

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**ÇOK AMAÇLI ETKİNLİK ÖLÇÜMÜNDE YENİ BİR
YAKLAŞIM ÖNERİSİ OLARAK İLİŞKİSEL VERİ
ZARFLAMA ANALİZİ: SAKARYA BÜYÜKŞEHİR
BELEDİYESİ OTOBÜS İŞLETMESİ UYGULAMASI**

DOKTORA TEZİ

Samet GÜNER

**Enstitü Anabilim Dalı : İşletme
Enstitü Bilim Dalı : Üretim Yönetimi ve Pazarlama**

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Erman COŞKUN

NİSAN-2014

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ


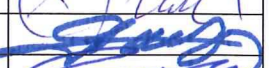



**ÇOK AMAÇLI ETKİNLİK ÖLÇÜMÜNDE YENİ BİR
YAKLAŞIM ÖNERİSİ OLARAK İLİŞKİSEL VERİ
ZARFLAMA ANALİZİ: SAKARYA BÜYÜKŞEHİR
BELEDİYESİ OTOBÜS İŞLETMESİ UYGULAMASI**

DOKTORA TEZİ

Samet GÜNER

Enstitü Anabilim Dalı : İşletme
Enstitü Bilim Dalı : Üretim Yönetimi ve Pazarlama

“Bu tez 20.04/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.”

Jüri Üyesi	Kanaati	İmza
Prof. Dr. Erman COŞKUN	Basarılı	
Prof. Dr. Aziz KUTLAR	Basarılı	
Doç. Dr. Nihal SÜTÜTEMİZ	Basarılı	
Yrd. Doç. Dr. Ender GÜRGEN	Basarılı	
Yrd. Doç. Dr. Abdülkadir HIZIROĞLU	Basarılı	

BEYAN

Bu tezin yazılmasında bilimsel ahlâk kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

Samet GÜNER
30.04.2014

Tülay'a ve Hüma'ya...

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması, kendi bilgi ve emeğimin yanı sıra değerli hocalarımla ve mesai arkadaşlarımla yardımları ve destekleri sayesinde bu seviyeye gelmiş ve tamamlanabilmiştir. Bu nedenle kendilerine teşekkürü bir borç bilirim.

Sadece bu tez çalışmasının hazırlanması aşamasında değil, tüm meslek hayatım boyunca bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan ve her türlü desteği sağlayan, hem tezime hem de hayatıma dair yeni ufuklar kazandıran danışman hocam Prof. Dr. Erman COŞKUN'a çok teşekkür ederim.

Ayrıca tez izleme sürecinde ve sonrasında değerli fikirlerini paylaşarak çalışmanın daha nitelikli olmasına yardımcı olan tez izleme komitesi üyelerim Doç. Dr. Nihal SÜTÜTEMİZ ve Yrd. Doç. Dr. Abdülkadir HIZIROĞLU'na ve tez savunma komitesi üyelerim Prof. Dr. Aziz KUTLAR ve Yrd. Doç. Dr. Ender GÜRGEN'e,

Tezimin değerlendirme ve yapılandırma aşamasında değerli zamanlarını ve desteklerini esirgemeyen, önerileri ve yapıcı eleştirileriyle çalışmanın mevcut haline gelmesine önemli katkılarda bulunan Doç. Dr. M. Çağlar ÖZDEMİR'e,

Uygulamadaki bilgilerini ve tecrübelerini benimle paylaşarak araştırma sonuçlarının daha uygulanabilir olmasını sağlayan Yrd. Doç. Dr. Kamil TAŞKIN ve Sayın Mustafa ÖZFATURA'ya,

Tez yazım sürecinde ABD'de bulunduğum sürede çalışmalarımı ilgili değerli görüşlerini ve fikirlerini paylaşan Worcester Polytechnic Institute (WPI) School of Business öğretim üyeleri Prof. Dr. Joseph SARKIS ve Prof. Dr. Joe ZHU'ya,

Tüm tez yazım sürecinde ve lisansüstü eğitimim boyunca teknik desteklerini ve dostluklarını esirgemeyen başta Bülent TÜRKMEN, Murat ÖZOĞLU ve Ahmet DAĞ olmak üzere tüm Sosyal Bilimler Enstitüsü çalışanlarına,

Sıcak temmuz günlerinde bu çalışmanın saha araştırmasına ve veri toplama sürecine yardımcı olan sevgili kuzenim Yusuf Ahmet KÖROĞLU'na,

Tez yazım sürecinde uygun çalışma koşullarını sağlayarak çalışmamı kolaylaştıran oda arkadaşım Arş. Gör. N. Güliz UĞUR'a,

Araştırmanın yurtdışı ayağını finanse eden Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne,

ve bugüne kadar yetişmemde emeği ve üzerimde hakkı bulunan ilkokuldan üniversiteye kadar tüm değerli hocalarıma içtenlikle teşekkür eder, vefat edenlere Allah'tan rahmet dilerim.

Ayrıca, bugünlere gelmemde büyük emekleri olan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, başta annem Nevin GÜNER ve babam Ahmet GÜNER olmak üzere tüm aile üyelerime ne kadar teşekkür etsem azdır.

Son olarak, tez yazım sürecinin tüm zorluklarına benimle beraber göğüs geren, uzun çalışma saatlerimi anlayışla karşılayan ve nihayetinde bu tezin meydana gelmesinde önemli bir pay sahibi olan sevgili eşim Tülay'a ve dünyaya gelişiyle hayatımızı renklendiren güzel kızım Hüma'ya çok teşekkür ediyorum ve bu tezi onlara ithaf ediyorum. Hayat sizinle daha anlamlı ve daha güzel. İyi ki varsınız...

Samet GÜNER
30.04.2014

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	iv
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÖZET	vii
SUMMARY	viii
GİRİŞ	1
BÖLÜM 1: TEMEL KAVRAMLAR VE ŞEHİR İÇİ YOLCU TAŞIMACILIĞI SİSTEMLERİNİN PERFORMANS ÖLÇÜMÜ	8
1.1. Şehir İçi Yolcu Taşımacılığına Genel Bakış	8
1.1.1. Şehir İçi Yolcu Taşımacılığının Tanımlanması ve Kavramsal Çerçevesi	8
1.1.2. Şehir İçi Yolcu Taşımacılığının Tarihsel Gelişimi	10
1.1.3. Şehir İçi Yolcu Taşımacılığı Sistemlerinin Karakteristikleri.....	13
1.1.3.1. Arz Karakteristikleri	14
1.1.3.2. Talep Karakteristikleri	15
1.2. Performans Ölçümü.....	17
1.2.1. Operasyonel Performans Ölçütleri	19
1.2.1.1. Üretkenlik	19
1.2.1.2. Etkinlik	24
1.2.1.3. Etkililik	29
1.2.2. Operasyonel Performans Ölçüm Metotları	31
1.2.2.1. Performans Göstergeleri	32
1.2.2.2. Parametrik (Ekonometrik) Yaklaşımlar.....	33
1.2.2.3. Parametrik Olmayan (Matematiksel) Yaklaşımlar	37
1.2.2.4. Performans Ölçüm Metotlarının Karşılaştırılması.....	40
1.2.3. Performans Ölçümünde Kullanılan Girdiler ve Çıktılar	42
1.3. Şehir İçi Yolcu Taşımacılığında Kullanılan Performans Ölçütleri, Metotları ve Girdi/Çıktılar	43
1.3.1. Şehir İçi Yolcu Taşımacılığında Performans Ölçütleri.....	44
1.3.2. Şehir İçi Yolcu Taşımacılığında Performans Ölçüm Metotları	46

1.3.3. Şehir İçi Yolcu Taşımacılığı Performans Ölçümünde Kullanılan Girdiler ve Çıktılar	48
--	----

BÖLÜM 2: VERİ ZARFLAMA ANALİZİ, ELEŞTİREL BİR BAKIŞ OLARAK ÇOK AMAÇLI ETKİNLİK ÖLÇÜM YAKLAŞIMLARI VE YENİ BİR YAKLAŞIM ÖNERİSİ OLARAK İLİŞKİSEL VERİ ZARFLAMA ANALİZİ54

2.1. Veri Zarflama Analizi	54
2.1.1. Tanımı ve Gelişimi.....	54
2.1.2. Temel Varsayımları.....	60
2.1.3. Temel Yaklaşımları.....	62
2.1.3.1. Girdi ve Çıktı Yönelimli Yaklaşımlar	62
2.1.3.2. Ölçeğe Getiri Yaklaşımları.....	66
2.1.4. Veri Zarflama Analizi ile Regresyon Analizlerinin Karşılaştırılması.....	74
2.2. Veri Zarflama Analizine Eleştiriler ve Çok Amaçlı Etkinlik Ölçüm Yaklaşımları .	75
2.2.1. Entegre Yaklaşımlar.....	77
2.2.2. Direkt Yaklaşımlar	79
2.2.3. Çok Adımlı Yaklaşımlar	81
2.2.3.1. Athanassopoulos Yaklaşımı.....	82
2.2.3.2. Çok Amaçlı Veri Zarflama Analizi (MODEA).....	82
2.2.3.3. Soteriou ve Zenios Yaklaşımı.....	83
2.2.3.4. Cook, Hababou ve Tuenter Yaklaşımı.....	84
2.2.3.5. Kalite Ayarlı Veri Zarflama Analizi (Q-DEA).....	85
2.2.3.6. İki – Model Yaklaşımı (TMDEA)	85
2.2.3.7. İki – Amaç Yaklaşımı (TODEA).....	86
2.2.4. Çok Amaçlı Etkinlik Ölçüm Yaklaşımlarının Eleştirisi	87
2.3. Çok Amaçlı Etkinlik Ölçümlerine İlişkin Yeni Bir Yaklaşım Önerisi Olarak İlişkisel Veri Zarflama Analizi.....	89
2.3.1. İlişkisel Veri Zarflama Analizi Yaklaşımının Tanımlanması	90
2.3.2. İlişkisel Veri Zarflama Analizi Yaklaşımının Metodolojisi.....	90
2.3.2.1. Girdi Yönelimli Modellerde İlişkisel Veri Zarflama Analizi.....	91
2.3.2.2. Çıktı Yönelimli Modellerde İlişkisel Veri Zarflama Analizi	93
2.3.3. İlişkisel Veri Zarflama Analizi Yaklaşımının Kısıtları.....	94

BÖLÜM 3: SAKARYA BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ OTOBÜS İŞLETMESİ'NDE BİR ETKİNLİK ÖLÇÜM UYGULAMASI.....	96
3.1. Araştırmanın Yöntemi.....	96
3.1.1. Araştırmanın Amacı.....	96
3.1.2. Araştırmanın Kapsamı	97
3.1.3. Araştırmanın Metodolojisi	98
3.1.3.1. Model Seçimi.....	98
3.1.3.2. Verilerin Toplanması.....	99
3.1.3.3. Modelde Kullanılacak Girdilerin Belirlenmesi	100
3.1.3.4. Modelde Kullanılacak Çıktıların Belirlenmesi.....	102
3.2. Hat Performanslarının Veri Zarflama Analizi ile Ölçülmesi	104
3.2.1. Operasyonel Etkinliğin Veri Zarflama Analizi ile Ölçülmesi.....	104
3.2.2. Hizmet Etkililiğinin Veri Zarflama Analizi ile Ölçülmesi.....	107
3.2.3. Operasyonel Etkinlik ve Hizmet Etkililiği Skorlarının Karşılaştırılması	110
3.2.4. Veri Zarflama Analizi Sonuçlarında Ortaya Çıkan Çelişkiler	111
3.2.4.1. Operasyonel Etkinlik Modelinde Ortaya Çıkan Çelişkiler.....	112
3.2.4.2. Hizmet Etkililiği Modelinde Ortaya Çıkan Çelişkiler.....	116
3.3. Hat Performanslarının İlişkisel Veri Zarflama Analizi ile Ölçülmesi.....	120
3.3.1. Operasyonel Etkinliğin İlişkisel Veri Zarflama Analizi ile Ölçülmesi.....	120
3.3.2. Hizmet Etkililiğinin İlişkisel Veri Zarflama Analizi ile Ölçülmesi	123
3.4. İlişkisel Veri Zarflama Analizi Bulgularının Değerlendirilmesi ve İlişkisel Olmayan Veri Zarflama Analizi Sonuçları ile Karşılaştırılması.....	126
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	129
KAYNAKÇA	134
EKLER.....	147
ÖZGEÇMİŞ.....	150

KISALTMALAR

APTA	: American Public Transportation Association
ATM	: Automatic Teller Machine
BCC, VRS	: Ölçeğe Değişken Getiri
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CCR, CRS	: Ölçeğe Sabit Getiri
DEA-RAM	: Data Envelopment Analysis - Resource Allocation Model
DSA	: Deterministik Sınır Analizi
EN 13816	: European Committee for Standardization
IMOLP	: İnteraktif Çok Amaçlı Doğrusal Programlama
MODEA	: Çok Amaçlı Veri Zarflama Analizi
R-DEA	: İlişkisel Veri Zarflama Analizi
Q-DEA	: Kalite Ayarlı Veri Zarflama Analizi
SAZ	: Serbest Atılabilir Zarf Modeli
SBBOİ	: Sakarya Büyükşehir Belediyesi Otobüs İşletmesi
SSA	: Stokastik Sınır Analizi
TCDD	: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
TMDEA	: İki Modelli Veri Zarflama Analizi
TODEA	: İki Amaçlı Veri Zarflama Analizi
TCRP 100	: Transit Cooperative Research Program Report
UITP	: The International Association of Public Transport
VZA	: Veri Zarflama Analizi

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Şehir İçi Yolcu Taşımacılığı Sistemlerinin Etkinlik Ölçümünde Kullanılan Teknikler, Girdiler ve Çıktılar.....	49
Tablo 2: Şehir İçi Yolcu Taşımacılığı Sistemlerinin Etkililik Ölçümünde Kullanılan Teknikler, Girdiler ve Çıktılar.....	51
Tablo 3: Operasyonel Etkinlik Girdilerinin İstatistiki Özeti.....	101
Tablo 4: Hizmet Etkililiği Girdilerinin İstatistiki Özeti.....	102
Tablo 5: Analizlerde Kullanılacak Çıktının İstatistiki Özeti.....	103
Tablo 6: Operasyonel Etkinlik Skorları ve Hedefleri.....	106
Tablo 7: Hizmet Etkililiği Skorları ve Hedefleri.....	109
Tablo 8: R-DEA ile Elde Edilen Operasyonel Etkinlik Skorları ve Hedefleri.....	122
Tablo 9: R-DEA ile Elde Edilen Hizmet Etkililiği Skorları ve Hedefleri.....	124
Tablo 10: Örnek Hat İncelemesi (#3).....	127
Tablo 11: Toplam Operasyonel Girdilerde Meydana Gelen Azalma.....	131
Tablo 12: Toplam Hizmet Girdilerinde Meydana Gelen Azalma.....	132

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: Çalışmanın Akışı	7
Şekil 2: SAÜ Kampüs – Karaman Hattı Hafta İçi Saatlik Ortalama Yolcu Sayıları.....	15
Şekil 3: Nedensel Performans Modeli	18
Şekil 4: Etkinlik Türleri	26
Şekil 5: Ölçek Etkinliği.....	27
Şekil 6: Teknik ve Tahsis Etkinlikleri	28
Şekil 7: Etkinlik Ölçüm Yaklaşımları.....	32
Şekil 8: Üretim Olasılıkları Sınırı.....	34
Şekil 9: Üretim Sınırı.....	36
Şekil 10: SAZ ile VZA'nın Karşılaştırılması	39
Şekil 11: Etkinlik Sınırının Gösterimi	56
Şekil 12: Girdi Yönelimli Etkinlik Ölçüm Modeli	63
Şekil 13: Çıktı Yönelimli Etkinlik Ölçüm Modeli.....	65
Şekil 14: Ölçeğe Sabit Getiri	67
Şekil 15: CRS Varsayımı Altında Etkinlik Ölçümü	67
Şekil 16: Ölçeğe Değişken Getiri	69
Şekil 17: Ölçeğe Artan, Sabit ve Azalan Getiriler.....	70
Şekil 18: Ölçeğe Değişken Getirilerin Belirlenmesi.....	71
Şekil 19: Ölçek Etkinliği ve Pür Teknik Etkinlik	73
Şekil 20: Etkinlik Sınırı ve Regresyon Sınırı.....	75
Şekil 21: Çok Amaçlı Etkinlik Ölçüm Yaklaşımları	77
Şekil 22: Etkinlik Sınırı Üzerindeki Alternatif Noktalar	78
Şekil 23: Karar Birimlerinin Etkinlik Skorlarına Göre Sınıflandırılması.....	84
Şekil 24: Performans Boyutları.....	98
Şekil 25: İkili Karşılaştırma.....	111
Şekil 26: Kapasite Hedeflerindeki Çelişkiler.....	114
Şekil 27: Durak Hedeflerindeki Çelişkiler.....	115
Şekil 28: Sıklık Hedeflerindeki Çelişkiler	118
Şekil 29: Km Başına Düşen Ortalama Durak Hedeflerindeki Çelişkiler.....	119
Şekil 30: Operasyonel Etkinlik Skorlarının Karşılaştırılması.....	123
Şekil 31: Hizmet Etkililiği Skorlarının Karşılaştırılması.....	126

Tezin Başlığı:	Çok Amaçlı Etkinlik Ölçümünde Yeni Bir Yaklaşım Önerisi Olarak İlişkisel Veri Zarflama Analizi: Sakarya Büyükşehir Belediyesi Otobüs İşletmesi Uygulaması		
Tezin Yazarı:	Samet GÜNER	Danışman:	Prof. Dr. Erman COŞKUN
Kabul Tarihi:	30.04.2014	Sayfa Sayısı:	viii(ön kısım)+146(tez)+3(ekler)
Anabilimdalı:	İşletme	Bilim Dalı:	Üretim Yön. ve Pazarlama
<p>Karar birimlerinin birden çok etkinlik boyutunun birlikte ölçüldüğü durumlar “çok amaçlı etkinlik ölçümü” olarak adlandırılmaktadır. Bu durumlarda karar birimlerinin aynı anda iki veya daha fazla etkinlik boyutunun birlikte ölçülmesi söz konusudur. Çok amaçlı etkinlik ölçümleri, karar vericilere kurumlarının farklı performans boyutlarını birlikte değerlendirme imkânı vermesi, bu farklı performans boyutlarının aralarındaki çelişkileri ortaya koyması ve bu çelişkilerin daha rahat bir şekilde yönetimini kolaylaştırması bakımından önemlidir.</p> <p>Veri zarflama analizinin çok amaçlı etkinlik modellerini ölçmede yetersiz kalması nedeniyle, çok amaçlı etkinlik ölçümleri yapılabilmesi için çeşitli yaklaşımlar önerilmiştir. Ancak bu yaklaşımlar, farklı etkinlik modellerinin arasındaki muhtemel ilişkileri göz ardı etmekte ve etkin olmayan karar birimleri için çelişkili ve uygulanabilir olmayan hedeflerin belirlenmesine neden olmaktadır.</p> <p>Bu tezin amacı, çok amaçlı etkinlik ölçüm modellerinde, değerlendirilen farklı etkinlik modellerinin birbirleri ile ilişkili olduğu durumlarda, karar birimleri için girdi ve çıktı hedefleri belirleme aşamasında meydana gelebilecek muhtemel çelişkilerin önüne geçebilecek veri zarflama analizi temelli ilişkisel bir yaklaşım (R-DEA) geliştirmektedir. Böylelikle, etkin olmadığı belirlenen karar birimleri için, birbirleri ile çelişmeyen ve uygulanabilir girdi ve çıktı hedefleri belirlenmesi amaçlanmaktadır.</p> <p>Geliştirilen ilişkisel etkinlik ölçüm yaklaşımının hem literatüre hem de uygulamaya önemli katkılarının olması beklenmektedir. Öncelikle bu yaklaşım, karar birimlerinin birden çok performans boyutunun aynı anda değerlendirildiği ve bu farklı performansların girdi/çıkıtı metriklerinin birbirleriyle ilişkili olduğu durumlarda, birbiriyle çelişmeyecek ve uygulanabilir girdi/çıkıtı hedeflerinin belirlenmesine yardımcı olacaktır. Bu yönüyle R-DEA, diğer çok amaçlı etkinlik ölçüm yaklaşımlarının göz ardı ettikleri bir probleme çözüm getirerek, veri zarflama analizi literatürüne katkıda bulunacaktır.</p> <p>Diğer yandan, geliştirilen R-DEA yaklaşımı, Sakarya Büyükşehir Belediyesi Otobüs İşletmesi’ne bağlı şehir içi yolcu taşıma hatlarına uygulanmış ve sonuçları gösterilmiştir. Analizler sonucunda, farklı amaçlara ilişkin klasik yöntemlerle elde edilen girdi/çıkıtı hedeflerinde meydana gelen çelişkilerin, R-DEA yaklaşımı ile ortadan kaldırıldığı görülmüştür. Bu yönüyle araştırma, şehir içi yolcu taşımacılığı uygulamalarına da katkıda bulunmaktadır. Ayrıca SBBOİ açısından değerlendirildiğinde, yeterli performansı sergilemeyen hatlar belirlenmiş ve bu hatların performanslarının yükseltilebilmesi için yeni girdi hedefleri belirlenerek sefer sayısı, kapasite ve hizmet süresi bağlamında önemli kaynak tasarrufları önerilmiştir.</p>			
Anahtar Kelimeler:	Veri Zarflama Analizi, Etkinlik, Etkililik, Performans, Şehir İçi Yolcu Taşımacılığı, Toplu Taşımacılık		

Title of the Thesis:	A New Relational Data Envelopment Analysis Approach for Multiple Efficiency Models: Implementation of Sakarya Metropolitan Municipality Transportation Bureau		
Author:	Samet GÜNER	Supervisor:	Prof. Dr. Erman COŞKUN
Date:	30.04.2014	Nu.of Pages:	viii(pre text)+146(main)+3(appen.)
Department:	Business Admin.	Subfield:	Production Man. and Marketing
<p>Situations where decision making units are evaluated with multiple efficiency aspects rather than a single efficiency referred as multiple efficiency models. Multiple efficiency models allow managers to assess the various performance aspects of decision making units simultaneously, define the tradeoffs between them and manage these tradeoffs more easily.</p> <p>Because of the insufficiency of data envelopment analysis to manage multiple efficiency aspects, some approaches have been developed and used to measure the multiple efficiency models. However, these approaches ignore the possible relationships between distinct efficiency models and result with inapplicable and contradicted input-output targets for inefficient decision making units.</p> <p>The aim of this thesis is developing a new relational data envelopment analysis approach (called as R-DEA) which takes the possible relationships among distinct efficiency models into consideration and provides applicable input-output targets for inefficient decision making units where any relationship exist among distinct efficiency models. Thus, it aims to generate applicable results in a multiple objectives environment. The proposed approach aims to determine the optimal efficiency scores for each decision making unit which meet the necessities of all objectives considered into the model. To do that, it suggests to defining and formulating the relationships of distinct models and incorporating them into the efficiency measurement process.</p> <p>Relational data envelopment analysis approach has important contributions to both practice and literature. Primarily, it takes the relationships among distinct efficiency models into consideration and allows applicable input-output targets for inefficient decision making units. Thus, it brings a solution to multiple efficiency models which other approaches overlook and have a methodological contribution to data envelopment analysis literature.</p> <p>Usefulness of relational data envelopment analysis approach is demonstrated by applying it to the assessment of route performances of a bus transit company. The analysis results show that proposed approach ensures the optimal efficiency score for each decision making unit in multiple efficiency environments and provides applicable input/output targets. Thus, this study has important contributions to transit efficiency literature. At the end of the analysis, inefficient routes determined and some managerial suggestions provided to decision makers of Sakarya Metropolitan Municipality Transportation Bureau which lead some resource savings in terms of capacity, number of bus, frequency and service hour.</p>			
Keywords: Data Envelopment Analysis, Efficiency, Effectiveness, Performance, Urban Transportation, Mass Transportation			

GİRİŞ

Sayısal modelleme bakış açısıyla, geçmiş dönemlere ilişkin eylemlerin etkinliklerinin ve etkililiklerinin sayısallaştırılması anlamına gelen performans ölçümü (Neely, 2005), özel kurumlar kadar kamu kurumları için de büyük önem taşımaktadır. Etkinlik ve etkililik gibi performans ölçütleri yöneticiler için bir kontrol mekanizması sunmaktadır. Özellikle de kamu kaynaklarının kullanıldığı hizmetlerdeki kontrol mekanizması, kaynakların israf edilmemesi ve en iyi şekilde değerlendirilmesi açısından önemlidir.

Diğer yandan etkinlik ölçümleri, yöneticilerin karar verme süreçlerine destek olur (Afzal, 2006). Lovell (1993), ancak etkinliği veya üretkenliği ölçerek ve bunları çevresel etkilerden arındırarak etkinliğin kaynağının veya üretkenlikteki farklılıkların ortaya çıkartılabileceğini belirtmiştir. Bir kamu kurumunun etkinliğinin ölçülmesi, ilgili işletmenin kaynaklarını nasıl kullandığının belirlenebilmesi açısından önemli bir araçtır (Viton, 1998). Dolayısıyla etkinlik, etkililik ve üretkenlik gibi performans ölçütleri, sistemin performansının artırılması ve ekonomik sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından önem taşımaktadır.

Bu tez çalışması, bir kamu kurumu olan Sakarya Büyükşehir Belediyesi Otobüs İşletmesi'nin (SBBOİ) şehir içi yolcu taşımacılığı hatlarının etkinliklerini ölçmek, değerlendirmek ve muhtemel kaynak tasarruflarını ortaya çıkarmak amacıyla tasarlanmıştır. Literatürden ve uygulamadan görüleceği üzere, yolcu taşımacılığı yapan kamu kurumlarının etkinliklerinin ölçülmesi hem araştırmacılardan hem de uygulamacılardan büyük ilgi görmektedir. Bu ilginin arkasında kısmen bu sistemlere finansal destek sağlayan kamu kurumlarının talepleri, kısmen de yöneticilerin kurumların performanslarını artırma istekleri bulunmaktadır (Talley ve Anderson, 1981; Fielding vd. 1985a).

Etkinlik ölçümü için literatürde çeşitli yaklaşımlar ve metotlar geliştirilmiş ve yolcu taşımacılığı sistemlerine uygulanmıştır. Bu çalışmada, SBBOİ'nin şehir içi yolcu taşıma hatlarının etkinlik ölçümünde Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından geliştirilen ve "Veri Zarflama Analizi" olarak adlandırılan model kullanılmıştır. Veri zarflama analizi (VZA), etkinliği en yüksek karar birimlerini esas alarak bir etkinlik sınırı belirleyen ve diğer karar birimlerinin etkinliklerini bu sınıra olan uzaklıklarına göre

karşılaştırmalı olarak hesaplayan bir yöntemdir. VZA, etkin olmayan karar birimlerine referans seti atayarak, etkinlik sınırına ulaşabilmeleri için ulaşmaları gereken girdi veya çıktı hedeflerini de belirlemektedir.

Ancak VZA, tek amaçlı bir etkinlik ölçüm modeli olduğu ve çok amaçlı durumlarda tek başına yetersiz kaldığı noktasında eleştirilmektedir. Bu nedenle, çeşitli araştırmacılar tarafından VZA'ya çok amaçlı modellerin dâhil edilmesine yönelik çalışmalar yapılmış ve çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiştir (Golany, 1988; Golany ve Tamir, 1995; Klimberg ve Puddecombe, 1999; Soteriou ve Zenios, 1999; Cook vd. 2000; Sherman ve Zhu, 2006; Shimshak ve Lenard, 2007).

Çok amaçlı etkinlik ölçüm yaklaşımları, bu çalışma kapsamında entegre yaklaşımlar, direkt yaklaşımlar ve çok adımlı yaklaşımlar olmak üzere üç grupta ele alınmıştır. Entegre yaklaşımlar, VZA ile hedef programlama ve interaktif yaklaşımlar gibi metotların aynı matematiksel modelde entegre edilmesi ile ortaya çıkan yaklaşımlardır. Bu yaklaşımlarda VZA'nın temel yapısı sabit kalmakla beraber, çalışmanın amaçları doğrultusunda farklı metotlarla kombine edilmektedir. Direkt yaklaşımlar ise, farklı amaçlara ilişkin girdilerin veya çıktuların VZA modeline direkt olarak dâhil edilmesi yaklaşımıdır.

Diğer yandan çok adımlı yaklaşımlar, farklı performans boyutlarının ayrı ayrı değerlendirilip daha sonra birbirleri ile ilişkilendirildiği yaklaşımlardır. Bu kapsamda MODEA (Klimberg ve Puddecombe, 1999), Q-DEA (Sherman ve Zhu, 2006), TMDEA (Shimshak ve Lenard, 2007) ve TODEA (Chang ve Yang, 2010) gibi çok amaçlı yaklaşımlar geliştirilmiş ve çeşitli sektörlerde uygulanmıştır.

Ne var ki Sakarya Büyükşehir Belediyesi Otobüs İşletmesi'ne ait şehir içi yolcu taşıma hatlarının operasyonel etkinliklerinin ve hizmet etkinliklerinin ölçüldüğü bu çalışmada, yukarıda bahsedilen çok amaçlı etkinlik ölçüm modellerinin yetersizliği fark edilmiştir. Çalışmada, operasyonel etkinlik ve hizmet etkililiği modellerinin bazı girdileri birbirleri ile ilişki içerisindedir. Bu ilişki neticesinde, bir modeldeki girdi miktarında meydana gelen değişiklik, diğer modeldeki girdi miktarlarını etkilemektedir. Dolayısıyla, bu modellerin diğer çok amaçlı yaklaşımlarda önerildiği gibi birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmesi ve aralarındaki ilişkilerin göz ardı edilmesi, etkin olmadığı belirlenen hatlara yeni girdi hedefleri atanması aşamasında çeşitli problemlerin yaşanmasına neden

olmuştur. Bu problemlerin giderilmesi amacıyla, farklı modeller arasındaki ilişkileri dikkate alan ve etkinlik ölçüm modeline dâhil eden ilişkisel etkinlik ölçüm yaklaşımı (R-DEA) geliştirilmiş ve SBBOİ'ne uygulanmıştır.

Bu tez çalışması, bir yönüyle veri zarflama analizi literatürüne katkıda bulunurken, diğer yönüyle de SBBOİ'nin performans ölçümünü ve değerlendirmesini de yapmaktadır. Neely (2005), performansı bir işletmenin geçmiş dönemlerdeki başarıları olarak tanımlamaktadır. Ancak SBBOİ'ye ait şehir içi yolcu taşıma hatlarının etkinliklerinin ölçüldüğü bu çalışmada sadece geçmiş dönem performansının değerlendirilmesi yapılmayacaktır. Lebas'ın (1995) belirttiği gibi performans ölçütleri, kurumların hedeflerine ve amaçlarına ulaşmaları için, üretim süreçlerinin değerlendirilmesinde, kontrol edilmesinde ve geliştirilmesinde kullanılmalıdır. Yani performans ölçümü sadece kurumun geçmiş dönem performansını yansıtmakla kalmamalı, gelecekteki potansiyel kapasiteleri de belirlemelidir. Bu yönüyle çalışma, SBBOİ'nin performans ölçme ve değerlendirme sürecinde aşağıda belirtilen üç aşamayı takip etmiştir;

- 1- Geçmiş döneme ilişkin etkinlik ve etkililik performanslarını ölç (Neely, 1998).
- 2- Performans değerlendirme yap (Bocci, 2004).
- 3- İleriye yönelik potansiyel iyileştirmeleri belirle (Lebas, 1995).

Bu çalışmada öncelikle, Neely'nin (1998) tanımladığı şekilde, geçmiş döneme ilişkin performans etkinlik ve etkililik boyutları bağlamında ölçülecektir. Daha sonra performans değerlendirme aşamasına geçilecektir. Performans değerlendirme, Bocci'nin (2004) vurguladığı gibi, bir nevi yargılama sürecidir. Bu süreçte, mevcut çıktıları elde edebilmek için kamu kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılıp kullanılmadığı tartışılacaktır. Son aşamada ise, kurumun gelecek dönemlerdeki iyileştirme potansiyeli değerlendirilecektir. Bu aşamada, performans ölçümü hem Bocci'nin (2004) belirttiği gibi karar vermeyi destekleyen bir araç olarak kullanılacak hem de Lebas'ın (1995) vurguladığı gibi sadece geçmiş başarılar ile ilgili değil, işletmenin potansiyel kapasitelerini ilgilendirecektir. Hem operasyonel etkinliğin hem de hizmet etkililiğinin ölçüldüğü SBBOİ'ye daha gerçekçi ve tutarlı hedefler belirlenmesi aşamasında da, bu tez çalışması kapsamında geliştirilen ilişkisel veri zarflama analizi yaklaşımından faydalanılacaktır.

Tezin Amacı

Çok amaçlı etkinlik ölçüm modellerinde, değerlendirilen farklı performans boyutlarının birbirleri ile ilişkili olması ve bu ilişkilerin göz ardı edilmesi durumunda karar birimleri için belirlenen girdi ve çıktı hedefleri arasında uyumsuzluklar ortaya çıkmaktadır. Analiz sonuçlarının uygulanması aşamasında çeşitli problemlere neden olan bu uyumsuzlukların giderilmesi, araştırmanın sorunsalını oluşturmaktadır. Bu tezin amacı, çok amaçlı etkinlik ölçümlerinde karar birimleri için girdi ve çıktı hedefleri belirleme aşamasında meydana gelebilecek muhtemel çelişkilerin önüne geçmek ve karar birimleri için birbirleri ile çelişmeyen ve uygulanabilir girdi ve çıktı hedefleri belirlemektir. Bunu yapabilmek için, veri zarflama analizi temelli ilişkisel bir yaklaşım geliştirilecektir. Geliştirilecek bu yaklaşım, çok amaçlı etkinlik ölçüm modellerinde karar birimleri için birbirleri ile çelişmeyen ve uygulanabilir girdi ve çıktı hedeflerinin belirlenmesinde kullanılacaktır.

Tezin Önemi

Veri zarflama analizi literatüründe, birden fazla amacın bulunduğu durumlarda karar birimlerinin farklı performans boyutlarının birlikte ölçülmesine ilişkin çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlar, etkin olmayan karar birimleri için en uygun benchmarkların belirlenmesini, ortak kaynakların farklı amaçlar için kullanılması durumunda kaynak dağılımının yapılmasını ve karar birimlerinin performanslarını farklı açılardan değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Önerilen bu yaklaşımlar, farklı performans boyutlarının birbirleri ile ilişkisi olmadığı durumlarda kullanışlıdır. Ancak, farklı performans modellerinde kullanılan girdilerin ve çıktılarının birbirleri ile ilişkili olduğu durumlarda, etkin olmayan karar birimleri için belirlenen girdi ve çıktı hedeflerinin birbirleri ile çeliştiği belirlenmiştir. Çünkü bu yaklaşımlar, farklı performans boyutlarını birbirinden bağımsız olarak değerlendirmekte ve aralarındaki ilişkiyi göz ardı etmektedirler. Sonuç olarak da bu yaklaşımların belirledikleri girdi veya çıktı hedefleri birbirleri ile çelişmekte ve uygulanabilir sonuçların elde edilmesini engellemektedir.

Bu tez çalışması, farklı performans modelleri arasındaki ilişkilerin tanımlanarak formüle edilmesini ve bu şekilde ilişkilerin etkinlik ölçüm modeline dâhil edilmesini sağlamaktadır. Bu yönüyle tez çalışması, geliştirilen ilişkisel etkinlik ölçüm yaklaşımı

sayesinde, çok amaçlı çevrelerde etkin olmayan karar birimleri için daha gerçekçi ve uygulanabilir girdi ve çıktı hedeflerinin belirlenmesine imkân sağlamaktadır.

Tezin Literatüre ve Uygulamaya Katkısı

Geliştirilen ilişkiyel veri zarflama analizi yaklaşımının (R-DEA) hem literatüre hem de uygulamaya önemli katkılarının olması beklenmektedir. Öncelikle bu yaklaşım, karar birimlerinin birden çok performans boyutunun aynı anda değerlendirildiği ve bu farklı performans boyutlarının birbirleriyle ilişkili olduğu durumlarda, birbiriyle çelişmeyecek ve uygulanabilir girdi/çıktı hedeflerinin belirlenmesine yardımcı olacaktır. Bu yönüyle R-DEA, diğer çok amaçlı etkinlik ölçüm yaklaşımlarının göz ardı ettikleri bir probleme çözüm getirerek, veri zarflama analizi literatürüne katkıda bulunacaktır.

Diğer yandan, geliştirilen R-DEA yaklaşımı, Sakarya Büyükşehir Belediyesi Otobüs İşletmeleri'ne bağlı şehir içi yolcu taşıma hatlarına uygulanmış ve sonuçları gösterilmiştir. Analizler sonucunda, farklı amaçlara ilişkin klasik yöntemlerle elde edilen girdi/çıktı hedeflerinde meydana gelen çelişkilerin, R-DEA yaklaşımı ile ortadan kaldırıldığı görülmüştür. Bu yönüyle araştırma, şehir içi yolcu taşımacılığı uygulamalarına da katkıda bulunmaktadır. Ayrıca SBBOİ açısından değerlendirildiğinde, etkin olmayan yolcu taşıma hatları, etkinsizliklerin kaynağı ve bu kaynakların etkinsizlik dereceleri belirlenmiş, bu hatların etkin olabilmeleri için hangi kaynaklarını ne kadar azaltmaları gerektiği ortaya konmuştur. Böylelikle SBBOİ için önemli kaynak tasarrufları önerilmiştir.

Her ne kadar bu çalışma kapsamında geliştirilen R-DEA yaklaşımı şehir içi yolcu taşımacılığı yapan bir kuruma uygulanmışsa da, yöntemin uygulama alanı bununla sınırlı değildir. R-DEA, çok amaçlı etkinlik ölçümü yapılmak istenen ve farklı amaçların girdi ve çıktıları arasında ilişki bulunan tüm sektörlerle uygulanabilir. Böylelikle R-DEA uygulamada daha geniş bir alana hitap etmektedir.

