit getiri varsayımı altında hesaplanan etkinlik değişimi, teknik değişim, ölçeğe göre değişen getiri varsayımı altında hesaplanan saf etkinlik değişimi, ölçek etkinlik değişimi ve son olarak toplam faktör verimlilik değişimi olmak üzere 5 adet indeks üretilmektedir.

Etkinlik değişimi ile teknik değişim çarpımı Toplam Faktör Verimliliği Değişimini (TFPCH) vermektedir. Saf etkinlik değişimi ile ölçek etkinlik değişiminin çarpımı da etkinlik değişimini vermektedir. Her indeks için 1'den büyük değerler bir önceki döneme göre artışı, 1'den küçük değerler ise düşüşü göstermektedir. Malmquist İndeks analizine

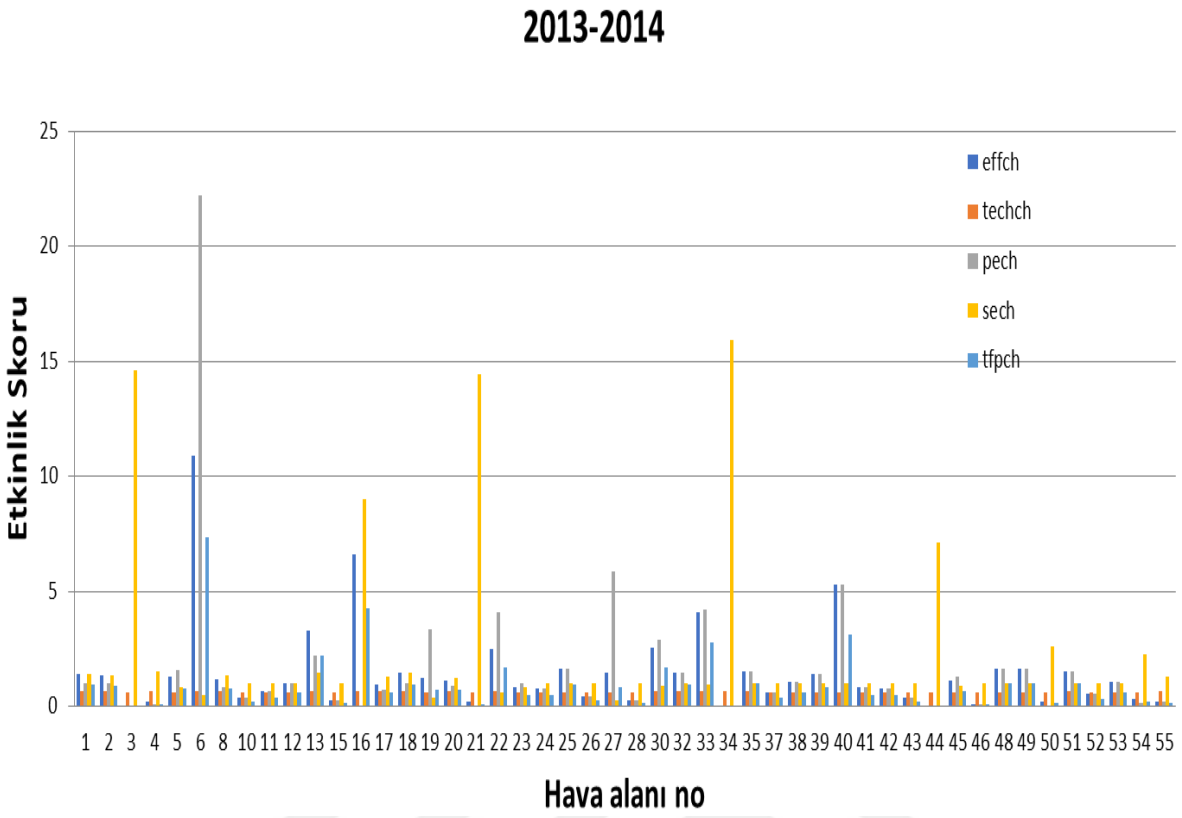
göre, Toplam Faktör Verimlilik Değişimi (TFPCH) değeri 1 olan havaalanları, girdileri ve çıktıları bakımından herhangi bir ilerleme veya gerileme kaydetmemişler anlamına gelmektedir. TFPCH değeri 1'den büyük olan havaalanları toplam faktör verimliliğini artırma eğiliminde ve 1'den küçük olan havaalanları ise toplam faktör verimliliğini geriletmişler anlamına gelmektedir.

5.5.1. İç hatlar gelen-giden yolcu (Model 1) performansı malmquist indeks analiz sonuçları

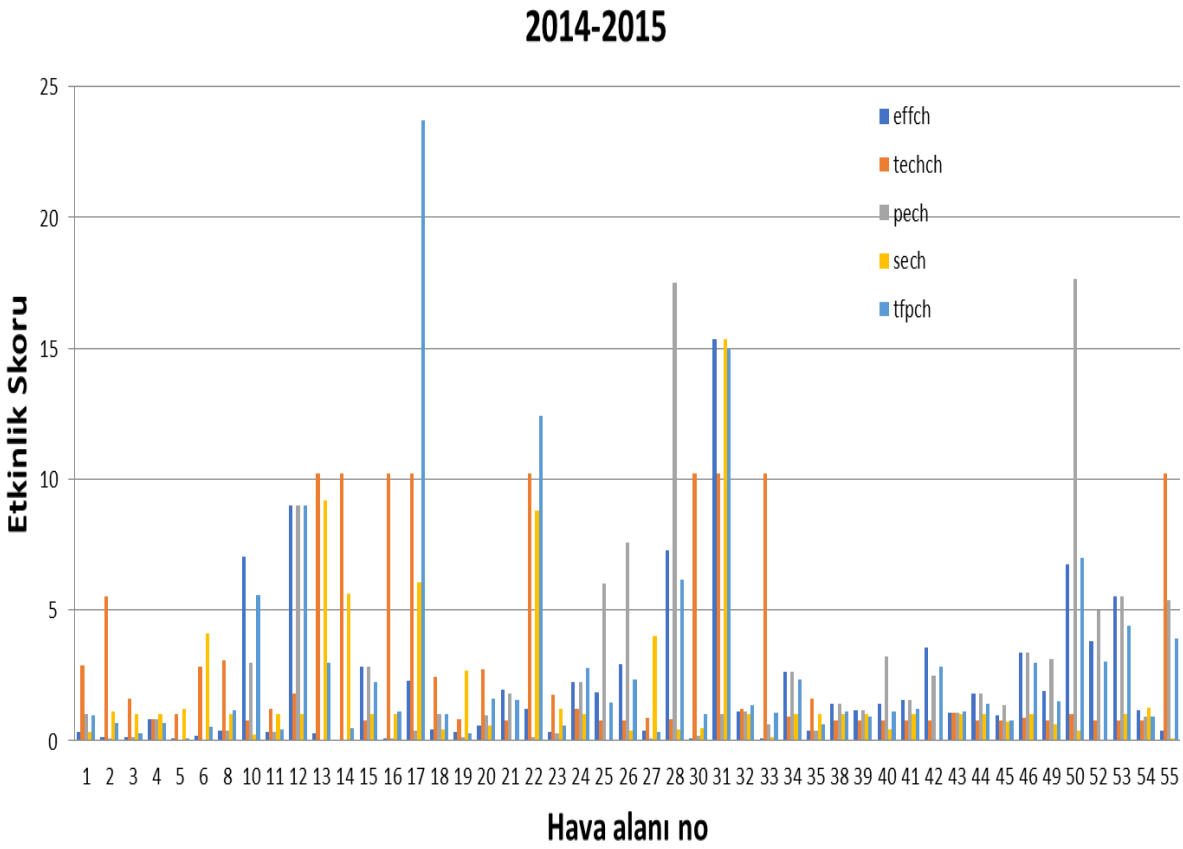
Tüm hava alanları için 2012'den 2013'e geçiş sürecindeki etkinlik değişimi, Şekil 5.3'te verilmiştir. Benzer olarak 2013-2014 değişimi Şekil 5.4'te, 2014-2015 değişimi Şekil 5.5'te ve 2015-2016 değişimi ise Şekil 5.6 gösterilmiştir. Bu değişimler esnasında havaalanlarından bazıları şekillerde yer almaktadır. Bu havaalanlarının istatiksel değerlerine ulaşılamadığından analiz dışında tutulmuştur.



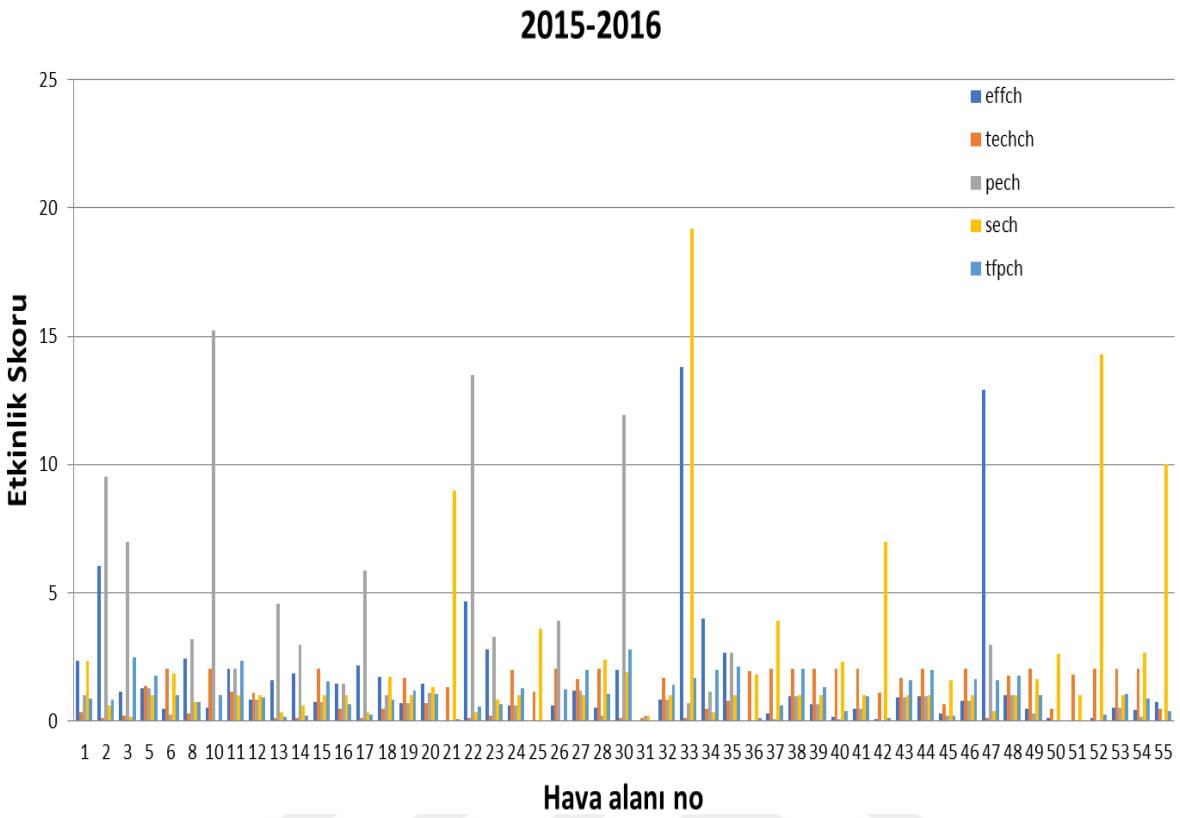
Şekil 5.3. İç hatlar gelen-giden yolcu performansının toplam faktör verimlilik skorları (2012-2013)