Tezin Organizasyonu

Tez, toplam üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm, temel kavramların açıklanmasına ve şehir içi yolcu taşımacılığı sistemlerinin performans ölçümüne ilişkin literatür taramasına ayrılmıştır. Araştırmanın temel kavramlarının inceleneceği bu bölüm üç ana parçadan oluşmaktadır. İlk olarak şehir içi yolcu taşımacılığının kavramsal çerçevesi

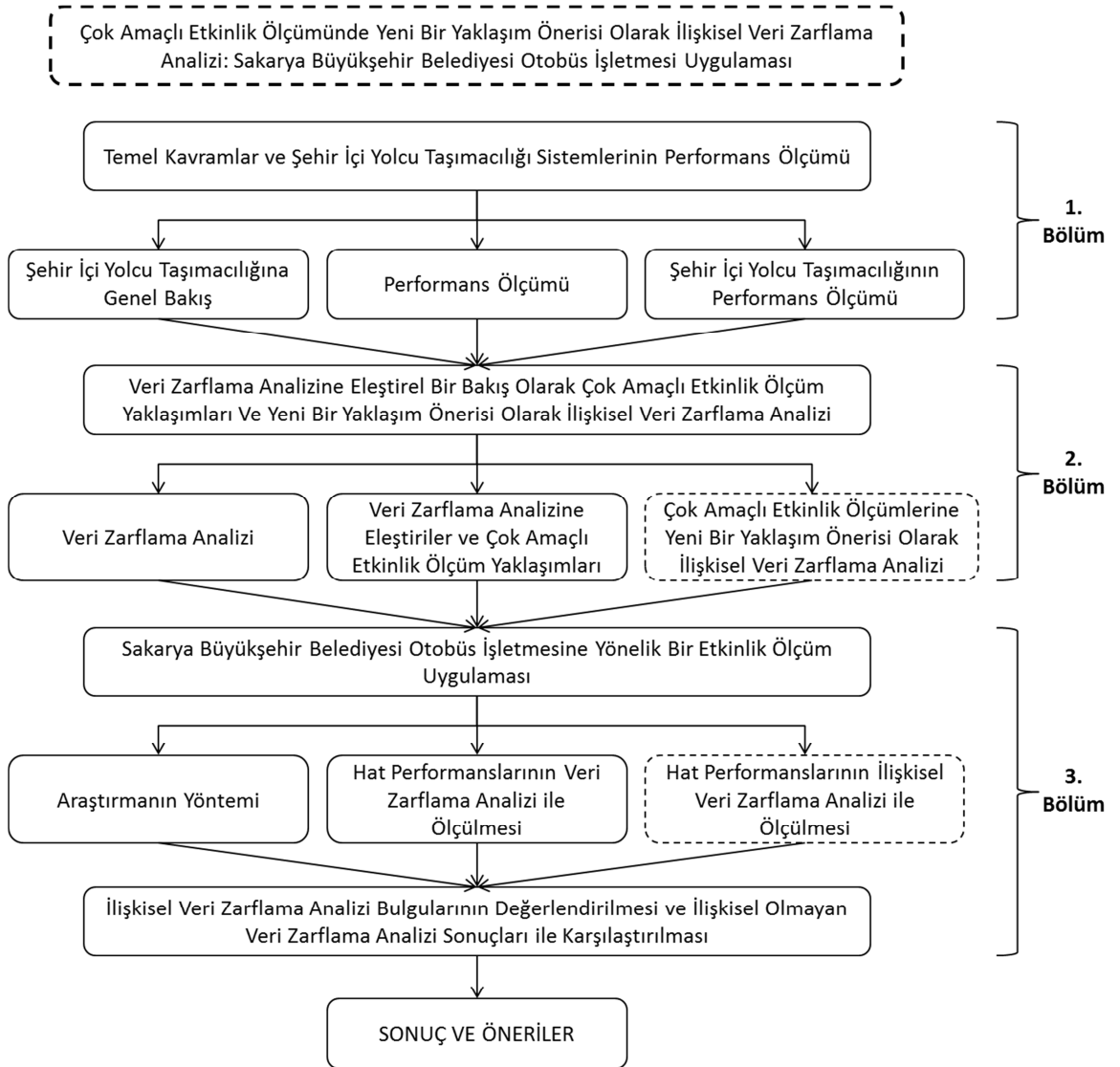
çizilerek tarihi gelişiminden kısaca bahsedilecek ve şehir içi yolcu taşımacılığının temel karakteristik özelliklerine değinilecektir. Şehir içi yolcu taşımacılığına ilişkin bu genel bilgilerden sonra bölümün ikinci kısmında performans ölçümü konusuna geçilecektir. Bu bağlamda öncelikle performans ölçümü tanımlanacak ve finansal ölçütlerden operasyonel ölçütlere geçiş süreci tartışılacaktır. Daha sonra, operasyonel performans ölçütleri olan üretkenlik, etkinlik ve etkililik kavramları detaylı olarak açıklanacaktır. Ardından etkinlik ölçüm metodolojileri ele alınarak performans göstergelerine, parametrik ve parametrik olmayan yöntemlere değinilecektir. Bölümün üçüncü kısmında ise şehir içi yolcu taşımacılığı literatüründe yapılan performans ölçümü çalışmaları incelenecektir.

Tezin ikinci bölümü de üç ana kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda veri zarflama analizi incelenecektir. VZA ile ilgili temel bilgilerin yanı sıra, VZA'nın temel varsayımları, girdi ve çıktı yönelimli VZA yaklaşımları ve ölçeğe göre getiri yaklaşımları konularına değinilecek, tekniğin daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla VZA ile regresyon analizinin karşılaştırması yapılacaktır. VZA ile ilgili bu detaylı bilgilerden sonra, bölümün ikinci kısmında bu tekniğin çok amaçlı çevrelerde uygulanmasından doğan kısıtlar ve problemler üzerinde durulacak ve bu kısıt ve problemlerin üstesinden gelmek amacıyla geliştirilmiş çeşitli yaklaşımlar açıklanacaktır. Açıklanacak çok amaçlı etkinlik ölçüm yaklaşımlarının değerlendirilmesinin ve eleştirilmesinin ardından, bölümün üçüncü kısmında bu tez çalışması kapsamında çok amaçlı etkinlik ölçüm yaklaşımlarına yeni bir öneri olarak geliştirilen ilişkisel veri zarflama analizi yaklaşımı (R-DEA) tanıtılacaktır. Bu bağlamda R-DEA metodolojisi açıklanacak ve önerilen yeni yaklaşımın kısıtları vurgulanacaktır.

Araştırmanın son bölümü olan üçüncü bölümde, ikinci bölümün sonunda tanıtılan R-DEA yaklaşımı Sakarya Büyükşehir Belediyesi Otobüs İşletmesi'ne bağlı şehir içi yolcu taşıma hatlarına uygulanacak ve etkinlik ölçümü yapılacaktır. Bu amaçla öncelikle araştırmanın modeli ve metodolojisi tanıtılacak, araştırmanın amaçları ve kapsamı hakkında bilgi verilecek ve bu amaca ulaşmak için kullanılacak modelin seçimi, verilerin toplanması, performans ölçümü için kullanılacak girdi ve çıktı metriklerinin belirlenmesi gibi konular ele alınacaktır. Bölümün ikinci kısmında Sakarya Büyükşehir Belediyesi Otobüs İşletmesi'ne ait otobüs hatlarının operasyonel etkinlikleri ve hizmet etkililikleri birbirlerinden bağımsız olarak değerlendirilerek veri zarflama analizi ile ölçülecek ve her

bir hattın operasyonel etkinliği ve hizmet etkililiği performansları değerlendirilecektir. Daha sonra ise, farklı performans boyutlarının bağımsız bir şekilde değerlendirilmesinin neden olduğu problemler tespit edilecek ve mevcut modelin kısıtları vurgulanacaktır. Bölümün üçüncü kısmında, bu problemlerin ortadan kaldırılması amacıyla, aynı veri setine bu tez çalışması kapsamında geliştirilen ilişkiyel veri zarflama analizi uygulanacak, analiz sonuçları değerlendirilecek ve sonuçların doğruluğu test edilmeye çalışılacaktır.

Tezin son bölümü ise araştırmanın sonuçlarına, önerilere ve sonuçların yorumlanmasında dikkat edilmesi gereken noktalara ayrılmıştır. Bu bölümde ayrıca, önerilen R-DEA yaklaşımının genişletilmesine ilişkin araştırmacılara önerilerde bulunulmuştur.



Şekil 1. Çalışmanın Akışı

BÖLÜM 1: TEMEL KAVRAMLAR VE ŞEHİR İÇİ YOLCU TAŞIMACILIĞI SİSTEMLERİNİN PERFORMANS ÖLÇÜMÜ

Araştırmanın temel kavramlarının inceleneceği bu bölüm üç kısımdan oluşmaktadır. İlk olarak şehir içi yolcu taşımacılığının kavramsal çerçevesi çizilerek tarihi gelişiminden kısaca bahsedilecek ve şehir içi yolcu taşımacılığının temel karakteristik özelliklerine değinilecektir. Şehir içi yolcu taşımacılığına ilişkin bu genel bilgilerden sonra performans ölçümü konusuna geçilecektir. Bu bağlamda üretkenlik, etkinlik ve etkililik gibi operasyonel performans ölçütleri detaylı olarak açıklanacaktır. Daha sonra etkinlik ölçüm metodolojileri ele alınarak performans göstergelerine, parametrik ve parametrik olmayan yöntemlere değinilecektir. Son olarak ise şehir içi yolcu taşımacılığı literatüründe yapılan performans ölçme ve değerlendirme çalışmaları incelenecektir.

1.1. Şehir İçi Yolcu Taşımacılığına Genel Bakış

Bu bölümde şehir içi yolcu taşımacılığının diğer taşımacılık türlerinden ayırt edilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla şehir içi yolcu taşımacılığı tanımlanarak kavramsal çerçevesi çizilecek, tarihsel gelişiminden bahsedilecek ve karakteristik özelliklerine değinilecektir.

1.1.1. Şehir İçi Yolcu Taşımacılığının Tanımlanması ve Kavramsal Çerçevesi

Literatürde şehir içi yolcu taşımacılığı ile beraber toplu taşımacılık ve transit taşımacılık gibi kavramların aynı anlamda kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmada da ağırlıklı olarak şehir içi yolcu taşımacılığı kavramı kullanılmakla beraber, diğer kavramlar da zaman zaman kullanılacaktır.

Şehir içi yolcu taşımacılığının kavramsal çerçevesinin belirlenebilmesi için, öncelikle daha geniş bir kavram olan yolcu taşımacılığı kavramı incelenmelidir. Yolcu taşımacılığı; yolcuların uzun veya kısa mesafelerde taşınabilmesi amacıyla tasarlanan tüm araç hizmetlerini kapsar. Bu hizmetler kamu veya özel şirket sahipliğindeki otobüs, minibüs, tren, feribot ve diğer araçları kapsar ve kamuya veya belirli kişilere hizmet verir (Idaho Transportation Department). Şehir içi yolcu taşımacılığı ile karşılaştırıldığında, yolcu taşımacılığı daha geniş bir kavram olup şehirler, bölgeler, ülkeler ve kıtalar içerisindeki

veya arasındaki farklı amaçlarla ve farklı taşımacılık türleriyle gerçekleştirilen tüm insan taşımacılıklarını içermektedir.

Yolcu taşımacılığı, yolcuların kendi araçları haricinde kullandıkları tüm taşımacılık sistemlerini kapsar. Her ne kadar genellikle otobüs ve tren hizmetlerini içerse de, kavramın daha geniş bir şekilde ele alınmasıyla beraber planlı feribot seferleri ve taksi gibi taşımacılık hizmetlerini de kapsamaktadır (UITP). Bu bağlamda Coyle vd. (2006), farklı karakteristik özellikler gösteren dört farklı yolcu taşımacılığı türünden bahsetmiştir; iş seyahati, tatil seyahati, kişisel seyahat ve şehir içi seyahati.

İş seyahati, ekonomik amaçlarla yapılan seyahatlerdir. Bu seyahat türünde özellikle de havayolu önemli yer tutar ve fiyattan ziyade zamana daha fazla duyarlıdır. Tatil seyahati eğlence amacıyla yapılan seyahatlerdir. Bu tür seyahatlerde bazen seyahatin kendisi de tatil veya eğlence amaçlı olabilir. İş seyahati ile karşılaştırıldığında fiyata daha duyarlıdır. Kişisel seyahatler ise ev ve akraba ziyareti, eğitim ve acil durumlar için yapılan yolculukları kapsar. Kişisel seyahatlerde hızın yanı sıra fiyat da önemlidir.

Yolcu taşımacılığı türlerinden sonuncusu ise şehir içi yolcu taşımacılığıdır. Bunlar, bir şehrin sınırları içerisinde yapılan yolculukları kapsar. Şehir içi yolcu taşımacılığında üç temel kategori vardır; birincisi iş veya okul seyahati, ikincisi alışveriş ve diğer ihtiyaçlar için yapılan seyahatler ve son olarak sağlık ve eğlence gibi amaçlarla yapılan seyahatlerdir. Şehir içerisinde yapılan yolculukların büyük çoğunluğu belirli bölgeler arasında ev ile iş arasında, alışveriş veya okul nedeniyle yapılır (UITP).

Tüm taşımacılık sistemi içerisinde önemli bir yer tutan şehir içi yolcu taşımacılığı (Kerstens, 1996), yolcu taşımacılığı türlerinden birisini teşkil etmekte ve diğerlerinden farklı özellikler sergilemektedir. Diğer yolcu taşımacılığı türlerinde önemli bir yer tutan uçak ve gemi gibi taşıma araçlarının yerini, şehir içi yolcu taşımacılığında otobüs, tramvay ve hafif raylı sistemler, tren ve metro gibi ağır raylı sistemler, taksi ve diğer kiralık araçlar (Balcombe vd., 2004) ile deniz ulaşımına imkan veren feribot ve vapur gibi araçlar almaktadır.

Şehir içi yolcu taşımacılığının en kapsamlı tanımı EN 13816 raporunda yapılmıştır. Buna göre şehir içi yolcu taşımacılığı; “Taşıma türüne, araç ve altyapı sahipliğine, yolculuğun uzunluğuna, ödeme şekline ve servis sağlayıcıların yasal statülerine bağlı kalmaksızın,

herkese açık olan, kamuya ilan edilen sabit zamanları veya sıklıkları ve işletim periyodları olan, sabit rotaları ve durakları veya başlangıç ve bitiş noktaları olan veya tanımlanmış bir alanda işletilen, sürekliliği olan ve kamuya yayınlanmış bir ücreti olan hizmetlerdir” (European Committee for Standardization, 2002).

Schofer (2014) ise yolcu taşımacılığını insanların şehir içinde otobüs ve tren gibi toplu taşımacılık teknolojilerini kullanarak hareket etmeleri olarak tanımlamaktadır. Toplu taşımacılığın esası, insanların aynı araçla taşınmasına dayanır. Bu durum, insanların aynı taşıma hattında daha etkin bir şekilde taşınmasına olanak vermektedir. Floyd (1990) da kitle taşımacılığının tanımında, araçların ortak kullanımına vurgu yapmıştır. Yazara göre kitle taşımacılığı, büyük kitlelerin şehir içerisinde işten eve veya evden işe taşınmalarında ortak araçların kullanılması demektir.

Şehir içi yolcu taşımacılığı ile şehirlerarası yolcu taşımacılığının da birbirinden ayrı olarak ele alınması gerekmektedir. Bu tür taşımacılıklar genellikle yüksek hacimli, düzenli ve kısa mesafeli yolculuklardır. Şehirlerarası yolcu taşımacılığı hizmetleri ise görece düzensiz ve daha yüksek kaliteli yolculuklar sunar. Şehir içi yolcu taşımacılığını genellikle yerel yönetimler üstlenirken, şehirlerarası taşımacılığı genellikle daha üst seviye devlet kurumları (Bunting, 2004) veya özel sektör üstlenmektedir. Örneğin Türkiye’de şehirlerarası tren seferlerini TCDD düzenlerken, otobüs seferleri ise özel sektör tarafından yürütülmektedir.

Şehir içi yolcu taşımacılığına ilişkin tanımların akademik çevrelerden ziyade resmi kurumlar tarafından yapıldığı görülmektedir. Bu tanımların ortak noktaları ele alındığında şehir içi yolcu taşımacılığının temel özellikleri şu şekilde belirtilebilir; kamuya açıklık, sabit zaman çizelgeleri ve sıklıklar, sabit rotalar, başlangıç ve bitiş noktaları ve bu noktalar arasında belirlenmiş duraklar, hizmetin sürekliliği, kamuya açıklanmış bir ücret tarifesi, araçların, diğer fiziksel varlıkların ve hizmetlerin ortak kullanımı.

1.1.2. Şehir İçi Yolcu Taşımacılığının Tarihsel Gelişimi

Şehir içi yolcu taşımacılığının gelişimi sanayi devriminin neden olduğu kentleşme ile doğru, otomobilin yaygınlaşması ile ters orantılıdır. Sanayi devrimi dönemindeki kentleşme şehir içi yolcu taşımacılığına olan ihtiyacı doğurduğu gibi, şehir içi yolcu taşımacılığı da kentleşme sürecini kolaylaştırmıştır. Nitekim bu dönemdeki kentlerin

büyümesinde taşımacılık sektöründe yaşanan gelişmeler ve yeni icatlar önemli bir rol oynamıştır (Yaliniz vd. 2011).

1800'lü yıllarda şehir içi yolcu taşımacılığı at arabaları ile yapılmaktaydı. İlk 25 – 50 yolcu kapasiteli at arabaları 1828 yılında Fransa'da kullanılırken, ray üzerinde hareket eden ilk at arabaları ise 1832'de New York'ta kullanılmıştır. Bununla beraber 1850'lerde buharla çalışan ve ray üzerinde hareket eden lokomotifler, 1879 yılından sonra ise elektrikle çalışan lokomotifler önem kazanmıştır (Schofer, 2014). 1930'lu yıllardan sonra ise üretimi artan otobüsler elektrikle çalışan sistemlere alternatif olmuştur (Black, 2003).

Toplu taşımacılığın tarihsel gelişimini otomobilin tarihsel gelişiminden bağımsız olarak değerlendirmek yanlış olacaktır. Çünkü otomobil, toplu taşımacılığın en güçlü rakibi olup, otomobil sayısının artmasının toplu ulaşım talebi üzerinde direkt bir etkisi bulunmaktadır (Balcombe vd. 2004). İlk otomobil 1872'de icat edilmesine karşın, çok pahalı olması nedeniyle yaygın bir kullanım alanına sahip olamamıştır (Pikarsky ve Christensen, 1978). Bu nedenle otomobilin yaygınlaşmaya başladığı 1930'lu yıllara kadar toplu taşımacılık sektöründe önemli gelişmeler yaşanmıştır.

Ancak Henry Ford'un 1903 yılında üretimine başlayıp 500\$ fiyatla satışa sunduğu Model T, yolcu taşımacılığındaki dengeleri önemli ölçüde değiştirmiştir. Nitekim Model T, 1930'lu yıllarda toplu taşımacılığın önemli bir alternatifi haline gelmiştir. Pikarsky ve Christensen'in (1978) belirttiğine göre 1915 yılında ABD'de her 60 kişiye 1 otomobil düşerken 1920'de her 13 kişiye 1, 1926'da ise her 11 kişiye 1 otomobil düşmekteydi.

Toplu taşımayı kullanan yolcu sayısı 1930'lu yıllarda artarken, bu yıldan sonra düşmeye başlamıştır. Özel araç sahipliğindeki hızlı yükseliş toplu taşıma hizmeti veren bazı hatların kapanmasına neden olmuştur. Özellikle de raylı sistemler bu gelişmeden çok etkilenmiştir. Örneğin 1960'lı yıllarda İstanbul'da faaliyet gösteren bazı tramvay hatları kapanmıştır (Yaliniz vd. 2011). Araç sahipliğinin toplu ulaşım üzerindeki olumsuz etkisi diğer ülkeler için de geçerlidir. Örneğin 1995-1997 yılları arasında İngiltere'de hanesinde hiç araba bulunmayan aile üyeleri toplu taşıma araçları ile yılda ortalama 156 yolculuk yaparken, hanesinde bir otomobil bulunan aile üyeleri ortalama 43, iki veya daha fazla otomobil bulunan aile üyeleri ise ortalama 22 yolculuk yapmıştır (Balcombe vd. 2004). Kanada'da ise 1950'li yıllarda 120 milyon yolcu taşımacılığı yapılırken 1960'larda 50 milyon ve 1990'lı yıllarda ise sadece 10 milyon yolcu taşınmıştır (Bunting, 2004).

Şehir içi yolcu taşımacılığı, insanların çevreye olan etkilerini en aza indirerek hareket etmelerini sağlarken, otomobil ise kişilere özgürlük ve esneklik sağlar (Murray, 2001). Ancak bu özgürlük ve esneklik bazı problemleri de beraberinde getirmektedir. Bu problemler ilk olarak 1950'li yıllarda sadece trafik sıkışıklığı olarak görülürken, 1960'lı yılların ortalarından sonra ise bir problemler seti olarak görülmeye başlanmıştır (Altshuler vd. 1979). Bu dönemde otoyollarda ölüm ve yaralanmalar ile sonuçlanan binlerce kaza meydana gelmiş, çevresel ve insan sağlığını olumsuz etkileyen problemler gün yüzüne çıkmıştır (Bunting, 2004).

Şehir içi yolcu taşımacılığının tanımının yapıldığı bir önceki bölümde belirtildiği gibi, toplu taşımacılık enerji kullanımının ve maliyetlerin en aza indirilmesini sağlar. Otomobil kullanımı ise yüksek yakıt sarfiyatına bağlı olarak karbondioksit emisyonunu, maliyet etkisizliklerini, gürültü kirliliğini ve diğer çevresel problemleri beraberinde getirir.

Otomobil kullanımının artmasının bir diğer sonucu ise şehir merkezlerinin önemini kaybetmesidir. Hareket esnekliği artan insanlar, şehir dışında yaşamaya başlamışlardır. Buna bağlı olarak alışveriş ve eğlence merkezleri de şehir dışına kurulmaya başlanmıştır (Black, 2003). Balcombe vd. (2004), şehir merkezlerinde yaşayan insanların toplu ulaşımı kullanma oranlarının daha yüksek olduğunu ve dolayısıyla şehir merkezindeki nüfusta meydana gelen azalmanın toplu ulaşımı olumsuz etkilediğini belirtmiştir.

Toplu ulaşımın talebin azalması, toplu taşıma hizmeti veren kurumların kârlılıklarını da önemli ölçüde etkilemiştir (Schofer, 2014). Kent içi yolcu taşımacılığının arz karakteristiklerinin inceleneceği bölümde de görüleceği üzere, araçların büyük çoğunluğu, günün çoğu saatinde zaten tam kapasite ile çalışmamaktadır. Bu durum, toplu taşımacılık sektöründe sermayenin tam olarak kullanılamaması anlamına gelir (Coyle vd. 2006). Bunun bir sonucu olarak, günümüzde şehir içi toplu taşıma hizmeti veren kurumların büyük çoğunluğu devlet tarafından sübvansede edilmektedir (Black, 2003; Schofer, 2014).

Günümüzde şehir içi yolcu taşımacılığı daha çok sosyal bir anlam ifade etmektedir ve özel işletmelerden ziyade yerel yönetimler tarafından yürütülmektedir. Özellikle de ABD gibi gelişmiş ülkelerde toplu taşımacılık, başka bir alternatifi olmayan yaşlı, genç, fakir veya engelli insanlara hizmet vermektedir (Black, 2003). Nitekim Pucher (1982a), şehir içi yolcu taşımacılığının en önemli amaçlarından birisinin dar gelirli vatandaşların

hareketlilik yoksunluğunu ve ihtiyaçlarını gidermek ve böylelikle toplumsal bir denge sağlamak olduğunu belirtmiştir. Böylelikle şehir içi yolcu taşımacılığı, toplumsal eşitliğin önemli bir fonksiyonu olarak görülmektedir.

Toplu taşıma talebindeki genel düşüşe rağmen, metro gibi hızlı ulaşım imkanları ise birçok şehirde gelişmiştir. Bu sistemler kârdan ziyade trafik sıkışıklığını azaltmayı hedefler. Ayrıca son 40 yılda hafif raylı sistemler de önem kazanmıştır (Black, 2003). Endüstriyel ekonomilerde toplu taşımacılığa olan talebin azalmasına karşın, hafif ve ağır raylı sistemlerdeki gelişmeye paralel olarak, şehir içi yolcu taşımacılığı halen önemli bir taşımacılık türü olarak görülmektedir (Borger vd. 2002).

1.1.3. Şehir İçi Yolcu Taşımacılığı Sistemlerinin Karakteristikleri

Yolcu taşımacılığı, bir hizmet sektörü olması itibariyle, hizmet sektörünün tüm ayırt edici özelliklerini taşımaktadır. Nitekim hizmetlerin soyutluk, heterojenlik, ayrılmazlık ve dayanıksızlık olmak üzere dört ayırıcı özelliği bulunmaktadır (Parasuraman vd. 1985). Ürün ve mallardan farklı olarak, hizmet satın alan bir müşterinin “mülkiyet” hakkının olmaması, hizmetin soyutluğunu göstermektedir. Örneğin toplu taşıma araçlarını kullanan bir yolcunun, belirli istikamette belirli şartlar altında yolculuk etme hakkı olup, yolculuk sonrasında kullandığı araç veya koltuk üzerinde herhangi bir mülkiyet iddia etmesi söz konusu değildir.

Diğer yandan, birçok hizmetin sunumu insan-insan etkileşimine dayanmaktadır. İçinde bulunduğu ortamdan kolaylıkla etkilenen insan, moral durumuna, mekânın özelliğine ve hizmeti sunma sırasında müşterinin yaklaşımına bağlı olarak aynı hizmeti farklı zamanlarda farklı kişilere farklı şekillerde sunabilmektedir (Sütütemiz, 2005). Bu tutarsızlık, hizmet kalitesinin farklılaşmasına neden olmakta ve standartlaşmayı engellemektedir.

Hizmetin üretiminin ve tüketiminin aynı anda olması, ayrılmazlık özelliğini ortaya çıkarmaktadır. Toplu taşıma hizmeti bağlamında düşünüldüğünde, hizmetin tüketilmeden önce üretilmesinin mümkün olmadığı görülmektedir. Ayrılmazlık özelliği, dayanıksızlık özelliğini de beraberinde getirmektedir. Dayanıksızlık, sunulan hizmetin stoklanamamasını ifade etmektedir. Yeterli doluluk oranı ile çalışmayan bir toplu taşıma aracının, yakıt, işgücü, bakım – onarım ve amortisman gibi birçok maliyete katlandığı

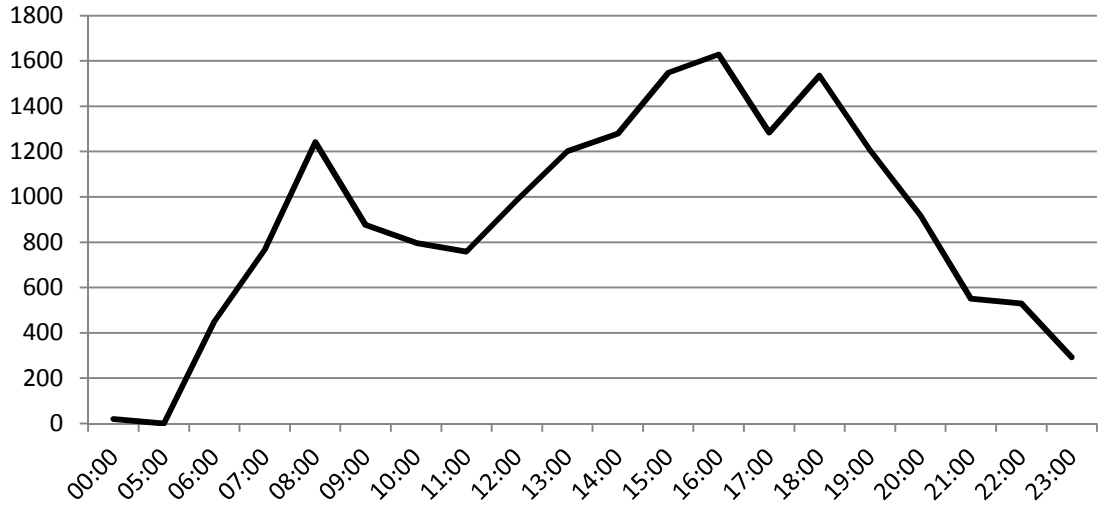
halde kullanamadığı boş koltukları ileride kullanmak üzere stoklayamaması, hizmetin dayanıksızlığına bir örnek teşkil etmektedir.

Hizmet sektörü olmasının getirdiği özellikler haricinde, şehir içi yolcu taşımacılığına özgü özellikler de bulunmaktadır. Bu özellikler, işletici firmanın bakış açısını yansıtan arz karakteristikleri ve kullanıcıların bakış açısını yansıtan talep karakteristikleri olarak iki başlık altında değerlendirilebilir.

1.1.3.1. Arz Karakteristikleri

Fielding vd. (1985b), şehir içi yolcu taşımacılığı yapan işletmeleri operasyonel özelliklerine göre (pik zamandaki araç sayısı, araç-mil, hız ve pik/normal zaman oranı) kümeleme analizi kullanarak on iki gruba ayırmışlardır. Ancak operasyonel özelliklerine bağlı olmaksızın düşünüldüğünde, şehir içi yolcu taşımacılığı sektörünün temel arz karakteristiklerinden bir tanesinin sermaye yoğunluğu olduğu görülmektedir. Şehir içi yolcu taşımacılığı sistemleri sermaye yoğun sistemlerdir (Farris ve Harding, 1976). Yol inşası ve bakımları, terminal inşası ve bakım maliyetleri, araçların alım maliyetleri, bakım – onarım maliyetleri, temizlik maliyetleri gibi pek çok yatırım ve bakım maliyetleri bulunmaktadır. Bu nedenle yatırımın geri dönüşü uzun zaman almaktadır. Dolayısıyla şehir içi yolcu taşımacılığı sistemlerinde kısıtlı kaynakların en iyi şekilde değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır (Yaliniz vd. 2011). Birçok ülkede, önemli bir sermaye birikimi gerektiren taşımacılık altyapı yatırımları kamu sektörü tarafından yapılmaktadır (Kerstens, 1996).

Şehir içi yolcu taşımacılığının bir diğer özelliği ise düşük kapasite kullanımına sahip olmasıdır. Bu sistemler günün her saatinde sabit bir doluluk oranı ile çalışmazlar. Araçların doluluk oranları veya kapasite kullanım oranları günün farklı saatlerinde dalgalanma gösterir. Örneğin iş veya okul giriş ve çıkış saatlerinde doluluk daha fazla iken, gün içerisindeki doluluk oranı daha düşük seviyelerdedir.



Şekil 2. SAÜ Kampüs – Karaman Hattının Haftalık Ortalama Yolcu Sayıları

İş saatleri içerisinde normal bir hatta günde iki adet ikişer saatlik pik yaşanır. Bu pik saatlerin toplamı, tüm haftanın %6'sını ifade eder. Geri kalan %94'lik dilimde ise kapasite yani sermaye tam olarak kullanılamaz (Coyle vd., 2006). Bu durum, şehir içi yolcu taşımacılığı sistemlerine yapılan yatırımların ancak uzun dönemde geri kazanılmasına neden olmaktadır.

Ayrıca, bir hizmet sektörü olan yolcu taşımacılığında, diğer pek çok hizmet sektöründe olduğu gibi arzı depolamak mümkün değildir. Eğer bir araçta doluluk oranı %50 ise, kullanılmayan diğer %50'nin ileride kullanılmak üzere depolanması söz konusu olamaz. Diğer yandan taşımacılık hizmetinin devamlı olması gerekmektedir. Her ne kadar yoğunluğun düşük olduğu saatlerde sıklık veya kapasite gibi hizmet seviyeleri azaltılabilirse de, hizmetin devamlılığı önemlidir. Bunun yanı sıra, hizmet seviyesinin düşmesi araçların zamanlamasını olumsuz yönde etkilememeli, gece hizmeti de gündüz hizmeti kadar güvenilir ve zamanında olmalıdır (Farris ve Harding, 1976).

1.1.3.2. Talep Karakteristikleri

Şehir içi yolcu taşımacılığı talebini etkileyen faktörler arasında çizelgeleme, maliyet, başlangıç ve varış zamanının uygunluğu, hız, sistemin dış görünümü, araçların ve terminallerin temizliği, sisteme erişilebilirlik gibi birçok faktör bulunmaktadır. Dell'Olio vd. (2010), yolcuların en fazla talep ettikleri kriterlerin güvenilirlik (yani araçların tam zamanında hareket etmesi ve tam zamanında varması), bekleme süresi ve konfor

olduğunu belirtmiştir. Kullanıcıların hizmet kalitesi beklentilerine yönelik yaptıkları bir diğer çalışmada Dell'Olio vd. (2011), bekleme zamanı, temizlik ve konfor kriterlerinin, diğer kalite kriterlerinden daha fazla önem kazandığını belirlemiştir. Bununla beraber araçların doluluğu, yolculuk süresi ve şoförlerin tutumu daha az önem arz etmektedir. Ayrıca demografik özellikler de toplu taşıma kullanımı ile yakından ilişkilidir. Örneğin çalışma yaşındaki insanların, kadınların ve yaşlıların toplu taşıma araçlarını kullanma oranı daha yüksektir (Balcombe vd. 2004).

Bilet fiyatları müşteri memnuniyeti çalışmalarında diğer kriterlerin gölgesinde kalıyor olsa da, talep modelleri üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Rojo vd.'nin (2012) belirttiği üzere, kullanıcılar bir seyahatin kalitesini belirlerken her ne kadar bilet maliyetlerine önem vermediklerini söyleseler de, taşıma türü seçiminde bilet maliyetlerinin önemli bir yer tuttuğunu belirtmişlerdir. Bununla beraber otobüslerin fiziki özellikleri kullanıcı memnuniyetini etkiliyorken, taşıma türü seçiminde önemini kaybetmektedir.

Nitekim Paulley vd. (2006) de, yaptıkları araştırmada biniş durağına erişim ve iniş durağından çıkış süreleri, servis aralığı, araçta geçen süre, durakların ve araçların fiziksel özellikleri, aktarmalar, güvenilirlik ve bilgilendirme gibi hizmet kalitesi kriterlerinin toplu taşıma talep esnekliği üzerinde ücretler kadar belirleyici olmadığını ortaya koymuşlardır.

Toplu taşıma sistemlerinin bir diğer talep karakteristiği ise talebin düzensiz oluşudur. Toplu taşıma araçlarına olan talep günün her saatinde farklılaşmaktadır (Farris ve Harding, 1976). Toplu taşıma sistemlerini sistemlerini iş veya okula ulaşım amaçlı kullanan yolcular daha düzenli bir kullanım sergilerken, alışveriş, eğlence veya diğer ihtiyaçlar için kullanan yolcuların ulaşım talepleri ise günden güne farklılık göstermektedir (Coyle vd., 2006). Ayrıca her bir yolcu için sıklık, hizmet saatleri ve fiyat gibi özelliklerin önem dereceleri de farklıdır. Örneğin şehir içi yolcu taşımacılığı sistemini iş veya okula ulaşım amaçlı kullanan yolcular için sıklık daha önemli iken, eğlence amaçlı kullanan yolcular fiyata daha fazla duyarlı olabilirler.

Kent içi toplu taşıma araçlarına olan talebin bir diğer özelliği ise, talebin çoğu durumda anlık olmasıdır (Farris ve Harding, 1976). Uzun menzilli yolculuklarda önemli olan rezervasyon işlemleri, şehir içi taşımacılıkta önemini kaybetmektedir. Bu durum,

işletmelerin ihtiyacı ve dolayısıyla kapasiteyi tam olarak belirleyememelerine neden olmaktadır.

1.2. Performans Ölçümü

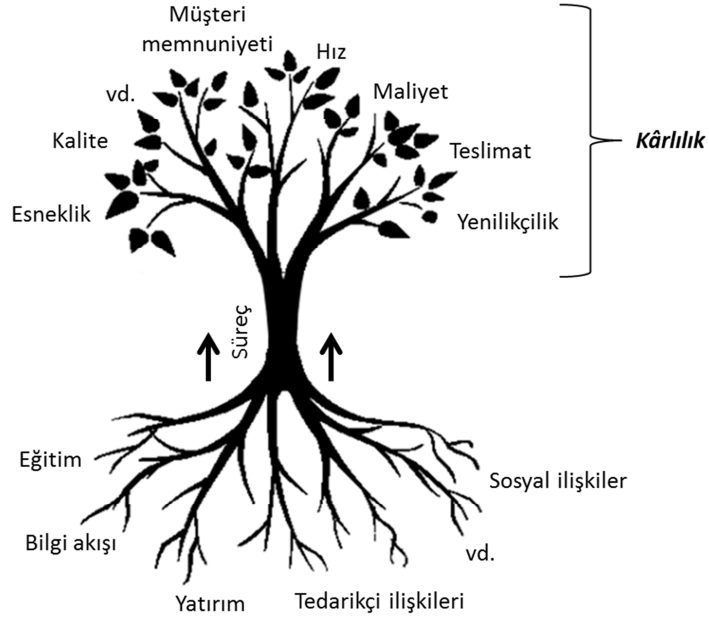
Geçmiş dönemlere ilişkin eylemlerin etkinliklerinin ve etkililiklerinin sayısallaştırılması anlamına gelen performans ölçümüne (Neely, 2005) yönelik yapılan ilk çalışmalar, ağırlıklı olarak finansal ölçütlere dayanmaktaydı. 1880-1980 yılları arasında kârlılık, yatırımın geri dönüş oranı ve işgücü üretkenliği gibi finansal ölçütler performansın belirleyicileri olarak ilgi görmüştür. Bu anlamda kurumlar, performanslarını ölçmek ve değerlendirmek için yönetim muhasebesi sistemlerine odaklanmışlardır (Ghalayini ve Noble, 1996). Nitekim ilk finansal oranlar ve bütçe kontrol prosedürleri DuPont ve General Motors tarafından 1900'lerin başlarında geliştirilmiş ve bu ölçümler 1980'li yıllara kadar yaygın bir şekilde kullanılmışlardır (Neely ve Bourne, 2000).

Ancak finansal performans ölçümleri, kısa dönemli olmaları, kalite ve esneklik gibi boyutları açıklamakta yetersiz oldukları için stratejik bakış açısından yoksun olmaları, sadece yerel optimumlarla ilgilenip genel etkinliği hesaba katmamaları ve müşterilerin istekleri ve rakiplerin nasıl performans sergilediklerini açıklamada yetersiz oldukları gerekçesiyle çeşitli eleştirilere maruz kalmışlardır (Neely, 1999). Venkatraman ve Ramanujam (1986), kurumsal anlamda en temel ve en dar anlamda performans göstergesinin, kârlılık ve satış oranlarının yükselmesi gibi göstergeleri kapsayan ve kurumun mali amaçlarını karşılaması ile ilgili olan finansal performans olduğunu belirtmişlerdir.

Lebas (1995), finansal performansın sadece bir sonuç olduğunu ve finansal performansa odaklanılması halinde asıl nedenlerin gözden kaçırılacağını belirtmiştir. Örneğin kârlılığın düşük olması, ortada bir problem olduğunu gösterebilir. Ancak bu gösterge, problemin doğası ve nedenleri hakkında yeterli ve açıklayıcı bir fikir sağlayamaz (Ghalayini ve Noble, 1996).

Şekil 3'te, kârlılığın veya zararın olası nedenleri gösterilmiştir. Şekilden görüleceği gibi, finansal performansa yani kârlılığa etki eden birçok faktör bulunmaktadır. Performans ölçütü olarak sadece finansal göstergelerin alınması ve bu performansa etki eden diğer nedenlerin göz ardı edilmesi, ileriye dönük kararları desteklemeyecektir. Bu yönüyle

finansal ölçütler, geçmişte ne olduğu hakkında fikir verirler ancak geleceğe dair öngöründe yetersiz kalırlar (Neely, 1999). Oysa performans ölçümlerinden yalnızca geçmiş başarıları veya başarısızlıkları göstermeleri değil, kurumun geleceğinin şekillendirilmesine de yardımcı olmaları beklenmektedir (Lebas, 1995).



Şekil 3. Nedensel Performans Modeli

Kaynak: Lebas, 1995

1980'li yılların başlarından itibaren finansal raporların modern işletmeleri yönetmekte yetersiz olduğu gerçeği fark edilmeye başlanmıştır (Neely ve Bourne, 2000). Uluslararası rekabetin arttığı bu yıllarda operasyonel performans ölçütleri daha fazla önem kazanmaya başlamıştır (Ghalayini ve Noble, 1996).

Neely (1999), bu geçişin başlıca nedenlerini şu şekilde sıralamıştır; işgücünün toplam maliyetler içerisindeki önemini kaybetmesi, rekabetin artması ile birlikte kalite, inovasyon ve esneklik gibi performans boyutlarının önem kazanması, kurumlar içerisinde muhasebenin yanı sıra diğer departmanların öneminin artması, özelleştirme gibi durumlarda düzenleyici kurumların talepleri ve bilişim sistemlerinin veriyi daha farklı şekillerde kullanmaya imkân sağlaması.

Operasyonel (yani finansal olmayan) performans ölçütleri, karar vericilere finansal ölçütlerden daha geniş bir bakış açısı sağlamaktadır (Venkatraman ve Ramanujam, 1986).

Pazar payı, yeni ürün geliştirme ve sunma, kalite ve kısa teslimat süreleri gibi performans boyutları, operasyonel performans ölçütlerinden bazılarıdır.

Operasyonel performansa odaklanmak, esasında kara kutuya odaklanmak gibidir (Venkatraman ve Ramanujam, 1986). Operasyonel göstergeler, finansal performanstaki değişimlerin anlaşılabilmesi ve geleceğe yönelik iyileştirmeler yapılabilmesi bakımından önem taşımaktadırlar. Eccles (1991), performans ölçüm sistemlerine finansal göstergelerin yanı sıra müşteri memnuniyeti, kalite, pazar payı ve insan kaynakları gibi performans boyutlarının da entegre edildiğini ve bu trendin giderek artacağını belirtmiştir.

1.2.1. Operasyonel Performans Ölçütleri

Kurumların, departmanların veya kişilerin performansının değerlendirilebilmesi amacıyla kullanılan performans göstergeleri sektörden sektöre farklılık gösterse de, literatürde üretkenlik, etkinlik ve etkililik olmak üzere üç temel operasyonel performans ölçütünün kullanıldığı görülmektedir. Bu araştırmanın uygulama alanı şehir içi yolcu taşımacılığı sistemleri olduğu için, bu performans ölçütleri şehir içi yolcu taşımacılığı açısından değerlendirilecektir.

Kamu fonlarındaki kısıtlamalar ve artan toplumsal taşımacılık ihtiyaçları, şehir içi yolcu taşımacılığı sistemlerinin performanslarının sürdürülebilmesini ve geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Barnum vd. (2007), toplu taşımacılığın yeteri kadar etkin bir şekilde yönetilememesi durumunun ya istenilen seviyede hizmet sunulmaması ile ya da kamu kaynaklarının verimsiz kullanımı nedeniyle vergi ödeyenlerden ve yolculardan daha fazla ücret alınmasıyla sonuçlanacağını belirtmiştir. Bu bölümde her bir performans kriteri ayrı ayrı ele alınacak ve aralarındaki ilişkiler belirtilecektir.

1.2.1.1. Üretkenlik

Üretkenlik, farklı bakış açıları doğrultusunda farklı şekillerde tanımlanmaktadır. Bu kavram, uluslararası seviyede ülkeler arasındaki rekabetçiliğin oluşturulması, ulusal seviyede vatandaşların hayat standartlarının yükseltilmesi, işletmeler seviyesinde ise kaynakların kullanımı ile ilişkilendirilmektedir (Afzal, 2006). Üretkenliğin azalmasının, ulusal seviyede ekonomik büyümenin yavaşlamasına, enflasyonun yükselmesine ve ödeme dengesinin bozulmasına; işletmeler seviyesinde ise üretim maliyetlerinin

artmasına ve işletmenin rekabetçi pozisyonunun bozulmasına neden olacağı belirtilmektedir (Bitran ve Chang, 1984). Ancak bu seviyeler arasında da tam bir görüş birliğinden söz etmek mümkün değildir. Örneğin işletmeler seviyesinde üretkenlik kaynaklarının en etkin şekilde kullanılması ile açıklandığı gibi, ileride görüleceği üzere, hedeflere ulaşma derecesi ile de açıklanmaktadır. Dolayısıyla herkes tarafından kabul edilen net bir üretkenlik tanımı yapılamamaktadır.

Edosomwan'ın (1995) belirttiğine göre, üretkenlik kavramı ilk olarak 1776 yılında Quesnay tarafından bir makalede kullanılmış olup, bu tarihten sonra pek çok yazar tarafından farklı anlamlarda kullanılmıştır. Üretkenlik kavramının farklı seviyelerdeki farklı anlamlarına karşın, bu kavrama ilişkin tanımlamaların büyük çoğunluğunun, girdiler ile çıktılar arasındaki ilişkiye vurgu yaptığı görülmektedir. Girdiler ve çıktılar arasındaki ilişkinin temelinde de çıktının girdiye oranı yatmaktadır.

Bitran ve Chang (1984), üretkenlik kavramını “üretim etkinliği” olarak tanımladıktan sonra, üretkenliğin girdileri çıktılarına dönüştüren bir üretim sürecinin etkinliğini ölçtüğünü belirtmişlerdir. Lieberman vd. (1990) de üretkenliği, fiziksel girdilerin fiziksel çıktılarına dönüştürülmesi sürecinin etkinliği olarak tanımlamışlardır.

De Borger ve Kerstens (2000), üretkenliği, üretim sürecinde kullandığı girdilerle ilişkili olarak bir işletmenin çıktılarını değerlendiren kavram olarak tanımlarken, Nolan (1996) çıktılarının girdilere oranı olarak tanımlamakla yetinmiştir. Görüleceği gibi üretkenlik, klasik manada üretim sürecinde girdilerin etkin bir şekilde kullanılması olarak tanımlanmaktadır. Klasik bakış açısına göre üretkenlik şu şekilde formüle edilmektedir;

$$\text{Üretkenlik} = \frac{\text{Çıktı}}{\text{Girdi}} \quad 1.1$$

Üretkenliği, bir işletmenin çıktılarını en etkin şekilde elde etmesinin yanı sıra hedeflerine ulaşması olarak da tanımlayan araştırmacılar bulunmaktadır (Achabal vd. 1984). Bu yaklaşıma göre üretkenlik, etkinlik ile etkililiğin bir kombinasyonudur (Sheth ve Sisodia, 2002; Grönroos ve Ojasalo, 2004; Keh vd. 2006). Bir firmanın etkinliği yüksek olduğunda en az kaynak ile en çok çıktıyı elde eder. Firmanın etkili olması ise yüksek müşteri memnuniyeti sağladığı ve hedeflerine ulaştığı anlamına gelir. Her iki özelliğe sahip olan bir işletme de sonuç olarak üretkendir. Örneğin Heaton (1977), üretkenliğin bir

şeyleri başarmak ve üstesinden gelmek olduğunu belirtmiş ve üretkenliğin, hem kaynakların etkin kullanımını hem de hizmetlerin etkililiğini içerdiğini vurgulamıştır (akt. Achabal vd. 1984). Amerikan Yönetim Derneği tarafından 1961 yılında yapılan bir ankete göre de katılımcıların %88'i, üretkenliğin bir operasyonun etkinlik ve etkililiği ile ilgili olduğunu belirtmişlerdir (Afzal, 2006).

Üretkenliği, en az kaynak harçayarak en yüksek performans sergilemek olarak tanımlayan Mali (1978), bu kavramı etkililiğin etkinliğe oranı olarak formüle etmiştir.

$$\text{Üretkenlik İndeksi} = \frac{\text{Elde edilen çıktı}}{\text{Harcanan girdi}} = \frac{\text{Elde edilen başarı}}{\text{Tüketilen kaynak}} = \frac{\text{Etkililik}}{\text{Etkinlik}} \quad 1.2$$

Görüleceği gibi bu formül, 1.1'de tanımlanan formülden önemli derecede farklılaşmaktadır. Mali (1978) tarafından ortaya konan formülde çıktının girdiye oranından ziyade, etkililiğin (yani önceden belirlenen hedeflere ulaşma derecesinin) etkinliğe (yani girdilerin çıktılara dönüştürülmesi sürecinde kaynakların en şekilde kullanılması) oranına vurgu yapılmıştır.

Goldratt ve Cox (2012) da üretkenliği çıktılardan girdiye oranından farklı bir şekilde tanımlamaktadır. Yazarlara göre üretkenlik, işletmeleri amaçlarına yaklaştırmalıdır. Eğer klasik anlamdaki üretkenlik artışı işletmenin amaçlarına hizmet etmiyorsa, yani işletmeye gelir sağlamıyorsa, üretkenlik olarak adlandırılmaz. Bununla beraber yazarlar, klasik anlamdaki üretkenlik artışı için yapılan çabaların, işletmeleri çoğu zaman iflasa götürdüğünü de belirtmişlerdir.

Fledderus'un (1939) ortaya koyduğu *optimum üretkenlik* kavramı da bu görüş ile aynı doğrultudadır. Yazara göre optimum üretkenlik, insan ve materyal kaynaklarının, teknik bilimlerin, icatların ve becerilerin tam kapasite ile kullanılması sonucunda çıktı ve performans bağlamında mümkün olan en yüksek başarı seviyesine ulaşılmasıdır. Optimum üretkenlik amaç olarak ideal olmalıdır. Optimum üretkenliğin zıttı ise hem insan hem de materyal kaynaklarının israfıdır. Bu anlamda optimum üretkenliğin en önemli problemi, olası israfların ortadan kaldırılmasıdır.

Özetlemek gerekirse, Fledderus (1939), Heaton (1977) ve Achabal vd. (1984) tarafından tanımlanan ve Mali (1978) tarafından formüle edilen üretkenlik tanımının, klasik üretkenlik tanımından farklı olarak “etkililik” kavramına vurgu yaptığı görülmektedir.

Üretkenliğin ekonomik boyutlarına ilişkin tanımlamaların yanı sıra, Willcox (1896), üretkenliğin ölçülmesi noktasında özellikle de kamu tarafından işletilen sistemlerin sosyal çıktılarına vurgu yapmıştır. Örneğin sokak lambalarının varlığı, halk güvenliğinin artmasını ve şehirlerdeki suç oranlarının azalmasını sağlar. Bu durum güvenlik gücüne olan ihtiyacı azaltacağı için ekonomik bir katkı sağlayacaktır. Ancak sokak lambalarının amacı, esas olarak halk güvenliğini artırmak ve suç oranlarını azaltmaktır. Yazar, insanların üretim için yaşamaktan ziyade yaşamak için ürettiklerini belirtmiştir. Bu nedenle sokak lambalarının üretkenliği değerlendirilirken ekonomik katkıları değil, suç oranlarındaki azalma gibi sosyal katkıları göz önünde bulundurulmalıdır. Aynı yazarın bir başka örneğine göre de kanalizasyon sistemleri, halk sağlığını ve ortalama yaşam sürelerini artırarak insanların üretken güçlerini artırır ve sağlık harcamalarını düşürür. Bu yönüyle ekonomik bir katkı sağlar. Ancak kanalizasyon sistemlerinin üretkenliği, ekonomik katkılarından ziyade ölüm oranlarındaki azalma ile değerlendirilmelidir.

Willcox’un (1896) üretkenlik literatürüne kazandırdığı bu farklı boyut, bu tez çalışması için de önem arz etmektedir. Nitekim yolcu taşımacılığı sistemleri bir yönüyle ekonomik değer taşıırken, diğer yönüyle sosyal bir ihtiyacı karşılayarak halk içinde “eşitlik” sağlamaktadır. Şehir içi taşımacılık sistemleri, şahsi otomobili olmayan gelir seviyesi düşük şehir halkının yanı sıra yaşlıların, çocukların, engellilerin ve şahsi aracıyla hareket imkânı olmayan diğer insanların taşımacılık ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Böylelikle şehir içi yolcu taşımacılığı sistemlerinin üretkenlik boyutu sadece ekonomik katkısı ile değil, sosyal katkısı ile de değerlendirilmek durumundadır. Bu konu, şehir içi yolcu taşımacılığı sistemlerinin performans ölçütlerinin tartışıldığı 1.3.1. bölümde daha detaylı olarak ele alınacaktır.

Üretkenlik kavramı, bir zaman süreci içerisinde veya farklı kurumların birbirleri ile karşılaştırılması durumunda ekonomik anlamını kazanmaktadır. Örneğin, zaman içerisinde bir üretkenlik artışı olması, yolcu taşımacılığı işletmelerinin aynı girdi ile daha fazla çıktı elde ettikleri anlamına gelmektedir (De Borger ve Kerstens, 2000). Belirli bir zaman periyodunda üretkenlik artışını etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Ürün

tasarımı, üretim sürecinde kullanılan teknoloji, ürün çeşitliliği, üretimde kullanılan makineler ve teknoloji, planlama, makinelerin bakım ve onarımı bu faktörlerden bazılarıdır (Sutermeister, 1976).

Edosomwan (1995), literatürde kısmi üretkenlik, toplam üretkenlik ve toplam faktör üretkenliği olmak üzere üç farklı üretkenlik boyutunun olduğunu belirtmiştir. Kısmi üretkenlik, bir çıktının sadece bir girdiye oranını ifade eder. Karar birimlerinin performanslarına ilişkin yanlış yönlendirmelere neden olabileceğinden ötürü çok tercih edilen bir ölçüm aracı değildir. İşgücü üretkenliği veya sermaye üretkenliği gibi kısmi indeksler, ortalama üretkenliğin değerlendirilmesinde yetersiz kalırlar (Lieberman vd. 1990).

Skinner (1986), kısmi üretkenliklerin çoğunlukla toplam maliyetler içerisinde düşük yer tutan işgücüne odaklandıklarını belirterek, bu anlamda meydana gelecek gelişmelerin veya kayıpların önemli sonuçlar doğurmayacağını belirtmiştir. Skinner'ın (1986) "üretkenlik paradoksu" adını verdiği bu kısıt nedeniyle ilgi, tüm üretim sisteminin performansından görece daha önemsiz olan işgücü performansına kaymıştır. Coelli vd.'nin (2005) belirttiği üzere kısmi ölçümler, literatürde genellikle sermaye yoğunluğundaki veya diğer faktörlerdeki değişimlerin işgücü üretkenliği üzerindeki etkilerini ölçmek amacıyla kullanılmaktadır.

Bir diğer üretkenlik boyutu ise, tüm çıktılarının tüm girdilere oranını ifade eden toplam üretkenliktir. Cooper vd. (2007), kısmi üretkenlikten toplam üretkenliğe geçiş sayesinde ölçülen kazançların veya kayıpların nedeninin tek bir faktöre bağlanmasının engellendiğini belirtmiştir. Örneğin, sermaye artışından veya yönetsel becerilerden ötürü bir çıktıda meydana gelen artış, kısmi üretkenlik ölçümünde işgücüne atfedilebilir. Bu durum, performans artışının yanlış nedenlerle açıklanmasına neden olacaktır.

Ancak Bitran ve Chang (1984), toplam üretkenlik kavramının da yanlış yönlendirmelere neden olabileceğini belirtmişlerdir. Çünkü uygulamada, araştırma ve geliştirme gibi bazı girdilerin ölçülmesi ve toplam girdilere dâhil edilmesi mümkün olmamaktadır. Dolayısıyla üretim sürecindeki tüm girdilerin dikkate alınabileceğini varsaymak yanlış bir yaklaşım olacaktır.

Toplam üretkenliğin bu kısıtının üstesinden gelebilmek amacıyla toplam faktör üretkenliği kavramı tanımlanmıştır. Toplam faktör üretkenliği, toplam çıktının işgücü, hammadde veya sermaye gibi birden çok girdinin toplamına oranını ifade etmektedir. Bu yönüyle toplam faktör üretkenliği, toplam üretkenliğin kısıtını ortadan kaldırmakta ve daha sağlıklı bir üretkenlik ölçümü yapılmasına imkân sağlamaktadır. Bununla beraber, literatürde her iki kavramın birbirinin yerine kullanıldığı da sıklıkla görülmektedir.

Üretkenlikteki değişikliklerin üç ana kaynağı bulunmaktadır; üretim teknolojilerindeki değişiklikler, üretim çevresinden kaynaklanan değişiklikler ve üretim sürecinin etkinliğindeki değişimler (Lovell, 1993; Nolan, 1996). İşletmelerin belirli bir zaman periyodunda üretkenliklerinde meydana gelen değişimler, bu üç faktörün bir kombinasyonu olarak ifade edilebilir.

Üretim teknolojilerindeki değişiklik yani teknik gelişme, teknolojik yenilik veya yeni bir şeyler öğrenmek yoluyla sağlanabilir. Bu durum, şehir içi yolcu taşımacılığı işletmelerine zaman içerisinde üretim sınırını yukarıya, üretim maliyetlerini ise aşağıya çekme imkânı vererek, aynı girdi miktarı ile daha fazla çıktı elde etmelerini mümkün kılar (De Borger ve Kerstens, 2000). Otomatik ödeme sistemlerinin geliştirilmesi, daha az enerjiye ihtiyaç duyan araçların kullanılması ve yolcuların bilgilendirilmesinde internetin kullanılması gibi teknik gelişmeler, taşınan yolcu sayısının artmasını (veya sabit kalmasını), maliyetlerin azalmasını ve dolayısıyla üretkenliğin artmasını sağlamaktadır.

Üretim çevresinden kaynaklanan değişimler ise yasal düzenlemeler, pazar yapısı ve tedarik kaynakları gibi işletmenin kontrolünde olmayan dışsal faktörlerdeki değişimleri içerir. İşletmenin dış çevresinde yaşanacak değişimler (vergilerin artması veya azalması gibi) üretkenlik üzerinde etkili olacaktır.

Bu tez çalışması, üretkenliğe etki eden teknolojik ve dışsal değişimlerden ziyade, üretkenliğin bir diğer kaynağı olan üretim sürecinin etkinliğini konu almaktadır. Üretkenliğin bir diğer bileşeni olan üretim sürecinin etkinliği yani “etkinlik”, sıradaki bölümde daha detaylı olarak incelenmiştir.

1.2.1.2. Etkinlik

Etkinlik; bir üretim sürecinde kullanılan gerçek veya gözlenen girdi ve çıktı değerlerinin, optimal girdi ve çıktı değerleri ile karşılaştırılmasını ifade eder (Lovell, 1993; Nolan,

1996; Karlaftis ve Tsamboulas, 2012). Başka bir tanıma göre ise etkinlik; girdiler ve çıktılar arasındaki ilişki bağlamında, üretilen çıktının değerlendirilmesi anlamına gelip, “işlerin doğru yapılması” olarak tanımlanmaktadır (Fielding vd., 1978).

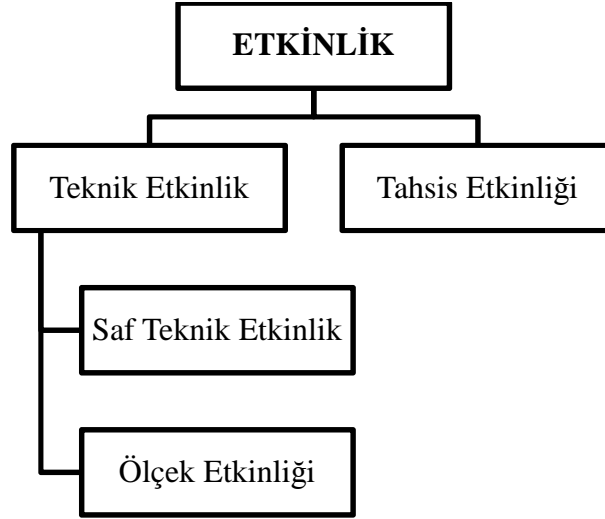
Etkinlik, kaynakların en iyi şekilde kullanılması demektir. Etkinlik, ürün veya hizmetlerin nasıl üretilmesi gerektiğinin yanı sıra, hangi ürün ve hizmetlerin sunulması gerektiği ile de ilgilidir (Karlaftis ve Tsamboulas, 2012). Golany ve Tamir (1995), etkinliğin muhtemel kaynak tasarrufları ve/veya çıktı miktarının artırılmasıyla elde edilecek kazançlarla ilgili olduğunu belirtmişlerdir.

Bu tanımlar ışığında, şehir içi yolcu taşımacılığında daha az yakıt maliyeti ile daha fazla km yapılması, taşınan yolcu sayısının aynı kalmasına karşın toplam kapasitenin düşürülmesi gibi gelişmeler etkinlik artışı olarak nitelendirilebilir.

Karar birimlerinin girdileri ve çıktıları, etkinlik analizinde girdi yönelimli ve çıktı yönelimli olarak değerlendirilebilirler. Girdi yönelimli etkinlik, mevcut çıktı miktarını elde edebilmek için daha az kaynak kullanımına odaklanır. Çıktı yönelimli etkinlik ise mevcut girdi miktarı ile daha fazla çıktı elde edebilme potansiyeli ile ilgilidir (Viton, 1997). Eğer bir üretim birimi için, mevcut çıktı miktarını daha az kaynak kullanarak üretmek mümkün ise, bu üretim biriminin girdilerini etkin kullanmadığı söylenir. Diğer yandan, eğer bu üretim birimi mevcut girdi karması ile daha fazla çıktı elde edebilecek potansiyelde ise, bu durumda çıktı yönelimli etkinsizlik söz konusu olur. Girdi ve çıktı yönelimli etkinsizliklere tezin ikinci bölümde daha detaylı olarak değinilecektir.

Her iki durumda da optimal değer üretim olasılıkları bağlamında değerlendirilir ve böylece teknik etkinlik elde edilir (Lovell, 1993). Eğer değerlendirme sonucunda karar birimi üretim sınırı üzerinde konumlanırsa, bu birimin teknik olarak etkin olduğu kabul edilir.

Etkinlik, *teknik* ve *tahsis* olmak üzere iki ana başlık altında incelenebilir (Tablo 4).



Şekil 4. Etkinlik Türleri

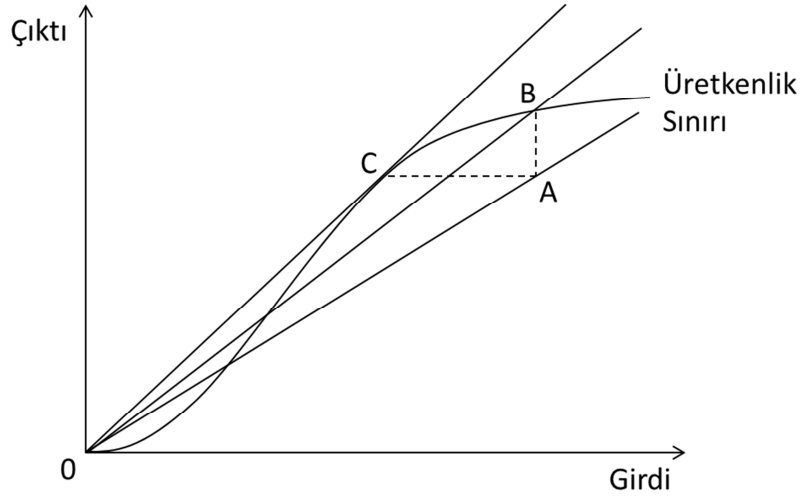
Teknik etkinlik (T); belirli bir girdi seti ile üretilebilecek maksimum çıktı miktarını ifade ederek (Farrell, 1957), mevcut girdi miktarı ile elde edilebilecek maksimum çıktı miktarını (çıktı yönelimli) veya mevcut çıktı miktarını elde edebilmek için kullanılacak minimum girdi miktarını (girdi yönelimli) hesaplar (Karlaftis ve Tsamboulas, 2012). Şehir içi yolcu taşıma sistemlerinin mevcut girdi miktarı ile elde edebilecekleri maksimum çıktı seviyelerine odaklanan teknik etkinlik (De Borger ve Kerstens, 2000), saf teknik etkinlik (pt) ve ölçek etkinliği (s) olmak üzere iki başlık altında incelenebilir.

Saf teknik etkinlik, üretim sürecinde girdilerin çıktılara dönüştürülmesindeki etkinsizlikler olarak adlandırılabilir (Sanchez, 2009). Bu yönüyle saf teknik etkinlik, sadece girdi – çıktı oranı ile ilgilendir ve üretim birimlerinin optimal ölçek büyüklüğünden uzaklaşmasından kaynaklanan etkinsizlikleri dikkate almaz.

Ölçek etkinliği ise, fiili ve ideal üretim boyutu arasındaki muhtemel farklılık ile ilgilidir (De Borger vd. 2002). Ölçek etkinsizliği, karar birimlerinin en üretken ölçek büyüklüğünden uzaklaşması olarak tanımlanabilir (Sanchez, 2009).

Ölçek etkinliği ile teknik etkinlik arasındaki ilişkiyi Şekil 5’teki gibi açıklayabiliriz. Şekildeki B ve C noktaları üretkenlik sınırı üzerinde yer almaktadırlar. Yani her ikisi de teknik etkindir. Ancak C noktası, üretkenlik sınırını en uç noktadan teğet geçmektedir. Böylelikle C , mümkün olan maksimum üretkenliği yani optimal ölçeği gösterir. Bunun anlamı, üretim sınırı üzerindeki hiçbir noktanın C ’den daha yüksek üretkenlik sağlayamayacağıdır (Coelli vd. 2005). Üretkenlik sınırının altındaki A noktasının teknik

etkin olan *B* noktasına kayması durumunda *A*'nın üretkenliği artış gösterecektir. Ancak *A*'nın *C* noktasına kayması, aynı zamanda ölçek etkinliğini de beraberinde getirecektir.



Şekil 5. Ölçek Etkinliği

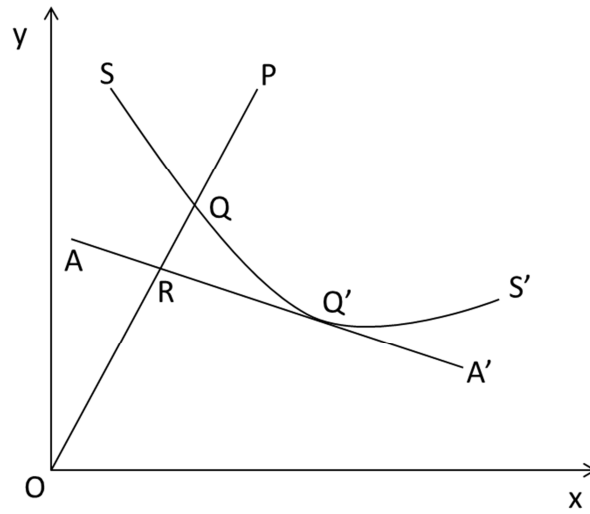
Kaynak: Coelli vd. 2005

Teknik etkinliğin saf teknik etkinlik ve ölçek etkinliği gibi iki parçaya ayrılarak incelenmesi, üretim birimlerinin etkinsizliklerinin girdilerini etkin kullanamamalarından mı yoksa yeterli ölçeğe ulaşamadıklarından mı kaynaklandığını belirlemek açısından önemlidir.

Bir diğer etkinlik türü ise, maliyet tabanlı olan *tahsis etkinliğidir* (Viton, 1997). Teknik etkinlik mühendislik ilişkilerine dayalı olup, fiyat ve maliyetlerle ilgili etkinlikleri dikkate almaz (Bhagavath, 2006). Farrell (1957) tarafından *fiyat etkinliği* olarak adlandırılan *tahsis etkinliği* ise; istenen çıktı miktarının minimum maliyetle elde edilebilmesi için hangi girdi karmasının kullanılması gerektiğini hesaplar (Karlaftis ve Tsamboulas, 2012). Başka bir ifadeyle, üretim sınırının üzerindeki her nokta teknik olarak etkin olarak kabul ediliyorsa da, tahsis etkinliği üretim sınırı üzerindeki belirli ve kesin bir noktada gerçekleşmektedir (De Borger ve Kerstens, 2000). Amacı girdi miktarını azaltmak olan bir sistemde, girdi miktarı azaltıldığında sistemin teknik olarak etkin olduğu kabul edilir. Ancak, eğer maliyetler optimal olmayan girdi karması kullanılarak düşürülmüş ise, sistemin tahsis etkin olmadığı söylenir (De Borger ve Kerstens, 2000; Karlaftis ve Tsamboulas, 2012).

Tahsis etkinliği, karar birimlerinin girdilerini rekabetçi pazarlardan satın aldığını varsayarak, mevcut çıktı miktarını elde etmek için daha düşük maliyetli girdilerin kullanılıp kullanılmayacağını sorgular. Eğer mevcut çıktı miktarını değiştirmeden daha az maliyetli girdiler kullanabilme potansiyeli varsa, bu durumda ilgili karar biriminin tahsis etkinsiz olduğu kabul edilir (Viton, 1997). Bu yönüyle tahsis etkinliği, belirli bir çıktı miktarının elde edilebilmesi için üretim maliyetlerini en aza indiren girdi karmasının kullanımını ifade etmektedir (Bhagavath, 2006).

Teknik (T) ve tahsis etkinliği (A) arasındaki ilişkiyi Şekil 6'da açıklayabiliriz (Farrell, 1957). Bu modelde iki girdi (x ve y) ile tek çıktı olduğu varsayılmıştır. Şekildeki SS' eğrisi eşürün eğrisi olup, belli miktar ürün elde etmek için gerekli olan tüm girdi kombinasyonunu göstermektedir. AA' doğrusu ise, üretimde kullanılan girdilerin fiyatını göstermektedir. Şekilde SS' üzerinde bulunan noktalar teknik etkin, AA' üzerindeki noktalar ise tahsis etkindir. Buna göre Q noktası her ne kadar teknik olarak etkin ise de, görüleceği gibi tahsis etkin değildir. Bu modelde, P noktasının teknik etkinliği $T = OQ/OP$, tahsis etkinliği ise $A = OR/OQ$ şeklinde hesaplanır.



Şekil 6. Teknik ve Tahsis Etkinlikleri

Kaynak: Farrell, 1957

Teknik ve tahsis etkinliğinin yanında, bir de “*kapsamlı (overall) etkinlik*” kavramı bulunmaktadır. Kapsamlı etkinlik (OE), teknik ve tahsis etkinliklerinin bir ürünü olup, bu iki etkinlik skorunun çarpılması ile bulunur (Farrell, 1957). Bir birimin kapsamlı etkin olabilmesi için, hem teknik hem de tahsis etkin olması gerekmektedir. Şekil 6'da

görülebileceği gibi, hem SS' hem de AA' üzerinde bulunan tek nokta, yani Q' , kapsamlı etkin olarak tanımlanır.

$$OE = T \times A$$

Şekil 6'dan devam etmek gerekirse, P noktasının teknik ve tahsis etkinlikleri çarpıldığında, kapsamlı etkinliği; $OE = OR/OP$ olarak bulunacaktır. Bu formüldeki OR , belirli seviyedeki çıktıyı minimum maliyetle elde eden ve P noktasına referans teşkil eden R noktasını gösterirken, OP ise ilgili birimin yani P 'nin mevcut maliyet seviyesini göstermektedir (Aly vd. 1990).

Bu bölümde bahsedilen etkinlik ölçütlerinden hangisinin tercih edilmesi gerektiği, firmanın amaçları ile ilgilidir. Örneğin, bir firmanın amacı belirli bir süre içerisinde en fazla çıktıyı elde edebilmek ise, her ne kadar fiyat etkisizliği ile sonuçlanabilecek olsa da, teknik etkinlik daha anlamlı olacaktır (Farrell, 1957). Ancak, üretilen çıktı için kullanılan girdi karmasının düşük maliyetli olması bekleniyorsa, o halde tahsis etkinliği daha fazla önem kazanacaktır.

1.2.1.3. Etkililik

Üretkenlik ve etkinlik kavramlarının ardından ele alınacak son performans ölçütü etkililiktir. Etkililik kavramına ilişkin en popüler tanım Fielding vd. (1978) tarafından yapılmıştır. Bu yazarlara göre etkililik, sağlanan çıktıların veya üretilen hizmetin önceden belirlenen çıktılar veya amaçlar ile karşılaştırılması olup “doğru işlerin” yapılması anlamına gelmektedir. Nitekim literatürdeki etkililik kavramına yapılan tanımlar incelendiğinde, temel olarak “önceden belirlenen hedeflere ulaşma” ve “doğru işlerin yapılması” boyutlarına vurgu yapıldığı görülmektedir.

Klasik anlamda etkililik, önceden belirlenmiş amaçlara ulaşmakla ilgilidir. Bir kişi veya kurum, hedeflerine ulaştığı ölçüde etkili, bu hedeflerden uzak kaldığı ölçüde etkisizdir. Golany ve Tamir (1995), etkililiği gözlenen çıktılarla arzulan hedefler arasındaki fark olarak tanımlamıştır. Benzer şekilde Bhagavath (2006) da etkililiği, hizmet sağlayıcıların çıktı miktarlarının, önceden belirlenen hedefleri karşılaması olarak ifade etmiştir.

Şehir içi yolcu taşımacılığı sistemlerinin performanslarının değerlendirildiği çalışmalarda ise etkililik, sistemin sosyal boyutuna vurgu yapmaktadır. Bunun nedeni, toplu

taşımacılığın daha çok yerel yönetimler eliyle yapılıyor olmasıdır. Hizmetin yerel yönetimler tarafından sunulması, kârı değil, sosyal hizmetleri ön plana çıkarmaktadır. Dolayısıyla sistemin performansı ekonomik çıktıları ile değil, toplumsal ihtiyaçları karşılama derecesi ile ölçülmektedir.

Esasında bu bakış açısı, üretkenliğin tanımlandığı bölümde de değinildiği gibi, Willcox'un (1896) bakış açısını yansıtmaktadır. Her ne kadar şehir içi yolcu taşımacılığı hizmetleri bir ücret karşılığında yapılıyor ve bu yönüyle ekonomik bir anlam taşıyor olsa da, günümüzde büyük ölçüde yerel yönetimler tarafından sübvansede edilmektedirler. Toplu taşımacılık sistemlerinin önceliği ekonomik kazanç sağlamaktan ziyade bir sosyal ihtiyacı karşılamak ve vatandaşlar arasında "eşitlik" sağlamak olarak görülmektedir.

Örneğin Fielding vd. (1978), etkililik ölçütlerinin sunulan hizmetin (sayı ve lokasyon bağlamında), resmi kurumların ve vatandaşların ihtiyaçları bağlamında önceden belirlenmiş amaçları ve hedefleri karşılması ile ilgili olduğunu belirtmiştir. Lao ve Liu (2009), şehir içi yolcu taşımacılığı sistemlerinin etkililiğini değerlendirdikleri çalışmalarında yaşlı ve engelli nüfusa verilen hizmetleri dikkate almıştır. Literatürde yapılan diğer çalışmalarda da etkililik ölçüm modellerinde, ekonomik kazançlardan ziyade taşınan toplam yolcu sayılarının önem kazandığı görülmektedir (Chu vd. 1992; Karlaftis, 2004; Karlaftis ve Tsamboulas, 2012).

Toplu taşıma sistemlerinin sosyal çıktılarına vurgu yapılması, ekonomik boyutunun önemsiz olduğu anlamına gelmemektedir. Toplu taşıma sistemlerinde meydana gelen ekonomik verimsizlikler, bazı hatların kapanmasına, bilet ücretlerinin yükselmesine veya hizmet seviyesinin düşmesine neden olabilir. Literatürde, şehir içi yolcu taşımacılığı sistemlerinin ekonomik boyutu etkinlik ölçümleri ile, sosyal boyutu ise etkililik ölçümleri ile değerlendirilmiştir (Chu vd. 1992; Karlaftis ve Tsamboulas, 2012).

Etkililik ile etkinlik kavramları arasında girift bir ilişki vardır. Her ne kadar bir kurumun etkin olmadan etkili olamayacağını belirten araştırmacılar var ise de (Talley ve Anderson, 1981), etkililik ile etkinlik her zaman birbirleri ile doğru orantılı olmamaktadırlar. Çünkü etkililik, etkinsizlikleri bünyesinde barındırabilir. Belirlenen amaçlara ulaşıldığında kurumun etkili olduğu belirtilir ancak bu amaçlara ulaşmak için etkin olmayan yollar seçilmiş ve pahalıya mal olmuş olabilir (De Borger ve Kerstens, 2000). Örneğin, nüfusun daha büyük bir kesimine hizmet verebilmek için kârlı olmayan bölgelere yeni hatlar

konulduğunda şehir içi yolcu taşıma sisteminin etkililiği yükselecektir. Ancak böyle bir durumda araçların doluluk oranları düşeceği için operasyonel anlamda etkinsizlik ortaya çıkacaktır.

Diğer yandan etkinliği artırmak için yapılan çalışmalar etkililiği olumsuz yönde etkileyebilir. Bir taşımacılık şirketi otobüs sayısı ve maliyetler gibi girdilerini azaltarak aynı sayıda yolcu taşımış ise etkinliğini artırmış olur. Ancak bu durum, yolculara tatmin edici bir hizmet sunma çıktısının, yani bir etkililik boyutunun azalması ile sonuçlanabilir (Bhagavath, 2006). Benzer şekilde sefer sayısının azaltılması yakıt maliyetlerinin ve bakım – onarım maliyetlerinin azalmasını, araçların doluluk oranlarının artmasını ve nihayetinde operasyonel etkinliğin yükselmesini sağlayacaktır. Ancak artan doluluk oranları neticesinde hizmet seviyesinin düşmesi nedeniyle sistemin etkililiği olumsuz etkilenecektir.

Etkinlik ile etkililik arasındaki ilişki şehir içi yolcu taşımacılığı literatüründe tartışılan bir konudur. Esasında bu konu, modele dâhil edilen çıktıların şehir içi yolcu taşımacılığı işletmelerinin amaçlarını tam olarak yansıtabilmesi ile yakından alakalıdır. Eğer modele dâhil edilen girdiler ve çıktılar, işletmelerin amaçlarını tam olarak yansıtamazsa, bu durumda etkinlik ve etkililik kavramları birbirleri ile negatif ilişkili olabilir. Literatür bu iddiayı desteklemektedir. Kerstens (1999), etkinlik ile etkililik arasında hiçbir korelasyonun bulunmadığını, Keh vd. (2006) ve Karlaftis ve Tsamboulas (2012) ise iki kavram arasında negatif ilişki bulunduğunu belirtmiştir.

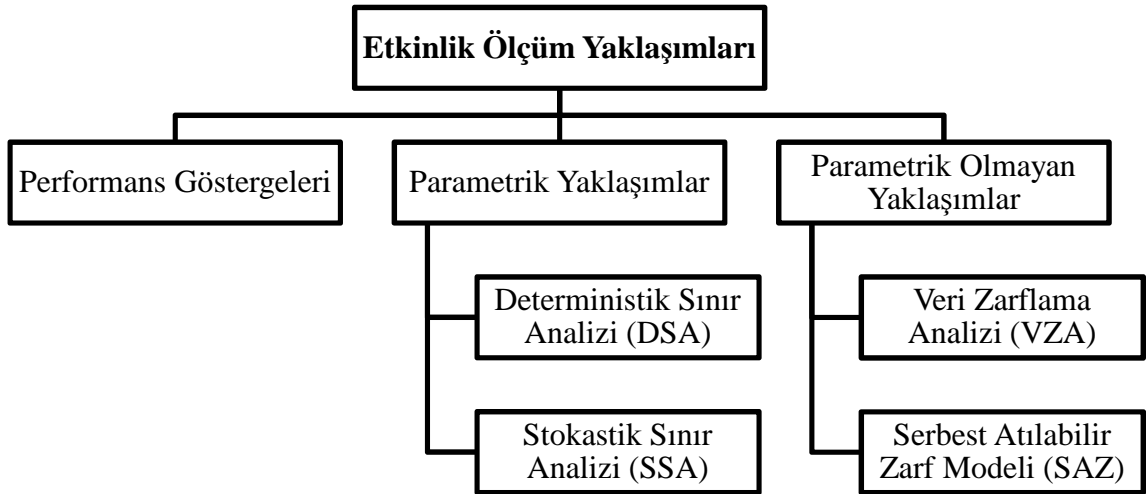
1.2.2. Performans Ölçüm Metotları

Performans ölçümü, karşılaştırma esasına dayanır. Kurumların, departmanların, takımların ya da bireylerin performanslarının birbirleriyle karşılaştırılmasını ifade eder. (Ghalayini ve Noble, 1996). Allard vd. (1971), performans ölçümü amacıyla üç farklı karşılaştırma yapılabileceğini belirtmiştir. Bunlardan birincisi, mevcut performansın geçmiş dönemlerle karşılaştırılmasıdır. Buna göre karar birimlerinin performanslarının, benzer geçmiş periyotlarla karşılaştırılmalıdır. Bu yöntem mevcut performansın arttığı ya da azaldığı hakkında bilgi verse de, artış ya da azalışların tatmin edici seviyede olup olmadığı hakkında bilgi vermez.

Diğer yaklaşım ise kurumların performanslarının karşılaştırılmasıdır. Aynı operasyonel çevrede ve zamanda faaliyet gösteren benzer kurumların karşılaştırılarak göreceli performanslarının ölçülmesi yaklaşımıdır. Son yaklaşım ise mevcut performansın hedeflerle karşılaştırılmasıdır. Bu yaklaşım, istenilen başarı seviyesini göstermek için hedefler koyulmasını gerektirir. Mevcut performans ile hedeflenen performans arasındaki fark, başarı veya başarısızlığın derecesini gösterir.

Literatürde, operasyonel performansın ölçülmesine ilişkin iki temel yaklaşımın olduğu görülmektedir. Bunlardan birincisi, performans göstergeleri olarak da tanımlanan, standartlar belirlemek ve karar birimlerinin performanslarını bu standartlara göre karşılaştırmaktır. Diğer yaklaşım ise karar birimlerinin karşılaştırmalı performanslarını değerlendirmektir. Bunun için de parametrik ve parametrik olmayan iki farklı yaklaşım kullanılmaktadır.