Şekil 5.4. İç hatlar gelen-giden yolcu performansının toplam faktör verimlilik skorları (2013-2014)



Şekil 5.5. İç hatlar gelen-giden yolcu performansının toplam faktör verimlilik skorları (2014-2015)



Şekil 5.6. İç hatlar gelen-giden yolcu performansının toplam faktör verimlilik skorları (2015-2016)

Çizelge 5.7'te ise 2012-2016 yılları arasındaki değişimlerin ortalaması gösterilmiştir. Ortalamaların detaylı incelemesinde; toplam faktör verimlilik değişimleri (TFPCH) 1'den büyük olan havaalanlarının iç hatlar gelen-giden yolcu taşımacılığında 5 yıl için gelişme göstermiş olduğu, 1'den küçük olan havaalanlarının ise iç hatlar gelen-giden yolcu taşımacılığında 5 yıl için gelişme gösterememiş olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.7. İç hatlar gelen-giden yolcu performansı toplam faktör verimlilik skorlarının ortalaması

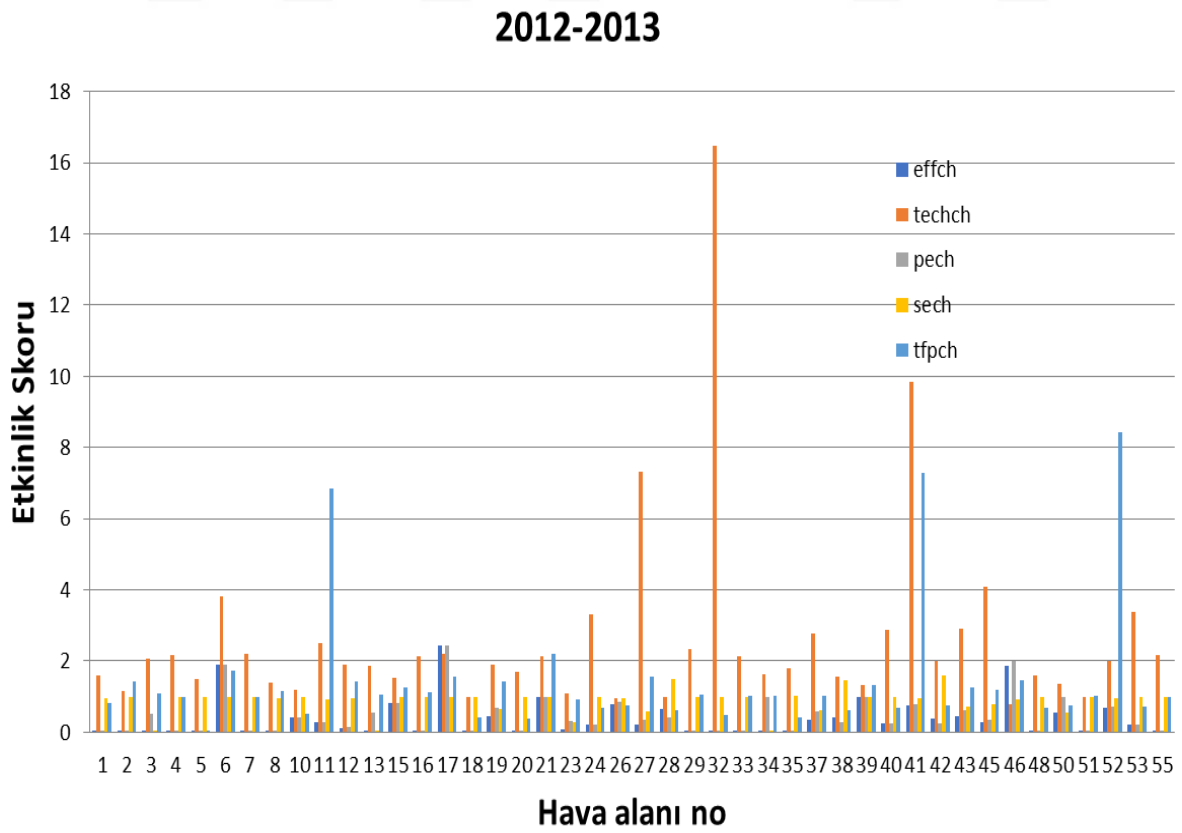
Havaalanı No	Malmquist İndeks Skorları				
	EFFCH	TECHCH	PECH	SECH	TFPCH
1	0,969	0,963	1	0,969	0,933
2	0,946	0,887	1,021	0,926	0,839
3	0,806	0,715	0,967	0,834	0,576
5	0,276	0,975	0,182	1,514	0,269
6	1,31	1,437	1,31	1	1,883
8	0,991	0,935	1,044	0,949	0,927
10	0,829	0,99	2,806	0,295	0,821
11	1,042	0,974	1,042	1	1,014
12	5,713	1,081	5,713	1	6,177
13	2,053	1	2,635	0,779	2,053
15	0,89	0,99	0,89	1	0,881
16	0,5	1,381	0,438	1,141	0,69
17	1,925	0,98	2,465	0,781	1,886
18	0,945	0,989	1	0,945	0,935
19	0,858	0,948	0,858	1	0,813
20	0,982	1,114	1,029	0,954	1,094
21	0,698	0,944	0,687	1,016	0,659
23	0,938	0,731	0,976	0,961	0,685
24	0,81	1,121	0,81	1	0,908
25	0,79	0,856	0,79	1	0,676
26	1,081	0,99	3,909	0,277	1,07
27	1,105	0,981	1,105	1	1,084
28	0,786	1,02	0,786	1	0,801
32	0,991	1,105	0,991	1	1,094
33	1,189	1	1,172	1,015	1,189
34	0,73	0,773	0,715	1,02	0,564
35	1,03	0,985	1,03	1	1,014
37	0,875	0,99	0,875	1	0,867
38	0,731	0,99	0,731	1	0,723
39	1,128	0,99	1,128	1	1,116
40	0,786	0,99	0,786	1	0,778
41	0,327	1,01	0,252	1,296	0,33
42	0,64	0,854	0,155	4,129	0,546
43	0,838	1,035	0,838	1	0,868
45	0,83	0,746	0,83	1	0,62
46	0,828	1,028	0,828	1	0,852
48	6,277	1,019	6,277	1	6,397

Çizelge 5.7. (devam) İç hatlar gelen-giden yolcu performansı toplam faktör verimlilik skorlarının ortalaması

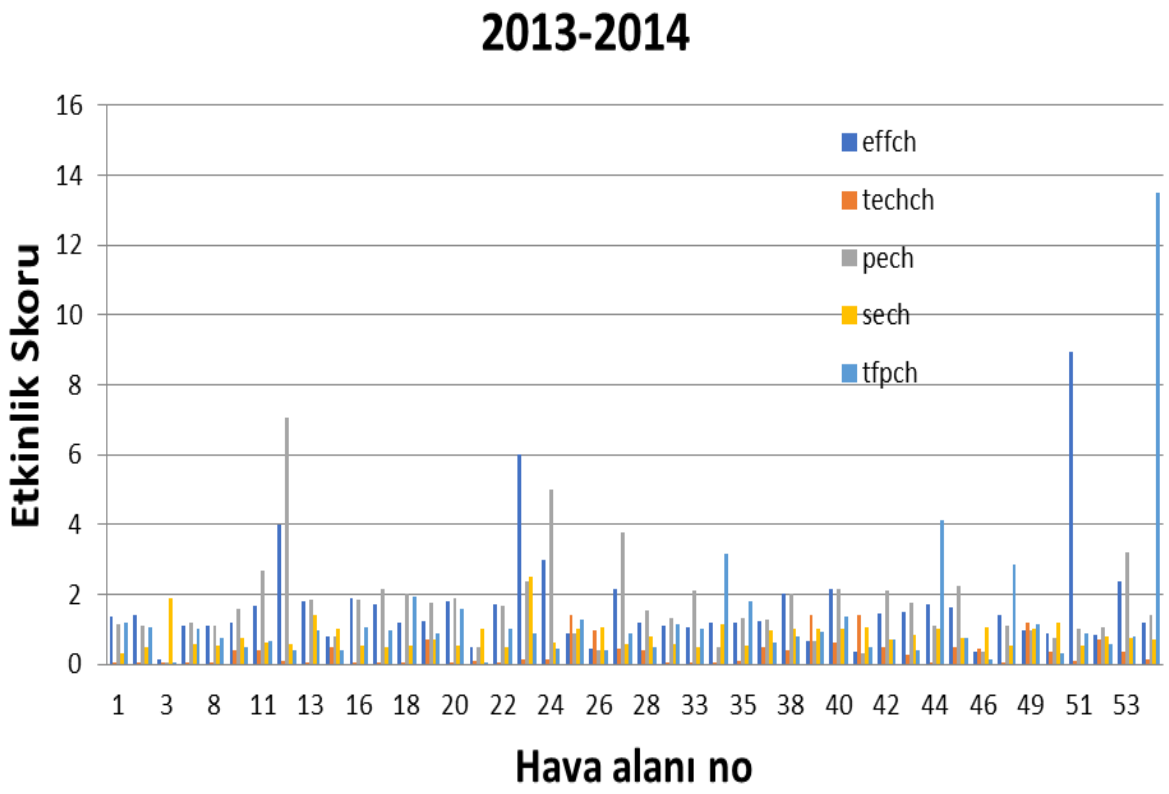
Havaalanı No	Malmquist İndeks Skorları				
	EFFCH	TECHCH	PECH	SECH	TFPCH
49	1,275	0,99	1,275	1	1,262
50	0,622	0,756	0,622	1	0,47
51	1,122	1,103	1,122	1	1,238
52	1,104	1,01	1,104	1	1,115
53	1,168	0,99	1,168	1	1,156
55	0,436	1,421	0,329	1,326	0,62