Bu bölümde öncelikle performans göstergeleri tanıtılacaktır. Ardından ise parametrik ve parametrik olmayan yaklaşımlar detaylı olarak ele alınacaktır.



Şekil 7. Etkinlik Ölçüm Yaklaşımları

1.2.2.1. Performans Göstergeleri ile Ölçüm

Performans göstergeleri, önceden belirlenmiş standartlar veya hedefler doğrultusunda karar birimlerinin performanslarını değerlendirmek amacıyla geliştirilen ve herhangi bir üretim sınırının belirlenmesine gerek duymayan performans ölçüm yöntemidir. Bu

yöntemde karar birimlerinin kısmi performanslarını ölçmek mümkündür. Örneğin işgücü başına taşınan yolcu sayısı ve araç başına yapılan toplam km gibi performans göstergeleri bu bağlamda değerlendirilebilir.

Uygulamada sağladığı kolaylığa rağmen, performans göstergeleri kısmi üretkenliği ölçmekte ve karar birimlerinin üretkenlikleri hakkında tatmin edici ölçümler sunmamaktadırlar (Golany ve Roll, 1989). Daha önceden de bahsedildiği gibi, kısmi üretkenlikte kazançların veya kayıpların nedeninin tek bir faktöre bağlanma riski bulunmaktadır. Örneğin, sermaye artışından veya yönetsel becerilerden ötürü bir çıktıda meydana gelen artış, kısmi üretkenlik ölçümünde işgücüne atfedilebilir. Bu durum, performans artışının yanlış nedenlerle açıklanmasına neden olacaktır. Bu nedenle daha kapsayıcı performans ölçütlerine gerek duyulmuştur.

Performans göstergelerine ilişkin en önemli eleştiri ise, maliyet ve üretim fonksiyonlarının doğasında var olan “üretim ve maliyet sınırı” özelliğini göz ardı etmesine ilişkindir (De Borger vd. 2002). Nitekim Karlaftis ve Tsamboulas (2012), etkinlik ölçümlerinde kullanılacak en iyi yöntemlerin üretim sınırını dikkate alan yöntemler olduğunu belirtmişlerdir. Etkinlik ölçümlerinde üretim ve maliyet sınırını dikkate alan iki temel yaklaşım bulunmaktadır. Bunlardan birincisi parametrik yöntemler, diğeri ise parametrik olmayan yöntemlerdir. Sıradaki bölümlerde bu iki yaklaşım hakkında bilgi verilecektir.

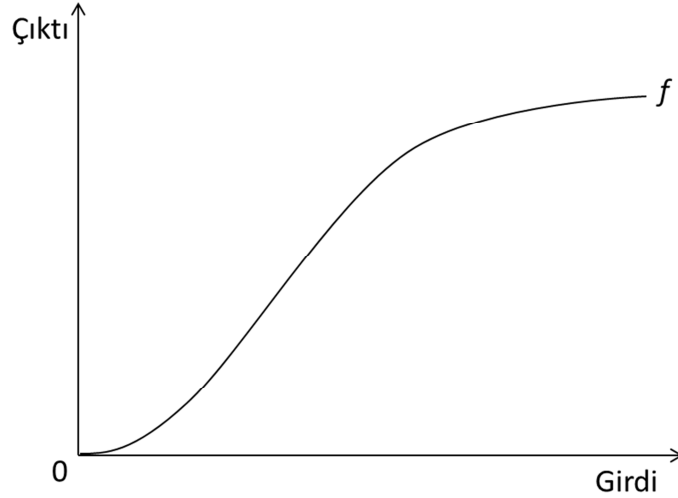
1.2.2.2. Parametrik (Ekonometrik) Yaklaşımlar

Etkinlik ölçüm çalışmalarındaki etkinsizliğin belirlenmesine ilişkin tartışmalar üretim sınırının belirlenmesine dayalıdır. Üretim sınırının belirlenmesi için de literatürde parametrik ve parametrik olmayan iki temel yaklaşım kullanılmaktadır. Parametrik yaklaşımlar, bazı yazarlar tarafından ekonometrik yaklaşım olarak da nitelendirilmektedir.

Parametrik yaklaşımlar kendi içinde üretim olasılıkları sınırına dayalı olup olmamalarına göre iki grupta incelenebilir. Üretim sınırına dayalı olmayan parametrik tekniklere örnek olarak korelasyon katsayısı (Pucher, 1982b), t-test (Karlaftis ve McCarthy, 1997) ve en küçük kareler yöntemi (Boschken, 2000) gösterilebilir. Ancak bu araştırmada üretim olasılıkları sınırına dayalı parametrik yöntemler üzerinde durulacaktır.

Üretim sınırına dayalı parametrik yaklaşım, üretim olasılığı sınırlarının sabit parametrelerce belirlenebileceğini varsayarak (De Borger vd. 2002), belirli parametreler bağlamında üretim teknolojisini tanımlayan fonksiyonel bir yapı önerir (De Borger ve Kerstens, 1996). Bu fonksiyonel yapı, karar birimlerini üretim sınırının altına veya maliyet sınırının üzerine yerleşmeye zorlar (Viton, 1997). Parametrik yaklaşımlar, girdi, çıktı veya çevresel faktörler arasındaki maliyet, kâr veya üretim ilişkilerini, tesadüfi hatalara izin veren fonksiyonel bir yapıda ifade eder (Boame, 2004).

Üretim olasılıkları sınırı (veya üretim sınırı), işletmelerin başarabilecekleri potansiyel girdi ve çıktı kombinasyonlarını gösteren alanı belirler (Worthington ve Dollery, 2000). Bu alan, mevcut çıktı miktarının elde edilebileceği girdi kombinasyonlarını veya mevcut girdi miktarları ile elde edilebilecek çıktı miktarlarını gösterir. Bu sınırın üzerine yer alan birimlerin etkin, altında kalan birimlerin ise etkin olmadıkları kabul edilir. Şekil 8, üretim olasılıkları sınırını göstermektedir. Buna göre $0f$ ile $0x$ arasında kalan bölge, $0f$ sınırını da içermek üzere, üretim olasılıkları bölgesi olarak adlandırılır.



Şekil 8. Üretim Olasılıkları Sınırı

Kaynak: Coelli vd. 2005

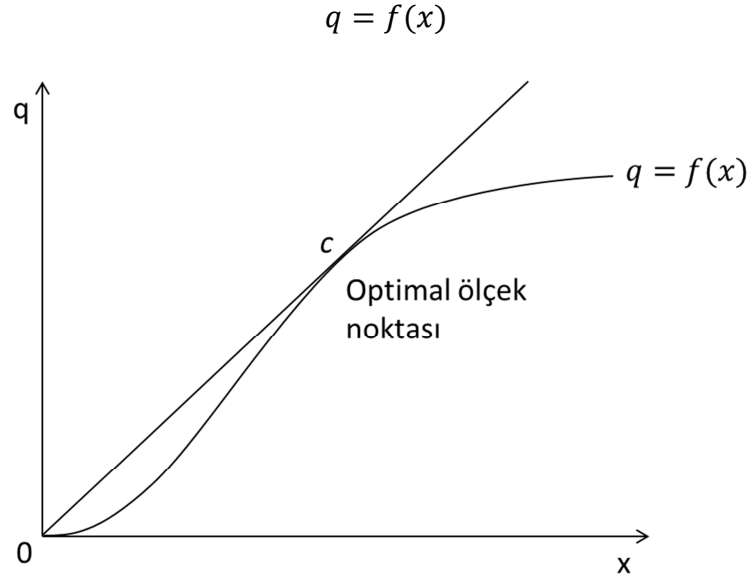
Aigner ve Chu (1968), bir işletmenin üretim sınırının altında kalmasının üç nedeni olabileceğini belirtmişlerdir; (i) üretim sürecinde yaşanan tesadüfi problemler, (ii) teknolojik sebeplerden kaynaklanan değişiklikler ve (iii) ekonomik etkinlikten kaynaklanan değişiklikler.

Üretim sürecinde yaşanan tesadüfi hatalar, dikkatsizlik sonucu yaşanan problemler veya tedariki geç kalmış hammaddelerden kaynaklanabilir. Teknolojik etkinlikteki değişiklikler eski ve yeni teknolojiye sahip makine kullanımına bağlı olabilir. Diğer yandan, ekonomik etkinlikten kaynaklanan değişiklikler ise, işletmelerin girdi ve çıktı miktarlarını değişen pazar şartlarına ayarlayabilmeleri ile ilgilidir. Bir firmanın ekonomik etkinliğinin yüksek olması, belirli bir girdi kombinasyonundan en fazla çıktıyı elde etmesi ile ilgilidir.

Üretim sınırı ekonometrik yöntemler kullanılarak belirlenir ve karar birimlerinin etkin olup olmadıkları (Barros vd. 2008) ve eğer bir etkinsizlik söz konusu ise bunun derecesi bu sınıra olan uzaklıklarına göre hesaplanır. Bir işletmenin üretim sınırı genellikle mevcut durum bağlamında ele alınıp, mevcut girdilerini kullanarak belirli bir zaman dilimi içerisinde elde edebileceği maksimum ürün miktarı olarak tanımlanır (Aigner ve Chu, 1968).

Üretim sınırının belirlenebilmesi için geliştirilen yapıya ise üretim fonksiyonu adı verilir (Şekil 9). Üretim fonksiyonu, sabit teknoloji koşulu ve belirli bir üretim periyodunda mevcut girdi karması ile maksimum çıktı miktarını eşleştirerek, bu girdilerden elde edilebilecek maksimum çıktı miktarını yani üretim sınırını ifade eder (Aigner ve Chu, 1968; Aigner vd. 1977; Viton, 1986).

Üretim fonksiyonu modeli ilk olarak Cobb ve Douglas (1928) tarafından önerilmiş ve üretim sınırının belirlenmesi için regresyon kullanılmıştır. Bundan sonraki çalışmalarda da tüm ilgi uç değerlerin belirlenmesinden merkezi eğilime kaymıştır (Lovell, 1993). q çıktıyı, x ise girdileri göstermek üzere, tek girdili ve tek çıktılı bir modelde bir üretim fonksiyonu aşağıdaki gibi formüle edilir;



Şekil 9. Üretim Sınırı

Üretim sınırının yanında bir de maliyet sınırı bulunmaktadır. Maliyet sınırının belirlenmesi için kullanılan maliyet fonksiyonu, girdi ve çıktı fiyatlarını eşleştirerek, mevcut çıktıyı üretebilmek için ihtiyaç duyulan minimum harcama miktarını ifade eder (Viton, 1986). Üretim fonksiyonu ile karar birimlerinin teknik etkinlikleri belirlenirken, maliyet fonksiyonu ile tahsis etkinlikleri belirlenmektedir. Bir işletme üretim sınırı üzerinde yer alan çıktı miktarlarını elde ettiği halde bu çıktıları uygun maliyetlerle elde edememişse, bu işletmenin tahsis etkin olmadığı söylenir (Worthington ve Dollery, 2000).

Üretim veya maliyet fonksiyonunun belirlenmesi, en ideal üretim miktarlarının veya maliyetlerin belirlenmesi anlamına gelmektedir. Böylece bu sınırlar endüstrilerin veya işletmelerin ekonomik performanslarını değerlendirmede kullanılabilir (Worthington ve Dollery, 2000). Bu bağlamda hem üretim hem de maliyet fonksiyonu birer sınır fonksiyonu özelliği taşımaktadır (Viton, 1986).

Üretim ve maliyet fonksiyonlarının belirlenmesinde çeşitli ekonometrik modeller kullanılabilir. Jorgensen vd. (1995) ve Farsi vd. (2006), şehir içi yolcu taşımacılığı işletmelerine ilişkin maliyet fonksiyonunun belirlenmesinde, Filippini ve Prioni (2003) ve Hensher (1987) ise işletme sahipliğinin yolcu taşımacılığı işletmecilerinin performansı üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmalarında translog maliyet modelini kullanmışlardır.

Costa ve Markellos (1997) ile De Jong ve Cheung (1999) ise Cobb-Douglas modelini tercih etmişlerdir.

En yaygın olarak kullanılan parametrik yöntemler Deterministik Sınır Analizi (DSA) ve Stokastik Sınır Analizi'dir (SSA). İşletmelerin mevcut davranışları, üretim veya maliyet fonksiyonları ile belirlenen ideal benchmarklar ile karşılaştırıldığında işletmelerin ekonomik etkinliklerinin derecesi belirlenmiş olur. Bu yaklaşıma "deterministik sınır yaklaşımı" (DSA) denir (Worthington ve Dollery, 2000). Bjurek vd. (1990) sosyal sağlık sisteminin değerlendirilmesinde, De Borger ve Kerstens (1996) ise şehir içi yolcu taşımacılığı sistemlerinin etkinliklerinin belirlenmesinde diğer tekniklerin yanında karşılaştırmalı olarak DSA kullanmışlardır.

Ancak DSA, işletmenin etkinsizliğinin kaynağı olabilecek ve işletmenin kontrolü dışındaki dışsal faktörleri göz ardı etmektedir. Bu durum, dışsal faktörlerin de hesaba katılmasını öngören stokastik sınır yaklaşımının geliştirilmesini gerektirmiştir (Aigner vd. 1977). Stokastik sınır analizi (SSA), 1977 yılında Aigner, Lovell ve Schmidt tarafından geliştirilmiştir. SSA da, DSA gibi girdiler ve çıktılar arasında parametrik bir fonksiyon olduğu varsayımına dayanır.

SSA sadece teknik etkinsizlikleri belirlemekle kalmaz, aynı zamanda çıktı miktarını etkileyen ve üreticinin kontrolü dışında olan dışsal tesadüfi problemleri de dikkate alır. Bu nedenle SSA'nın arkasındaki temel düşünce "hata terimi" kavramına dayanır (Cullinane vd. 2006). Nitekim günümüzde etkinlik ölçümlerinde en sık kullanılan parametrik yöntem stokastik sınır analizidir (Karlaftis ve Tsamboulas, 2012). Viton (1986), Viton (1992), Loigides ve Giahalis (1995) ve Barros vd. (2008), şehir içi yolcu taşımacılığı sistemlerinin etkinlik ölçümlerinde SSA'yı kullanan araştırmacılardan bazılarıdır.

1.2.2.3. Parametrik Olmayan (Matematiksel) Yaklaşımlar

Etkinlik ölçümlerinde kullanılan bir diğer yaklaşım ise parametrik olmayan yaklaşımlardır. Parametrik olmayan yaklaşımlar, parametrik yaklaşımlar gibi üretim fonksiyonunun önceden tahmin edilmesine gerek duymaz (Viton, 1997; Sampaio vd., 2008). Bu tür yaklaşımlar üretim olasılığı sınırına yönelik bir aksiyomda bulunmaz ve örnekleme direkt olarak bölümler halinde (veya parça parça) ele alırlar (De Borger vd.

2002). Birçok yazar, parametrik olmayan tekniklerin üretim sınırı için harici bir matematiksel yapıya ihtiyaç duymadıklarını, çoklu girdi ve çıktıları doğrudan ele alabildiklerini ve her bir birim için etkinsizlik kaynaklarını belirlemeye imkân verdiğini belirtmiştir (Karlaftis ve Tsamboulas, 2012).

Hem parametrik hem de parametrik olmayan yaklaşımlarda bir karar biriminin teknik etkinliği üretim sınırından sapmasına göre hesaplanır. Farklı olarak, parametrik teknikler üretim sınırının belirlenmesi için apriori fonksiyonel forma gereksinim duyarken, parametrik olmayan yöntemler ise sınırı ayrı ayrı doğrusal fonksiyonların zarflanması ile belirlerler (Karlaftis ve Tsamboulas, 2012). Böylelikle iki yaklaşım arasında üretim sınırından sapsmalar farklılık göstermektedir. Parametrik yöntemler istatistiki bir yaklaşım sergilerken, parametrik olmayan yöntemler ise deterministik bir yaklaşım sergilerler (Viton, 1997).

Parametrik yöntemler her ne kadar tesadüfi girdi değişkenlerinin dağılımının ve teknik etkinsizliklerin bilindiği durumlarda geçerli ise de, tesadüfi değişkenlerin dağılımının bilinmediği durumlarda, ki bu durumlar uygulamada çok yaygındır, geçerliliğini kaybetmektedir (Karlaftis ve Tsamboulas, 2012). Ayrıca istatistiki regresyona dayalı ortalama performans, karar birimlerinin bireysel davranışlarını açıklamakta başarısız olmaktadır (Golany ve Roll, 1989).

Diğer yandan, parametrik yöntemlerin üretim ve maliyet fonksiyonlarına ilişkin bir takım varsayımlar gerektirmesi, bazı araştırmacıları parametrik olmayan yöntemleri kullanmaya itmiştir (Hawas vd. 2012). Bu problemlerin üstesinden gelebilmek amacıyla Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından Farrell'in (1957) etkinlik ölçümü ile ilgili çalışması temel alınarak parametrik olmayan bir yöntem olan Veri Zarflama Analizi (Data Envelopment Analysis) geliştirilmiştir.

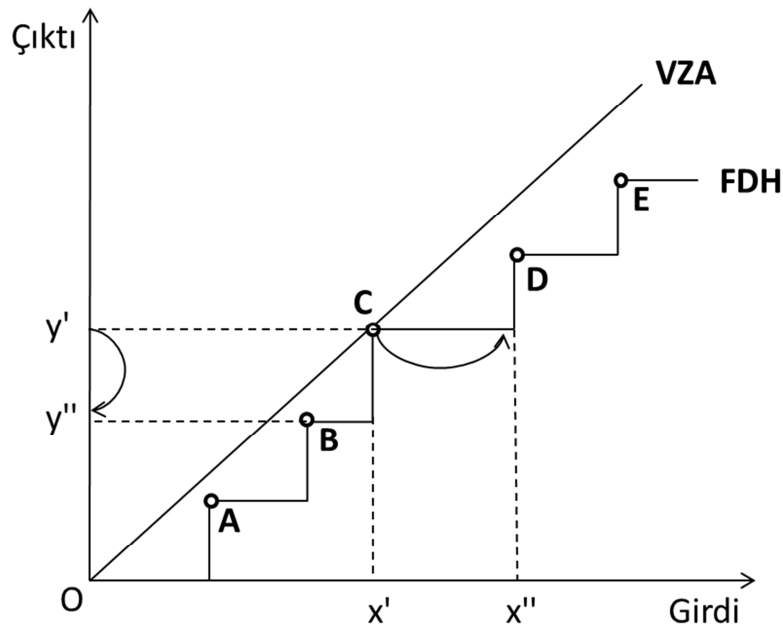
Günümüzde etkinlik ölçümlerinde en sık kullanılan parametrik olmayan yöntem veri zarflama analizidir (Karlaftis ve Tsamboulas, 2012). Veri zarflama analizi (VZA), gözlenen karar birimlerini ayrı ayrı ele alan doğrusal kombinasyonlardan meydana gelip, her bir karar birimi için üretim olasılıkları setinin belirlenmesini sağlar. VZA, girdi ve çıktılar arasındaki üretim ilişkilerinin önceden tahmin edilmesine gerek duymaz (Boame, 2004) ve parametrik yaklaşımların aksine teorik üretim sınırına değil, en iyi performansı gösteren sınıra odaklanır (Viton, 1997).

VZA'nın tek girdili ve tek çıktılı oran analizlerine veya tek girdi - çok çıktı veya tek çıktı - çok girdili regresyon analizlerine göre en önemli avantajı, çoklu girdileri ve çıktıları aynı modelde değerlendirebilmesidir (Boile, 2001). Bu özelliğinden dolayı daha kapsamlı etkinlik ölçüm imkânı sunmaktadır. VZA'nın yapısı, uygulanması ve matematiksel arka planı ile ilgili daha detaylı bilgiler araştırmanın ikinci bölümünde verilecektir.

Parametrik olmayan tekniklerden bir diğeri ise, Deprins, Simar ve Tulkens (1984) tarafından geliştirilen ve dilimize "Serbest Atılabilir Zarf" olarak çevrilen Free Disposal Hull (SAZ) yaklaşımıdır.

SAZ tekniğinde, girdi seviyelerinin yükselmesi halinde her çıktı seviyesi mümkün kalmakta veya eldeki girdi miktarlarına göre çıktıyı azaltmak her zaman mümkün olmaktadır (De Borger vd. 2002). SAZ'ye göre belirlenen etkinlik sınırı üzerinde yer alan karar birimleri aynı miktarda girdi ile daha az çıktı üretebilir ve/veya aynı miktarda çıktıyı daha fazla girdi kullanarak elde edebilirler (Deprins vd. 1984).

Bu durumu Şekil 10'daki çıktı yönelimli modelde görselleştirmek mümkündür. SAZ yaklaşımına göre, $A - E$ arasındaki tüm noktalar etkindir. Örneğin C karar birimi için değerlendirildiğinde, C , girdi miktarını sabit tutarak çıktı miktarını azaltabilir ($y' - y''$). Bununla beraber C , mevcut çıktı miktarını daha fazla girdi ile elde edebilir ($x' - x''$).



Şekil 10. SAZ ile VZA'nın Karşılaştırılması

SAZ'nin VZA'dan en önemli farkı dışbükeylik varsayımını dikkate almamasıdır. Färe vd. (1989), bu yönüyle SAZ'nin VZA'nın dış bükeylik varsayımını esnettiğini ancak VZA'nın güçlü disposabilite varsayımını devam ettirdiğini belirtmişlerdir (VZA'nın varsayımlarına ilişkin daha detaylı bilgiler 2.1.2. Bölüm'de verilmiştir).

SAZ tarafından belirlenen sınır veriyi VZA'ya göre daha fazla sıkıştırır ve daha kısıtlayıcı bir yapısı vardır (Färe vd. 1989). Bu durum, SAZ'daki etkin birim sayısının VZA'dan daha fazla çıkmasına neden olmaktadır (De Borger ve Kerstens, 1996). Nitekim Şekil 10'da görüleceği gibi, VZA sınırına göre yalnızca bir adet etkin karar birimi varken (C), SAZ sınırı üzerinde daha fazla karar birimi bulunmaktadır.

1.2.2.4. Performans Ölçüm Metotlarının Karşılaştırılması

Parametrik yaklaşımlarla parametrik olmayan yaklaşımların birbirlerine karşı var olan avantajları ve dezavantajları, literatürde önemli tartışmalara neden olmaktadır. Bu tartışmaların odağı ise, SSA ve VZA tekniklerinin karşılaştırılmasıdır. Çünkü SSA en fazla tercih edilen parametrik yaklaşım, VZA ise en fazla tercih edilen parametrik olmayan yaklaşımdır.

VZA'ya göre üretim sınırından sapmalar yönetimsel hatalardan kaynaklanmaktadır. SSA ise, üretim sınırından sapmaları karar biriminin kontrolünde olmayan dışsal faktörlerin sonucu olarak görmektedir. Bu durum, ekonometrik modellerin deterministik yaklaşımlara olan üstünlüğüdür (Viton, 1997). Ekonometrik yaklaşım, stokastik yapısı nedeniyle işletmenin kontrolünde olmayan çevresel etkilerin, işletmenin etkinsizliği üzerindeki etkilerini ayırt edebilir. Böylelikle, dışsal faktörlerden kaynaklanan etkinsizlik ile teknik etkinsizliği ayırt etmeyen VZA'ya göre önemli bir avantaj sağlamaktadır (Lovell, 1993).

SSA'nın VZA'ya göre bir diğer avantajı, tesadüfi problemlere ve ölçüm hatalarına izin veriyor olmasıdır. Bu durum, VZA'nın SSA karşısındaki en önemli dezavantajıdır. VZA, üretim sürecinde kullanılan girdiler ile çıktılar arasında hiçbir fonksiyonel ilişki kurmaz ve hata terimlerinin istatistiki dağılımı ile ilgili varsayımlarda bulunmaz. Eğer analiz sonucunda tesadüfi hata ortaya çıkarsa, ölçülen etkinlik seviyesi bu tesadüfi sapmalardan etkilenebilir. Bu durum, kaçınılmaz bir şekilde tahmin hatalarına sebebiyet verir (Boame,

2004; Cullinane vd. 2006). Dahası, VZA ile tahmin edilen etkinlik skorlarına istatistiksel çıkarımlar ve hipotez testleri de uygulanamaz (Boame, 2004).

Ayrıca SSA, yapının analizine imkân vererek performansın belirleyicilerinin daha detaylı olarak tanımlanmasını da sağlamaktadır (Cullinane vd. 2006). Son olarak, ekonometrik modeller global (her koşul için geçerli) bir üretim fonksiyonu belirlerken, VZA ise sadece mevcut gözlem seti için bir üretim fonksiyonu belirler (Viton, 1997). Dolayısıyla VZA yöntemi ile bir gözlem grubu için belirlenen üretim sınırı, başka bir gözlem kümesine veya ekonominin/ sektörün tamamına genellenemez.

Ancak üretim sınırının belirlenmesi için varsayımlara dayalı bir fonksiyonel form tanımlanma gereksinimi parametrik yöntemlerin en önemli kısıtını oluşturmaktadır (Sampaio vd., 2008). Çünkü ekonometrik modellerin tahmin edildiği istatistiksel varsayımlardaki farklılıklar, işletmelerin etkinsizlik dereceleri hakkında çok önemli farklılıkların oluşmasına neden olabilir (Viton, 1997). Eğer etkinlik sınırının yapısını önceden tahmin etmeyi gerektiren fonksiyonel form ve buna bağlı davranışsal yaklaşımlar hatalı belirlenirse, elde edilecek etkinlik skorları da hatalı olacaktır (Boame, 2004; Cullinane vd. 2006).

Kaldı ki, parametrik yöntemlerin en önemli avantajlarından birisi olarak gösterilen tesadüfi problemlere ve ölçüm hatalarına izin veriyor olmasına ilişkin olarak Cullinane vd. (2006), hata yapısının kesin bir şekilde ortaya çıkartılmasının çok zor ve bazen imkânsız olduğunu belirtmiştir. Böylelikle, daha sağlam teorik temellerine rağmen, ekonometrik yaklaşımlar daha net ve güçlü etkinlik sonuçları sunmazlar (Viton, 1997).

Hem ekonometrik yaklaşımlar hem de matematiksel yaklaşımlar veriyi zarflamayı amaçlarlar ancak bunu farklı şekillerde yaparlar. Lovell (1993), veriyi zarflamada kullandıkları yaklaşımdan ötürü her iki yaklaşımın birbirlerine karşı üstünlükleri ve zayıflıkları olduğunu ancak birisini diğerinden belirgin bir şekilde üstün tutmanın mümkün olmadığını belirtmiştir.

Ancak parametrik yöntemlerin üretim ve maliyet fonksiyonlarına ilişkin bir takım varsayımlar gerektirmesi, günümüzde birçok araştırmacıyı parametrik olmayan yöntemleri kullanmaya itmiştir (Hawas vd. 2012). Örneğin Viton (1997, 1998), önceki çalışmalarının aksine (Viton, 1986; Viton, 1992) şehir içi yolcu taşımacılığı

işletmelerinin etkinlik ölçümlerinde ekonometrik modellerden ziyade VZA'yı tercih etmiştir. Şehir içi yolcu taşımacılığı sistemlerinin etkinlik ölçümüne ilişkin yapılan çalışmalarda da, son yıllarda parametrik olmayan yöntemlerin yani VZA'nın daha sık kullanıldığını görmek mümkündür.

Literatürde aynı veri setine parametrik ve parametrik olmayan tekniklerin uygulanarak iki yaklaşımın sonuçlarının karşılaştırıldığı çalışmalar bulunmaktadır. De Berger ve Kerstens (1996), Şehir içi yolcu taşımacılığı işletmelerine parametrik (DSA ve SSA) ve parametrik olmayan (VZA ve SAZ) teknikleri uygulayıp karşılaştırmışlardır. Bulgulara göre, etkinlik dağılımının sadece şekli değil, aynı zamanda birimlerin etkinlik sıralaması da değişmektedir. Buna göre VZA, SAZ'ye göre parametrik yaklaşımlara biraz daha fazla benzemektedir.

Ferrier ve Lovell (1990), VZA ve bir stokastik parametrik sınır yöntemini karşılaştırmışlar ve etkinlik skorları arasında çok düşük bir korelasyon olduğunu belirlemişlerdir. Brujeck vd. 1990 ise, diğer iki çalışmanın aksine, iki yaklaşımın sonuçları arasında güçlü benzerlikler olduğunu belirtmişlerdir. Görüleceği gibi, literatürde parametrik ve parametrik olmayan yöntemlerden hangisinin daha tercih edilebilir olduğuna ilişkin kesin bir yargıya varmak mümkün olmamıştır.

1.2.3. Performans Ölçümünde Kullanılan Girdiler ve Çıktılar

Hem parametrik yöntemlerde hem de parametrik olmayan yöntemlerde üretkenlik, etkinlik ve etkililik gibi performans boyutlarının ölçülebilmesi için iki temel veri grubunun varlığı gereklidir. Bunlardan birincisi, karar birimlerinin üretim sürecinde kullandıkları kaynakları ifade eden girdilerdir. Girdi, işletmelerin hedeflerine ve amaçlarına ulaşabilmek için harcadıkları kaynaklardır. Bu kaynaklar işgücü, enerji ve sermaye gibi kolaylıkla ölçülebilecek girdiler olabileceği gibi, personel eğitimi veya marka imajı gibi soyut girdiler de olabilir. Performans değerlendirme için ihtiyaç duyulan diğer veri grubu ise çıktılardır. Çıktılar, karar birimlerinin girdilerini üretim sürecinde kullanmaları sonrasında elde ettikleri değerleri ifade eder. Çıktılar, ürün veya kazanç gibi somut göstergelerle ifade edilebileceği gibi, müşteri memnuniyeti ve kalite gibi soyut göstergelerle de ifade edilebilir.

Performans değerlendirme sürecinde verilecek en kritik kararlardan birisi, modele hangi girdilerin ve çıktıların dâhil edilmesi gerektiğidir. Parametrik olmayan etkinlik ölçüm tekniklerinde etkinlik skorları, modelde kullanılan girdi ve çıktılara oldukça duyarlıdır (Karlaftis ve Tsamboulas, 2012). Lovell (1993), yeterli ve doğru girdi ve çıktıların modele dâhil edilmemesi durumunda etkinlik ölçüm modelinin yanlış sonuçlar vereceğini vurgulamıştır. Modele dâhil edilecek girdi ve çıktılar, karar birimlerinin kaynaklarını ve hedeflerini doğru bir şekilde yansıtabilmelidirler. Diğer yandan modeldeki girdiler ve çıktılar birbirinden bağımsız olmamalı ve aralarında doğrusal bir ilişki bulunmalıdır. Yani girdi miktarı arttıkça çıktı miktarının da artması, girdi miktarı azaldıkça ise çıktı miktarının da azalması beklenmelidir.

1.3. Şehir İçi Yolcu Taşımacılığında Kullanılan Performans Ölçütleri, Metotları ve Girdi/ıktılar

Etkinlik ve üretkenlik ölçümü niçin önemlidir ve şehir içi yolcu taşımacılığı sistemleri için ne anlam ifade eder? Lovell (1993), etkinlik ve üretkenlik ölçümlerinin önemine ilişkin iki neden saymıştır. Bunlardan birincisi, etkinlik ve üretkenlik kavramlarının bir ekonomik birimin başarı göstergesi ve performans ölçütü olmasından kaynaklanır. İkincisi, ancak etkinliği veya üretkenliği ölçerek ve bunları çevresel etkilerden arındırarak etkinliğin kaynağı veya üretkenlikteki farklılıklar ortaya çıkartılabilir.

Performans ölçümleri, yöneticilerin karar verme süreçlerine destek olurlar. Bir kararın kalitesi, büyük ölçüde ölçümün kalitesine bağlıdır. Bu nedenle ölçüm, yönetimin çok önemli bir sürecidir (Afzal, 2006). Dolayısıyla etkinlik ve üretkenlik gibi performans ölçütleri, sistemin performansının artırılması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından önem taşımaktadır.

Bunların yanı sıra, etkinliğin ve üretkenliğin ölçülmesi yöneticiler için bir kontrol mekanizması da sunar. Özellikle de kamu kaynaklarının kullanıldığı hizmetlerdeki kontrol mekanizması, kaynakların israf edilmemesi ve en iyi şekilde değerlendirilmesi açısından önemlidir. Nitekim Viton (1998), kamu işletmelerinin kaynaklarının nasıl kullanıldıklarının belirlenebilmesi için teknik etkinliklerinin ölçülmesinin önemli olduğunu belirtmiştir.

Literatürden görüldüğü gibi, şehir içi yolcu taşımacılığı yapan kamu kurumlarının etkinlik ölçümleri büyük ilgi çekmektedir. Fielding vd. (1985a), şehir içi yolcu taşımacılığında performans değerlendirmenin artan önemini kısmen bu sistemlere finansal destek sağlayan kamu kurumlarının taleplerine, kısmen de yöneticilerin kurumların performanslarını artırma isteklerine bağlamıştır. Benzer şekilde Talley ve Anderson (1981), devletin taşımacılık sistemlerine artan mali desteği nedeniyle taşımacılık sistemlerinin performans değerlendirmesinin önem kazandığını belirtmiştir. Yazarlar, örneğin aynı sayıda yolcunun daha az finansal destek ile taşınıp taşınamayacağı gibi soruların, yani teknik etkinliğin önem kazandığını vurgulamıştır. Teknik etkinlik belirlendikten sonra kamu işletmelerinin maliyet etkin çalışıp çalışmadıkları da belirlenmiş olur (Nolan, 1996).

Bu bölümde şehir içi yolcu taşımacılığında kullanılan performans ölçütleri, metotları ve girdi/çıktılar incelenecektir.

1.3.1. Şehir İçi Yolcu Taşımacılığında Performans Ölçütleri

Şehir içi yolcu taşımacılığı sektörünün ağırlıklı olarak özel sektör tarafından işletildiği 1970'li yıllara kadar, toplu taşımacılığın en önemli ve yegâne çıktısı kârlılık olarak görülmekteydi. Ancak 1950'li yıllardan itibaren toplu taşıma sistemlerini kullanan yolcu sayılarının azalması nedeniyle özel sektörün toplu taşımacılıktan çekilmeye başlaması ve toplu taşıma hizmetlerinin kamu sektörü tarafından verilmeye başlanmasıyla beraber, farklı performans boyutları da önem kazanmıştır (Karlaftis ve McCarthy, 1997). Buna bağlı olarak araştırmacılar, şehir içi yolcu taşımacılığı sistemleri için uygun performans boyutları geliştirmeye çalışmıştır.

Şehir içi yolcu taşımacılığı sistemlerinin performansını belirleyen ve literatürdeki çalışmalarda önemle vurgulanan iki temel performans boyutu bulunmaktadır; etkinlik ve etkililik (Talley ve Anderson, 1981; Fielding vd. 1985a; Karlaftis ve Tsamboulas, 2012).

Etkinlik göstergeleri girdi kaynakları ile üretilen çıktı arasındaki ilişkiyi tanımlar (Fielding vd. 1985a) ve kurumun hizmet üretirken kaynaklarını (işgücü, sermaye vs.) ne şekilde kullandığı ile ilgilenir (Worthington ve Dollery, 2000). Böylelikle etkinlik, işletmenin bakış açısını yansıtır ve en az maliyet ile yeterli hizmeti sunmaya (Sheth vd. 2007), başka bir ifadeyle şehir içi yolcu taşımacılığının temel girdilerinin üretkenliğini

maksimize etmeye odaklanır (Talley ve Anderson, 1981). Fielding vd. (1985a), etkinlik kavramının toplam maliyet etkinliği, işgücü kullanımı ve araç kullanımı ile ilgili göstergeleri kapsadığını belirtmiştir.

Toplu taşımacılık performansının ölçümü üzerine yapılan ilk çalışmalara bakıldığında, ilginin ağırlıklı olarak operasyonel etkinlik üzerinde odaklandığı görülmektedir. Toplu taşıma sistemlerinin bireysel veya karşılaştırmalı performans ölçümlerinin yanı sıra (Tomazinis, 1977; Fielding vd. 1978, Fielding vd. 1985a), özelleştirmenin toplu taşıma etkinliği üzerindeki etkilerine (Hensher, 1987) ve kamu sektörü tarafından işletilen otobüs hatlarının etkinliğinin özel sektörle karşılaştırılmasına yönelik çalışmalar da yapılmıştır (Perry ve Babitsky, 1986; Chang ve Kao, 1992). Bu çalışmalarda toplu taşımacılık yapan işletmelerin operasyonel etkinlikleri değerlendirilmiştir.

Ayrıca Fielding vd. (1985a), Nolan (1996), Boile (2001), Holvad (2001), Karlaftis (2003), Boame (2004), Barnum vd. (2008), Hahn vd. (2009), Bhagavath (2009) ve Hawas vd. (2012) şehir içi yolcu taşımacılığı yapan işletmelerin operasyonel etkinliklerini ölçmüşlerdir.

Etkililik göstergeleri ise şehir içi yolcu taşımacılığı faaliyetlerinin belirli hedefleri veya kamu amaçlarını karşılama derecesini gösterir (Fielding vd. 1985a; Worthington ve Dollery, 2000). Etkililik, yolcuların yani kullanıcıların bakış açısını yansıtır (Sheth vd. 2007) ve hizmet kullanımı (toplam yolcu sayısı), hizmet kalitesi (kısa seyahat süreleri, konfor vs.) ve hizmete erişebilirlik kriterlerini içerir. (Fielding vd. 1985a).

Şehir içi yolcu taşımacılığı literatüründe hizmet etkililiği, operasyonel etkinliğe göre daha az ilgi görmüş olsa da, etkililik ölçümü için önemli çalışmalar da yapılmıştır. Talley ve Anderson (1981), şehir içi yolcu taşımacılığı yapan işletmelerdeki hizmet etkililiği kriterinin hangi unsurları içermesi gerektiğini tartışmışlardır. Fielding vd. (1985a), şehir içi yolcu taşımacılığı işletmelerinin maliyet etkinliklerinin yanı sıra maliyet etkililiklerini ve hizmet etkililiklerini de ölçmüşlerdir. Chu vd. (1992) ve Karlaftis (2004), yaptıkları araştırmada şehir içi yolcu taşımacılığı işletmelerinin operasyonel ve finansal etkinliklerinin yanı sıra hizmet etkililiklerini de ölçmüşlerdir.

Operasyonel etkinlik ve hizmet etkililiği haricinde, Lao ve Liu (2009), şehir içi yolcu taşımacılığı sistemlerinin coğrafi etkililiklerini ölçmüşlerdir. Bunun için coğrafi bilgi

sistemleri (CBS) kullanarak her bir taşımacılık koridorunun demografik profilini çıkarmışlardır. Operasyonel etkinliğin girdileri operasyon süresi, gidiş-dönüş mesafesi ve durak sayısı iken, coğrafi etkililiğin girdileri ise otobüs duraklarının 400 metre etrafında yaşayan işe gidip gelen yolcu sayısı, 65 yaş ve üstü insan sayısı ve engelli insan sayısıdır. Her iki modelin çıktısı da toplam yolcu sayısıdır.

1.3.2. Şehir İçi Yolcu Taşımacılığında Performans Ölçüm Metotları

Şehir içi yolcu taşımacılığı işletmelerinin etkinlik ölçümlerinde kullanılan en yaygın yöntemlerden bir tanesi performans göstergeleridir. Performans göstergeleri, işgücü, araç ve yakıt verimliliklerini ölçmek amacıyla kullanılabilir. Örneğin işgücü performansını ölçmek amacıyla işgücü başına araç saati, işgücü başına gelir, işgücü başına yolcu sayısı gibi göstergeler kullanılabilir. Araç performanslarını değerlendirmek amacıyla araç başına yolcu sayısı ve araç başına araç saati; yakıt performansını değerlendirmek için ise litre başına araç km gibi göstergeler kullanılabilir. Bu göstergeler ile bir toplu taşıma sisteminin performansı değerlendirilebileceği gibi, farklı toplu taşıma işletmelerinin performansları da karşılaştırılabilir.