5.5.2. İç hatlar kargo taşımacılığı (Model 2) performansı malmquist indeks analiz sonuçları

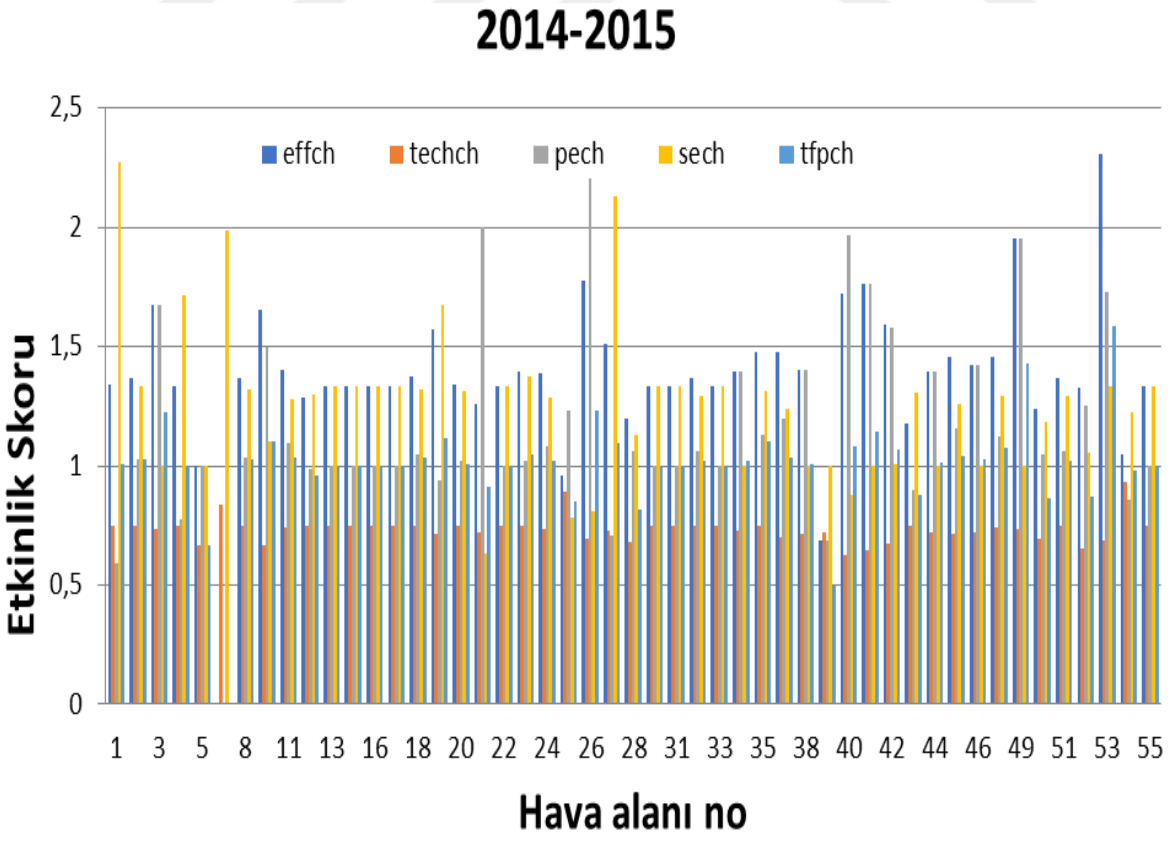
Tüm hava alanları için 2012'den 2013'e geçiş sürecinde etkinlik değişimi, Şekil 5.7'de verilmiştir. Benzer olarak 2013-2014 değişimi Şekil 5.8'te, 2014-2015 değişimi Şekil 5.9'ta ve 2015-2016 değişimi ise Şekil 5.10'da gösterilmiştir. Bu değişimler esnasında havaalanlarından bazıları şekillerde yer almaktadır. Bu havaalanlarının istatiksel değerlerine ulaşılamadığından analiz dışında tutulmuştur.



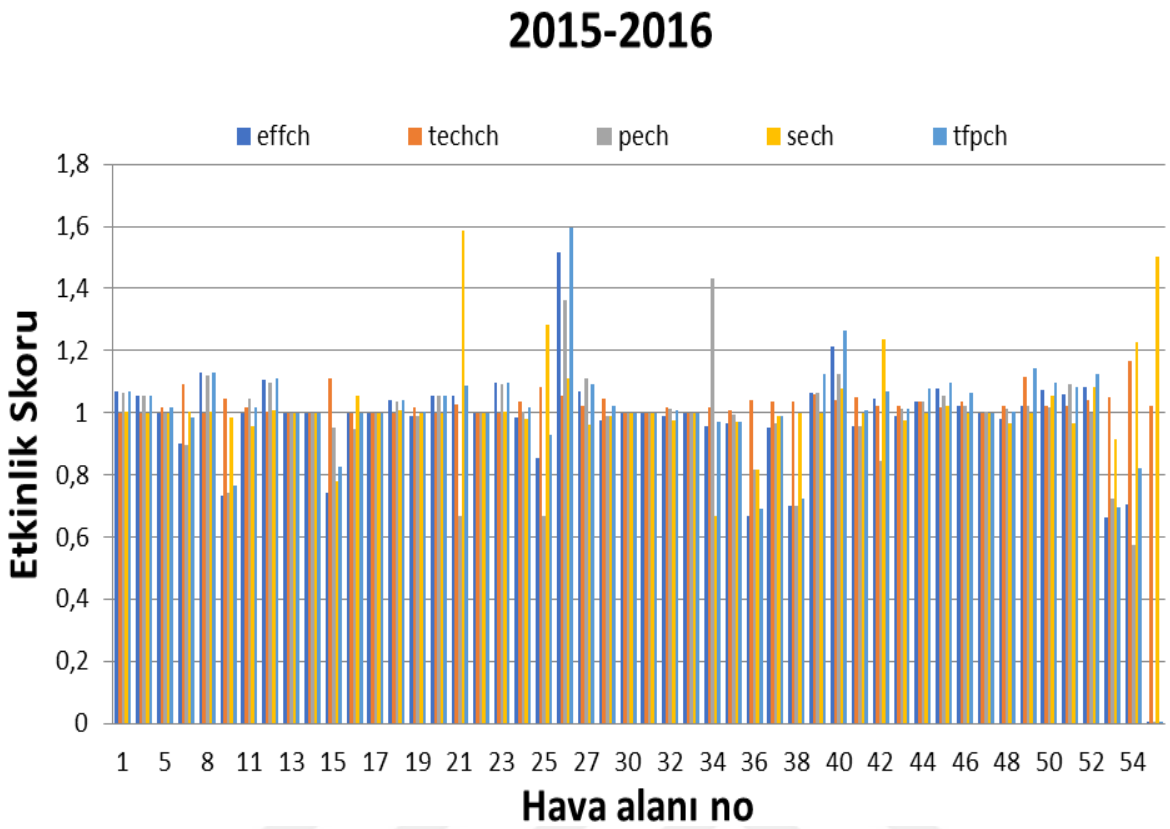
Şekil 5.7. İç hatlar kargo taşımacılığı performansının toplam faktör verimlilik skorları (2012-2013)



Şekil 5.8. İç hatlar kargo taşımacılığı performansının toplam faktör verimlilik skorları (2013-2014)



Şekil 5.9. İç hatlar kargo taşımacılığı performansının toplam faktör verimlilik skorları (2014-2015)



Şekil 5.10. İç hatlar kargo taşımacılığı performansının toplam faktör verimlilik skorları (2015-2016)

Şekil 5.10, 2015-2016 yılları arasındaki toplam faktör verimlilik skorlarının havaalanları için genelde 1 üzerinde yığılma olduğunu göstermiştir. Bu değerler, bütün havaalanlarında kargo taşımacılığı yönünden bir iyileşme gözlendiğini de göstermektedir. Aynı zamanda birçok havaalanında toplam faktör verimlilik skorları 1 değerinden büyük olduğundan iç hatlar kargo taşımacılığında artı yönünde bir gelişme olduğunu belirtmektedir.

Çizelge 5.8'te ise 2012-2016 yılları arasındaki değişimlerin ortalaması gösterilmiştir. Ortalamaların detaylı incelemesinde; toplam faktör verimlilik değişimleri (TFPCH),1'den büyük olan havaalanlarının iç hatlar kargo taşımacılığında 5 yıl için gelişme göstermiş olduğu, 1'den küçük olan havaalanlarının iç hatlar kargo taşımacılığında 5 yıl için gelişme gösterememiş olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.8. İç hatlar kargo taşımacılığı performansı toplam faktör verimlilik skorlarının ortalaması

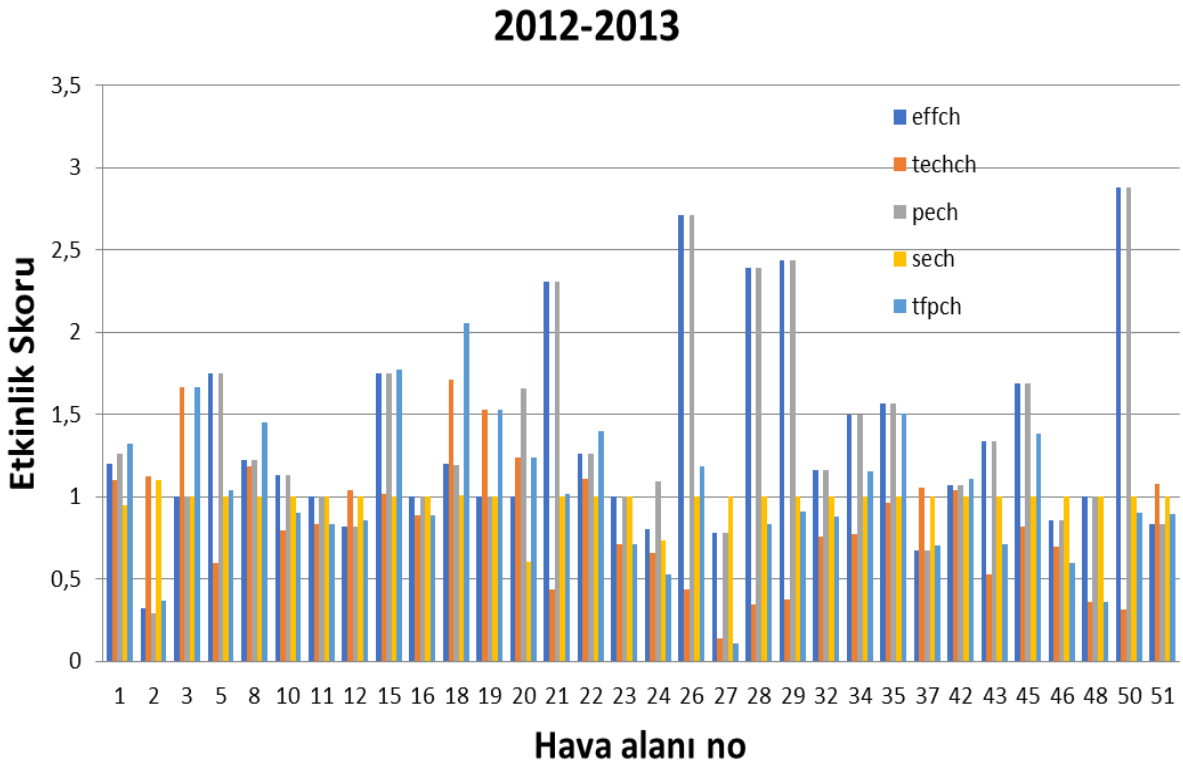
Havaalanı No	Malmquist İndeks Skorları				
	EFFCH	TECHCH	PECH	SECH	TFPCH
1	0,911	1,116	1,007	0,905	1,016
2	0,915	1,242	1,011	0,905	1,136
3	0,904	1,734	1	0,904	1,566
5	1	1,958	1	1	1,958
6	0,791	0,783	0,791	1	0,62
8	0,917	1,09	1,011	0,907	0,999
10	0,882	0,76	0,929	0,949	0,671
11	0,889	1,66	0,967	0,919	1,475
12	0,928	0,96	1,014	0,915	0,891
13	0,904	1,116	1	0,904	1,009
15	4,161	0,869	4,428	0,94	3,616
16	0,904	1,153	0,978	0,923	1,042
17	4,315	0,63	4,774	0,904	2,719
18	0,907	1,065	1,002	0,905	0,966
19	0,955	1,142	1,024	0,933	1,092
20	0,921	0,983	1,017	0,906	0,905
21	0,904	1,971	0,904	1	1,781
23	0,95	1,042	0,965	0,984	0,989
24	0,961	0,78	1,031	0,932	0,75
25	5,062	1,342	5,062	1	6,793
26	0,973	0,904	1	0,973	0,88
27	0,928	1,229	1,02	0,909	1,14
28	0,975	0,734	0,914	1,067	0,715
32	0,916	0,943	1,002	0,915	0,865
33	0,904	1,115	1	0,904	1,008
34	0,904	1,473	1	0,904	1,331
35	0,903	1,047	0,988	0,914	0,945
37	0,893	1,001	0,965	0,925	0,893
38	0,945	0,825	0,861	1,097	0,78
39	0,83	1,094	0,83	1	0,908
40	1,011	1,046	1,026	0,986	1,058
41	0,807	1,746	0,807	1	1,408
42	0,981	0,898	0,904	1,086	0,881
43	0,931	0,884	0,995	0,936	0,823
45	0,931	1,087	1	0,931	1,012
46	0,993	0,709	0,993	1	0,704
48	0,929	1,294	1,024	0,907	1,202
49	5,476	1,272	5,476	1	6,966

Çizelge 5.8. (devam) İç hatlar kargo taşımacılığı performansı toplam faktör verimlilik skorlarının ortalaması

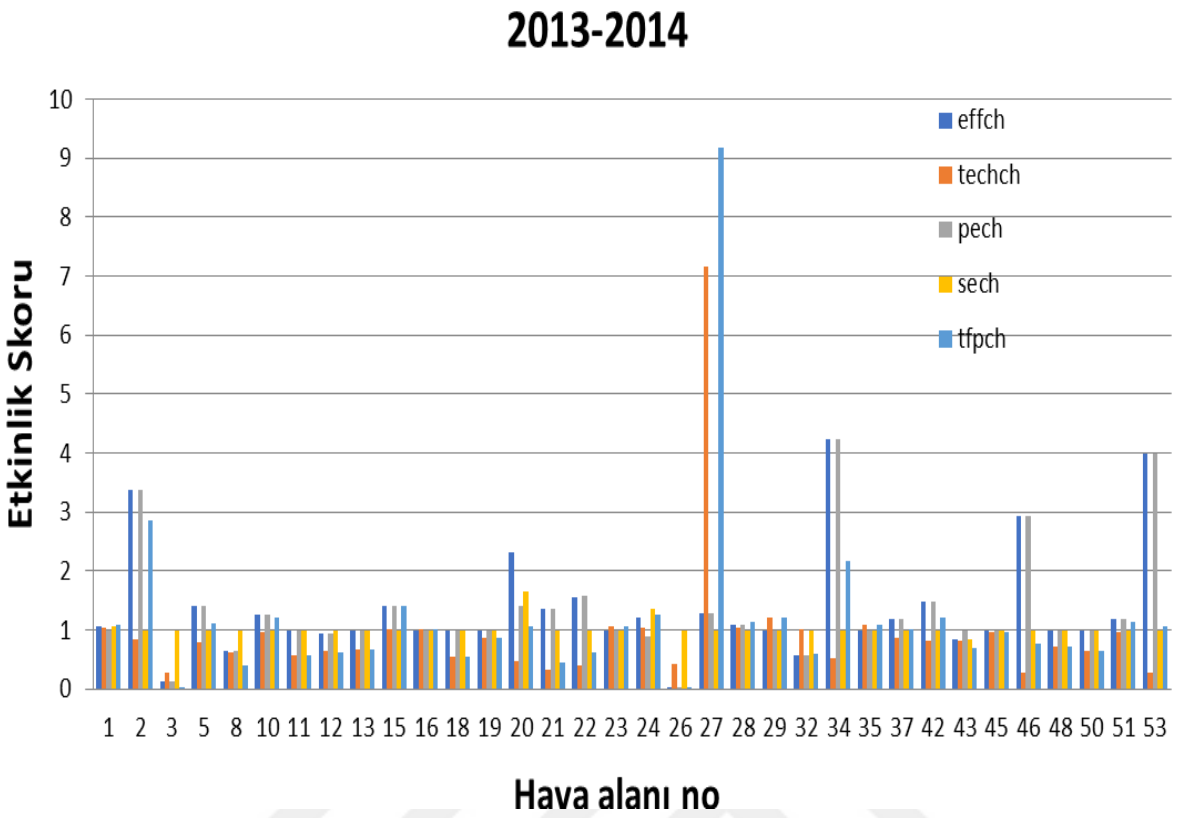
Havaalanı No	Malmquist İndeks Skorları				
	EFFCH	TECHCH	PECH	SECH	TFPCH
50	0,904	0,768	0,946	0,955	0,694
51	0,896	1,124	0,986	0,909	1,007
52	0,948	1,567	0,985	0,963	1,486
53	0,936	0,956	0,956	0,979	0,894
55	0,178	1,126	0,178	1	0,2

5.5.3. Dış hatlar gelen-giden yolcu (Model 3) performansı malmquist İNDEKS analiz sonuçları

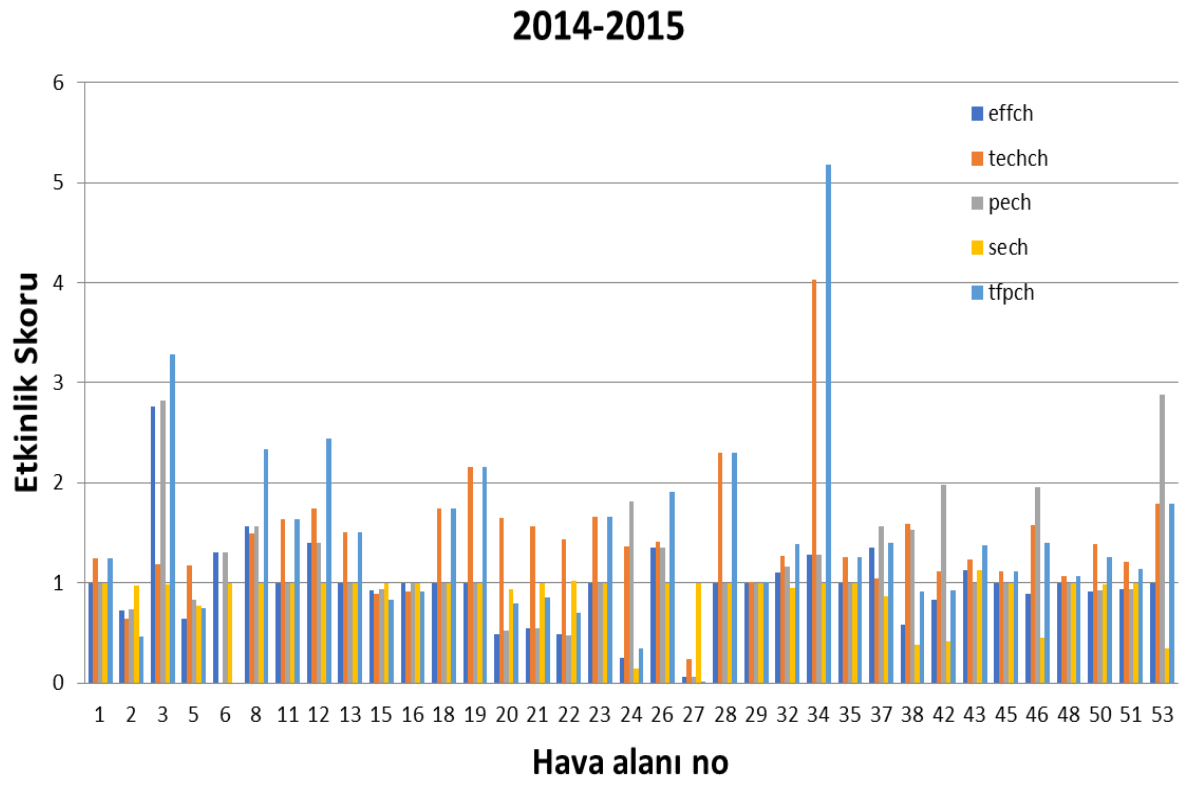
Tüm hava alanları için 2012'den 2013'e geçiş sürecinde etkinlik değişimi, Şekil 5.11'te verilmiştir. Benzer olarak 2013-2014 değişimi Şekil 5.12'te, 2014-2015 değişimi Şekil 5.13'te ve 2015-2016 değişimi ise Şekil 5.14'te gösterilmiştir. Bu değişimler esnasında havaalanlarından bazıları şekillerde yer almaktadır. Bu havaalanlarının istatiksel değerlerine ulaşılamadığından analiz dışında tutulmuştur. Toplam faktör verimlilik indeks skorlarının 1'den büyük olması bir önceki yıla nazaran gelişim gösterdiğini, 1'den küçük olması ise gelişim göstermediğini işaret etmektedir.