Tomazinis (1977) toplu taşımacılıkta performans ölçümüne ilişkin göstergeler seti geliştirmiş ve bu değerlendirmenin kavramsal boyutlarını etkinlik, üretkenlik ve hizmet kalitesi olarak belirtmiştir. Benzer şekilde Fielding vd. (1978) etkinlik, etkililik ve her ikisini de kapsayan bir performans kriteri için (taşınan yolcu başına işletim maliyeti ve bilet ücreti ödeyen yolcu başına işletim maliyeti) çeşitli göstergeler geliştirmişlerdir.

Fielding vd. (1978), etkinlik göstergelerini üç başlık altında toplamışlardır;

- *İşgücü başına gelir-araç saati*: İşgücü üretkenliğini ölçen etkinlik ölçüsüdür. Toplam çalışan sayısından ziyade toplam işgücü saatinin esas alınmasının daha doğru sonuçlar vereceği belirtilmiştir.
- *Araç başına gelir-araç saati*: Araç kullanımı ile ilgili etkinlik ölçüsüdür.
- *Gelir-araç saati başına işletim harcamaları*: Sağlanan her bir hizmet için kullanılan toplam girdinin etkinliği ile ilgili ölçüdür.

Yazarların şehir içi yolcu taşımacılığı işletmelerine yönelik önerdikleri dört farklı etkililik ölçütü ise şunlardır;

- *Nüfusa düşen yolcu sayısı:* Taşıma hizmetlerinin potansiyel pazara nüfus edebilmesi ile ilgili etkililik ölçütüdür.
- *Nüfusun yüzde kaçına hizmet verildiği:* Hizmet alanı içerisindeki nüfusun taşıma hizmetlerine erişebilirlik oranıdır.
- *Sefer başına yolcu sayısı:* Bir toplu taşıma aracının ortalama kapasite kullanımı ile ilgili ölçüttür.
- *Hizmet verilen saat başına gelir:* Üretilen hizmet başına kullanılan hizmet.

Bu üç ana göstergenin haricinde işgücü üretkenliği, araçların kullanımı, her bir birim çıktı için yapılan maliyet ve enerji etkinliği gibi etkinlik başlıkları ve bunlara ilişkin ölçütler de geliştirmişlerdir.

Geleneksel analizler şehir içi yolcu taşıma sistemlerinin performansı ile ilgili önemli bilgiler sağlasa da, bu göstergelere ilişkin bazı eleştiriler de bulunmaktadır. Karlaftis (2003), performans ölçütlerinin genellikle tutarsız sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Bunun sebebi ise çok geniş bir göstergeler setinin değerlendirmeye alınmasıdır. Bu nedenle şehir içi yolcu taşıma sistemlerinin performansını performans göstergeleri ile ölçen Anderson ve Fielding (1982) ve Fielding vd. (1985a) ilerleyen çalışmalarda faktör analizi ile performans göstergesi sayısını azaltmak zorunda kalmışlardır.

Performans göstergelerinin bu kısıtlarından ötürü, toplu taşımacılığın etkinlik ölçümüne ilişkin yapılan çalışmalarda parametrik ve parametrik olmayan yöntemlerden sıklıkla faydalanılmıştır. Parametrik yöntemler içerisinde ağırlıklı SSA (Bhattacharyya vd. 1995; Matas ve Raymond, 1998; De Jong ve Cheung, 1999) ve DSA (Filippini vd. 1992; Fazioli vd. 1993; Costa ve Markellos, 1997) kullanılmıştır. Bu çalışmalarda translog ve Cobb-Douglas gibi esnek fonksiyon yapısının bazı çeşitleri kullanılmıştır (De Borger vd. 2002).

Diğer yandan, parametrik olmayan tekniklerden ise ağırlıklı olarak veri zarflama analizinin kullanıldığı görülmektedir (Barnum vd. 2008). Nitekim Chang ve Kao (1992), Viton (1997), Nakanishi ve Newsworthy (2000), Boile (2001), Holvad (2001), Karlaftis (2003), Boame (2004), Barnum vd. (2007), Barnum vd. (2008), Hahn vd. (2009), Lao ve Liu (2009), Bhagavath (2009), Hirschhausen ve Cullman (2010), Karlaftis ve Tsamboulas (2012) ve Hawas vd. (2012), toplu taşımacılık yapan işletmelerin etkinliklerini ölçtükleri çalışmalarında veri zarflama analizini kullanmayı tercih etmişlerdir.

Barnum (2009), 1990 yılından 2008 yılına kadar, en az 62 çalışmada toplu taşıma sistemlerinin etkinliğinin veri zarflama analizi kullanılarak çözüldüğünü belirlemiştir. VZA'nın yanı sıra, seyrek de olsa SAZ kullanılmıştır (Tulkens, 1993; De Borger ve Kerstens, 1996; Kerstens, 1996).

Literatürdeki şehir içi yolcu taşımacılığı sistemlerinin performans ölçümlerine yönelik yapılan araştırmaların tarihlerine bakıldığında, son yıllarda VZA'nın diğer modellerden çok daha fazla tercih edildiği görülmektedir. Bu durum, daha önceki bölümlerde bahsedildiği gibi parametrik yöntemlerin dezavantajlarından ve VZA'nın uygulamada sağladığı kolaylıklardan kaynaklanmaktadır.

1.3.3. Şehir İçi Yolcu Taşımacılığı Performans Ölçümünde Kullanılan Girdiler ve Çıktılar

Şehir içi yolcu taşımacılığı sistemlerinin performansları girdi ve çıktıların miktarı bağlamında değerlendirilir. Girdiler, belirli bir hizmeti sunmak için kullanılan kaynaklar ve yapılan harcamaları içerirken (Boile, 2001), çıktılar ise sunulan veya kullanılan hizmet miktarını ifade eder.

Şehir içi yolcu taşımacılığının etkinlik ölçümünde en sık kullanılan girdiler çalışan sayısı (işgücü), araç sayısı (sermaye) ve yakıt miktarıdır (enerji). Chang ve Kao (1992), Nolan (1996), Karlaftis (2003; 2004), Boame (2004) ve Sanchez (2009) çalışmalarında bu üç girdiyi kullanmıştır. Nitekim De Borger vd. (2002), bu üç girdinin toplu taşıma işletmelerinin etkinlik ölçümlerinde en sık kullanılan girdiler olduğunu belirtmiştir.

Bu girdilerin yanı sıra maliyete dayalı girdilerin de kullanıldığı görülmektedir. İşletim maliyetleri, bakım – onarım maliyetleri, genel yönetim giderleri, tedarik harcamaları (Chu vd. 1992; Boile, 2001), otobüs başına maliyet (Bhagavath, 2009) bunlardan bazılarıdır. Ayrıca hizmet seviyesine ilişkin değişkenlerin de modele girdi olarak dâhil edildiği görülmektedir. Hat uzunluğu (Hahn vd. 2009), durak sayısı (Hahn vd. 2009; Lao ve Liu, 2009; Hawas vd. 2012) servis sıklığı (Hahn vd. 2009; Bhagavath, 2009), operasyon süresi (Lao ve Liu, 2009; Hawas vd. 2012), hizmet seviyesine ilişkin değişkenlerden bazılarıdır (Tablo 1).

Şehir içi yolcu taşımacılığı yapan işletmelerin etkinlik ölçümlerinde kullanılan girdi ve çıktı metrikleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1
Şehir İçi Yolcu Taşımacılığı Sistemlerinin Etkinlik Ölçümünde Kullanılan Teknikler, Girdiler ve Çıktılar

Yazarlar	Teknik	Girdiler	Çıktılar
Chu vd., 1992	VZA, CRS	<i>Fonksiyonel alanlar</i> İşletim maliyetleri Bakım-onarım maliyetleri Genel yönetim giderleri	Araç gelir saati
		<i>Bütçesel kriterler</i> İşgücü maliyetleri Yan faydalar Tedarik/materyal harcamaları	Araç gelir saati
Chang ve Kao, 1992	VZA, CRS	Otobüs sayısı (sermaye) Çalışan sayısı Yakıt tüketimi	Araç-km Gelir Hatlardaki otobüs trafiği sayısı
Nolan, 1996	VZA - CRS, VRS	Otobüs sayısı Çalışan sayısı Yakıt tüketimi	Araç-km
Boile, 2001	VZA - CRS, VRS	Yıllık araç işletim maliyeti Yıllık araç bakım maliyeti Yıllık genel yönetim maliyeti Yıllık diğer bakım maliyetleri	Bağlantısız yolculuk sayısı
Holvad, 2001	VZA- CRS ve SAZ	Yakıt maliyeti Sürücü maliyeti Diğer maliyetler Araç sayısı	Koltuk km.
Karlaftis, 2004	VZA, VRS	Otobüs sayısı Çalışan sayısı Yakıt tüketimi	Araç km.
Karlaftis, 2003	VZA	İşletim maliyeti Araç sayısı Yakıt miktarı (galon) İşgücü sayısı	Araç km. Yolcu sayısı
Boame, 2004	VZA	Filo boyutu (araç sayısı) Kullanılan yakıt miktarı (lt) İşgücü (toplam işgücü saatine ödenen ücret)	Bilet ücreti ödeyen yolcular için sağlanan toplam hizmet (km)
Barnum vd., 2008	VZA	Koltuk km. Koltuk saat	Yolcu sayısı Hizmet süresi Ortalama sıklık En yüksek sıklık Zamanlama performansı
Hahn vd., 2009	VZA	Araç sayısı Hat uzunluğu (km) Durak sayısı Servis sıklığı (dk.) İşletim maliyeti (Won)	Yolcu sayısı Kâr (Won)

Tablo 1'in devamı

Yazarlar	Teknik	Girdiler	Çıktılar
Lao ve Liu, 2009	VZA	Operasyon süresi Hat uzunluğu (km) Durak sayısı	Toplam yolcu sayısı
Bhagavath, 2009	VZA	Otobüs sayısı Otobüs başına günlük sefer Otobüs başına günlük maliyet	Otobüs başına günlük gelir
Sanchez, 2009	VZA - CRS, VRS	Eleman sayısı Yakıt tüketimi Otobüs sayısı	Araç-km Koltuk kapasitesi Hizmet süresi Yolcu sayısı
Hawas et al., 2012	VZA	Gidiş-dönüş ortalama yolculuk süresi Araç sayısı İşletmeci sayısı Gidiş-dönüş toplam durak sayısı	Günlük ortalama yolcu sayısı Araç km

Etkililik ölçümlerinde ise girdiler biraz daha farklılaşmaktadır. Her ne kadar Karlaftis (2004) ve Sanchez (2009) etkililik ölçümünde işgücü, araç sayısı ve yakıt miktarını girdi olarak almışsa da, Chu vd. (1992) nüfus yoğunluğu, otomobil sahibi olmayan hane halkı ve yolcu başına finansal destek gibi girdileri kullanmıştır. Şehir içi yolcu taşıma hatlarının coğrafi etkililiklerini ölçtükleri çalışmada Lao ve Liu (2009) ise, durakların 400 m civarındaki otobüs kullanan abone sayısını, 65 ve üzeri yaş grubundaki insan sayısını ve engelli sayılarını almıştır. Şehir içi yolcu taşıma sistemlerinin etkililik ölçümünde kullanılan girdi ve çıktılar Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2
Şehir İçi Yolcu Taşımacılığı Sistemlerinin Etkililik Ölçümünde Kullanılan Teknikler, Girdiler ve Çıktılar

Yazarlar	Teknik	Girdiler	Çıktılar
Chu vd., 1992	VZA, CRS	Araç gelir saati Nüfus yoğunluğu Otomobil sahibi olmayan hane halkı oranı Yolcu başına finansal destek	Bağlantısız yolculuk sayısı
Karlaftis, 2004	VZA, VRS	Otobüs sayısı Çalışan sayısı Yakıt tüketimi	Toplam yolcu sayısı
Lao ve Liu, 2009	VZA	<i>Coğrafi etkinlik:</i> Durakların 400m civarındaki; Otobüs kullanan aboneler 65 ve üzeri yaştakiler Engelliler	Toplam yolcu sayısı
Sanchez, 2009	VZA - CRS, VRS	Çalışan sayısı Yakıt tüketimi Otobüs sayısı	<i>Kalite göstergeleri:</i> Sıklık Otobüslerin ortalama yaşı (konfor) Hat başına ortalama durak sayısı (erişilebilirlik) Güvenlik seviyesi (kazalar ve bozulmalar)
Karlaftis ve Tsamboulas, 2012	VZA - CRS, VRS	Çalışan sayısı Yakıt tüketimi Sermaye	Toplam yolcu sayısı

Öte yandan, Şehir içi yolcu taşımacılığı literatüründe modele dâhil edilecek çıktıların arz yönlü mü yoksa talep yönlü mü olması gerektiği konusunda da tartışmalar yaşanmaktadır. Araç-km gibi arz yönlü çıktıları kullanan yazarlar bunların daha kontrol edilebilir olduğunu savunmuşlardır. Nolan (1996), arz yönlü değişkenlerin teknik etkinliğin belirlenmesinde daha iyi bir ölçüt olduğunu ve bir üretim sürecinin teknik etkinliğinin, çıktı değişkenleri üzerindeki talep taraflı etkilerin en aza indirilmesiyle daha net bir şekilde ölçülebileceğini belirtmiştir.

Diğer yandan, yolcu sayısı gibi talep yönlü çıktıları kullanan yazarlar ise kurumun amacının talep yönlü olduğunu ve bu nedenle talep ile ilişkili değişkenlerin göz ardı edilemeyeceğini savunmuşlardır (De Borger vd., 2002). Aksi takdirde arz anlamında etkin ancak hiç yolcu taşımayan hatlar meydana gelebilecektir.

Literatürde, hem arz hem de talep yönlü çıktı değişkenleri kullanıldığı gibi, her ikisini beraber kullanan araştırmacılar da bulunmaktadır. Arz yönlü çıktılar içerisinde araç-km (Chang ve Kao, 1992; Nolan, 1996; Karlaftis, 2003; Karlaftis, 2004; Boame, 2004; Sanchez, 2009; Hawas vd. 2012), araç-gelir saati (Chu vd. 1992), koltuk-km (Holvad, 2001) gibi değişkenler kullanılmıştır.

Talep yönlü çıktılar içerisinde ise en çok kullanılan değişken yolcu sayısı veya bağlantısız yolculuk sayısıdır (Boile, 2001; Karlaftis, 2003; Barnum, 2008; Hahn vd. 2009; Lao ve Liu, 2009; Sanchez, 2009; Hawas vd. 2012). Yolcu sayısı, özellikle de etkililik ölçümlerinde önem kazanmaktadır. Nitekim Chu vd. (1992), Karlaftis (2004) ve Lao ve Liu (2009), hizmet etkinliğini ölçtükleri çalışmalarda çıktı olarak yolcu sayısını almıştır.

Etkinlik ölçümlerinde kullanılan bir diğer çıktı ise gelirlerle ilgilidir. Chang ve Kao (1992), Hahn vd. (2009) ve Bhagavath (2009) çıktı olarak geliri seçmişlerdir. Ancak Lao ve Liu'nun (2009) belirttikleri gibi yolcu sayısı aynı zamanda geliri de belirlediği için, hem operasyonel etkinlik hem de etkililik çalışmalarında yolcu sayısı ideal bir çıktıdır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, etkinliğin ölçüldüğü çalışmalarda araç-km, etkililiğin ölçüldüğü çalışmalarda ise yolcu sayısının önem kazandığı görülmektedir. Örneğin Karlaftis (2004) ve Karlaftis ve Tsamboulas (2012), şehir içi yolcu taşımacılığı işletmelerinin etkinliklerini ve etkililiklerini ölçtüğü çalışmada aynı girdileri kullanmakla beraber, etkinlikte yıllık araç-km'yi, etkililikte ise yolcu sayılarını çıktı olarak almıştır.

Ayrıca, araştırmanın amaçlarına göre daha farklı çıktı değişkenlerinin de kullanıldığı görülmektedir. Sanchez (2009), araç-km, koltuk kapasitesi, toplam hizmet süresi, toplam yolcu sayısı gibi çıktıların yanı sıra, sıklık, araçların ortalama yaşı, km başına düşen durak sayısı ve kazalar ve arızalar gibi faktörleri de çıktı olarak modele dâhil etmiştir. Bu çalışmada arz yönlü, talep yönlü ve kalite yönlü etkinlikler ayrı ayrı ölçülmüştür. Her bir modelde girdiler aynı kalmış, çıktılar ise farklılaşmıştır. Barnum vd. (2008) de, yolcu sayısının yanı sıra hizmet süresi, ortalama sıklık, en yüksek sıklık ve zamanlama performansı değişkenlerini modele dâhil etmiştir.

Görüleceği gibi, literatürde çok farklı girdi ve çıktı değişkenleri kullanılmaktadır. Bu durum, toplu taşımacılığın etkinlik ve etkililik ölçümünde kullanılması gereken girdi ve

çıktılara ilişkin genel kabul görmüş değişkenlerin olmadığını göstermektedir (De Borger vd. 2002). Talley ve Anderson (1981), bir şehir içi yolcu taşımacılığı işletmesinin etkinlik ve etkililik performans kriterlerini ve standartlarını belirleyebilmesi için, öncelikle etkinlik ve etkililik hedeflerini tanımlaması gerektiğini belirtmiştir. Buna göre, etkinlik ve etkililik kriterleri her kuruma göre farklılık göstermektedir.

Örneğin, kâr amaçlı özel sektör tarafından işletilen bir şehir içi yolcu taşıma sisteminde en önemli amaç kârlılık olabilir. Kârlılığı artırmak amacıyla gelir yükseltilebileceği gibi, maliyetler de azaltılabilir. Dolayısıyla her ikisi de etkinlik ve etkinlik ile ilişkili amaç olarak belirlenebilir. Diğer yandan, kamu kurumları tarafından işletilen ve sübvansede edilen bir yolcu taşıma sisteminde temel amaç taşınan yolcu sayısını maksimize etmek olmalıdır (Talley ve Anderson, 1981). Bu durumda etkinlik ve etkililik modelleri, yolcu sayısını esas alarak kurulmalıdır.

Veri zarflama modeline en doğru girdi ve çıktı değişkenlerinin dâhil edilmiş olduğunu garanti etmek mümkün değildir (Golany ve Roll, 1989). Araştırmanın amaçları ve kurumun ihtiyaçları doğrultusunda, etkinlik ve etkililik ölçüm modellerinde kullanılan girdi ve çıktı metrikleri farklılık göstermektedir. Araştırmanın amacına bağlı olarak sermaye, işgücü ve enerji gibi temel girdilerin yanı sıra hizmet sunumunda kullanılan diğer materyaller, çevresel değişkenler, hizmet kalitesi ve hizmet seviyesi ile ilişkili girdi ve çıktılar da etkinlik ölçüm modellerine dâhil edilebilmektedir.

BÖLÜM 2: VERİ ZARFLAMA ANALİZİ, ELEŞTİREL BİR BAKIŞ OLARAK ÇOK AMAÇLI ETKİNLİK ÖLÇÜM YAKLAŞIMLARI VE YENİ BİR YAKLAŞIM ÖNERİSİ OLARAK İLİŞKİSEL VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

Bu bölümde ilk olarak parametrik olmayan bir etkinlik ölçüm metodu olan veri zarflama analizi konusu ele alınacaktır. Veri zarflama analizi ile ilgili temel bilgilerin yanı sıra, temel varsayımları tartışılarak, girdi ve çıktı yönelimli yaklaşımlar ile ölçeğe sabit ve değişken getiri yaklaşımları ele alınacaktır. Ardından, veri zarflama analizinin daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla regresyon analizlerinden farkları ortaya konacaktır.

Veri zarflama analizi ile ilgili detaylı bilgilerden sonra, tekniğinin çok amaçlı çevrelerde uygulanmasından doğan kısıtlar ve problemler üzerinde durulacak ve bu kısıt ve problemlerin üstesinden gelmek için geliştirilmiş çeşitli yaklaşımlar açıklanacaktır. Ne var ki, çok amaçlı etkinlik ölçüm yaklaşımları olarak adlandırılan bu yaklaşımların da uygulama aşamasında birtakım kısıtları bulunmaktadır. Bu kısıtlar, çok amaçlı yaklaşımlar ile elde edilen sonuçların uygulanabilirliğini engellemektedir. Çok amaçlı etkinlik ölçüm yaklaşımlarının açıklanması yapıldıktan sonra bu kısıtlara değinilecek ve çok amaçlı yaklaşımların eleştirisi yapılacaktır.

Çok amaçlı yaklaşımların eleştirisinin yapılmasının ardından, bu tez çalışması kapsamında geliştirilen ilişkisel veri zarflama analizi yaklaşımı tanıtılacak ve çok amaçlı etkinlik ölçümü yapılmak istenen durumlara önerilecektir. Bu bağlamda ilişkisel veri zarflama analizinin tanımı yapılarak, metodolojisine ve kısıtlarına değinilecektir.

2.1. Veri Zarflama Analizi

Veri zarflama analizi, en sık kullanılan etkinlik ölçüm tekniklerinden bir tanesidir. Bu bölümde veri zarflama analizinin tanımı yapılacak, temel varsayımlarına ve yaklaşımlarına değinilecek ve tekniğin daha iyi anlaşılabilmesini sağlamak amacıyla regresyon analizleri ile farkları ortaya konmaya çalışılacaktır.

2.1.1. Tanımı ve Gelişimi

Tek girdili ve tek çıktılı etkinlik ölçümleri, performans ölçüm uygulamalarında en sık karşılaşılan yöntemlerdir. Mevcut işgücü ile elde edilen gelir ve harcanan yakıt başına

taşınan yolcu sayısı gibi örnekler, tek girdili ve tek çıktılı ölçümlerden bazılarıdır. Ancak bu yöntem, çıktının elde edilmesi sürecinde kullanılan diğer girdileri göz ardı ettiği için, kapsamlı bir değerlendirme yapma imkânı sunmamaktadır. Performans göstergeleri olarak adlandırılan bu yöntemlere ilişkin detaylı bilgi ve bu yöntemin neden olduğu kısıtlar bir önceki bölümde ele alınmış ve tartışılmıştı.

Etkinlik ölçümünde kullanılan bir diğer yöntem ise, teorik bir üretim fonksiyonu belirleyerek karar birimlerinin bu sınıra uzaklığına göre etkinliklerini değerlendirmektir. Teorik fonksiyon, mühendislik tabanlı olup, bir makinenin veya sürecin etkinliği ile ilgilidir.

Ekonomideki merkezi eğilimleri dikkate alan üretim fonksiyonu gibi kavramlar, Koopmans (1951) ve Debreu'nun (1951) çalışmalarından sonra dikkat çekmeye başlamıştır. Bu yazarlar, çalışmalarında teknik etkinlik kavramını tanımlamışlardır (Kerstens, 1996). Farrell (1957) ise, merkezi eğilimleri gösteren teorik bir fonksiyondan ziyade gözlenen standartlara dayalı bir model geliştirmiş ve teknik etkinliğin yanı sıra tahsis etkinliği kavramına vurgu yapmıştır.

Farrell'in (1957) geliştirdiği bu yöntem, işgücü ve sermaye gibi çoklu girdilerin etkinlik ölçümlerine dâhil edilmesine imkân sağlamıştır. Araştırmacı, geliştirdiği bu tekniği Amerikan tarım sektörü üzerinde uygulamıştır. Bu çalışmada Farrell (1957), sadece girdilerin değil, çıktı miktarlarının da değerlendirilmesine imkân vermiş, fiyat ve diğer dışsal faktörleri değerlendirme dışında bırakmıştır. Üretim fonksiyonu gibi merkezi eğilimlerden ziyade, en iyi performansı sergileyen ekonomik birimlere odaklanmıştır (Kerstens, 1996). Ayrıca bu model işgücü ve sermaye üretkenliği gibi boyutları ayrı ayrı değil, aynı ölçümde ele almış ve bunu "faaliyet analizi yaklaşımı" olarak adlandırmıştır (Charnes vd. 1985). Daha da önemlisi, bir karar biriminin etkinliğini diğer karar birimleri ile karşılaştırmalı olarak ölçmüş ve bu yönüyle göreceli etkinlik ölçümüne imkân vermiştir.

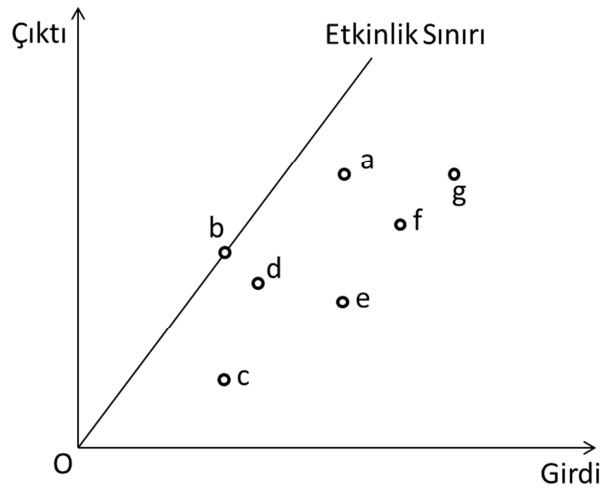
Ancak geliştirilen bu model sadece girdi yönelimli değerlendirmeyi mümkün kılmakta ve etkinlik ölçüm modeline sadece tek bir çıktı dâhil edebilmekteydi. Charnes vd. (1985), Farrell (1957) tarafından geliştirilen modelin esasında çok çıktılı olduğunu, ancak yazarın araştırmasında kullandığı matris evirme rutinlerinin kısıtları nedeniyle örneğini ve tartışmaları tek çıktı ile sınırlandırdığını belirtmişlerdir. Bu modelin bir diğer kısıtı ise

girdi artıklarının hesaplanmasına izin vermemesi idi. Yani hem girdilerde hem de çıktılarda bir etkinsizlik yaşandığında modelin çalışmadığı fark edilmiştir (Cooper vd. 2011).

Charnes vd. (1978), Farrell'in modelini ilerleterek kesirli programlama tekniği geliştirmişler ve bu tekniğe "Veri Zarflama Analizi" adını vermişlerdir. Veri zarflama analizi (VZA), çoklu girdi ve çoklu çıktıları olan karar birimlerinin etkinlik skorlarını karşılaştırmalı olarak ölçen ve bu yönüyle toplam üretkenliğin (veya toplam faktör üretkenliğinin) ölçülmesine imkân tanıyan parametrik olmayan bir etkinlik ölçüm modelidir.

Bu modelde belirlenen etkinlik sınırı üzerinde en az bir nokta bulunur ve diğer tüm noktalar ya bu sınırın üzerinde ya da altında yer alırlar. Diğer sınır metodolojileri gibi VZA da etkin ve etkin olmayan karar birimlerinin ayırt edilmesini sağlamakla beraber, tüm karar birimleri içerisinde en etkin birimi veya birimleri etkin olmayan birimlere benchmark olarak tayin ettikten sonra etkin olmayan birimlerin etkinsizlik seviyelerini belirlemeye de yardımcı olur (De Borger vd. 2002).

Şekil 11'deki örnekten görüleceği gibi, etkinlikleri göreceli olarak ölçülen toplam yedi karar birimi içerisinde sadece bir karar birimi yani *b* noktası etkin iken, diğer noktalar ise etkinlik sınırının altında kalmışlardır. Belirlenen etkinlik sınırının tüm noktaları kapsamasından ötürü, bu tekniğe matematiksel bir ifadeyle Veri Zarflama Analizi adı verilmiştir (Cooper vd. 2007).



Şekil 11: Etkinlik Sınırının Gösterimi

Charnes vd. (1978), çalışmalarında Farrell (1957) gibi tüm ekonomiyi veya sektörü değil, sadece gözlenen karar birimlerini değerlendirmişler ve bu karar birimlerini DMU yani Decision Making Unit olarak tanımlamışlardır. Karar birimleri, girdilerini çıktılara dönüştürmekle sorumlu ve performansı değerlendirilen kurumları ifade etmektedir (Cooper, 2007).

Analize tabi tutulan birimlerin Charnes vd. (1978) tarafından işletme veya firma gibi kavramlar yerine “karar verme birimi” (bu çalışmada sadece “karar birimi” olarak kullanılmıştır) olarak adlandırılmasının nedeni, sadece ekonomik birimlerin değil, laboratuvar ve hastaneler gibi kâr amaçsız kurumları da kapsamından ötürüdür. Bu tür karar birimlerinin kendi aralarında değerlendirilmesi, göreceli etkinlik kavramını beraberinde getirmiştir.

Önerilen model, en temel halinde çıktıların girdilere oranını maksimize etmeyi amaçlamakta ve bu oranın 0 ile 1 arasında olmasını şart koşmaktadır. Nitekim yazarlar, etkinlik kavramının farklı mühendislik dallarında farklı şekillerde tanımlanmasına karşın, her bir tanımda etkinliğin 0 ile 1 arasında olmasının ortak noktaları olduğunu belirtmişlerdir (Cooper, 2007).

$\theta = \text{etkinlik skoru}$

$u = i. \text{çıktının ağırlığı}$

$y = i. \text{çıktının miktarı}$

$v = i. \text{girdinin ağırlığı}$

$x = i. \text{girdinin miktarı}$ olmak üzere, primal model olarak da adlandırılan kesirli veri zarflama analizi aşağıdaki gibi modellenmektedir;

$$\max \theta = \frac{\sum_{r=1}^n u_r y_{ro}}{\sum_{r=1}^m v_r x_{ro}} \quad (2.1)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^n u_r y_{ro}}{\sum_{r=1}^m v_r x_{ro}} \leq 1$$

$$u_1, u_2, \dots, u_n \geq 0$$

$$v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0$$

Bu kesirli modelin doğrusal şekilde yazımı ise şöyledir;

$$\max \theta = \sum_{r=1}^n u_r y_{ro} \quad (2.2)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_i = 1$$

$$\sum_{r=1}^n u_r y_r - \sum_{i=1}^m v_i x_i \geq 0$$

$$u_1, u_2, \dots, u_n \geq 0$$

$$v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0$$

Karar birimlerine ilişkin girdi fazlalıklarının ve çıktı eksikliklerinin belirlenebilmesi için bu modelin dualinin alınması gerekmektedir (Cooper vd. 2007). Primal VZA modeli ile elde edilen ağırlıklar faktörlerle ilgili iken, her bir dual ağırlık ise bir karar birimi ile ilgilidir (Oral ve Yolalan, 1990). Primal VZA modelinin duali şu şekilde alınabilir (Zhu, 2009);

$$\theta^* = \min \theta \quad (2.3)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{io}$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{ij} \geq y_{io}$$

$$\lambda_j \geq 0$$

Cooper vd. (2011), tam etkin bir işletmenin, hiçbir girdisini veya çıktısını kötüleştirmeden diğer girdi veya çıktıları artırmasının mümkün olmadığı işletmeler olduğunu belirtmişlerdir. Bu tanım, etkin olabilmek için kaynakların tam kapasite ile kullanımını öngörmektedir. Ancak, gene yazarların belirttiği üzere, birçok yönetsel ve sosyal uygulamada etkinliğin teorik sınırlarını belirlemek mümkün olmamaktadır. Bu nedenle yazarlar göreceli etkinlik kavramını tercih etmişlerdir. Bu bağlamda göreceli etkinlik şu şekilde tanımlanmıştır;

“Bir karar birimi, ancak ve ancak diğer karar birimlerinin performansları ile karşılaştırıldığında hiçbir girdisini ve çıktısını kötüleştirmeden diğer girdi veya çıktıları artırmasının mümkün olmadığı zaman tam etkindir (Cooper vd. 2011).”

Görüleceği gibi bu tanım, girdi ve çıktılara ilişkin fiyatları, ağırlıkları ve mevcut girdi ve çıktılar arasındaki ilişkilere olan ihtiyacı ortadan kaldırmaktadır.

VZA'nın literatürde farklı amaçlarla kullanıldığı görülmektedir. Bu amaçlardan bazıları şunlardır (Golany ve Roll, 1989; Cook vd. 2000);

- Karşılaştırılan karar birimlerinin girdi ve çıktı miktarlarındaki göreceli etkinsizliği belirlemek,
- Karar birimlerinin etkinlik skorlarını belirlemek ve bu skora göre sıralamak,
- Karar birimlerinin yönetim kademelerini değerlendirmek,
- Kısıtlı kaynakların karar birimleri arasında tahsis edilmesini sağlamak,
- Kısıtlı kaynakların farklı amaçlar arasında tahsis edilmesini sağlamak,

- Bir karar biriminin performansını geçmiş dönemlerle karşılaştırmak ve performans takibi yapmak.

VZA, günümüzde futbol takımlarından (Haas, 2003) limanlara (Tongzon 2001; Güner vd. 2012), bankalardan (Sherman ve Ladino, 1995; Cook vd. 2000) sağlık sistemlerine (Fibuch ve Van Way, 2013), havaalanlarından (Sarkis, 2000; Yoshida and Fujimoto, 2004) toplu taşıma sistemlerine kadar (Sheth vd. 2007; Lao ve Liu, 2009) pek çok alanda yaygın olarak kullanılan bir etkinlik ölçüm aracıdır.

2.1.2. Temel Varsayımları

Veri zarflama analizinin birtakım varsayımları bulunmaktadır. Etkinlik ölçüm modeli oluşturulurken, analizde kullanılacak girdi ve çıktılar belirlenirken, analize dâhil edilecek karar birimleri seçilirken ve analiz sonuçları değerlendirilirken bu varsayımların göz önünde bulundurulmaları gerekmektedir. Aksi halde gerçekçi olmayan ve sağlıklı sonuçlar elde edilebilir.

Viton (1997), VZA'nın dört varsayımı olduğunu belirtmiştir. Bunlardan birincisi pozitiflik şartı olup, girdi ve çıktı değişkenlerinin katsayılarının pozitif olma şartıdır. İkinci varsayım, en az bir karar biriminin etkin olmasıdır. Böylelikle üretim olasılıkları seti boş kalmayacak ve etkisiz karar birimleri için bir referans noktası olacaktır. Üçüncüsü, üretim olasılığı seti ve buna bağlı olarak girdi ve çıktı setlerinin kendi sınırlarını içerdiği varsayımdır. Buna göre tüm bu setler etkin girdi – çıktı kombinasyonlarını bünyelerinde barındırabilirler. Son varsayım ise, etkinlik ölçüm modeline dâhil edilen karar birimlerinin en az bir girdisi ve bir çıktısı olması şartıdır.

Viton'nun (1997) belirtmediği ancak literatürde önemle vurgulanan bir diğer varsayım ise, karşılaştırmalı etkinlik ölçüm modeline dâhil edilen karar birimlerinin benzer girdilere ve çıktılara sahip olmaları gerektiğidir. Buna göre, karşılaştırmanın anlamlı olabilmesi için karar birimi setinin homojen olduğu ve benzer özelliklere sahip karar birimleri arasındaki farklılıkların ortaya konacağı varsayılır (Golany ve Roll, 1989). Eğer karar birimlerinin birisi veya bir kısmı, diğerlerinde olmayan girdi ve çıktılara sahip ise, bu durumda karşılaştırmalı bir etkinlik ölçümü sağlıklı sonuçlar vermeyecektir. VZA tüm birimlerin benzer olduklarını varsaydığı için, etkisizliğin kaynağını diğer girdi ve çıktılarda aramayacaktır.

VZA'nın bir diğ er varsayımı ise, etkinliğin ve etkinsizliğin, kazançların ve kayıpların nedenlerinin yönetsel nedenlerden kaynaklandığını varsaymasıdır. Buna göre rekabet, hammadde temininde yaşanan sıkıntılar, devletlerin veya yerel yönetimlerin politikaları gibi işletme performansına etki edebilecek dış etkenlerin ve çevresel faktörlerin etkinlik veya etkinsizlik skorları üzerindeki etkileri göz ardı edilmekte, başarı ve başarısızlığın nedenleri sadece yönetsel nedenlere bağlanmaktadır.

Diğ er yandan, VZA ile elde edilen sonuçları tüm sektöre veya ekonominin bütününe genellemek mümkün değildir. Daha önce de belirtildiği gibi VZA, sadece gözlenen karar birimlerini değerlendirmeye alır. Bu nedenle, sektör çapında bir etkinlik ölümünden bahsetmek veya en etkin birimler tarafından sergilenen performansı tüm ekonomiye genellemek hatalı sonuçların elde edilmesine neden olacaktır.

Bahsedilen bu varsayımların haricinde birimlerin değişmezliği, elde edilebilirlik ve dış bükey sınır varsayımları daha detaylı olarak açıklanacaktır.

VZA'nın en önemli özelliklerinden bir tanesi birimlerin değişmezliğidir. Etkinlik ölümünde kullanılan herhangi bir kaleme ilişkin tüm girdi ve çıktıların orantısal olarak azaltılması, etkinlik skorlarını değer değiştirmemektedir (Cooper vd. 2007).  unku VZA sürecinde bir karar birimine ilişkin çıktının girdiye oranı alındıktan sonra, elde edilen etkinlik skoru en yüksek etkinlik skoruna bölünür. Yani oranın oranı alınmış olur. Bu nedenle, örneğin gelir çıktısının binlik veya on binlik olarak alınması, sonuç üzerinde herhangi bir değerliğiğe sebep olmayacaktır.

Diğ er yandan girdi veya çıktıların farklı değerlerle  l lmesi de sonucu değer değiştirmemektedir. Örneğin  ıktılar km veya mil cinsinden alınırken, girdiler ise litre veya galon cinsinden alınabilir. Bu  zellik, birimlerin değerliği (units invariance) olarak adlandırılır.

VZA'nın bir diğ er varsayımı çıktının elde edilebilirliğidir (disposability). Bu varsayım göre girdi miktarındaki artış hiçbir zaman çıktı miktarında azalmaya neden olmaz. Buna karşın aynı miktarda girdi ile daha az çıktı üretmek mümkündür (De Borger ve Kerstens, 1996). Çıktıların elde edilebilirliği g l  ve zayıf olmak üzere iki Şekilde olabilir.

Eğer x birim girdi ile y birim çıktı elde edilebiliyorsa, x birim girdi ile y 'den daha az çıktı miktarı elde etmek de mümkündür. Bu durum çıktının g l  elde edilebilirliği olarak

adlandırılır. Eğer x birim girdi ile y birim çıktı elde edilebiliyorsa, $0 \leq a \leq 1$ olmak üzere, $a \times x$ birim girdiden $a \times y$ birim çıktı da oransal olarak üretilebilir. Bu da çıktının zayıf elde edilebilirliği olarak adlandırılır (Färe vd. 1989). Yang ve Pollitt (2010), elektrik üretim tesislerinde istenmeyen ve kontrol edilemeyen çıktıların bertaraf edilmesi çalışmasında, örneğin karbondioksit emisyonunun mevcut teknoloji ile azaltılamayacağını, CO2 azaltımının doğal olarak üretilen elektrik miktarını da aynı oranda azaltacağını belirtmiştir. Yani eğer CO2 %80 azaltılırsa, elektrik üretimi de %80 azalacaktır. Bu nedenle CO2 zayıf elde edilebilir. Bu nedenle CO2 zayıf elde edilebilir.

Elde edilebilirlik varsayımı, istenmeyen çıktıların varlığı durumunda önem kazanır ve bu durumlarda VZA'nın güçlü elde edilebilirliği varsayımı esnetilmeye çalışılır. Eğer çıktılar içerisinde istenmeyen bir çıktı var ise, güçlü elde edilebilirliği kullanmak anlamsız olacaktır (Färe vd. 1989). Daha önceki bölümlerde bahsedildiği gibi, VZA'nın bu varsayımının esnetmek amacıyla SAZ gibi teknikler geliştirilmiş ve uygulanmıştır.

Ele alınacak son varsayım ise dışbükey sınırdır. Veri zarflama analizi ile elde edilen etkinlik sınırı, en iyi performansı gösteren işletme veya işletmeler üzerinden geçer ve tüm karar birimlerini kapsar. Böylelikle dışbükey bir sınır belirlenmiş olur. Nitekim VZA tekniğinin adı da bu varsayımından kaynaklanmaktadır.