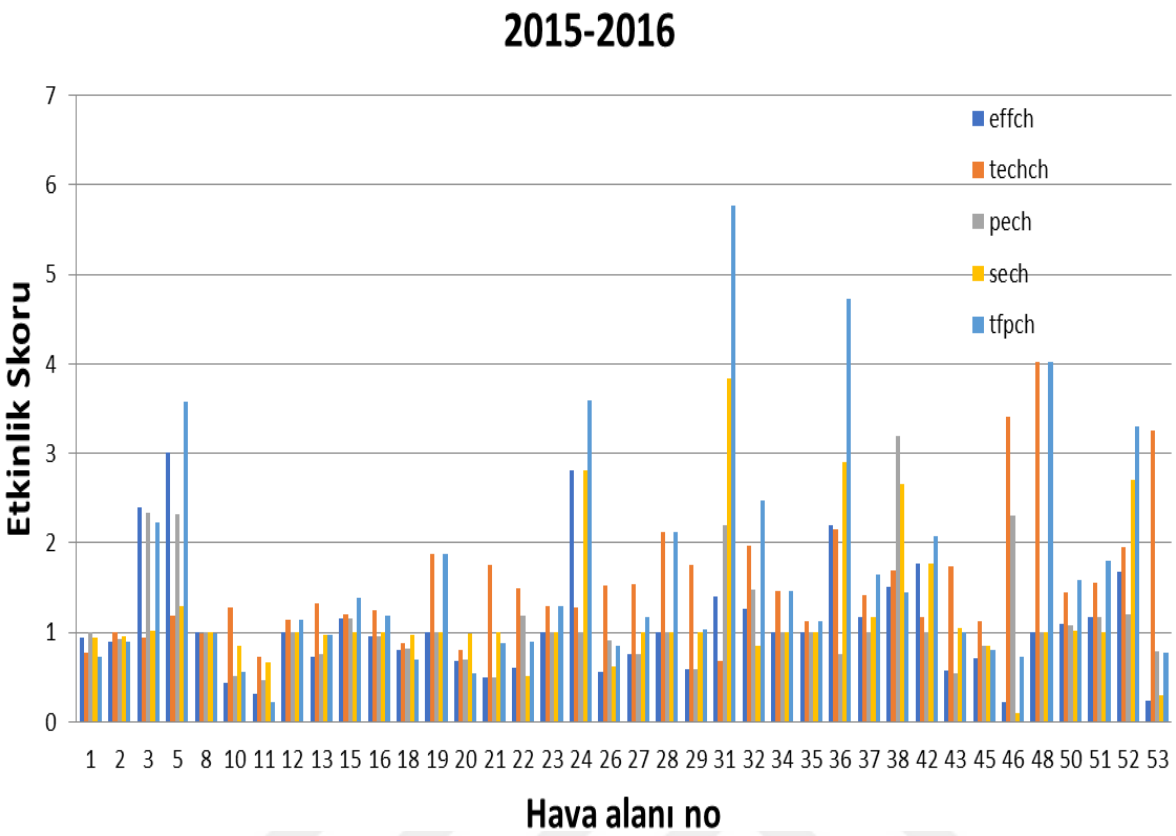
Şekil 5.11. Dış hatlar gelen-giden yolcu performansının toplam faktör verimlilik skorları (2012-2013)



Şekil 5.12. Dış hatlar gelen-giden yolcu performansının toplam faktör verimlilik skorları (2013-2014).



Şekil 5.13. Dış hatlar gelen-giden yolcu performansının toplam faktör verimlilik skorları (2014-2015)



Şekil 5.14. Dış hatlar gelen-giden yolcu performansının toplam faktör verimlilik skorları (2015-2016)

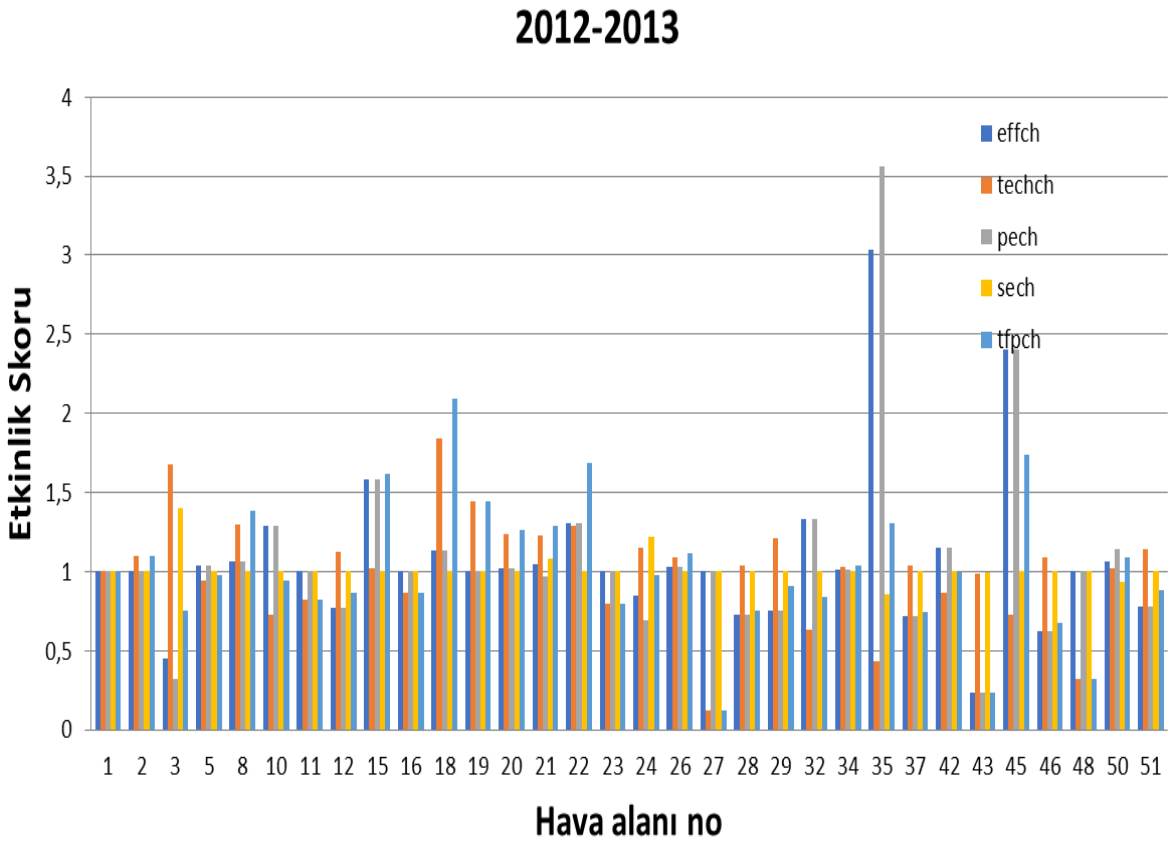
Çizelge 5.9'ta ise 2012-2016 yılları arasındaki değişimlerin ortalaması gösterilmiştir. Ortalamaların detaylı incelemesinde; toplam faktör verimlilik değişimleri (TFPCH), 1'den büyük olan havaalanlarının dış hatlar gelen-giden yolcu taşımacılığında 5 yıl için gelişme göstermiş olduğu, 1'den küçük olan havaalanlarının dış hatlar gelen-giden yolcu taşımacılığında 5 yıl için gelişme gösterememiş olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.9. Dış hatlar gelen-giden yolcu performansı toplam faktör verimlilik skorlarının ortalaması

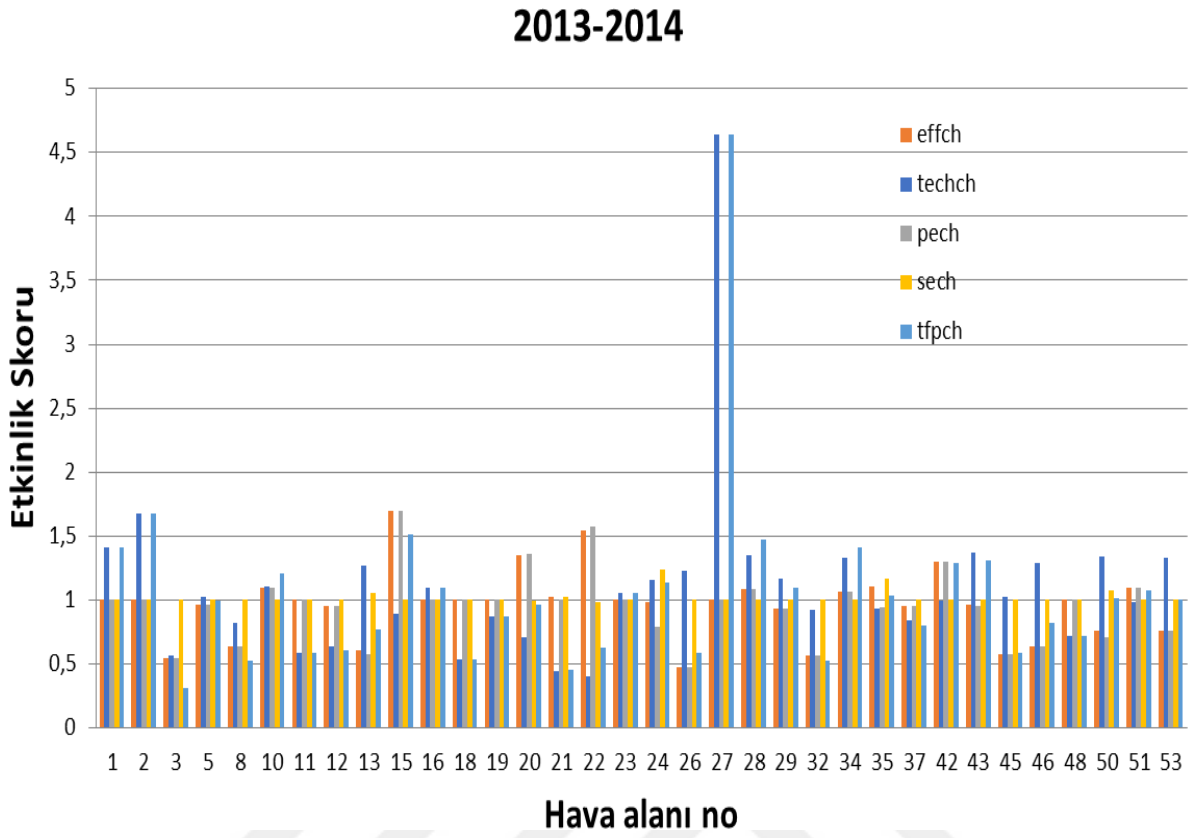
Havaalanı No	Malmquist İndeks Skorları				
	EFFCH	TECHCH	PECH	SECH	TFPCH
1	1,042	1,024	1,06	0,983	1,067
2	0,916	0,886	0,909	1,008	0,812
3	0,963	0,844	0,963	1	0,813
5	4,664	0,902	4,664	1	4,206
8	1,052	1,016	1,052	1	1,068
10	0,869	0,982	0,95	0,915	0,853
11	0,745	0,87	0,828	0,9	0,648
12	1,021	1,071	1,021	1	1,094
15	1,273	1,021	1,273	1	1,3
16	0,989	1,005	0,989	0,999	0,994
18	0,99	1,087	0,994	0,996	1,076
19	1	1,518	1	1	1,518
20	0,934	0,932	0,954	0,979	0,87
21	0,959	0,796	0,959	1	0,763
22	0,869	0,989	1,029	0,845	0,86
23	1	1,126	1	1	1,126
24	0,912	1,047	1,151	0,792	0,955
26	1,111	0,794	1,253	0,887	0,882
27	0,47	0,775	0,47	1	0,364
28	1,271	1,155	1,271	1	1,468
29	1,095	0,946	1,095	1	1,036
32	0,984	1,176	1,039	0,947	1,158
34	5,346	1,236	5,346	1	6,609
35	1,119	1,102	1,119	1	1,234
37	1,056	1,074	1,056	1	1,134
42	1,233	1,025	1,328	0,929	1,264
43	0,925	0,984	0,925	1	0,91
45	1,049	0,996	1,093	0,96	1,045
46	0,832	0,999	1,833	0,454	0,831
48	1	1,027	1	1	1,027
50	1,302	0,801	1,302	1	1,044
51	1,017	1,184	1,017	1	1,205