2.1.3. Temel Yaklaşımları

Veri zarflama modelleri girdi ve çıktı yönelimli olmak üzere iki farklı yaklaşım kullanılarak modellenenir. Bu yaklaşımlar, etkinlik sınırının belirlenmesinde rol oynarlar (Zhu, 2009). Bu bölümde öncelikle girdi ve çıktı yönelimli VZA modellerine değinilecektir. Daha sonra ise ölçeğe getiri yaklaşımları konusu ele alınacak ve ölçeğe sabit ve değişken getiri yaklaşımları incelenecektir.

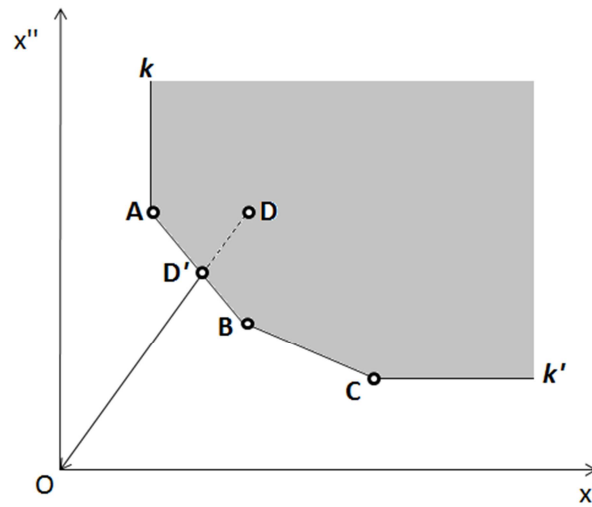
2.1.3.1. Girdi ve Çıktı Yönelimli Yaklaşımlar

Girdi yönelimli yaklaşım, karar birimlerinin mevcut çıktıları elde etmek için kaynaklarını etkin bir şekilde kullanıp kullanmadıklarını sorgular. Bu yaklaşımda, modele dâhil edilen karar birimlerinin çıktı seviyeleri sabit tutularak, bu çıktı seviyesinin hangi girdi karması ile elde edilebileceği araştırılır. Eğer bir karar birimi girdi yönelimli etkinlik ölçüm modelinde etkin ise, kaynaklarını yani girdilerini etkin bir şekilde kullandığı anlamına gelir. Viton'nun (1998) ifadesiyle, bir işletmenin mevcut çıktı miktarını

azaltmadan girdilerini azaltma imkânı yok ise, bu işletme girdi yönelimli yaklaşımda teknik etkin olarak kabul edilir.

Girdi yönelimli etkin bir karar birimi, kaynaklarından birinin kullanımını azaltmadan diğerini artırmasının mümkün olmadığı bir noktadadır. Yani kaynaklarını tam olarak kullandığı bu nokta, aynı zamanda optimal noktadır (Debreu, 1951). Eğer bir karar biriminin girdi yönelimli etkinlik ölçüm modelinde etkin olmadığı belirlenirse, kaynaklarını yeterince etkin kullanmadığı belirlenmiş olur. Bu durumda ilgili karar biriminin, mevcut çıktı miktarını elde etmek için daha az kaynak kullanması önerilir. Örneğin girdi yönelimli bir modelde etkinliğin %60 ($\theta_x = 0,60$) çıkması, aynı çıktı miktarının %40 daha az girdiyle üretilebileceği anlamına gelmektedir. Etkin olmayan bu birimin girdi miktarlarını hangi seviyeye düşürmesi gerektiği (yani etkinlik derecesi), bu birimlere benchmark olarak atanan birim veya birimler tarafından göreceli olarak belirlenir.

Şekil 12, bir işletmenin x' ve x'' olmak üzere iki girdiyi kullanarak y çıktısı elde ettiğini göstermektedir. kk' üzerinde kalan taralı alandaki tüm girdi kombinasyonları, y miktar çıktı üretilebilecektir. Buna göre kk' üzerinde bulunan A, B ve C birimleri teknik etkin iken, D noktası etkin değildir. Çünkü kk' üzerindeki noktalar, daha az girdi miktarı ile aynı miktarda çıktıyı elde etmektedir (Viton, 1997). D biriminin etkin olabilmesi için, çıktı seviyesini sabit tutarak girdi miktarını D' biriminin seviyesine çekmesi gerekmektedir.



Şekil 12. Girdi Yönelimli Etkinlik Ölçüm Modeli

Kaynak: Viton, 1997

Girdi yönelimli bir veri zarflama modeli aşağıdaki gibi ifade edilir.

θ^* = ilgili birimin etkinlik skoru

x_{ij} = ilgili birimin i . girdisi

y_{ij} = ilgili birimin i . çıktısı

$$\theta^* = \min \theta \quad (2.4)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{io}$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{ij} \geq y_{io}$$

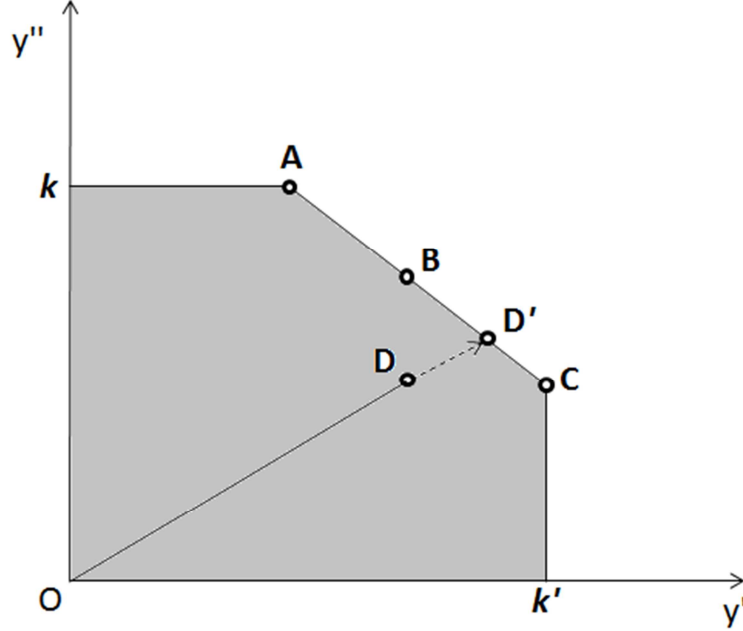
$$\lambda_j \geq 0$$

Diğer yandan çıktı yönelimli yaklaşımlar ise karar birimlerinin çıktı seviyelerindeki potansiyel artışları belirlemeyi amaçlar. Bu yaklaşım, karar birimlerinin mevcut girdi miktarları ile yeterince çıktı üretip üretemedikleri ile ilgilidir. Eğer bir karar birimi çıktı yönelimli yaklaşımda etkin ise, bu karar biriminin mevcut girdi miktarı ile maksimum çıktıyı ürettiği anlamına gelmektedir. Viton'un (1998) ifadesiyle, bir işletmenin mevcut girdi miktarı ile daha fazla çıktı elde etme imkânı yoksa bu işletme çıktı yönelimli yaklaşımda teknik etkin olarak kabul edilir.

Ancak bir karar biriminin herhangi bir girdisini artırmadan veya çıktılarından birisini azaltmadan diğer bir çıktısını artırma potansiyeli varsa, bu birim çıktı yönelimli etkinsizdir (Charnes vd. 1981). Bir karar biriminin çıktı yönelimli modelde etkinsiz olması, bu karar biriminin mevcut girdi miktarı ile görece daha fazla çıktı elde etmesi gerektiği anlamına gelir. Örneğin etkinlik skoru 1,30 ise, ilgili karar biriminin etkin olabilmesi için aynı girdi karması ile %30 daha fazla çıktı üretmesi gerektiği anlaşılır. Etkinsiz birimler için çıktı miktarlarını ne kadar artırmaları gerektiği, kendilerine atanan benchmarklar tarafından göreceli olarak belirlenir.

Şekil 13, bir işletmenin x girdisi ile y' ve y'' çıktılarını elde ettiğini göstermektedir. Şekildeki kk' sınırının altında kalan taralı alan, x girdi miktarı ile üretilebilecek çıktı miktarlarını göstermektedir. Buna göre kk' üzerindeki A , B ve C noktaları etkin iken, D

noktası ise etkin değildir. Çünkü A , B ve C noktaları, aynı girdi karmasını kullanarak daha fazla çıktı elde etmişlerdir (Viton, 1997). D biriminin etkinlik seviyesine ulaşabilmesi için, aynı girdi miktarını kullanarak çıktı miktarını D' seviyesine yükselmesi gerekmektedir.



Şekil 13. Çıktı Yönelimli Etkinlik Ölçüm Modeli

Kaynak: Viton (1997)

Çıktı yönelimli bir veri zarflama modeli aşağıdaki gibi formüle edilir;

$$\begin{aligned} \theta^* &= \max \theta & (2.5) \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} &\leq x_{io} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{ij} &\geq \theta y_{io} \\ \lambda_j &\geq 0 \end{aligned}$$

Etkinlik ölçüm modellerinde hangi yaklaşımın kullanılması gerektiği, araştırmanın amacıyla ilgilidir. Eğer amaç mevcut girdi miktarı ile üretilebilecek potansiyel çıktı miktarını öğrenmek ve çıktıyı artırmak ise çıktı yönelimli; çıktı miktarını sabit tutup girdiyi azaltmak ise girdi yönelimli yaklaşım tercih edilmelidir. Diğer yandan verilerin yapısı da analizlerin girdi veya çıktı yönelimli olması üzerinde etkilidir. Eğer karar vericilerin çıktı üzerinde herhangi bir etkisi yok ise ve mevcut çıktı miktarını artırmaları

mümkün değilse, bu durumda girdi yönelimli modelin kullanılması daha anlamlı olacaktır. Ayrıca, bazı durumlarda girdilerin azaltılması anlamsız olur. Örneğin girdiler içerisinde müşteri memnuniyeti varsa, bu modelde girdi yönelimli yaklaşımı kullanmak anlamlı sonuçlar vermeyecektir. Çünkü normal şartlar altında hiçbir yönetici müşteri memnuniyetini azaltmayı düşünmeyecektir. Böyle bir örnekte çıktı yönelimli yaklaşımı kullanmak daha anlamlı sonuçlar verebilir.

2.1.3.2. Ölçeğe Getiri Yaklaşımları

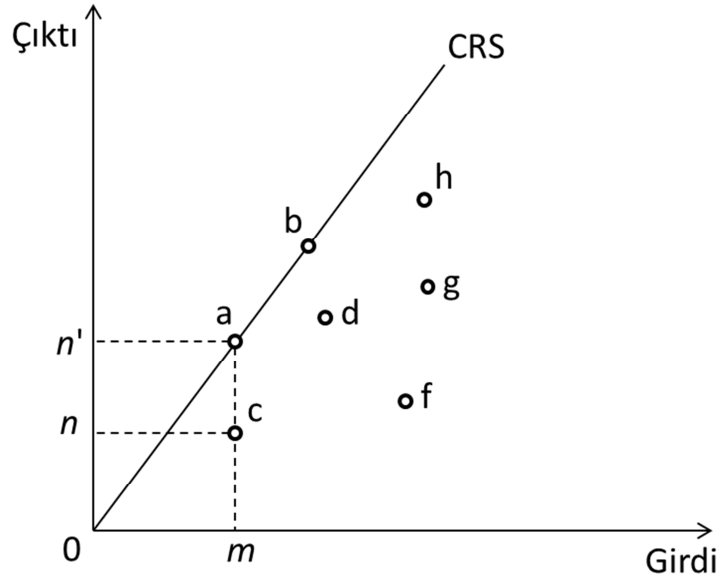
Bundan önce bahsedilen ve formüllerde gösterilen veri zarflama analizi modelleri ölçeğe sabit getiri (Constant Returns to Scale, CRS veya CCR) yaklaşımını ifade etmektedir. Bu yaklaşımda x girdiyi y çıktıyı göstermek üzere eğer (x, y) uygun bir çözüm noktası ise, t pozitif bir sayı olmak üzere (tx, ty) noktası da uygun bir çözüm noktası olacaktır. Bu durum ölçeğe sabit getiri olarak adlandırılır (Cooper vd., 2007).

Şekil 14'te görüleceği gibi, CRS yaklaşımında üretim sınırı doğrusal olup, bu sınır üzerinde bulunan a ve b birimleri etkindir (yani $\theta_a = 1$ ve $\theta_b = 1$). Buna göre a ve b birimlerinin ortalama üretkenlikleri, yani çıktılarının girdilerine oranı birbirine eşittir. Diğer birimlerin ortalama üretkenlikleri a ve b birimlerinin altında kaldığı için etkinlik sınırına uzak bir yerde konumlanmışlardır. Dolayısıyla c, d, f, g ve h noktaları ölçeğe sabit getiri varsayımı altında etkinsiz olarak kabul edilirler.

Örneğin etkinlik sınırı üzerinde bulunan a noktası m birim girdi kullanarak n' birim çıktı elde etmektedir. Buna karşın c noktası ise aynı miktarda girdiyi kullanarak ancak n birim çıktı elde edebilmiştir. $n' > n$ olduğu göz önünde bulundurulduğunda,

$$\frac{n'}{m} > \frac{n}{m}$$

olacaktır. a karar biriminin çıktısının girdisine oranı c karar biriminden yüksek olduğu için, CRS yaklaşımı altında a noktasının etkin, c noktasının ise görece etkinsiz olduğu söylenir.

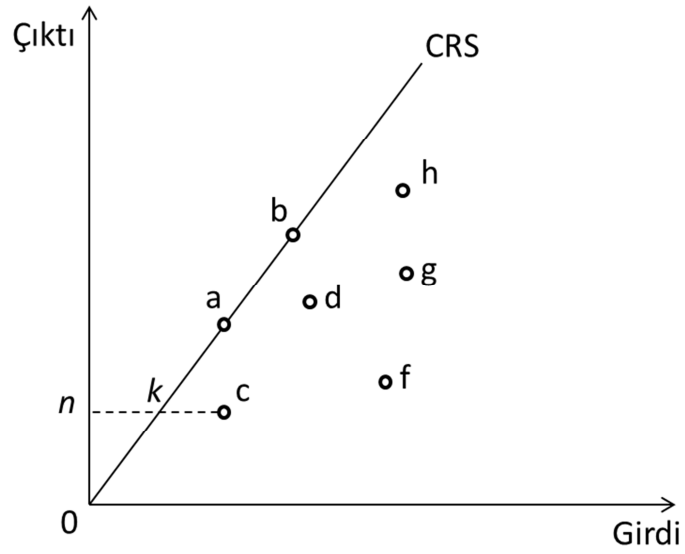


Şekil 14. Ölçeğe Sabit Getiri

CRS yaklaşımı altında, her bir birimin etkinliği etkinlik sınırına uzaklığına göre hesaplanabilir. Örneğin c birimi ele alınacak olursa, etkinliği şu şekilde hesaplanmaktadır (Şekil 15);

$$\theta_c = \frac{nk}{nc}$$

Bu formülde $nk < nc$ olduğu bilindiğine göre, $0 < \theta_c < 1$ olması ve dolayısıyla c karar biriminin etkin olmaması gerekmektedir.



Şekil 15. CRS Varsayımı Altında Etkinlik Ölçümü

Charnes vd. (1978) tarafından önerilen orijinal CRS modeli, ölçeğe sabit getiri varsayımı nedeniyle yeterince esnek olmadığı konusunda eleştirilmiştir (Karlaftis ve Tsamboulas, 2012). Bu nedenle, ekonomi literatüründe kullanılan bir kavram olan “ölçeğe değişken getiri” kavramının veri zarflama analizine dâhil edilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır (Seiford ve Zhu, 1999). Nitekim Banker, Charnes ve Cooper (1984), VRS veya BCC olarak da adlandırılan ölçeğe değişken getiri yaklaşımını (VRS, Variable Returns to Scale) geliştirmişlerdir.

Ölçeğe değişken getiri yaklaşımında etkinlik sınırı doğrusal olmayıp, mevcut karar birimlerini kapsayıcı bir dışbükey olarak belirlenir (Cooper vd., 2007). Şekil 16’da görselleştirilen VRS sınırına dikkat edildiğinde, ölçeğe sabit getiri varsayımı altında etkisiz olarak tanımlanan c ve h noktalarının ölçeğe değişken getiri varsayımı altında etkinlik sınırı üzerinde yer aldıkları ve etkin olarak tanımlandıkları görülmektedir. Diğer yandan d , g ve f noktaları ise VRS varsayımı altında da etkisizdirler.

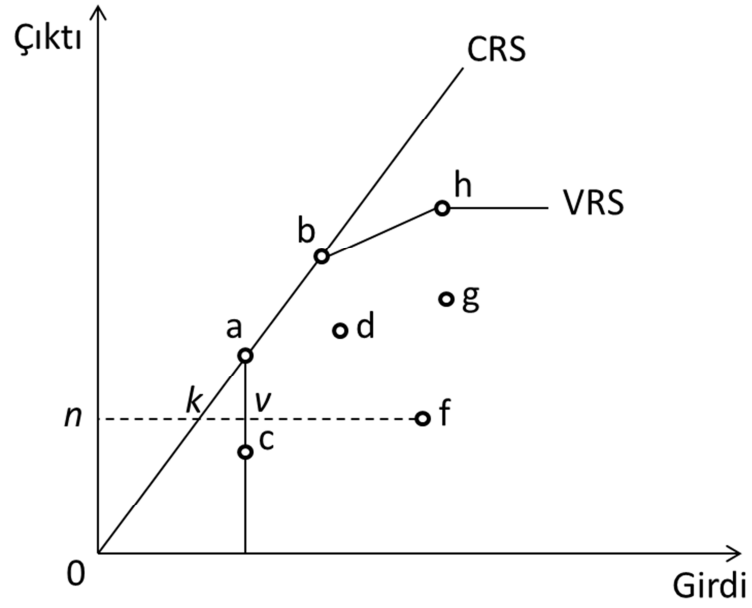
Ölçeğe değişken getiri varsayımında ortalama etkinlik skoru CRS varsayımına göre daha yüksek çıkmaktadır. Örneğin, Şekil 15’e göre CRS varsayımında sadece iki karar birimi etkin iken (a ve b), Şekil 16’daki VRS varsayımında dört karar birimi etkindir (c , a , b , h). Bununla beraber, her iki yaklaşıma göre de etkin olmayan f noktasının etkinlik skoru da VRS varsayımında daha yüksektir. CRS varsayımına göre f noktasının etkinlik skoru

$$\theta_f = \frac{nk}{nf}$$

iken, VRS varsayımına göre

$$\theta_f = \frac{nv}{nf}$$

olarak hesaplanacaktır. $nv > nk$ olduğuna göre, f noktasının etkinlik skoru ölçeğe değişken getiri varsayımı altında daha yüksek çıkmaktadır. Dolayısıyla, VRS varsayımı altında etkinlik skorları ortalamasının CRS’ye göre daha yüksek çıkması beklenen bir durumdur.



Şekil 16. Ölçeğe Değişken Getiri

Etkinlik skorlarının ölçeğe değişken getiri ile hesaplanabilmesi için, 2.4 ve 2.5 modellerinde gösterilen CRS modeline $\sum \lambda_j = 1$ kısıtının eklenmesi gerekmektedir. Bu durumda, girdi yönelimli bir VRS modeli aşağıdaki gibi formüle edilir;

$$\theta^* = \min \theta \quad (2.6)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{i0}$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{ij} \geq y_{i0}$$

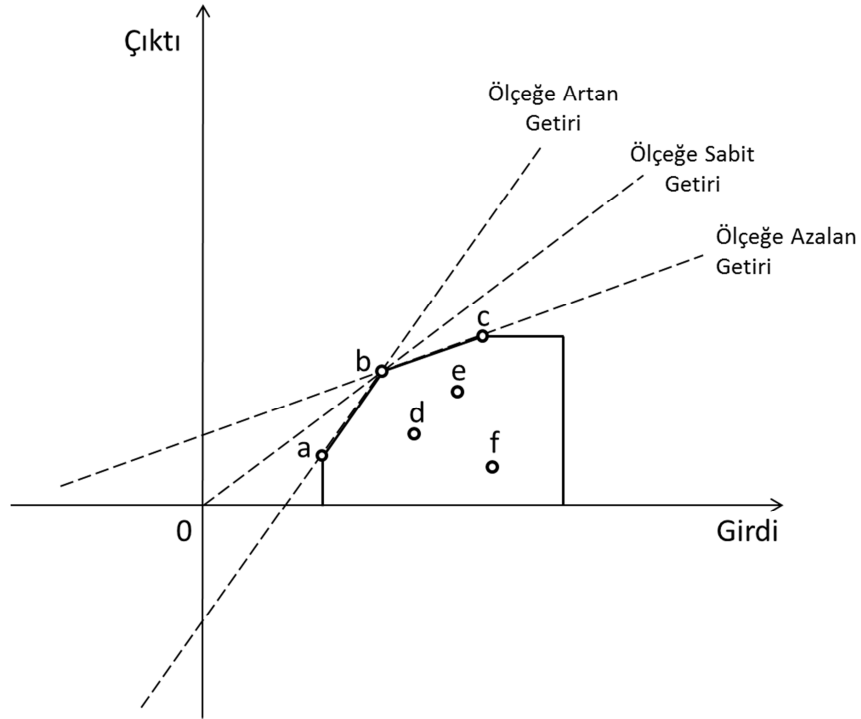
$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0$$

Çıktı yönelimli bir VRS modeli ise şu şekilde formüle edilir;

$$\begin{aligned} \theta^* &= \max \theta & (2.7) \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} &\leq x_{io} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{ij} &\geq \theta y_{io} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1 \\ \lambda_j &\geq 0 \end{aligned}$$

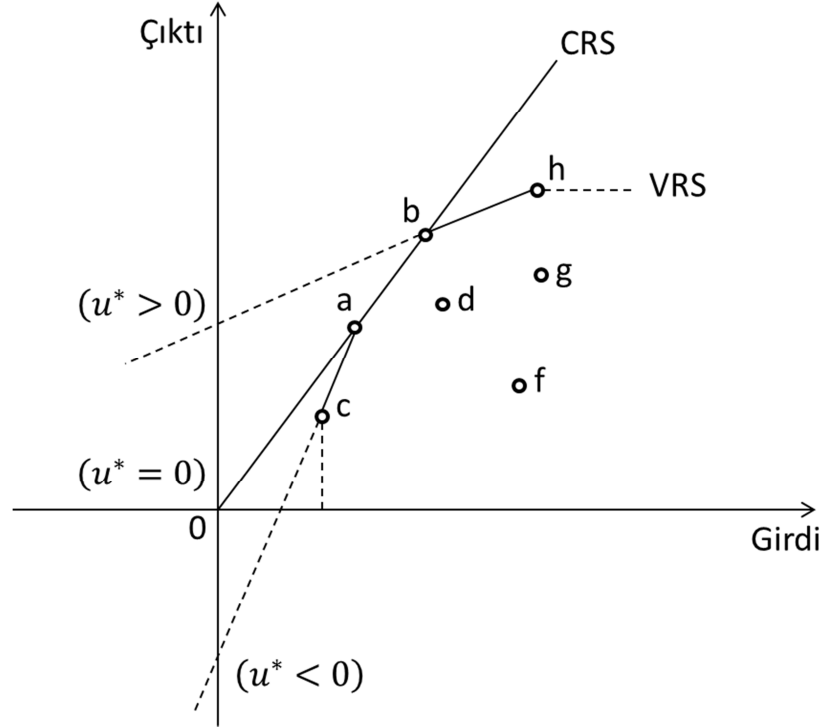
Ölçeğe değişken getiri varsayımında hem artan hem de azalan getiriler bir arada bulunur. Şekil 17'deki örnek ele alınacak olursa, $a - b$ arasında artan getiri ve $b - c$ arası ise azalan getiriyi göstermektedir. Ölçeğe azalan getiriyi hesaplamak için $\sum \lambda_j \leq 1$ kısıtı, ölçeğe artan getiri için ise $\sum \lambda_j \geq 1$ kısıtı modele eklenmelidir (Zhu, 2009).



Şekil 17. Ölçeğe Artan, Sabit ve Azalan Getiriler

Kaynak: Banker vd. (1984)

Ölçeğe getirinin artan, azalan ya da sabit olması, ilgili birimin çıktı eksenini (u^*) ile kesişimiyle açıklanabilir (Banker vd. 2004). Örneğin Şekil 18’de, $a - c$ doğrusu çıktı eksenini negatif alanda kestiği için ($u^* < 0$) ölçeğe göre artan getiridir. $b - h$ doğrusu ise, çıktı eksenini pozitif alanda kesmektedir. Dolayısıyla kesişim noktası 0’dan büyük ($u^* > 0$) olup ölçeğe göre azalan getiridir. $a - b$ doğrusu ise, çıktı eksenini tam olarak orijinden kestiği için ($u^* = 0$) ölçeğe sabit getiriyi göstermektedir.



Şekil 18. Ölçeğe Değişken Getirilerin Belirlenmesi

CRS yaklaşımı, karar birimlerinin hem saf teknik etkinliklerini (pt) hem de ölçek etkinliklerini (s) dikkate alarak her ikisini de kapsayan genel bir etkinlik skoru sunmaktadır. Araştırmanın birinci bölümünde de (1.5.2.) tanımlandığı üzere, bu etkinliğe “Teknik Etkinlik” (T) adı verilmektedir. Dolayısıyla, ölçeğe sabit getiri varsayımı altında etkin olan bir işletme, hem saf teknik hem de ölçek etkindir (Seiford ve Zhu, 1999; Sanchez, 2009).

Ancak VRS varsayımı ise, en üretken ölçek büyüklüğündeki ortalama üretkenliğin diğer ölçeklerde geçerli olmayacağı olasılığını dikkate alır (Banker vd. 1984). Bu yönüyle VRS, etkinlik ölçümünde ölçek etkinliğini dikkate almaz ve karar birimlerinin sadece saf teknik etkinliklerini ölçer. Dolayısıyla bir karar biriminin VRS varsayımı altında etkin

olması, onun sadece saf teknik etkin olduğu anlamına gelmektedir. Bu noktadan hareketle, bir karar biriminin CRS etkinlik skorunun VRS etkinlik skoruna oranı ölçek etkinliğini (s) verecektir.

$$s = \frac{CRS \text{ Etkinlik Skoru}}{VRS \text{ Etkinlik Skoru}}$$

Etkinlik artışı hem saf etkinliği hem de ölçek etkinliğini artırarak gerçekleştirilebilir. Örneğin Golany ve Yu (1997), literatürde üretkenlik artışı sağlamanın beş temel yolu olduğunu belirtmişlerdir;

- 1) Aynı miktarda çıktıyı daha az kaynak kullanarak üretmek.
- 2) Daha fazla çıktıyı aynı miktarda kaynak kullanarak üretmek.
- 3) Daha fazla çıktıyı daha az kaynak kullanarak üretmek.
- 4) Kaynak kullanımındaki bir artışa karşın çıktı üretiminde daha fazla artış yaşanması.
- 5) Kaynak kullanımındaki azalmaya karşın çıktı miktarının daha az azalması.

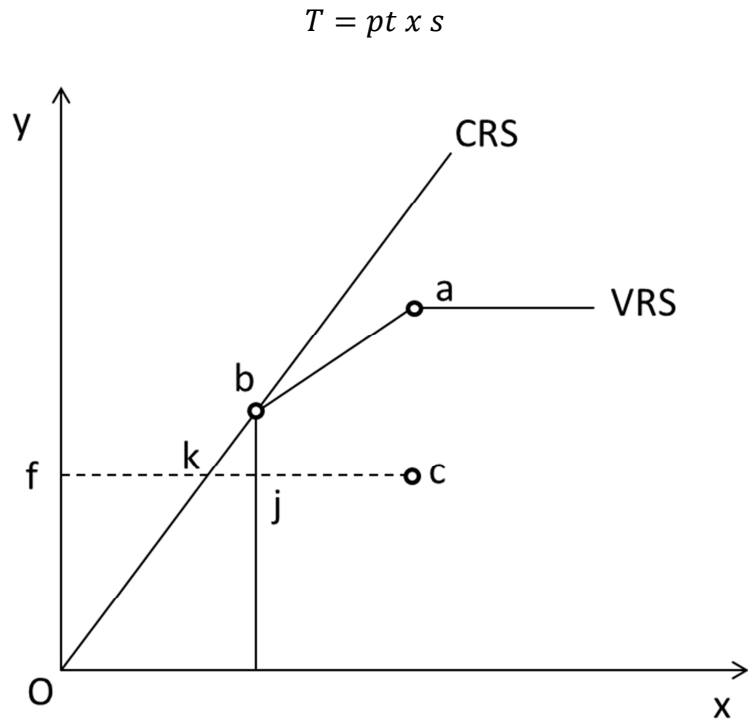
Yazarlar, VZA terminolojisine göre ilk üç üretkenlik artışının *saf teknik etkinlik* ile, diğer iki üretkenlik artışının ise *ölçek etkinliği* ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir.

Ölçek etkinliğinin hesaplanabilmesi için, ölçeğe sabit getiri (CRS) yaklaşımından ölçeğe değişken getiri (VRS) yaklaşımına geçmek gerekmektedir (Aly vd. 1990). Çünkü ölçeğe sabit getiri varsayımı üretim birimlerini hem ölçek etkinliğine hem de pür teknik etkinliklerine göre değerlendirir ve bu varsayım altında ölçek büyüklüğü fazla olan birimlerin daha etkin çıkma olasılığı vardır. Nitekim De Borger vd. (2002)'nin belirttiği gibi, eğer bir karar biriminin girdi ve çıktıları CRS sınırında ise, bu karar biriminin ölçek etkin olduğu söylenir ve CRS yaklaşımında ölçek etkinliği 1'e eşittir (Farrell, 1957). Ölçeğe değişken getiri varsayımı ise, ölçek etkinliklerini dikkate almayarak, birimlerin sadece pür teknik etkinlikleri ile ilgilidir.

Teknik, pür teknik ve ölçek etkinliklerini tek girdili (x) ve tek çıktılı (y) bir model olan Şekil 19'daki gibi görselleştirmek mümkündür. Bu grafiğe göre b noktası hem CRS hem de VRS varsayımı altında etkindir. b noktasının, mevcut konumunu değiştirerek daha üretken bir ölçeğe ulaşma imkanı yoktur çünkü mevcut durumda zaten en üretken

seviyededir. Dolayısıyla bu nokta “en üretken ölçek boyutu” olarak adlandırılır (Banker, 1984).

Grafiğe göre, *a* noktası yalnızca VRS varsayımı altında etkindir. *c* noktası ise her iki durumda da etkin değildir. Bu grafiğe göre *c* biriminin pür teknik etkinliği $pt = f_j/f_c$ olarak hesaplanır. Ölçek etkinliği ise, $s = f_k/f_j$ olarak hesaplanır. Dikkat edilirse, bu modelde *c* biriminin teknik etkinliği $T = f_k/f_c$ olup, ölçek etkinliği ile pür teknik etkinliğin çarpımına eşittir.



Şekil 19. Ölçek Etkinliği ve Saf Teknik Etkinlik

Kaynak: Aly vd. (1990)

Ölçek ve teknik etkinlik tartışmalarından görüleceği üzere, ölçeğe değişken getiri varsayımı altında, bir karar biriminin teknik etkin olması onun aynı zamanda ölçek etkin olduğu anlamına gelmez. Teknik etkin ancak ölçek etkin olmayan karar birimlerinin üretkenliklerini arturmaları için halen fırsatları vardır (Coelli vd. 2005). Teknik etkinliğin pür teknik etkinlik ve ölçek etkinliği gibi iki parçaya ayrılarak incelenmesi, üretim birimlerinin etkisizliklerinin girdilerini etkin kullanamamalarından mı yoksa yeterli ölçeğe ulaşamadıklarından mı kaynaklandığını belirlemek açısından önemlidir.

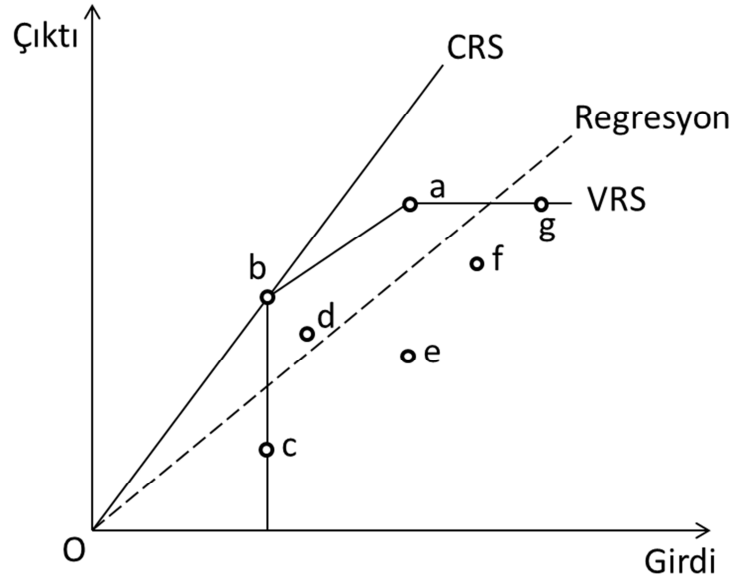
2.1.4. Veri Zarflama Analizi ile Regresyon Analizlerinin Karşılaştırılması

Veri zarflama analizinin daha iyi anlaşılabilmesi açısından, regresyon analizleri ile arasındaki farkların ortaya konması önem taşımaktadır. Regresyon analizi merkezi eğilimleri ve ortalamayı belirlemeye yardımcı olur. Regresyon sınırının üzerinde yer alan karar birimleri başarılı, altında kalan karar birimleri ise başarısız olarak nitelendirilir. Karar birimlerinin başarı veya başarısızlıklarının ölçüsü ise, regresyon sınırına olan uzaklıklarına göre belirlenir.

Diğer yandan VZA literatüründeki etkinlik tanımlamalarından görüleceği üzere, VZA, istatistiki regresyonların belirlediği merkezi eğilimlerden ziyade uç sınırların yani “en iyi” uygulamaların belirlenmesine odaklanmaktadır (Cooper vd. 2007). Üretim sınırı en iyi karar birimine göre belirlenirken, diğer karar birimlerinin etkinlikleri bu sınıra olan uzaklıklarına göre belirlenir. Böylelikle, etkin olmayan birimler için en iyi benchmarkların bulunmasına da yardımcı olur (Keh vd. 2006).

VZA sonucuna göre etkinlik sınırının üzerinde yer alan karar birimleri etkin olup, etkinlik dereceleri 1, yani %100'dür. Etkinlik sınırının altında kalan karar birimleri ise etkin olmayıp, bunların etkinlik seviyeleri etkinlik sınırına olan uzaklıkları ile belirlenir. Örneğin bir karar biriminin etkinlik seviyesinin 0,70 çıkması ($\theta_x = 0,70$), girdi yönelimli bir modelde, ilgili birimin aynı çıktı miktarını toplam girdisinin sadece %70'ini kullanarak elde etmesi gerektiği ve kaynaklarını %30 azaltabileceği anlamına gelmektedir. Çıktı yönelimli bir modelde ise, ilgili karar biriminin aynı girdi miktarı ile %30 daha fazla çıktı elde etmesi gerektiği belirtilir.

Şekil 20'ye göre a, b ve d noktaları regresyon analizine göre merkezi eğilimin üzerindedirler. Merkezi eğilimin üzerinde olmaları bu karar birimlerinin başarılı olduğu anlamına gelmektedir. c, e, f ve g noktaları ise merkezi eğilimin altındadırlar. Etkinlik sınırı açısından değerlendirildiğinde ise farklı yorumlar ortaya çıkmaktadır. Örneğin ölçeğe sabit getiri varsayımı altında sadece b noktası etkin olup diğerleri göreceli olarak etkin değildirler. Ölçeğe değişken getiri varsayımı altında ise a, b, c ve g noktaları etkin, d, e ve f noktaları ise etkin değildir. Regresyon analizine göre ortalamanın altında kalan c ve g noktaları, veri zarflama analizine göre etkindirler. Regresyon analizine göre başarılı bulunan d noktası ise, etkinlik analizine göre yeterince başarılı değildir.



Şekil 20. Etkinlik Sınırı ve Regresyon Sınırı

Diğer yandan VZA, regresyon analizleri gibi parametrik değildir çünkü performans analizlerinin yapılabilmesi için değişkenlerin dağılımı üzerine bir varsayım veya fonksiyonel yapılar gerektirmez ve değişkenlerin veya fonksiyonel yapıların dağılımı hakkında hiçbir varsayım içermez (Nolan, 1996).

Regresyon analizi ile belirlenen “ortalama üretkenlik”, girdi kaynaklarının toplam maliyetinin çıktıya bölünmesi ile elde edilir. Ancak fiyat birçok faktöre bağlı olduğu için, teknik etkinlikten daha değişken ve kısa sürelidir. Bu nedenle sadece maliyet fonksiyonuna dayanarak tahminlerde bulunmak, girdi ve çıktıların fiziksel miktarlarına dayanarak yapılan tahminlerden daha geçici ve kısa süreli olacaktır (Banker, 1984). Bu yönüyle VZA'nın regresyon analizlerine göre daha uzun dönemli ve gerçekçi sonuçlar ortaya koyduğu ileri sürülebilir.

2.2. Veri Zarflama Analizine Eleştiriler ve Çok Amaçlı Etkinlik Ölçüm Yaklaşımları

Veri zarflama analizi her ne kadar tek amaçlı etkinlik ölçüm modellerinde kullanışlı bir yöntem olsa da, çok amaçlı durumlardaki etkinlik ölçümlerinde yetersiz kaldığı noktasında eleştirilmektedir (Klimberg ve Puddecombe, 1999; Cook vd., 2000; Klimberg vd. 2010). Nitekim Charnes ve Cooper (1985), yöneticilerin sadece etkinlik ile değil, etkililik (hedef belirleme ve belirlenen hedeflere ulaşma) ve doğruluk (amaçlar ve kullanılan metotlar açısından) gibi farklı performans boyutları ile de ilgilenebileceklerini ancak VZA'da sadece etkinlik boyutunun ele alındığını ve diğer performans boyutlarının

göz ardı edildiğini belirtmişlerdir. Bu kısıt, karar birimlerinin etkinliklerinin değişik perspektiflerden ölçülmesini engellemekte ve farklı amaçlar arasındaki çelişkilerin belirlenmesine imkân vermemektedir.

Gerçek hayatta yöneticiler, birçok durumda karar birimlerinin birden fazla etkinlik boyutu ile ilgilenmekte olup (Cook vd., 2000), bu boyutlar çoğu durumda birbirleri ile çelişmektedir (Klimberg vd. 2010). Örneğin, operasyonel etkinliği artırmak için yapılacak girişimler müşteri memnuniyetini, müşteri memnuniyetini artırmak için yapılacak çalışmalar ise operasyonel etkinliği olumsuz yönde etkileyecektir. Aynı şekilde, hizmet etkililiğini artırmak için yapılacak çalışmalar materyal etkinliğini, materyal etkinliğini artırmak için yapılan çalışmalar ise hizmet etkililiğini olumsuz yönde etkileyecektir.

Bu araştırmanın uygulama alanını oluşturan şehir içi yolcu taşıma işletmelerinin de birbirleri ile çelişen birden çok amacı bulunmaktadır. Özellikle de kamu kurumları tarafından işletilen şehir içi yolcu taşıma sistemlerinde operasyonel etkinlik haricinde hizmet etkinliği ve hizmet kalitesi gibi performans boyutları da önem kazanmaktadır. Hizmet etkinliğinin artırılırken kaza sayısının, gürültü kirliliğinin ve emisyonun azaltılması (Sheth vd. 2007), materyal etkinliğinin sağlanması, daha fazla yolcuya hizmet verilmesi gibi amaçlar, şehir içi yolcu taşımacılığı işletmelerinin muhtemel amaçlarından bazılarıdır.

Temel veri zarflama analizine yönelik bu kısıtın üstesinden gelebilmek için, bazı araştırmacılar tarafından çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiştir (Golany, 1988; Golany ve Tamir, 1995; Klimberg ve Puddecombe, 1999; Soteriou ve Zenios, 1999; Cook vd. 2000; Sherman ve Zhu, 2006; Shimshak ve Lenard, 2007; Chang ve Yang, 2010). Bu yaklaşımların büyük çoğunluğu hizmet kalitesinin veya kurumun hedeflerine ulaşma seviyelerinin operasyonel etkinlik modellerine entegre edilmesi ile ilgilidir. Bu yaklaşımlarda amaç, sadece operasyonel etkinliği değil, kurumun diğer amaçlarını da (hizmet kalitesi ve etkililik gibi) modele dâhil edebilmektir. Bu bölümde, literatürdeki çok amaçlı etkinlik ölçüm yaklaşımları incelenecektir.

Bu çalışma kapsamında, farklı performans boyutlarının veri zarflama analizine üç farklı şekilde dâhil edildiği belirlenmiştir. Entegre yaklaşımlar, direkt yaklaşımlar ve çok adımlı

yaklaşımlar olarak sınıflandırılan bu metotlar, ayrı başlıklar halinde detaylı olarak açıklanacaktır.



Şekil 21. Çok Amaçlı Etkinlik Ölçüm Yaklaşımları

2.2.1. Entegre Yaklaşımlar

Etkinlik ölçüm modelleri ile diğer performans boyutlarının birlikte ele alındığı ilk çalışmalar entegre yaklaşımlardır. Entegre yaklaşımlar, birden çok performans boyutunun birlikte değerlendirilebilmesi amacıyla VZA ile hedef programlama ve interaktif yaklaşımlar gibi metotların aynı matematiksel modelde entegre edilmesi ile ortaya çıkan yaklaşımlardır. Bu yaklaşımlarda VZA'nın temel yapısı sabit kalmakla beraber, çalışmanın amaçları doğrultusunda farklı metotlarla kombine edilmektedir.

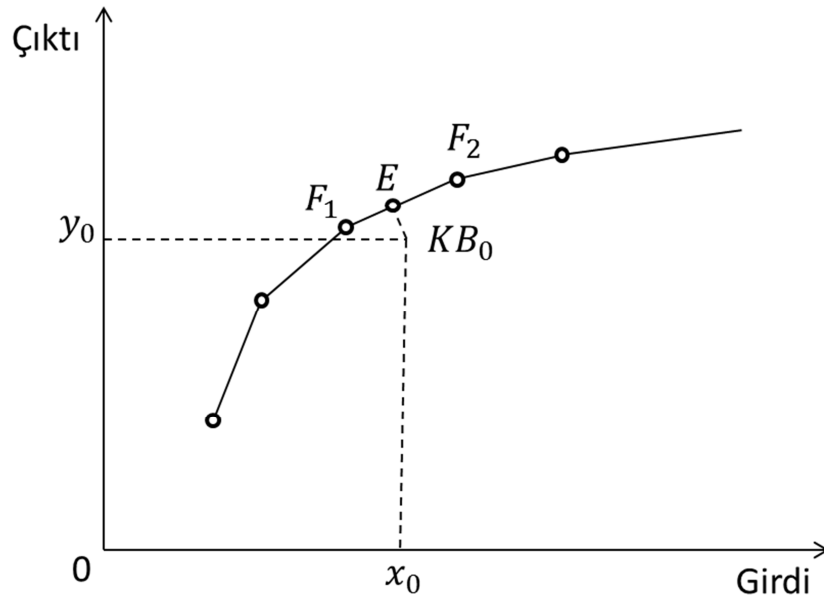
Veri zarflama analizi ile etkinlik ölçümünün yanı sıra, etkililik analizlerinin de entegre edilmesine yönelik ilk çalışma, Golany (1988) tarafından geliştirilen ve interaktif hedef programlama modeli ile VZA'nın birlikte kullanıldığı İnteraktif Çok Amaçlı Doğrusal Programlama'dır (IMOLP).

İlk olarak Charnes ve Cooper (1961) tarafından geliştirilen hedef programlama, çok amaçlı durumlarda birbirleri ile çelişen amaçları optimum kılan tek bir çözüm yerine, her amacın önem derecesini temel alan uzlaşık çözümlerin bulunması amacıyla kullanılır (Ignizio, 1978; Taha, 2007:343). İnteraktif yaklaşım ise, ilk olarak Dyer (1972) tarafından, çok kriterleri problemlerin optimizasyonunu sağlamak için önerilen interaktif stratejiler ile hedef programlama arasında bağlantı kurmak amacıyla geliştirilmiştir.

Golany (1988), etkinlik sınırı üzerinde karar biriminin etkinliğini sağlayan birçok nokta içerisinde, ilgili birimin hedefine en uygun noktanın belirlenebilmesi amacıyla, veri zarflama analizi ile interaktif çok amaçlı doğrusal programlama (IMOLP) yaklaşımını beraber kullanmıştır. Geliştirilen bu yaklaşım, etkin olmayan karar birimlerinin çıktılarında ilişkin performans hedefleri belirlenmesine yardımcı olmuştur. Böylelikle her bir karar

birimi için, karar vericilerin tercihleri doğrultusunda en etkili ve etkin noktayı belirlemek mümkün olacaktır.

Şekil 22’de gösterilen grafikte KB_0 etkin olmayan bir noktayı göstermektedir. Bu birimin etkin olabilmesi için, F_1 ve F_2 noktaları arasında bir yerde konumlanması gerekmektedir. Bu iki nokta arasında birçok alternatif bulunmakla beraber, E noktası bu alternatiflerden sadece bir tanesidir. İlgili karar biriminin etkinlik sınırının tam olarak neresinde (hangi noktası üzerinde) bulunması gerektiği, yöneticilerin tercihlerine ve amaçlarına bağlı olup, kurumun etkililiğini göstermektedir (Golany, 1988). Golany (1988) tarafından geliştirilen ve VZA tekniklerinin etkililik analizlerine uygulanmasını sağlayan bu yaklaşım, yönetici tercihleri doğrultusunda en uygun noktayı belirlemeye yardımcı olmaktadır. Bu yaklaşım, veri zarflama analizi ile çok amaçlı doğrusal programlama tekniklerinin birlikte kullanıldığı ilk çalışmalardan birisidir (Joro vd. 1998).



Şekil 22. Etkinlik Sınırı Üzerindeki Alternatif Noktalar

Kaynak: Golany (1988)

Bu çalışma haricinde, VZA modelleri ile çok amaçlı doğrusal programlama modellerini birlikte kullanan ve hedef programlama yöntemiyle çok amaçlı durumların yönetilebilmesini ve alternatif hedeflerin bulunmasını amaçlayan birçok çalışma yapılmıştır (Kornbluth 1991; Athanassopoulos, 1995; Joro vd. 1998; Halme vd. 1999; Li ve Reeves, 1999; Post ve Spronk, 1999; Lins, vd. 2004; Neto ve Meza, 2007).

Boussofiance vd. (1991), Golany (1988) gibi belirli bir girdi karması için elde edilebilecek çıktı miktarını belirlemek için bir model önermiştir. Şehir içi yolcu taşımacılığı literatüründe de, Sheth vd. (2007), şehir içi yolcu taşımacılığının etkinliğini işletmeci, kullanıcı ve çevre açısından değerlendirildiği çalışmada VZA tabanlı hedef programlama modelini kullanmıştır.

Başka bir çalışmasında Golany vd. (1993), etkin ve etkin olmayan karar birimlerinin etkililiklerini artırmak amacıyla VZA tabanlı modeller önermiştir. Araştırmacılar, temel VZA modeli ile etkinlikleri ölçtüktan sonra, üç farklı metodoloji geliştirmişlerdir. Birinci metodoloji, bir karar biriminin etkililiğini artırmasına yöneliktir. İkincisi, sisteme yeni bir karar birimi eklendiği varsayımında, mevcut pazar durumunda yeni karar birimi için hedef belirlenmesini amaçlamaktadır. Üçüncü metodoloji ise, kısıtlı kaynakların karar birimleri arasında kârlılığı ve etkinliği artıracak şekilde nasıl dağıtılması gerektiği konusunu ele almaktadır.

Golany ve Tamir (1995), VZA'nın etkinlik ölçüm amacını etkililik ve eşitlik boyutlarını da dikkate alacak şekilde genişleterek, VZA tabanlı kaynak tahsis modeli önermişlerdir (Data Envelopment Analysis - Resource Allocation Model, DEA-RAM). Bu model ile etkinlik, etkililik ve eşitlik arasındaki çelişkiler belirlenmiş ve kaynakların karar birimleri arasında dengeli bir şekilde dağıtılması sağlanmıştır. Önerilen model doğrusal programlama ile formüle edilmiş ve Dantzig-Wolfe algoritması ile çözülmüştür.

Entegre yaklaşımlar, etkinlik boyutunun yanı sıra etkililik ve eşitlik gibi performans boyutlarının da değerlendirilmesi ve bu yönüyle veri zarflama analizine daha geniş bir uygulama alanı oluşturması açısından önemlidir.

2.2.2. Direkt Yaklaşımlar

Direkt yaklaşımlar, farklı amaçlara ilişkin çıktıların VZA modeline direkt olarak dâhil edilmesi yaklaşımıdır. Bu yaklaşım, literatürde genellikle hizmet kalitesine ilişkin göstergelerin etkinlik ölçümlerinde dikkate alınması istendiğinde tercih edilmiştir.

Kalite, işletmelerin rekabet avantajı kazanmalarında önemli bir yer tutsa da, birimlerin etkinlik ölçümlerinin yapıldığı birçok çalışmada göz ardı edilmiştir (Soteriou ve Stavrinides, 2000; Sherman ve Zhu, 2006). Hâlbuki özellikle de hizmet sektöründe hizmet kalitesi etkinliğin çok önemli bir parçasını teşkil etmektedir. Birçok ekonomik

birim, yüksek operasyonel etkinlik performansı sergilemesine karşın, hizmet kalitesinin düşüklüğü nedeniyle bir süre sonra bu avantajını kaybetmektedir (Soteriou ve Stavrinides, 2000). Bu durum, veri zarflama analizinin ekonomik birimlere uygulanabilirliği üzerinde bir kısıt oluşturmaktadır. Bu kısıtın üstesinden gelebilmek için, hizmet kalitesi boyutlarının veri zarflama analizine dâhil edilmesine ilişkin çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Direkt yaklaşımlar, hizmet kalitesi ve operasyonel etkinliğin aynı model içerisinde değerlendirildiği yaklaşımlardır. Bu yaklaşıma göre hizmet kalitesi ölçütleri veya skorları, direkt olarak veri zarflama modeli içerisinde çıktı olarak entegre edilir. Örneğin Soteriou ve Stavrinides (2000), banka şubelerinin etkinliklerini ölçmek için geliştirdikleri modelde, her bir şubenin iç ve dış müşterilerinden elde ettikleri hizmet kalitesi skorlarını veri zarflama modeline bir çıktı olarak katmışlar ve her bir şubenin hizmet kalitesi etkinliğini ölçmüşlerdir.

Rouse vd.'nin (2002) uçak bakım birimleri üzerinde yaptıkları etkinlik ölçüm çalışması, kalite kriterinin VZA modeline direkt entegre edilmesine bir başka örnektir. Bu çalışmada araştırmacılar girdi olarak “üretken zaman için ödenen maaş” ve “envanter maliyetlerini” alırken, çıktı olarak ise “toplam çalışılan zaman” ve “teslim performansını” almışlardır. Teslim performansı, bu çalışmada bir kalite boyutu olarak tanımlanmıştır.

Şehir içi yolcu taşımacılığı literatürüne bakıldığında ise, Barnum vd. (2008) ve Sanchez (2009), hizmet seviyelerinin etkinliğini ölçmek amacıyla operasyonel girdi ve çıktıların yanında hizmet seviyesi göstergelerini de VZA modeline direkt olarak eklemişlerdir.

Direkt yaklaşımlar her ne kadar literatürde kalite ile ilgili girdi/çıkıtı metriklerinin operasyonel etkinlik modellerine dâhil edilmesi amacıyla kullanılmış olsalar da, yöntem itibarıyla kaliteden farklı performans boyutlarının dâhil edilmesi için de kullanılabilir. Bu yaklaşımın uygulaması kolay olmakla birlikte birtakım dezavantajları bulunmaktadır. Öncelikle bu yöntem, kalite ve maliyet arasındaki çelişkilerin karşılaştırılmasına imkân vermemektedir. Bir birimin hizmet kalitesi çok düşük olmasına karşın operasyonel etkinliği çok yüksek ise, bu birim etkin olarak kabul edilebilir ve diğer birimlere benchmark olarak gösterilebilir. Bu durum, operasyonel anlamda etkin olmayan ancak hizmet kalitesi yüksek olan birimlere, etkinlik seviyesine ulaşabilmeleri için mevcut

kalite seviyelerini düşürmelerini önerir ki bu durum birçok işletme ve yönetici için arzulan bir durum değildir (Sherman ve Zhu, 2006).

Diğer yandan, esasında tüm temel VZA modellerinde olduğu gibi, VZA'nın girdi ve çıktı ağırlıkları üzerinde bir sınırlaması olmadığı için bazı performans boyutları etkinlik ölçümünde gereken önemi alamayabilir. Bunun bir sonucu olarak, kalite seviyesi düşük ancak diğer çıktıları yüksek olan karar birimleri etkin olarak değerlendirilebilir. Örneğin bir karar biriminin müşterilerine sunduğu kalite çok düşük olmasına rağmen diğer operasyonel çıktıları çok yüksek ise, bu durumda VZA tüm ağırlığı operasyonel çıktılara vererek bu karar biriminin etkin çıkmasını sağlar. Bu durum, kalitenin göz ardı edilmesine neden olur. Shimshak vd. (2009), bu problemin önüne geçebilmek için kalite ölçütlerinin modele direkt dâhil edildiği çalışmalarda değer yargılarına dayalı ağırlık kısıtlamalarının modele dâhil edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Ağırlık kısıtlamaları, tüm değişkenlerin değerlendirme sürecine alınmalarını sağlarken, aşırı değer kazanmalarını da engelleyebilir. Böylelikle daha doğru sonuçların elde edilmesini sağlar.

Ayrıca şehir içi yolcu taşımacılığı açısından değerlendirildiğinde, farklı performans boyutlarının aynı VZA modelinde değerlendirilmesi, taşımacılık performansının artırılmasına yardımcı olamaz. Fielding vd. (1985a), farklı performans kriterlerinin ayrı ayrı ölçülmesinin şehir içi yolcu taşımacılığı işletmeleri için daha faydalı sonuçlar sağlar sağlayacağını belirtmişlerdir.

Direkt yaklaşımın bu gibi dezavantajları nedeniyle, çok adımlı yaklaşımlar geliştirilmiştir.

2.2.3. Çok Adımlı Yaklaşımlar

Çok adımlı yaklaşımlar, farklı performans boyutlarının ayrı ayrı değerlendirilip daha sonra birbirleri ile ilişkilendirildiği yaklaşımlardır. Direkt yaklaşımlara benzer şekilde, çok adımlı yaklaşımlarda da VZA'nın matematiksel yapısında bir değişiklik yapılmaz. Bu yaklaşımda amaç, sadece operasyonel etkinliği değil, kurumun diğer amaçlarını da (hizmet kalitesi ve etkililik gibi) modele dâhil edebilmektir. Bunun için, direkt yaklaşımlardan farklı olarak bir dizi aşama gerçekleştirilmektedir. Çok adımlı yaklaşımlar incelendiğinde, büyük çoğunluğunun "kaliteye" ilişkin performans boyutunun etkinlik ölçüm modellerine dâhil edilmesi amacıyla geliştirilmiş olduğu

görülebcektir. Ancak bu yaklaşımlar, kalite haricindeki diğcr performans boyutlarının değcrlendirilmesi amacıyla da kullanılabilir.

2.2.3.1. Athanassopoulos Yaklaşımı

Çok adımlı yaklaşıma ilk örnek, Athanassopoulos'un (1997) banka şubelerinin etkinliklerini ölçmek amacıyla yaptığı çalışmada karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada banka şubelerinin etkinlik seviyeleri VZA ile karşılaştırmalı olarak ölçülmüştür. Banka şubelerinin hizmet kaliteleri de VZA'dan bağımsız olarak değerlendirilmiştir. Daha sonra, banka şubelerinin etkinlik seviyeleri ile hizmet kaliteleri istatistiki analizlerle ilişkilendirilerek, hizmet kalitesinin etkinlik skoru üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

2.2.3.2. Çok Amaçlı Veri Zarflama Analizi (MODEA)

Çok amaçlı durumların veri zarflama analizine dâhil edilebilmesi ve birbiriyle çelişen amaçlar arasındaki çelişkilerin bulunabilmesine yönelik ilk ayırt edici çalışma Klimberg ve Puddecombe (1999) tarafından yapılmıştır. Yazarlar, temel VZA modelini "tek amaçlı VZA" olarak adlandırdıktan sonra, "çok amaçlı veri zarflama analizi" yani MODEA olarak adlandırdıkları yeni bir yaklaşım önermiş ve bu yaklaşımı günlük etkinlik seviyelerini takip etmek amacıyla bir hazır beton firmasına uygulamıştır.

Araştırmacılar, hazır beton firmasına ilişkin birbiri ile çelişen üç amaç belirlemişlerdir; materyal etkinliği, taşımacılık etkinliği ve çizelgeleme etkililiği. Materyal etkinliği, mevcut fiziksel kaynak ile sunulan hizmet miktarının en fazlalaştırılması iken taşımacılık etkinliği ise araçların tam dolulukla çalıştırılmasını ifade etmektedir. Çizelgeleme etkililiği ise ürünlerin zamanında teslim edilmesi ile ilgilidir. Bu modelde çizelgeleme etkililiği diğcr iki etkinlik türü ile çelişmektedir. Çizelgeleme etkililiğinin artması materyal ve taşımacılık etkinliklerinin düşmesine, materyal ve taşımacılık etkinliklerinin yükselmesi ise çizelgeleme etkililiğinin düşmesine neden olmaktadır.

Araştırmacılar, her bir amacın etkinlik ölçümü için gerekli olan girdi ve çıktı değişkenlerini belirlemiştir. Belirlenen bu girdi ve çıktılar, aynı zamanda başka bir amacın girdi veya çıktısı da olabilmektedir. Farklı amaçların etkinlik ölçüm modellerinde kullanılan girdi ve çıktılar "ortak değişken" olarak adlandırılmıştır. Ortak değişkenler her bir amaç için farklı bir önem taşımakta olup, bu değişkenlere ağırlık kısıtlamaları

sırasında farklı ağırlıklar verilmiştir. Ortak değişkenler, ayrıca, farklı amaçlar arasındaki çelişkilerin belirlenmesi amacıyla da kullanılmıştır.

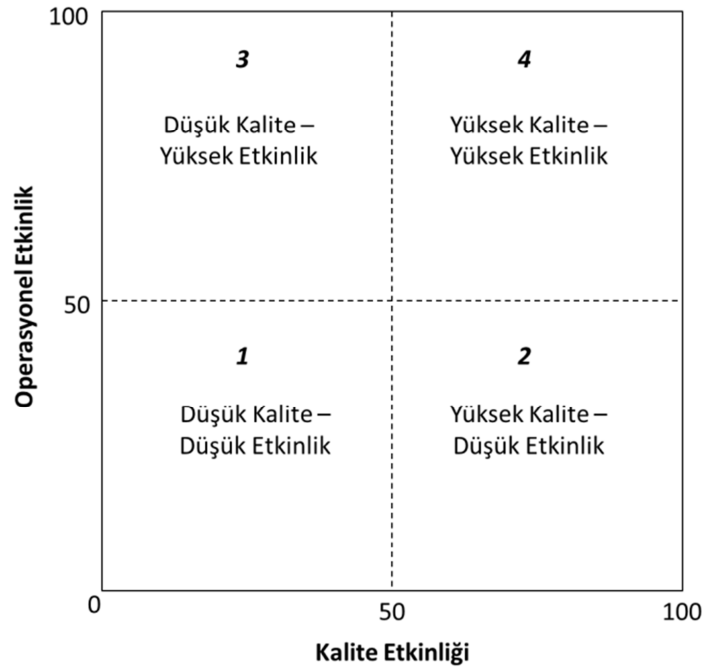
Bu yaklaşımda farklı performans boyutlarını gösteren üç farklı VZA modeli, birbirleri ile bağımlı olarak ölçülmüşlerdir. Böylece, birimlerin etkinlik skorları farklı performans kriterlerine göre ölçülmüş olur. Amaçlar arasındaki çelişkilerin daha iyi belirlenebilmesi için de ortak değişkenlerden faydalanılmıştır.

Tek amaçlı modellere göre daha iyi ayırım gücüne sahip olan MODEA (Shimshak vd. 2009), karar vericilere hangi birimlerin hangi performans kriterlerinde iyi, hangilerinde ise yetersiz olduğuna dair ipuçları vermektedir. Böylelikle karar vericiler, iyileştirme yapmaları gereken noktaları daha rahat bir şekilde belirleyebilir.

2.2.3.3. Soteriou ve Zenios Yaklaşımı

Soteriou ve Zenios (1999), geliştirdikleri yaklaşımda operasyonel etkinlik ile hizmet kalitesi etkinliklerini ilişkilendirmiş ve hem operasyonel etkin hem de kalite etkin birimleri belirlemeyi amaçlamıştır. Bu çalışmada hizmet kalitesi iç müşteri ve dış müşteri olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Hem banka çalışanlarına hem de müşterilere yapılan anketlerle her bir banka şubesinin hizmet kalitesi skoru belirlenmiştir. Elde edilen bu skorlar birer çıktı olarak etkinlik ölçüm modellerine dâhil edilmiş ve her bir şubenin hizmet kalitesi etkinliği ölçülmüştür.

Modelin ikinci safhasında, farklı girdiler ve çıktılar kullanılarak her bir şubenin operasyonel etkinliği ölçülmüş ve kalite etkinliği ile operasyonel etkinlik ilişkilendirilmiştir. Bu aşamada her iki etkinlik türü için kabul edilebilir bir sınır belirlenmiştir. Birimler, her iki kriterden elde ettikleri skorlara göre, dördü bir sınıflandırmaya tabi tutulmuşlardır (Şekil 23). Bu sınıflandırmaya göre, 4. çeyrekte bulunan karar birimleri hem yüksek kalite etkinliğine hem de yüksek operasyonel etkinliğe sahiptirler. 1. çeyrekteki birimler ise hem düşük kalite etkinliğine hem de en düşük operasyonel etkinliğe sahiptirler. 2. çeyrekteki birimlerin operasyonel etkinlik seviyelerini, 3. çeyrekteki birimlerin ise kalite etkinliklerini artırmaları gerekmektedir.



Şekil 23. Karar Birimlerinin Etkinlik Skorlarına Göre Sınıflandırılması

Bu yaklaşım, kalite ile maliyet arasındaki çelişkilerin belirlenmesine imkân vermese de, kalite ve üretkenlik arasındaki çelişkileri daha görülebilir ve yönetilebilir kılmaktadır (Sherman ve Zhu, 2006). Model ayrıca, hem operasyonel anlamda hem de hizmet kalitesi bağlamında etkin birimlerin belirlenmesinde kullanışlıdır.

Soteriou ve Zenios (1999) ise etkinlik skorlarını elde ettikten sonra, karar birimlerini performanslarına göre dördümlü gösterimle birimleri kategorize etmiş ve böylelikle sonuçların daha kolay yorumlanabilmesini sağlamışlardır. Ancak Klimberg ve Puddecombe (1999), MODEA yaklaşımında ortak değişkenler vasıtasıyla farklı amaçlar arasındaki çelişkilerin daha net bir şekilde belirlenmesine imkân vermiştir.

2.2.3.4. Cook, Hababou ve Tuenter Yaklaşımı

Cook vd. (2000), farklı amaçların birlikte değerlendirilerek genel bir etkinlik skorunun elde edildiği ve bu genel etkinlik skorunun en iyileştirilebilmesi için ortak kaynakların farklı amaçlar arasında nasıl bölüştürülmesi gerektiğini hesaplayan bir metodoloji geliştirmiştir. Banka şubelerine uygulanan bu çalışmada, her bir şubenin hizmet ve satış etkinlikleri ayrı ayrı değerlendirildikten sonra genel etkinlik puanları hesaplanmış ve her iki amacın ortak girdisi olan işgücünün iki amaç arasında nasıl paylaşılması gerektiği belirlenmiştir.

2.2.3.5. Kalite Ayarlı Veri Zarflama Analizi (Q-DEA)

Sherman ve Zhu (2006), hizmet kalitesinin etkinlik ölçüm modellerine dâhil edilebilmesi için iki aşamalı bir yaklaşım olan Quality Adjusted DEA (Q-DEA) yöntemini önermiştir. Birimlerin hizmet kalitesi skorlarının gizli müşteriler ile yapılan çalışma neticesinde belirlendiği bu yaklaşımın ilk aşamasında temel etkinlik modeli çalıştırılarak etkinlik skorları belirlenmektedir. İkinci aşamada ise, operasyonel anlamda etkin (yani etkinlik skoru 1) ancak hizmet kalitesi kabul edilebilir seviyenin altında olan birimler belirlenerek modelden çıkartılır. Geriye kalan birimler tekrar etkinlik analizine tabi tutulur. Bu işlem, aynı anda hem etkin hem de kalitesiz birim kalmayınca kadar devam ettirilir.

Nihayetinde, sadece hem etkin hem de hizmet kalitesi yüksek olan birimlerin etkin olarak nitelendirildiği görülür. Böylelikle kıyaslama yapmak için doğru birimler seçilebilmektedir. Ancak bu yöntemin bazı dezavantajları bulunmaktadır. Öncelikle Q-DEA yaklaşımı, operasyonel olarak etkin ancak kalite seviyesi olarak düşük olan birimleri analiz dışında bıraktığı için, bu birimlere yönelik nasıl bir iyileştirme yapılacağı sorusunu cevapsız bırakmaktadır.

Modelin bir diğer dezavantajı ise, etkinlik artışı için önerilen düzenlemelerin hizmet kalitesi artışını garanti etmemesidir. Sherman ve Zhu'nun (2006) örneğine bakıldığında, modelin girdilerinin (kurum bazında toplam kullanıcı sayısı, çağrı merkezi çalışan sayısı, yönetim çalışanları, harcamalar) ve çıktılarının (yatırılan para, banka çekleri, tahvil işlemi, gece mevduatları, safe deposit visits, yeni hesap, mortgage ve tüketici kredisi, ATM'ler) hizmet kalitesi ile direkt ilişkili olmadığı görülmektedir. Dolayısıyla, etkin olmayan bir birimin, kendisine benchmark olarak atanan birime yaklaşmak için yapacağı faaliyetler (girdi/çıkıtı miktarındaki düzenlemeler), ilgili birimin operasyonel etkinliğini artıracaksa da, hizmet kalitesi artışı ile sonuçlanacağı anlamına gelmez. Q-DEA, bu yönüyle sadece etkinlik artışına imkân veren tek boyutlu bir model durumundadır.

2.2.3.6. İki – Model Yaklaşımı (TMDEA)

Shimshak ve Lenard (2007), iki amaçlı modellerde en iyi performansı sergileyen karar birimlerini belirlemek amacıyla, Q-DEA yaklaşımına alternatif olarak “İki – Model Yaklaşımını” (two – model approach, TMDEA) önermiştir. Hizmet kalitesi etkinliğinin ve operasyonel etkinliğin birbirinden bağımsız boyutlar olarak değerlendirildiği bu

yaklaşımında iki farklı VZA modeli kullanılmıştır. Her iki model de aynı girdileri kullanmakta ancak çıktıları farklılaşmaktadır. Kalite etkinliği modeli hizmet kalitesi ölçütlerini çıktı olarak alırken, operasyonel etkinlik modeli ise sunulan hizmet miktarlarını çıktı olarak alır. İki farklı modelin etkinlik ölçüm sonuçları alındıktan sonra, kalite etkinliği modelinden düşük operasyonel etkinliğe sahip birimler; operasyonel etkinlik modelinden ise düşük kalite etkinliğine sahip birimler elenir (etkinlik oranı %90'ın altında olan birimler). Böylelikle, her iki model birlikte ele alındığında hem kalite hem de operasyonel anlamda etkin olan birimler belirlenmiş olur.

TMDEA sonuçlarına göre, operasyonel etkinliğini iyileştirmek isteyen bir firmaya hizmet kalitesi düşük olan bir birim benchmark olarak verilmez. Aynı şekilde, hizmet kalitesini artırmak isteyen bir firmaya da operasyonel etkinliği düşük olan bir birim benchmark olarak verilmemiş olur.

Bu modelin Q-DEA modeline göre üstünlükleri şunlardır (Shimshak ve Lenard, 2007);

- Q-DEA tek kalite ölçüsüne sahipken, iki model yaklaşımı çoklu kalite ölçüsüne sahiptir.
- Q-DEA sadece operasyonel etkinlik artışına odaklanırken, iki model yaklaşımı her ikisinin de artışına odaklanır. Yöneticilere, her iki etkinlik artışından istediklerini seçme imkânı vererek, birimleri için her iki artış için uygun hedefler tanımlayabilir.

2.2.3.7. İki – Amaç Yaklaşımı (TODEA)

Çok adımlı yaklaşımlar bağlamında ele alınacak son yaklaşım, Chang ve Yang (2010) tarafından iki – model yaklaşımına alternatif olarak geliştirilen İki – Amaç Yaklaşımı'dır (Two – Objective Approach, TODEA). TODEA yaklaşımı, TMDEA yaklaşımına benzer şekilde, çok amaçlı durumlarda karar birimlerine etkin olmayan benchmarkların atanmasının önüne geçmeyi ve böylelikle en iyi benchmarkları belirlemeyi amaçlamaktadır.

Karar birimleri için en uygun benchmarkların bulunabilmesi amacıyla, yazarlar iki adımlı bir süreç önermişlerdir. Örneğin \emptyset ve φ olmak üzere iki amacın bulunduğu bir modelde, ilk aşamada her iki etkinlik modeli için tabakalı etkinlik ölçümü yapılarak karar birimleri kendi içerisinde etkinlik seviyelerine göre sınıflandırılmaktadır. İkinci aşamada ise

tabakalar arasında hiyerarşik karşılaştırma yapılması önerilmektedir. Buna göre, \emptyset modeline göre sınıflandırılmış karar birimlerinden birinci seviyede olanlar kendi aralarında, ikinci seviyedeki karar birimleri hem birinci hem de ikinci seviye ile ve üçüncü seviyedeki karar birimleri ise hem birinci, hem ikinci hem de üçüncü seviyedeki karar birimleri ile beraber φ skorlarına göre değerlendirilirler. Tabaka sayısı arttıkça bu süreç devam edecektir.

Aynı süreç diğer model için de işletilir. Yani, φ modeline göre sınıflandırılmış karar birimlerinden birinci seviyede olanlar kendi aralarında, ikinci seviyedeki karar birimleri hem birinci hem de ikinci seviye ile ve üçüncü seviyedeki karar birimleri ise hem birinci, hem ikinci hem de üçüncü seviyedeki karar birimleri ile beraber \emptyset skorlarına göre değerlendirilirler. Tabaka sayısı arttıkça bu süreç devam edecektir.

TODEA süreci sonucunda, etkin olmayan karar birimlerine her iki performans boyutunu da geliştirecek benchmarkların atanması sağlanmış olur. Bu yaklaşımın TMDEA'ya göre üstünlükleri şunlardır (Chang ve Yang, 2010);

- TMDEA, analizlerden çıkartılacak karar birimlerinin belirlenmesi aşamasında değer yargılarına göre karar vermektedir (örneğin %90'dan düşük etkinliğe sahip birimlerin analizlerden çıkartılması gibi). Değer yargılarının yanlış belirlenmesi, çözüm sonuçlarını olumsuz yönde etkileyebilecektir. TODEA ise, çözüm sürecine değer yargılarının dâhil edilmesine gereksinim duymaz.
- TMDEA yaklaşımında bir performans boyutunda kabul edilebilir seviyenin üzerinde olmasına karşın diğerinde kabul edilebilir seviyenin altında olan karar birimleri analizlerden çıkartılmaktadır. TODEA sürecinde ise karar birimlerinin analizlerden dışlanmasına gerek duyulmamaktadır.

2.2.4. Çok Amaçlı Etkinlik Ölçüm Yaklaşımlarının Eleştirisi

Bu bölümde, operasyonel etkinlik haricindeki performans boyutlarının etkinlik ölçüm modellerine dâhil edilmesi amacıyla geliştirilen yöntemler entegre, direkt ve çok adımlı yaklaşımlar başlıkları altında sınıflandırılmaya ve değerlendirilmeye çalışılmıştır. Tanıtılan tüm yaklaşımların ortak amacı, daha kapsamlı bir performans değerlendirmeye imkân tanımaktır. Ancak her bir yaklaşım farklı bir metot izlemektedir.

Operasyonel etkinliğin yanında ağırlıklı olarak etkililik ve eşitlik boyutlarına vurgu yapan entegre yaklaşımlar, yöneylem araştırmasının hedef programlama ve interaktif yaklaşımlar gibi diğer alanlarını VZA ile birlikte kullanmaları açısından, literatüre metodolojik anlamda önemli katkılar yapmıştır.

Direkt ve çok adımlı yaklaşımlar ise, ağırlıklı olarak operasyonel etkinlik ile hizmet kalitesi ve hizmet seviyesi gibi boyutları birlikte değerlendirmişlerdir. Her ne kadar araştırmacılar direkt ve çok adımlı yaklaşımlarda kalite boyutunu etkinlik ölçümlerine dâhil etmeyi amaçlamışlarsa da, geliştirilen bu yaklaşımlar farklı performans boyutlarının değerlendirilmesi amacıyla da kullanılabilirler. Örneğin Klimberg ve Puddecombe'nin (1999) çalışmasından görüleceği üzere materyal etkinliği, taşımacılık etkinliği ve çizelgeleme etkililiği boyutları birlikte değerlendirilmiştir. Direkt ve çok adımlı yaklaşımlarda temel amaç, kurumun performansını tüm boyutları ile artırmak ve eğer varsa farklı amaçlar arasındaki çelişkileri ortaya koymaktır.

Çok adımlı yaklaşımlar kapsamında değerlendirilen farklı yaklaşımların birbirlerine göre üstün ve zayıf yönleri bulunmaktadır. Ancak bu yaklaşımlar genel olarak değerlendirildiğinde, farklı performans boyutlarını ilk aşamada birbirlerinden tamamen bağımsız olarak değerlendirdikleri ve ancak ikinci aşamada birlikte ele aldıkları görülmektedir. Bu durum, değerlendirilen farklı amaçlar arasındaki ilişkilerin göz ardı edilmesine neden olmaktadır. Buna karşın, pek çok durumda farklı amaçlar birbirlerine bağımlı olup, aralarında güçlü ilişkiler bulunmaktadır. Bu ilişkiler neticesinde, bir amacın girdi veya çıktı seviyelerinde meydana gelen bir değişiklik, diğer amacın girdi veya çıktılarını etkileyebilmektedir. Çok adımlı yaklaşımlarda önerilen yaklaşımların, farklı performans boyutlarını birbirinden bağımsız olarak çözdükleri göz önünde bulundurulduğunda, birbirleri ile çelişen çözüm setlerinin oluşacağı muhakkaktır.

Her ne kadar Klimberg ve Puddecombe (1999) ve Cook vd. (2000) farklı amaçlar arasındaki ortak değişkenler kavramına vurgu yapmışlarsa da, bu çalışmalar farklı amaçlar arasındaki bütünsel ilişkiyi açıklamaktan uzaktırlar. Çünkü ilişkiler sadece ortak değişkenlerle sınırlı kalmayıp, farklı değişkenler arasında da olabilmektedir. Örneğin, yolcu taşımacılığı bağlamında düşünüldüğünde, bir hizmet etkinliği değişkeni olan “sefer sayısı” ile bir operasyonel etkinlik değişkeni olan “yakıt harcamaları” arasında çok güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Bu iki değişken aynı olmasa bile, birinde yaşanacak bir

değişiklik değerini de etkileyecektir. Dolayısıyla bu ve buna benzer ilişkilerin etkinlik ölçüm modellerine dâhil edilmesi gerekmektedir.

Diğer yandan, her ne kadar bu modeller en iyi performansı sergileyen karar birimlerini belirlemede kullanışlı ise de, her bir amacı tatmin edecek optimal girdi ve çıktı seviyelerini belirlemede yetersiz kalmaktadır. Cook vd. (2000), geliştirdikleri yaklaşımda aynı değişkenin farklı amaçlar arasında bölüştürülmesini sağlamışlarsa da, yukarıda verilen örnekteki gibi birbirleri ile ilişkili değişkenler hakkında bilgi vermemektedir. Dolayısıyla, bir amacın girdi seviyelerinde yapılacak bir azalma, o amacın etkinlik seviyesini artırırken, diğerleri için gerçekçi olmayan hedeflerin belirlenmesine neden olabilir.

Son olarak, Q-DEA (Sherman ve Zhu, 2006) ve TMDEA (Shimshak ve Lenard, 2007) bazı karar birimlerini analiz dışında bırakmaktadır. Q-DEA yaklaşımı, operasyonel olarak etkin ancak kalite seviyesi olarak düşük olan birimleri analiz dışında bıraktığı için, bu birimlere yönelik nasıl bir iyileştirme yapılacağı sorusunu cevapsız bırakmaktadır. Aynı şekilde TMDEA yaklaşımı da, yüksek kalite fakat düşük operasyonel etkinliğe sahip birimler ile düşük kalite fakat yüksek operasyonel etkinliğe sahip birimleri analiz dışında bırakmaktadır. TODEA, bu probleme çözüm getirmiş ve karar birimlerinin analiz dışında bırakılmasını engellemiştir. Ancak diğerleriyle benzer şekilde TODEA yaklaşımı da farklı amaçlar arasındaki ilişkileri göz ardı etmiştir. Bu nedenle, TODEA yaklaşımı ile elde edilen sonuçlar, değerlendirmeye alınan modeller arasında bir ilişki olması durumunda, kendi içerisinde çelişme ihtimali ile karşı karşıyadır.

2.3. Çok Amaçlı Etkinlik Ölçümlerine İlişkin Yeni Bir Yaklaşım Önerisi Olarak İlişkisel Veri Zarflama Analizi

Bir önceki bölümde, farklı amaçlara ilişkin modelleri birbirinden bağımsız bir şekilde ve aralarındaki ilişkileri göz ardı ederek ölçmenin neden olabileceği problemler ortaya konmuştu. Bu bölümde, bu problemlerin ortadan kaldırılması amacıyla ilişkisel veri zarflama analizi (R-DEA) önerilecek ve SBBOİ örneğine uygulanacaktır. Ancak bunun öncesinde, ilk olarak R-DEA yaklaşımı tanımlanacak ve R-DEA metodolojisi açıklanacaktır. R-DEA yaklaşımının SBBOİ'ye uygulanmasının ardından, elde edilen sonuçların doğruluğu test edilmeye çalışılacaktır.

2.3.1. İlişkisel Veri Zarflama Analizi Yaklaşımının Tanımlanması

R-DEA, girdileri veya çıktıları arasında ilişki bulunan ve bu ilişkiden ötürü birbirini etkileme gücüne sahip olan farklı performans boyutlarının birlikte değerlendirilmesi sürecinde, girdi ve çıktı hedeflerinde meydana gelebilecek çelişkileri ortadan kaldırmayı amaçlayan ilişkisel bir etkinlik ölçüm yaklaşımıdır. Bu çelişkilerin ortadan kaldırılması için R-DEA yaklaşımı, girdi ve çıktılar arasındaki ilişkilerin tanımlanmasını, formüle edilmesini ve etkinlik ölçüm modeline dâhil edilmesini öngörmektedir. Böylelikle girdi ve çıktılar arasındaki ilişkilerin gözden kaçırılmasını engelleyerek daha tutarlı girdi/çıkıtı hedeflerinin belirlenebilmesini amaçlamaktadır.

2.3.2. İlişkisel Veri Zarflama Analizi Yaklaşımının Metodolojisi

Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından geliştirilen ve bu tez çalışmasının ikinci bölümünde detaylı olarak ele alınan temel VZA modeli radyal olarak nitelendirilmektedir. Çünkü bu analizler sonucunda belirlenen girdi/çıkıtı hedefleri, orantısal bir değişim sergilemektedir. Örneğin girdi yönelimli radyal bir VZA modelinde bir karar biriminin etkinliği 0,7 olarak belirlenmiş ise, bu karar biriminin etkin olabilmesi için tüm girdilerini %30 oranında azaltması gerekmektedir. Tüm girdiler için aynı oranda bir azalış belirlenmesi, bu modelin radyal olarak adlandırılmasına neden olmuştur.