5.5.4. Dış hatlar kargo taşımacılığı (Model 4) performansı malmquist indeks analiz sonuçları

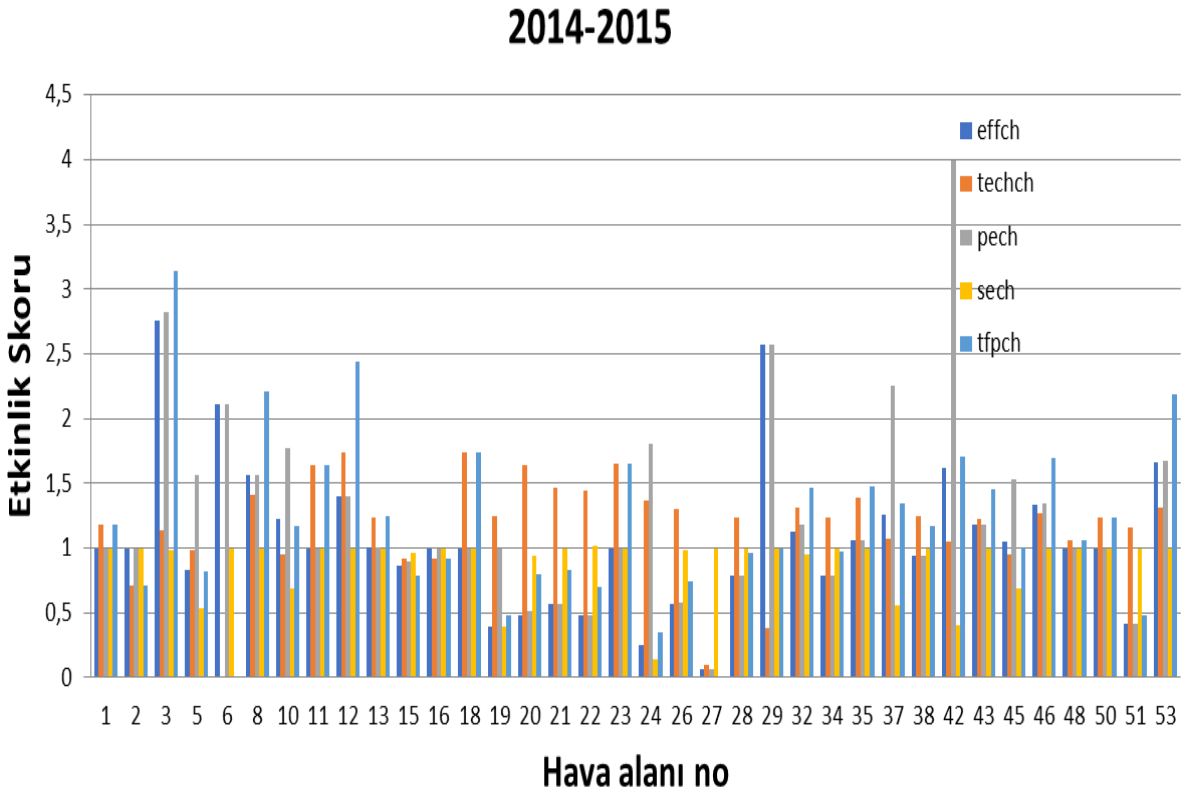
Tüm havaalanları için 2012'den 2013'e geçiş sürecinde etkinlik değişimi Şekil 5.15'te verilmiştir. Benzer olarak 2013-2014 değişimi Şekil 5.16'ta, 2014-2015 değişimi Şekil 5.17'ta ve 2015-2016 değişimi ise Şekil 5.18'te gösterilmiştir. Bu değişimler esnasında hava alanlarından bazıları şekillerde yer almaktadır. Bu hava alanlarının istatiksel değerlerine ulaşılamadığından analiz dışında tutulmuştur.



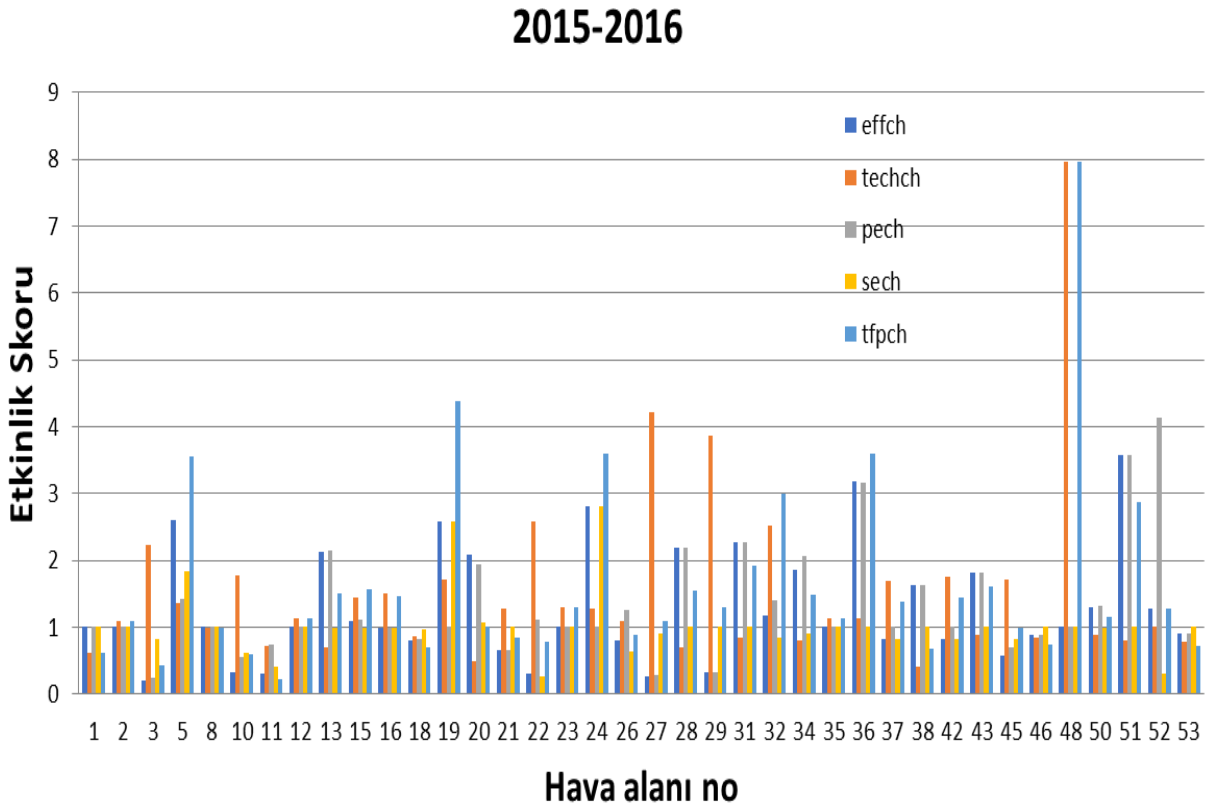
Şekil 5.15. Dış hatlar kargo taşımacılığı performansının toplam faktör verimlilik skorları (2012-2013)



Şekil 5.16. Dış hatlar kargo taşımacılığı performansının toplam faktör verimlilik skorları (2013-2014)



Şekil 5.17. Dış hatlar kargo taşımacılığı performansının toplam faktör verimlilik skorları (2014-2015)



Şekil 5.18. Dış hatlar kargo taşımacılığı performansının toplam faktör verimlilik skorları (2015-2016)

Çizelge 5.10'ta ise 2012-2016 yılları arasındaki değişimlerin ortalamasını gösterilmiştir. Ortalamaların detaylı incelemesinde; toplam faktör verimlilik değişimleri (TFPCH) 1'den büyük olan havaalanlarının dış hatlar kargo taşımacılığında 5 yıl için gelişme göstermiş olduğu, 1'den küçük olan havaalanlarının ise dış hatlar kargo taşımacılığında 5 yıl için gelişme gösterememiş olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.10. Dış hatlar kargo taşımacılığı performansı toplam faktör verimlilik skorlarının ortalaması

Havaalanı No	Malmquist İndeks Skorları				
	EFFCH	TECHCH	PECH	SECH	TFPCH
1	1	1,002	1	1	1,002
2	1	1,098	1	1	1,098
3	0,603	1,248	0,585	1,031	0,753
8	1,016	1,103	1,016	1	1,121
10	0,869	1,081	1,081	0,804	0,939
11	0,745	0,869	0,93	0,801	0,648
12	1,005	1,093	1,005	1	1,098
15	1,26	1,048	1,279	0,985	1,32
16	0,995	1,07	0,999	0,997	1,065
18	0,977	1,108	0,984	0,993	1,082
19	1	1,275	1	1	1,275
20	1,085	0,916	1,085	1	0,994
21	0,797	1,005	0,777	1,025	0,801
22	0,738	1,179	1,024	0,72	0,87
23	1	1,156	1	1	1,156
24	0,878	1,233	1	0,878	1,083
26	0,691	1,174	0,775	0,891	0,81
27	0,361	0,694	0,369	0,977	0,25
28	1,08	1,051	1,08	1	1,134
29	0,881	1,205	0,881	1	1,062
32	1,002	1,179	1,06	0,945	1,182
34	1,119	1,077	1,148	0,975	1,205
35	1,373	0,892	1,373	1	1,226
37	0,916	1,119	1,114	0,822	1,025
42	1,184	1,123	1,562	0,758	1,33
43	0,834	1,1	0,834	1	0,918
45	0,955	1,05	1,102	0,866	1,002
46	0,831	1,104	0,831	1	0,918
48	1	1,186	1	1	1,186
50	1,013	1,107	1,016	0,997	1,121
51	1,061	1,01	1,061	1	1,072

5.6. Analiz Sonuçları Genel Değerlendirme

Girdi yönlü farklı dört model (Model 1-4) çalışmasındaki CRS modeli ile Türkiye'deki havaalanlarının ulaşım göstergelerini faydalı çıktılara dönüştürme performansı detaylı bir şekilde irdelenmiştir.

Havaalanlarının performans etkinlik skorları incelendiğinde; kalkınma yolunda gelişim gösteren şehirlerdeki etkinlik skorlarının etkin olma yolunda 1 değerine yaklaşmaya çaba sarf ettikleri görülmektedir. Havaalanlarının gerek yolcu gerekse kargo taşımacılığı yönünden şehirleşmeye önemli katkıları olduğu da çıkarımlar arasında yer alabilmektedir. Bu analiz, ülkelerin havayolu ulaşım politikalarının belirlenmesinde somut veriler sunmaktadır. Politika üretenlere sayısal dayanak sağlayıp geliştirecekleri politikalara destek verebilmektedir.

6. SONUÇLAR, DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Yüksek düzeyde bir performans elde etmek her organizasyon için bir başarı faktörüdür. Bu doğrultuda gelişim için gerekli olacak kriterleri belirlemek, mevcut olan performansı geliştirmek ve organizasyondaki bazı birimlerin verimsiz işleme nedenini anlamak, günümüzde önemli bir yönetimsel araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmayla etkinlik ölçümü ve toplam faktör verimliliği teknikleri olan Veri Zarflama Analizi ve Malmquist İndeksi yardımı ile Türkiye'deki havaalanları için önemli bir gelişim kıstası olan performans subjektif olarak ortaya konulmuştur.

Bu çalışma ile ülkemizin ekonomik ve sosyal gelişiminde özellikle son zamanlarda oldukça önemli bir yeri olan havayollarının kullanım sıklığındaki artışlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. AB'ne uyum çalışmaları çerçevesindeki "Ulaştırma" başlığı, açılan ve uyum için çalışmaların devam ettiği bir başlıktır. Bu çalışma sayesinde havayolu ulaşımı temel göstergelerinin AB'ye uyumu konusunda fayda sağlanılacaktır.

Birçok işletmenin işletme performansının belirlenmesi ve performansın iyileştirilmesi için geliştirilecek politikaların belirlenmesi için Veri Zarflama Analizi'nden yararlanılması havaalanlarının değerlendirilmesi yönünde bu çalışmayı teşvik etmiştir. Elde edilen performansla değerlerinin sürdürülebilir olması ise Malmquist Index yaklaşımıyla sayısal olarak ortaya konmuştur. Etkinlik değerlendirmesi için oluşturulan dört farklı model için 1 çıkan havaalanları girdilerini yani trafik sıklığı, uçak sayısı değerlerinin gelen giden yolcu sayısına göre değerlendirmiş ve bu girdilere göre azami kapasitenin kullanıldığını göstermiştir. 1 değerinin altında çıkan havaalanları ise bu sayıyı artırmaları gerekmektedir. Yıllar içerisinde bu gelişmeyi gösterenler ise Malmquist Index değeri 1 den büyük olan havaalanları bu gelişmeye bir önceki yıla göre geliştirmiştir demektir. Bu kapsamda havaalanlarının etkinlik skorları incelendiğinde İstanbuldaki iki havaalanı, ankara Esenboğa havaalanı gibi yolcu ve kargo kapasitesi yüksek olan havaalanları hem etkin hemde etkinliğini sürdürülebilir kılmışlardır. Bunun yanısıra bazı havaalanları etkinlik skorları ise sıfıra çok yakındır. Bu havaalanlarının bu skorları değil Malmquist Index değerlerine bakmak gerekir. Gelişmekte olan illerde havaalanları hem yolcu hemde kargo bakımından etkin olmamakla birlikte gelişim göstermeleri yani MI değerlerinin 1'den büyük olması yeterli olacaktır.

Bu çalışmada, temel havayolu göstergelerinin olumlu ve olumsuz sonuçlar doğurduğu olaylar bakımından göreceli performansın belirlenmesi amaçlanmış, böylece Türkiye'nin havaalanı ihtiyaç planlaması için somut veriler üretilmiştir. Elde edilen subjektif sonuçlarla, ulaşım göstergeleri performansının azami olmasını sağlayacak temel göstergelerin kısıtları ile izlenmesi gereken stratejilerin ve hedeflerin nasıl olmasının gerekliliği konusunda bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

Globalleşen sosyal ve ekonomik koşulların hâkim olduğu günümüzde, ortaya çıkan ulusal ve uluslararası rekabet koşulları nedeniyle ülkelerin performanslarını sürekli değişen durumlara göre koruma ve geliştirme gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bunun neticesi olarak ülke performansını doğru şekilde tespit etmek ve buna uygun bir strateji doğrultusunda hareket etmek oldukça hayati bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. İşte bu noktada ülke performansını subjektif olarak ölçümleyebilen bilimsel teknikler önemlidir. Bu teknikler, parametrik ve parametrik olmayan teknikler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Veri Zarflama Analizi, parametrik olmayan tekniklerden biri olup etkinlik ölçümlemesinde oldukça sık kullanılan, pratik ve güvenilir bir yöntem olarak literatürde yer almaktadır. Bunun nedeni ise bu tekniğin, etkinliğe etkisi olabileceği düşünülen birden fazla girdi ve çıktıyı, aynı anda ölçümlemenin içine katıp daha optimum sonuçlar elde ederek performansı ölçebilmesidir. Etkinlik ölçümü ile birlikte gerekli olduğu düşünülen bir diğer konu ise performans kısıtı verimlilik ölçümüdür. Bunun için ise Malmquist İndeksi, etkinlik içinde hesaba katılamamış olan teknik ve teknoloji etkinlik gibi unsurları ayrıştırıp etkili bir ölçümleme sağlayabilmektedir.

Veri Zarflama Analizi, birden çok ve farklı ölçeklerle ölçülmüş girdi ve çıktıların karşılaştırma yapmayı zorlaştırdığı hallerde, KVB'lerin göreceli performanslarını ölçmeyi amaç edinen doğrusal programlama tabanlı bir tekniktir.

Bu çalışmada, havaalanlarının etkinlikleri için girdi ve çıktı değişkenleri değiştirilerek dört farklı model geliştirilmiştir. Girdi yönlü model ile belirli bir çıktı düzeyini ölçmek amacıyla etkinliği ölçülen KVB'nin girdilerinin ne kadar azaltılabileceği araştırılmaktadır. Dolayısıyla burada yapılan dört girdi yönlü model ile çıktıları sabit tutarak ulaşım göstergelerinin ne kadar azaltılması gerektiği araştırılmıştır.

Seçilen dört farklı modelde de etkinlik skoru İstanbul-Atatürk ve Ankara-Esenboğa havaalanları için % 100 çıkmıştır. Bunun anlamı; temel havayolu ulaşım göstergelerini, diğer havaalanlarına göre daha olumlu çıktı olarak üretebilmişlerdir. Bu da etkin havaalanlarının

mevcut trafik göstergelerini daha fazla kargo taşımacılığına veya daha fazla yolcu taşıma kapasitesine ulaşabileceğini göstermektedir.

Çalışmada etkinliğin yıllar içerisindeki değişimini incelemek için Malmquist İndeks yaklaşımı kullanılmıştır. Böylece statik bir analiz yerine dinamik bir analiz yapılarak havaalanlarının etkinliğini koruyup korumadığı da test edilmiştir. Son yıllarda artan şehirleşme ve refah toplum kavramıyla birlikte uçak ve havaalanı sayısındaki artış, hem yolcu taşımacılığı üzerine hem de kargo taşımacılığı üzerine karayoluna göre bir alternatif olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmanın çıktıları bu konu üzerinde çalışan ve politika üreten kişilere somut (sayısal) değerlerle "Ulaştırma" temel başlığı hakkında AB ülkelerine göre Türkiye'nin durumunu ortaya koymakta olup hızla gelişen 21.yy'da temel ihtiyaçlarımızın karşılanması ve ülkemizde havayolu ulaşımının daha ağırlıklı kullanılmasının hızla artış gösterdiği sonucu elde edilmiştir. "Ulaştırma" temel başlığının Türkiye açısından önemli kolu olan havayolu ulaştırma verilerinin diğer AB ülkeleri ile çok parametreli karşılaştırıldığında genç ve yüksek nüfusun, mevcut karayolu alt yapısının ve yol-km ve yolcu-km gibi temel havayolu göstergelerinin Türkiye için dengeli olduğu görülmektedir. Bu analiz ile AB'ye giriş sürecinde havayolu ulaşım politikalarının geliştirilmesinde önemli bir veri oluşturulmuştur. Ulaştırma alanında politika üretenler için Türkiye açısından faydalı bir çıktı elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Farrell, M.J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 120 (3), 253-290.

2. Yolalan, R. (1993). *İşletmeler arası göreceli etkinlik ölçümü.* Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları: 483, 3-19.

3. Cooper, W., Rhodes, E. and Charnes, A. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2 (6), 429-444.

4. Banker, R.D., Conrad, R.F. and Strauss, R.P. (1986). A comparative application of data envelopment analysis and translog methods: An illustrative study of hospital production. *Management Science*, 32 (1), 30-44.

5. Mao, W. and Koo, W., (1997). Productivity growth, technological progress and efficiency change in Chinese agriculture after rural economic reforms: A Dea approach. *China Economic Review*, 8 (2), 157-174.

6. Özyiğit, T. (2000). *Gelişmekte Olan Ülkelerin Göreli Sosyo - Ekonomik Performanslarının Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Galatasaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul,1-72.

7. Ahn, T.S. (1987). *Efficiency Related Issues in Hiher Education: A Data Envelopment Analysis Approach*. Ph.D. Thesis, The University Of Texas at Austin, Texas, 14-47.

8. Drake, L. and Simper, R. (2002). The measurement of English and Welsh police force efficiency: A comparison of distance function models. *European Journal of Operational Research*, 147, 165-186.

9. Martic, M. and Savic, G. (2001). An application of DEA for comparative analysis and ranking of regions in Serbia with regards to social-economic development. *European Journal of Operational Research*, 132, 343-356.

10. Ulucan A. (2000). Şirket Performanslarının Ölçülmesinde Veri Zarflama Analizi Yaklaşımı: Genel ve Sektörel Bazda Değerlendirmeler. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergis*i, 18, 405-418.

11. Yu, M.(2004). Measuring Physical Efficiency of Domestic Airports İn Taiwan with Undesirable Outputs And Environmental Factor. *Journal of Air Transport Management*, 10, 295–303.

12. Kao, C. and Hung, H. (2006). Efficiency Analysis of University Departments: An Empirical Study. *The International Journal of Management Science*, 36 (4), 653-664

13. Chen, T. (1997). A measurement of the resource utilization efficiency of university libraries. *International Journal of Production Economics*, 53, 71-80.

14. Ethelene, W. (2002). Academic Library Performance Measures And Undergraduates' Library Use And Educational Outcomes. *Library & Information Science Research,* 24, 107–128.

15. Hammond, C. J. (2002). Efficiency İn The Provision Of Public Services: A Data Envelopment Analysis Of UK Public Library Systems. *Applied Economics*, 34, 649-657.

16. Johnes, J. (2005). Data Envelopment Analysis and Its Application to The Measurement Of Efficiency in Higher Education. *Economics of Education Review*, 25 (3), 273-288.

17. Vitaliano, D. F. (1998). Assessing Public Library Efficiency Using Data Envelopment Analysis. *Annals of Public and Cooperative Economics*, 69 (1), 107-122.

18. Chen, Y., Liang, L., Yang, F. and Zhu, J. (2006). Evaluation Of Information Technology Investment: A Data Envelopment Analysis Approach, *Computers&Operations Research*, 33, 1368–1379.

19. Ruggiero, J. (2005). Measurement Error, Education Production And Data Envelopment Analysis. *Economics of Education Review,* 25 (3), 327-333.

20. Shim, W. (2000). Assessing technical efficiency of research libraries. *Advances in Library Administration and Organisation,* 17, 243-339.

21. Vaninsky, A. (2006). Efficiency of electric power generation in the United States: Analysis and forecast based on data envelopment analysis. *Energy Economics,* 28, 326–338.

22. Jamasb, T., Pollitt, M. and Triebs, T. (2008). Productivity and efficiency of US gas transmission companies: A European regulatory perspective. *Energy Policy*, 36, 3398–3412.

23. Ramos-Real, F.J., Tovar, B., Lootty, M., Almeida, E.F. and Pinto, H.Q. (2009). The evolution and main determinants of productivity in Brazilian electricity distribution 1998–2005: An empirical analysis. *Energy Economics*, 31, 298–305.

24. Wanga, J.H., Ngana, H.W. and Engriwana, W. (2007). Performance based regulation of the electricity supply industry in Hong Kong: An empirical efficiency analysis approach. *Energy Policy*, 35, 609–615.

25. Kulshreshtha, M. and Parikh, J.K. (2002). Study of efficiency and productivity growth in opencast and underground coal mining in India: a DEA analysis. *Energy Economics,* 24, 439-453.

26. Briec, W., Peypoch, N. and Ratsimbanierana, H. (2011). Productivity growth and biased technological change in hydroelectric dams. *Energy Economics*, 33 (5), 853-858.

27. Hawdon, D. (2003). Efficiency, performance and regulation of the international gas industry: a bootstrap DEA approach. *Energy Policy*, 31, 1167–1178.

28. Wolf, C. (2009). Does ownershipmatter? The performance an defficiency of State Oilvs. Private Oil (1987–2006). *Energy Policy,* 37, 2642–2652.

29. Abbott, M. (2006). The productivity and efficiency of the Australian electricity supply industry. *Energy Economics,* 28, 444–454.

30. Barros, C.P. (2008). Efficiency analysis of hydroelectric generating plants: A case study for Portugal *Energy Economics,* 30, 59–75.

31. Estache, A. and Rossib, M. (2005). Do regulation and ownership drive the efficiency of electricity distribution? Evidence from Latin America. *Economics Letters,* 86, 253–257.

32. Düzakın, E. ve Düzakın, H. (2007). Measuring the performance of manufacturing firms with super slacks based model of data envelopment analysis: An application of 500 major industrial enterprises in Turkey. *European Journal of Operational Research,* 182, 1412–1432.

33. Bakırcı, M. (2012). Ulaşım coğrafyasi açısından Türkiye'de havayolu ulaşımının tarihsel gelişimi ve mevcut yapısı. *Marmara Coğrafya Dergisi,* (25), 344.

34. Devlet Planlama Teşkilatı. (2002). Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001-2005); DPT ve 697. *Ankara*. 153-154.

35. T.C. Kalkınma Bakanlığı (2013). Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018); T.C. Kalkınma Bakanlığı ve 1041. *Ankara*. 122.

36. T.C. Ulaştırma Bakanlığı. (2011). Türkiye'nin Ulaşım ve İletişim Stratejisi Hedef 2023; T.C. Ulaştırma Bakanlığı. *Ankara*. 33-41.

37. Devlet Planlama Teşkilatı. (2006). Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013). DPT ve 877. *Ankara*. 71.

38. T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı. (2016). İstatistiklerle Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme: 2003-2016; Strateji Geliştirme Başkanlığı. *Ankara*. 1-63

39. Tümertekin, E., Özgüç, N. (1997). *Ekonomik Coğrafya*. İstanbul: Çantay Kitabevi, 3

40. Taşlıgil, N. (2010). *Türkiye'nin Ulaşım Coğrafyası*. İstanbul: Kuşak Ofset, 7

41. Emrouznejad, A., Parker, B. R. and Tavares, G. (2008). Evaluation of research in efficiency and productivity: A survey and analysis of the first 30 years of scholarly literature in DEA. *Socio-Economic Planning Sciences,* 2 (3), 151-157.

42. Ray, S.C. (2004). *Data Envelopment Analysis: Theory and Techniques for Economics and Operations Research.* New York: Cambridge University Pres, 82-111

43. Cook, W. D. and Seiford, L. M. (2009). Data Envelopment Analysis (DEA) – Thirty years on. *European Journal of Operational Research,* 192, 1-17.

44. Charnes, A., Cooper, W.W., Lewin, A.Y. and Sieford, L.M. (1998). Data Envelopment Analysis: Theory Methodology and Applications, *Journal of the Operational Research Society*, 48, 332-334.

45. Odeck, J. (2006). Identifying traffic safety best practice: an application of DEA and Malmquist indices. *Omega*, 34 (1),38-40.

46. Odeck, J. (2000). Assessing the relative efficiency and productivity growth of vehicle inspection services: An application of DEA and Malmquist indices *European Journal of Operational Research*, 126 (3), 501-514.

47. Cullinane K., Wang T., Song, D. and Ji, P. (2006). The technical efficiency of container ports: Comparing data envelopment analysis and stochastic frontier analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 40 (4), 354-374.

48. Sueyoshi, T. (1994). Stochastic frontier production analysis: Measuring performance of public telecommunications in 24 OECD countries. *European Journal of Operational Research*, 74 (3), 466-478.

49. Easton, L., Murphy, D.J. and Pearson, J.N. (2002). Purchasing Performance Evaluation: With Data Envelopment Analysis. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 8 (3), 123–134.

50. Retzlaff, R. (1997). A Data Envelopment Analysis approach to Discriminant Analysis. *Annals of Operations Research*, 73, 299-321.

51. Vassiloglou, M. and Giokas, D. (1990). A Study of the Relative Efficiency of Bank Branches: an Application of Data Envelopment Analysis. *Journal of the Operational Research Society*, 41 (7): 591-7.

52. Bowlin, WF. (1999). An Analysis of the Financial Performance of Defense Business Segments Using Data Envelopment Analysis. *Journal of Accounting and Public Policy*, 18 (4/5), 287-310.

53. Norman, M. and Stoker, B. (1991). *Data Envelopment Analysis: The Assesment of Performance (First Edition)*. New York: 29-35.

54. Boussofiane, A, Dyson RG, Thanassoulis E. (1991). Applied Data Envelopment Analysis". *European Journal of Operational Research*, 52, 1-15.

55. Lewin, A.Y. and Morey R.C. (1981). Measuring the Relative Efficiency and Output Potential of Public Sector Organizations: An Application of Data Development Analysis. *International Journal of Policy Analysis and Information Systems*, 5 (4), 267-285.

56. Banker, R. and Thrall. R. (1992). Estimation of returns to scale using Data Envelopment Analysis. *European Journal Of Operational Research*, 62 (1), 74-84.

57. Fare, R., Grosskopf, S. and Lovell, C. (1983). The Structure of Technical Efficiency. *Scandinavian Journal Of Economic*, 85(2), 181-90.

58. Banker, R. (1984). Estimating Most Productive Scale Size Using Data Envelopment Analysis. *European Journal Of Operational Research,* 17 (1), 35-44.

59. Banker, R.D., Charnes A., and Cooper, W.W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiences in data envelopment analysis. *Management Science,* 30 (9), 1078-1092.

60. Banker, R. Charnes, A. Cooper, W. and Schinnar, A. A. (1981). Bi-Extremal Principle for Frontier Estimation and Efficiency Evaluations. *Management Science,* 27 (12), 1370-1382.

61. Diewert, W.E., Christensen, L.R. and Caves, D.W. (1982). The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity. *Econometrica*, 50, 1393-1414.

62. Grosskopf, S. (1986). The role of the reference technology in measuring productive efficiency, *Economic Journal*, 96, 499-513.

,

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler



Soyadı, adı : ŞAY, Serkan

Uyruğu : T.C.

Doğum tarihi ve yeri : 25.02.1979, Bolu

Medeni hali : Evli

Telefon : 0 (505) 414 07 14

e-mail : serkan1426@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Doktora	Gazi Üniversitesi / Kazaların Çevresel ve Teknik Araştırması A.B.D	2018
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi / Trafik Planlaması ve Uygulaması A.B.D	2007
Lisans	Polis Akademisi	2001
Lise	Polis Koleji	1997

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2001-2016	Emniyet Genel Müdürlüğü	Polis

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

-

Hobiler

Kitap Okumak, Futbol, Siyaset



GAZİ GELECEKTİR..