Bu araştırmada iki veya daha fazla performans modeli birlikte değerlendirilecektir. Bu farklı performans modellerinin girdi/çıkıtıları arasında bir ilişki olması durumunda, girdi/çıkıtı hedeflerinde çelişki yaşanmaması için, bu girdi/çıkıtıların aynı oranda azalması/artması sağlanmalıdır. Ancak, diğer modellerdeki girdi/çıkıtılarıyla ilişkili olmayan değişkenler ise bağımsız bir şekilde değerlendirilmelidir. Yani ilişkili girdi/çıkıtı değişkenlerinin aynı oranda azalması sağlanırken, bağımsız değişkenlerin ise bağımsız bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir.

Radyal modeller, girdi/çıkıtı değişkenlerinin birbirlerinden bağımsız şekilde değerlendirilmesine izin vermemektedir. Bu nedenle, bu çalışmada Färe ve Lovell (1978) tarafından geliştirilen ve girdi/çıkıtı metriklerinin orantısal olmayan bir şekilde azalışlarına/artışlarına imkân veren radyal olmayan model kullanılacaktır. Radyal olmayan modellerin radyal modellere göre bir diğer avantajı ise, girdi yönelimli radyal olmayan modellerde girdi artıklarının, çıkıtı yönelimli radyal olmayan modellerde ise çıkıtı

artıklarının bulunmasına izin vermemesidir (Zhu, 2009). Böylelikle birbirleri ile ilişkili girdilerin aynı oranda azaltılmaları sonucunda, girdi/çıkıtı artıkları nedeniyle ortaya çıkabilecek muhtemel çelişkilerin önüne geçilebilecektir. Bu nedenlerden ötürü, R-DEA yaklaşımının geliştirilmesinde ve uygulanmasında radyal olmayan model tercih edilmiştir.

Diğer yandan temel R-DEA metodolojisi, değerlendirmeye alınan performans modellerinin girdi ve çıkıtı yönelimli olmalarına göre farklılık göstermektedir. Bu nedenle R-DEA yaklaşımının çok amaçlı modellere uygulanma aşaması iki başlık altında ele alınacaktır. Öncelikle değerlendirilen modellerin her ikisinin de girdi yönelimli olması durumunda takip edilmesi gereken prosedür açıklanacaktır. Daha sonra ise, değerlendirilen modellerin her ikisinin de çıkıtı yönelimli olması durumunda nasıl bir yöntem izlenmesi gerektiği ele alınacaktır.

2.3.2.1. Girdi Yönelimli Modellerde İlişkisel Veri Zarflama Analizi

Değerlendirilen her iki modelin de girdi yönelimli olması durumunda, bu modellerin çıkıtı miktarları arasındaki ilişkilerin bir önemi bulunmamaktadır. Çünkü girdi yönelimli bir etkinlik ölçüm analizinde çıkıtı seviyeleri sabit tutulmaktadır. θ ve \emptyset modellerinin birlikte değerlendirileceğini, girdileri arasında bir ilişki olduğunu ve her iki modelin de girdi yönelimli olarak modellendiği varsayımıyla, R-DEA yaklaşımı aşağıdaki gibi formüle edilebilir.

Bu formülde (2) ve (3), birbirinden bağımsız iki farklı etkinlik modelini göstermektedir. Bu modeller, radyal olmayan VZA ile modellenmişlerdir. Bu iki farklı etkinlik modelinin birbirinden bağımsız bir şekilde değerlendirilmesini engellemek amacıyla, öncelikle her ikisinin amaç fonksiyonunun tek bir amaç fonksiyonu altında toplanması gerekmektedir. Bu yeni amaç fonksiyonu (1) ile gösterilmiştir. Son olarak, (2) ve (3) modellerinin girdileri arasındaki ilişkileri etkinlik ölçüm sürecine dâhil edebilmek amacıyla, her iki modelin girdileri çeşitli katsayılarla çarpılarak birbiri ile ilişkilendirilmelidir. Bu amaçla (4) formülüne ihtiyaç duyulmaktadır.

$minZ_i = min\theta_i + min\phi_i$ (1)	
$min \theta_i = \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \theta_i - \varepsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \text{ (2)}$ <p>Kısıtlar</p> $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} = \theta_i x_{i0}$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{r0}$ $0 \leq \theta_i \leq 1$ $\lambda_r \geq 0$ $s_r^+ \geq 0$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$	$min \phi_i = \left(\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \phi_f - \varepsilon \sum_{v=1}^u c_v^+ \right) \text{ (3)}$ <p>Kısıtlar</p> $\sum_{j=1}^n \lambda_j p_{fj} = \phi_f p_{f0}$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j b_{vj} - c_v^+ = b_{v0}$ $0 \leq \phi_f \leq 1$ $\lambda_v \geq 0$ $c_v^+ \geq 0$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$
$(\theta_i x_{i0}) \times g = (\phi_f p_{f0}) \times h$ (4)	
<p>m = girdi sayısı</p> <p>s = çıktı sayısı</p> <p>x = girdi</p> <p>y = çıktı</p> <p>n = karar birimi sayısı</p> <p>s_r^+ = çıktı artığı</p> <p>$g = \theta$ modelinin eşitlik çarpanı</p> <p>$i = 1, 2, \dots, m$</p> <p>$r = 1, 2, \dots, s$</p> <p>$j = 1, 2, \dots, n$</p>	<p>k = girdi sayısı</p> <p>u = çıktı sayısı</p> <p>p = girdi</p> <p>b = çıktı</p> <p>n = karar birimi sayısı</p> <p>c_v^+ = çıktı artığı</p> <p>$h = \phi$ modelinin eşitlik çarpanı</p> <p>$f = 1, 2, \dots, k$</p> <p>$v = 1, 2, \dots, u$</p> <p>$j = 1, 2, \dots, n$</p>

Girdi yönelimli olarak formüle edilen bu modelin mevcut çıktı seviyeleri üzerinde herhangi bir değişiklik öngörmesi beklenmemektedir. Etkinlik analizi sonucunda çıktı seviyeleri sabit kalacağı için, eğer çıktılar arasında bir ilişki varsa bile, mevcut ilişki bozulmayacaktır. Bu nedenle bu modele çıktılar arasındaki ilişkilerin dâhil edilmesine gerek duyulmamıştır.

2.3.2.2. Çıktı Yönelimli Modellerde İlişkisel Veri Zarflama Analizi

Değerlendirilen her iki modelin de çıktı yönelimli olması durumunda, R-DEA yaklaşımının çözüm adımları farklılaşmaktadır. Çıktı yönelimli bir modelde girdi seviyeleri zaten sabit kalacağından, girdiler arasındaki ilişkiler önemini kaybetmektedirler. Ancak, iki modelin çıktı hedeflerinin tutarsızlık sergilememesi için çıktılar arasındaki ilişkilerin tanımlanması ve formüle edilerek modele dâhil edilmesi gerekmektedir. θ ve \emptyset modellerinin birlikte değerlendirileceğini, çıktıları arasında bir ilişki olduğunu ve her iki modelin de çıktı yönelimli olarak modellendiği varsayımıyla, R-DEA yaklaşımı aşağıdaki şekilde formüle edilmektedir.

Bir önceki modele benzer şekilde, bu formülde de (2) ve (3), birbirinden bağımsız iki farklı etkinlik modelini göstermektedir. Bu modeller, radyal olmayan VZA ile modellenmişlerdir. Bu iki farklı etkinlik modelinin birbirinden bağımsız bir şekilde değerlendirilmesini engellemek amacıyla, öncelikle her ikisinin amaç fonksiyonunun tek bir amaç fonksiyonu altında toplanması gerekmektedir. Bu yeni amaç fonksiyonu (1) ile gösterilmiştir. Son olarak, (2) ve (3) modellerinin çıktıları arasındaki ilişkileri etkinlik ölçüm sürecine dâhil edebilmek amacıyla, her iki modelin çıktıları çeşitli katsayılarla çarpılarak birbiri ile ilişkilendirilmelidir. Bu amaçla (4) formülüne ihtiyaç duyulmaktadır.

Çıktı yönelimli olarak formüle edilen bu modelin mevcut girdi seviyeleri üzerinde herhangi bir değişiklik öngörmesi beklenmemektedir. Etkinlik analizi sonucunda girdi seviyeleri sabit kalacağı için, eğer girdiler arasında bir ilişki varsa bile, mevcut ilişki bozulmayacaktır. Bu nedenle bu modele girdiler arasındaki ilişkilerin dâhil edilmesine gerek duyulmamıştır.

$maxZ_i = max\theta_i + max\phi_i$ (1)	
$\max \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \theta_i + \varepsilon \sum_{r=1}^s s_i^- \right) \quad (2)$ <p>Kısıtlar</p> $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{i0}$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} = \theta_i y_{r0}$ $\theta_i \geq 1$ $\lambda_r \geq 0$ $s_i^- \geq 0$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$	$\max \left(\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \phi_f + \varepsilon \sum_{f=1}^u c_f^- \right) \quad (3)$ <p>Kısıtlar</p> $\sum_{j=1}^n \lambda_j p_{fj} + c_f^- = p_{f0}$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j b_{vj} = \phi_f b_{v0}$ $\phi_f \geq 1$ $\lambda_v \geq 0$ $c_f^- \geq 0$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$
$(\theta_i y_{r0}) \times g = (\phi_f b_{v0}) \times h$ (4)	
<p>m = girdi sayısı</p> <p>s = çıktı sayısı</p> <p>x = girdi</p> <p>y = çıktı</p> <p>n = karar birimi sayısı</p> <p>s_i^- = girdi artığı</p> <p>$g = \theta$ modelinin eşitlik çarpanı</p> <p>$i = 1, 2, \dots, m$</p> <p>$r = 1, 2, \dots, s$</p> <p>$j = 1, 2, \dots, n$</p>	<p>k = girdi sayısı</p> <p>u = çıktı sayısı</p> <p>p = girdi</p> <p>b = çıktı</p> <p>n = karar birimi sayısı</p> <p>c_f^- = girdi artığı</p> <p>$h = \phi$ modelinin eşitlik çarpanı</p> <p>$f = 1, 2, \dots, k$</p> <p>$v = 1, 2, \dots, u$</p> <p>$j = 1, 2, \dots, n$</p>

2.3.3. İlişkisel Veri Zarflama Analizi Yaklaşımının Kısıtları

Çok amaçlı etkinlik ölçümlerinde, değerlendirmeye alınan amaçların farklı girdi/çıkıtı yönelimli olmaları durumunda, amaç modelinin aynı zamanda hem minimum hem de maksimum olarak ifade edilemeyeceği için, ilişkisel etkinlik ölçümü yapmak mümkün olmayacaktır. Bu nedenle R-DEA, ancak ve ancak değerlendirilen tüm modellerin aynı

girdi/çıktı yönelimine sahip olmaları durumunda kullanılabilir. Aksi halde R-DEA kullanılamaz. Bu kısıttan ötürü, R-DEA yaklaşımının uygulanacağı çalışmalarda farklı amaçların aynı girdi/çıktı yönelimli olmalarına dikkat edilmelidir.

BÖLÜM 3: SAKARYA BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ OTOBÜS İŞLETMESİNDE BİR ETKİNLİK ÖLÇÜM UYGULAMASI

Araştırmanın operasyonalize edileceği bu bölümde, öncelikle araştırmanın amacı ve kapsamı tanımlanacaktır. Araştırmanın temel amaçları ve kapsamı hakkında bilgi verildikten sonra, bu amaca ulaşmak için kullanılacak modelin seçimi, verilerin toplanması, performans ölçümü için kullanılacak girdi ve çıktı metriklerinin belirlenmesi gibi konular ele alınacaktır. Bir sonraki aşamada, Sakarya Büyükşehir Belediyesi Otobüs İşletmesi'ne ait otobüs hatlarının operasyonel etkinlikleri ve hizmet etkililikleri veri zarflama analizi ile ayrı ayrı ölçülecek ve her bir hattın performansları değerlendirilecektir. Daha sonra ise, operasyonel etkinliğin ve hizmet etkililiğinin birbirinden bağımsız bir şekilde değerlendirilmesinin neden olduğu problemler tespit edilecek ve mevcut modelin kısıtları vurgulanacaktır. Bu problemlerin ortadan kaldırılması amacıyla, aynı veri setine bu tez çalışması kapsamında geliştirilen ilişkiyel veri zarflama analizi uygulanacak ve analiz sonuçları tartışılacaktır.

3.1. Araştırmanın Yöntemi

Araştırmanın yönteminin ortaya konacağı bu bölümde araştırmanın amacı, kapsamı, ve analiz modeli hakkında bilgi verilecek, analizlerde kullanılacak girdi ve çıktılar tanımlanacaktır.

3.1.1. Araştırmanın Amacı

Çok amaçlı etkinlik ölçümlerinde, değerlendirilen farklı performans boyutlarına ait girdi ve çıktılar birbirleri ile ilişkili olması durumunda etkin olmayan karar birimleri için belirlenen girdi ve çıktı hedefleri arasında uyumsuzluklar ortaya çıkmaktadır. Bu tezin amacı, çok amaçlı etkinlik ölçümlerinde karar birimleri için girdi ve çıktı hedefleri belirleme aşamasında meydana gelebilecek muhtemel çelişkilerin önüne geçmek ve karar birimleri için birbirleri ile çelişmeyen ve uygulanabilir girdi ve çıktı hedefleri belirlemektir. Bunu yapabilmek için, veri zarflama analizi temelli ilişkiyel bir yaklaşım geliştirilecektir. Geliştirilecek bu yaklaşım, karar birimleri için birbirleri ile çelişmeyen ve uygulanabilir girdi ve çıktı hedeflerinin belirlenmesinde kullanılacaktır.

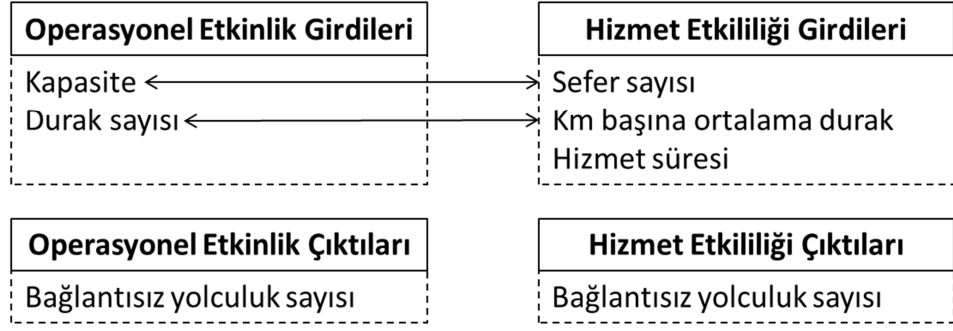
Önerilen ilişkisel veri zarflama analizi yaklaşımı, farklı performans boyutlarının girdi ve çıktıları arasındaki ilişkileri tanımlamayı, formüle etmeyi ve etkinlik ölçüm modeline entegre etmeyi önermektedir. Böylelikle farklı modellerin birbirlerinden bağımsız bir şekilde değerlendirilmesinin ve aralarındaki ilişkilerin göz ardı edilmesinin önüne geçilerek, etkin olmadığı belirlenen karar birimleri için birbiri ile çelişmeyen ve uygulanabilir girdi ve çıktı hedefleri belirlenmesi amaçlanmaktadır.

3.1.2. Araştırmanın Kapsamı

Araştırma kapsamında önerilen ilişkisel veri zarflama analizi yaklaşımı şehir içi yolcu taşımacılığı yapan Sakarya Büyükşehir Belediyesi Otobüs İşletmesi (SBBOİ) üzerinde uygulanmıştır. SBBOİ, Adapazarı şehir merkezi içerisinde toplam otuz hat ile hizmet vermekte olup, 2012 yılında yaklaşık 7.300.000 yolculuk hizmeti sunmuştur.

Birden çok performans boyutunun birlikte değerlendirileceği bu çalışmada, SBBOİ'nin şehir içi yolcu taşıma hatlarına ilişkin iki farklı performans boyutu belirlenmiştir. Bunlar operasyonel etkinlik (θ) ve hizmet etkililiğidir (\emptyset). Bu çalışmada operasyonel etkinlik, belirli bir bağlantısız yolculuk sayısını elde etmek için kullanılan fiziksel kaynakları (yani kapasite ve durak sayısını) en aza indirmeyi ifade etmektedir. Diğer yandan hizmet etkililiği ise, belirli bir bağlantısız yolculuk sayısını elde etmek için sunulan hizmet seviyesini (sefer sayısı, hizmet süresi ve km. başına ortalama durak sayısı) azaltmak anlamına gelmektedir.

Araştırmada, operasyonel etkinlik ile hizmet etkililiği modellerinde yer alan bazı girdiler arasında çift yönlü ilişkiler bulunduğu tespit edilmiştir. Girdiler arasındaki çift yönlü ilişkiler, Şekil 24'te oklarla gösterilmiştir. Bu oklar, birbirleri ile ilişkili olan ve birbirini etkileme gücüne sahip girdileri göstermektedir. Buna göre kapasite ile sefer sayısı ve durak sayısı ile km başına düşen ortalama durak sayısı arasında bir ilişki bulunmaktadır.



Şekil 24. Performans Boyutları

3.1.3. Araştırmanın Metodolojisi

Araştırmanın metodolojisi başlığı altında sırasıyla araştırma modelinin seçimi, verilerin toplanması, operasyonel etkinlik ve hizmet etkililiği modellerinde kullanılacak girdi ve çıktı değişkenlerinin belirlenmesi konuları ele alınacaktır.

3.1.3.1. Model Seçimi

Uygulamada en sık kullanılan VZA modeli, Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından geliştirilen orijinal ölçeğe sabit getirili radyal VZA modelidir. Bu çalışmada ise otobüs hatlarının operasyonel etkinliklerini ve hizmet etkililiklerini karşılaştırmalı olarak ölçmek amacıyla radyal olmayan VZA modeli kullanılmıştır. Etkinlik ölçüm modeli olarak radyal olmayan VZA'nın tercih edilme sebepleri şunlardır;

- Radyal model, etkin olmayan tüm girdi/çıktı değişkenleri için aynı oranda bir azalma öngörmektedir. Bu çalışmada, farklı modellerdeki girdilerin birbirleri ile ilişkili olmasından ötürü, sadece ilişkili girdilerin aynı oranda düşürülmesi ve ilişkili olmayan girdilerin ise diğerlerinden bağımsız olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Bunun radyal modellerde sağlanması mümkün olmadığı için radyal olmayan model tercih edilmiştir.
- Girdi yönelimli radyal olmayan modellerde girdi artıkları, çıktı yönelimli radyal olmayan modellerde ise çıktı artıkları bulunmamaktadır (Zhu, 2009). Böylelikle birbirleri ile ilişkili girdilerin aynı oranda azaltılmaları sonucunda ortaya çıkabilecek muhtemel çelişkilerin önüne geçilebilecektir.

VZA modellerinin tümünde olduğu gibi radyal olmayan VZA modeli de girdi ve çıktı yönelimli olmak üzere iki şekilde modellenebilir. Girdi yönelimli modeller karar

birimlerinin mevcut çıktı miktarlarını üretebilmek için girdilerini etkin kullanıp kullanmadıkları ile ilgilenir. Bunun için çıktı miktarları sabit tutulur ve her bir birim için karşılaştırmalı olarak girdi hedefleri belirlenir. Çıktı yönelimli modeller ise karar birimlerinin mevcut girdi miktarları ile yeterli derecede çıktı üretip üretmedikleri ile ilgilidir. Bu modelde girdi miktarları sabit tutularak, her bir karar biriminin etkin olabilmesi için çıktılarını ne kadar artırması gerektiği karşılaştırmalı olarak belirlenir. Bir kamu kurumu olan SBBOİ'nin, hatlarda taşıdığı toplam yolcu miktarları için kaynaklarını etkin bir şekilde kullanılıp kullanmadığının araştırılacağı bu çalışmada girdi yönelimli etkinlik ölçüm modeli tercih edilmiştir.

Araştırma modelinin belirlenmesi aşamasında karar verilmesi gereken son konu ise, modelin ölçeğe getiri varsayımının ne olacağı ile ilgilidir. Bu çalışmada ölçeğe değişken getiri yaklaşımı tercih edilmiştir. Daha önce de belirtildiği gibi VRS varsayımı, en üretken ölçek büyüklüğündeki ortalama üretkenliğin diğer ölçeklerde geçerli olmayacağı olasılığını dikkate alır (Banker vd. 1984). Bu yönüyle VRS, etkinlik ölçümünde ölçek etkinliğini dikkate almaz ve karar birimlerinin sadece saf teknik etkinliklerini ölçer. Hat ölçekleri arasında büyük farklılıkların olduğu bu çalışmada, ölçek farklarının analiz sonuçlarını etkilemesini engellemek amacıyla VRS tercih edilmiştir.

3.1.3.2. Verilerin Toplanması

Sakarya Büyükşehir Belediyesi Otobüs İşletmeleri'nin etkinliği ve etkililiği, hat performansları bağlamında ölçülmüş ve değerlendirilmiştir. Araştırmada performansı değerlendirilen hatlara ilişkin kapasite, bağlantısız yolculuk sayısı, sefer sayısı ve hizmet süresi verileri Sakarya Büyükşehir Belediyesi Otobüs İşletmeleri'nden temin edilmiştir. Durak sayısı ve km başına düşen ortalama durak sayısı verileri ise saha araştırması neticesinde toplanmıştır. Veri seti 2012 yılına ait olup, operasyonel etkinlik ve hizmet etkililiği ile ilgili verileri içermektedir.

Veri zarflama analizi ile elde edilen sonuçların anlamlı olabilmesi için, karar birimlerinin homojen olması gerekmektedir. Homojen bir karar birimleri setinde şu özellikler aranır (Golany ve Roll, 1989);

- Değerlendirmeye alınan karar birimlerinin aynı görevleri yerine getirmesi ve aynı amaçları paylaşması,

- Tüm karar birimlerinin aynı pazar koşulları altında faaliyet göstermesi,
- Karar birimlerinin performanslarını belirleyen tüm faktörlerin (hem girdilerin hem de çıktılarının) özdeş olması. Ancak bu faktörlerin miktarları değişkenlik gösterebilir.

Performansları ölçülen ve değerlendirilen hatlar aynı girdileri kullanmakta ve aynı çıktıları üretmektedirler. Dahası, bu hatlar benzer koşullarda faaliyet göstermektedirler. Bu yönüyle hatların homojen oldukları ve karşılaştırmalı etkinlik analizine uygun oldukları söylenebilir.

3.1.3.3. Modelde Kullanılacak Girdilerin Belirlenmesi

Şehir içi yolcu taşımacılığı yapan kurumların etkinliklerinin ölçüldüğü çalışmalarda kullanılan girdilerin detaylı olarak değerlendirildiği 1.3.3. bölümde, en yaygın olarak kullanılan girdilerin çalışan sayısı (işgücü), araç sayısı (sermaye) ve yakıt miktarı (enerji) olduğu belirtilmişti. Bunların haricinde hat uzunluğu, durak sayısı, servis sıklığı, yolculuk süresi ve maliyete dayalı bazı girdilerin de kullanıldığı vurgulanmıştı. Belirtilen bu girdilerden hangilerinin kullanılması gerektiği, işletmenin ve karar vericilerin amaçlarına göre değişkenlik göstermektedir.

Bu araştırmada operasyonel etkinlik ve hizmet etkililiği olmak üzere iki farklı model kurulacaktır. Operasyonel etkinlik modeli için iki girdi belirlenmiştir. Bunlar kapasite ve durak sayısıdır.

- *Kapasite:* Bir hattın bir gün içerisindeki seferlerinde toplam kaç yolcu kapasitesi ile hizmet verdiğini ifade eder. Bu sayıya ayakta ve koltukta olmak üzere tüm yerler dâhil edilmiştir. Kapasite, hatta hizmet veren otobüslerin yolcu taşıma kapasiteleri ile sefer sayılarının çarpılması ile elde edilir. Örneğin bir hatta 74'ü ayakta ve 30'u koltukta olmak üzere toplam 104 yolcu kapasiteli bir otobüs hizmet veriyorsa ve bu hatta toplam 10 sefer yapıyorsa, bu hattın toplam kapasitesi 1040 olarak belirlenecektir.
- *Durak sayısı:* Bir hattın gidiş – dönüş güzergâhı üzerinde bulunan toplam durak sayısını ifade eder. Duraklar, belediye tarafından bir durak işareti ile belirlenmiş olmalıdır. Otobüslerin durak haricinde durdukları ve yolcu indirip – bindirdikleri yerler bu sayıya dâhil edilmemiştir.

Literatürdeki diğer çalışmaların aksine, bu çalışmada otobüs sayısının alınması doğru bulunmamıştır. Çünkü otobüs sayısı gerçek durumu yansıtmamaktadır. Bir otobüs 66 kişilik olabileceği gibi 150 kişilik de olabilir. Böyle bir durumda, her iki otobüsü 1 olarak almak (yani eşit olarak değerlendirmek), aralarındaki kapasite farkının gözden kaçırılmasına neden olacaktır. Diğer yandan, sadece tek bir otobüsle faaliyet gösteren hatlar mevcuttur. Böyle bir hattın etkin olmaması durumunda VZA, otobüs sayısının azaltılmasını tavsiye edecektir. Otobüs sayısının zaten minimum seviyede olduğu göz önüne alınırsa, VZA sonuçları bu hat için anlamlı olmayacaktır. Oysa etkinlik ölçüm modeline araç sayısının yerine hat kapasitesinin alınması durumunda, karar vericiler, ya otobüs büyüklüğünü ya da sıklığı azaltmak suretiyle etkin olmayan hatların kapasitesini istenen seviyeye çekebilirler. Dolayısıyla gün içerisindeki toplam yolcu kapasitesi, karar vericiler için daha doğru ve uygulanabilir sonuçlar verecektir.

Hat üzerindeki durak sayılarını yolcu sayısına göre dengelemek amacıyla “durak sayısı” girdisi modele dâhil edilmiştir. Diğer yandan, etkinlik ölçüm modellerinde sık kullanılan bir diğer girdi olan çalışan sayısı, otobüs sayısına eşit olduğu için alınmamıştır. Yakıt miktarı da, kapasite ile yüksek korelasyona sahiptir (0,8). Kapasite bir kere belirlendikten sonra, hem işgücü hem de yakıt miktarı kapasiteye bağlı olarak belirlenebilecektir. Bu çalışmada operasyonel etkinliğin ölçülmesi için kullanılan girdilerin istatistiki özeti Tablo 3’te gösterilmiştir.

Tablo 3
Operasyonel Etkinlik Girdilerinin İstatistiki Özeti

	Kapasite (x_k)	Durak (x_d)
Ortalama	2124,20	63,17
Ortanca	1.723	59
Standart Sapma	1.579	22
Minimum	528	35
Maksimum	8.070	133

Hizmet etkililiğini ölçmek için ise farklı girdiler belirlenmiştir. Literatürde, hizmet etkililiği ve hizmet seviyesi ile ilgili çeşitli girdilerin modele dâhil edildikleri görülmektedir. Bu girdilere ilişkin detaylı bilgiye ve tartışmaya 1.8.3. bölümde yer verilmiştir. Ancak özetlemek gerekirse, Soteriou ve Stavrinides (2000), hizmet kalitesinin

belirleyicileri olan personel eğitimi gibi değişkenlerin girdi setine dâhil edilebileceğini belirtmişlerdir. Böylelikle hizmet aralığı (Barnum vd., 2008; Hahn vd., 2009; Lao ve Liu, 2009), ortalama sıklık, maksimum sıklık, zamanlama performansı (Barnum vd., 2008) ve km başına düşen durak sayısı (Sanchez, 2009) gibi değişkenlerin hizmet etkililiğini ölçmek amacıyla etkinlik ölçüm modellerine dahil edildiği görülmektedir.

Bu çalışmada, SBBOİ'nin hizmet etkililiğinin ölçülmesi amacıyla üç girdi belirlenmiştir; sefer sayısı, km. başına düşen durak sayısı ve hizmet süresi.

- *Sefer sayısı:* Bir hattın bir günde toplam kaç sefer yaptığını ifade eder. Sefer sayısı, bir hizmet ölçütü olduğu gibi, hattın toplam yolcu taşıma kapasitesi üzerinde de önemli bir rolü vardır.
- *Km. başına düşen durak sayısı:* Bir hattın gidiş – dönüş güzergâhı boyunca km. başına düşen ortalama durak sayısıdır. Bu girdi, Sanchez'in (2009) belirttiği gibi hizmete erişim seviyesini göstermektedir. Km. başına düşen durak sayısı, toplam durak sayısının toplam hat uzunluğuna bölünmesi ile elde edilmektedir.
- *Hizmet süresi:* Bir hattın bir gün içerisinde toplam kaç saat hizmet verdiğini göstermektedir. Hizmet süresi, bu çalışmada dakika olarak hesaplanmıştır.

Sefer sayısı, km. başına düşen durak sayısı ve hizmet süresine ilişkin istatistiki bilgiler Tablo 4'de gösterilmiştir.

Tablo 4
Hizmet Etkililiği Girdilerinin İstatistiki Özeti

	Sefer Sayısı (x_s)	Km. Durak (x_d')	Hizmet Süresi (x_h)
Ortalama	25,77	2,39	941,33
Ortanca	24	2	993
Standart Sapma	13,13	0,74	131,69
Minimum	8	1	585
Maksimum	63	5	1.230

3.1.3.4. Modelde Kullanılacak Çıktıların Belirlenmesi

Yolcu taşımacılığı yapan işletmelerin etkinlik ölçümlerinde çıktılar, işletmenin amaçlarına göre belirlenir. İşletmenin faaliyet gösterdiği sosyal, politik ve düzenleyici

çevre bu amaçlar üzerinde etkilidir. Nitekim literatürde şehir içi yolcu taşımacılığı firmalarının çıktılarının hangileri olması hususunda bir görüş birliği bulunmamaktadır (De Borger ve Kerstens, 2000). Yolcu taşımacılığı hizmetini sunan işletme özel bir kurum ise, gelir ve kârlılık gibi çıktılar ön plana çıkarken, kamu kurumları tarafından işletilen ve sübvans edilen bir yolcu taşımacılığı sisteminde ise temel amaç taşınan yolcu sayısını maksimize etmek olmalıdır (Talley ve Anderson, 1981). Bu durumda etkinlik ve etkililik modelleri, yolcu sayısını esas alarak kurulmalıdır.

Bir kamu işletmesi olan SBBOİ'nin operasyonel etkinliğinin ve hizmet etkililiğinin ölçüldüğü bu çalışmada, hem operasyonel etkinlik hem de hizmet etkililiği modelleri için "bağlantısız yolculuk sayısı" tek ve aynı çıktı olarak belirlenmiştir. Bağlantısız yolculuk sayısı, otobüs işletmelerinin etkinlik ölçüm modellerinde sıklıkla kullanılan bir çıktı olup (Viton, 1998; Nakanishi ve Newsworthy, 2000; Boile, 2001; Barnum vd. 2008), bir taşıma aracında ücret türüne ve aktarmalara bağlı kalmaksızın yapılan her türlü yolculuğu kapsamaktadır (APTA). Bu tanıma göre, bir noktadan diğerine tek bir araçla giden yolcu bir bağlantısız yolculuk yapmış olurken, iki araç kullanmış ise yani aktarma yapmışsa iki bağlantısız yolculuk yapmış olacaktır.

Lao ve Liu'nun (2009) belirttiği gibi yolcu sayısı, gelirle doğru orantılı olduğu için operasyonel etkinlik için uygun bir çıktıdır. Bir şehir içi yolcu taşımacılığı şirketi, yolcu sayısını arttırarak gelirini de arttırabilir. Diğer yandan yolcu sayısı, kullanılan hizmet sayısını da verdiği için etkililik çalışmalarında da kullanılabilir. Dolayısıyla, Lao ve Liu'nun (2009) vurguladığı gibi yolcu sayısı, hem operasyonel etkinlik hem de hizmet etkililiği için ideal bir çıktıdır. Bu çalışmada yolcu sayısı, günlük ortalama taşınan yolcu sayısı olarak modele dâhil edilmiş olup, yolcu sayısına ilişkin istatistikî bilgiler Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5
Analizlerde Kullanılacak Çıktının İstatistikî Özeti

	Yolcu (y_0)
Ortalama	798,06
Ortanca	647
Standart Sapma	617
Minimum	159
Maksimum	2.768

3.2. Hat Performanslarının Veri Zarflama Analizi ile Ölçülmesi

Bu bölümde, SBBOİ'ye bağlı otobüs hatlarının operasyonel etkinlikleri (θ) ve hizmet etkililikleri (\emptyset), girdileri arasındaki ilişkiler göz ardı edilerek ayrı ayrı ölçülecektir. Bir sonraki aşamada ise θ ve \emptyset modellerinin birbirlerinden bağımsız bir şekilde ve aralarındaki ilişkilerin göz ardı edilerek ölçülmeleri durumunda karar vericilerin ne gibi muhtemel problemlerle ve tutarsızlıklarla karşılaşacakları ortaya konacaktır.

3.2.1. Operasyonel Etkinliğin Veri Zarflama Analizi ile Ölçülmesi

Operasyonel etkinlik analizi, otuz hat içerisinde sadece sekiz tanesinin operasyonel anlamda etkin çalıştığını, diğer yirmi iki hattın ise görece etkin çalışmadığını göstermiştir. Operasyonel etkin hatlar #6, #7, #12, #14, #15, #24/H, #24/K ve #26'dır. Öte yandan #21/B, 0,481 (%48,1) skoru ile en düşük operasyonel performansı sergileyen hat olmuştur. Otuz hattın ortalama operasyonel etkinlik skorunun 0,801 (yani %80,1) olduğu belirlenmiştir.

Ortalama operasyonel etkinlik skoruna göre ($\hat{\theta}$) SBBOİ, operasyonel kaynaklarını yaklaşık %20 oranında azaltma imkânına sahiptir. Ancak hat etkinliklerinin değerlendirildiği model radyal bir model olmadığı için, azaltılması gereken bu %20'lik oran, kaynaklar arasında eşit bir şekilde dağılmamaktadır. Yani hem kapasite hem de durak sayısı %20 oranında azaltılmayacaktır. Tablo 6'dan görüleceği gibi, ortalama kapasite etkinliği 0,768 (yani %76,8) olarak belirlenirken, ortalama durak etkinliği ise 0,834 (yani %83,4) olarak belirlenmiştir. Bu durumda toplam kapasitenin %23,2, toplam durak sayısının ise %16,6 oranında azaltılması gerekmektedir. Dikkat edileceği gibi her iki kaynağın azalma hedeflerinin ortalaması yaklaşık %20'ye karşılık gelmektedir.

Kapasite performansını gösteren θ_k skorları incelendiğinde, toplam dokuz hattın kapasite etkin olduğu belirlenmiştir. #21/H, genel ortalama etkinlik ($\hat{\theta}$) bağlamında etkin değilse de, kapasitesini etkin bir şekilde kullanmaktadır. Tablo 6'dan görüleceği gibi #21/H no'lu hattın $\hat{\theta}$ etkinliğinin düşük olmasının sebebi, durak etkinliğinin 0,744 olmasından kaynaklanmaktadır. Diğer yandan #20/A, 0,367 skoru ile en düşük θ_k puanına sahip hat olarak belirlenmiştir. Bu sonuca göre #20/A'nın kapasite anlamında etkin olabilmesi için, toplam kapasitesini %63,3 oranında yani 1782'den 653'e düşürmesi gerekmektedir. Diğer hatların girdi hedefleri Tablo 6'da gösterilmiştir. Dikkat edileceği gibi, θ_k anlamında

etkin olduğu belirlenen dokuz hattın kapasite miktarlarında herhangi bir değişiklik öngörülmemiştir. Bununla beraber, etkin olmayan hatların kapasite hedeflerinde %63,3'lere varan kaynak tasarrufları önerilmiştir.

Operasyonel etkinlik kapsamında ele alınacak diğer performans boyutu durak sayılarıdır (θ_d). Değerlendirmeye alınan hatların θ_d skorları incelendiğinde toplam on hattın etkin olduğu belirlenmiştir. #2 ve #20 no'lu hatlar genel ortalama etkinlik skoruna göre etkin olmamakla beraber, θ_d bağlamında etkindirler. Bu hatların durak sayıları etkin bir seviyede ise de, kapasitelerini etkinsiz kullandıkları için $\hat{\theta}$ skorları 1'in altında kalmıştır (sırasıyla 0,840 ve 0,911). #21/B, 0,433'lük skoru ile en düşük durak etkinliğine sahip hattır. Bu hattın etkin olabilmesi için, toplam durak sayısını %56,7 oranında azaltarak 57,6 seviyesine indirmelidir. Hatırlanacağı gibi #21/B hattının en düşük genel etkinlik skoruna sahip olduğu belirtilmişti. Tablo 6'dan da görüleceği gibi, bu hattın etkinsizliğinin en büyük sebebi durak sayılarının fazlalığından kaynaklanmaktadır. Diğer hatlara ilişkin θ_d skorları ve durak hedefleri için Tablo 6 incelenmelidir.

Tablo 6
Operasyonel Etkinlik Skorları ve Hedefleri

HAT NO	Skorlar			Hedefler	
	$\hat{\theta}$	θ_k	θ_d	k	d
#2	0,840	0,681	1,000	1482,805	48,000
#3	0,758	0,596	0,919	1611,226	57,000
#4	0,740	0,666	0,815	1670,185	74,973
#5	0,880	0,790	0,970	938,404	42,694
#6	1,000	1,000	1,000	990,000	41,000
#7	1,000	1,000	1,000	1518,000	57,000
#9	0,787	0,708	0,865	841,661	45,870
#10	0,773	0,941	0,604	931,954	42,906
#12	1,000	1,000	1,000	594,000	54,000
#14	1,000	1,000	1,000	1188,000	35,000
#15	1,000	1,000	1,000	5826,000	57,000
#17	0,657	0,673	0,640	1065,824	44,825
#18	0,741	0,660	0,821	1046,088	42,700
#19	0,756	0,638	0,874	1305,478	42,832
#19/K	0,804	0,717	0,891	2013,567	57,000
#20	0,911	0,822	1,000	868,154	45,000
#20/A	0,517	0,367	0,667	653,336	52,052
#21/A	0,502	0,528	0,475	1373,670	60,354
#21/B	0,481	0,528	0,433	1319,076	57,600
#21/H	0,872	1,000	0,744	924,000	44,624
#22/A	0,699	0,570	0,827	1166,000	46,333
#22/B	0,708	0,599	0,816	1225,956	48,150
#23	0,813	0,886	0,740	818,443	46,632
#24	0,745	0,872	0,617	3175,027	44,425
#24/H	1,000	1,000	1,000	528,000	69,000
#24/K	1,000	1,000	1,000	1664,000	75,000
#26	1,000	1,000	1,000	8070,000	41,000
#27	0,872	0,784	0,961	775,876	48,029
#28	0,524	0,421	0,627	1610,729	37,005
#29	0,652	0,582	0,722	1301,936	42,596
ORT.	0,801	0,768	0,834		

$\hat{\theta}$: Ortalama operasyonel etkinlik skoru

θ_k : Kapasite etkinliği skoru

θ_d : Durak etkinliği skoru

k : Kapasite hedefi

d : Durak hedefi

3.2.2. Hizmet Etkililiğinin Veri Zarflama Analizi ile Ölçülmesi

Hizmet etkililiği analizi, otuz otobüs hattının yalnızca altı tanesinin etkili bir şekilde faaliyet gösterdiğini, diğer yirmi dört hattın ise yeterli performans seviyesine ulaşamadığını göstermiştir. #12, #15, #21/H, #24/H, #24/K ve #26, hizmet etkili hatlardır. #28 ise 0,484 ile en düşük ortalama hizmet etkililiği ($\hat{\Phi}$) performansını sergilemiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, ortalama hizmet etkililiği skorunun 0,737 (yani %73,7) olduğu belirlenmiştir. Buna göre, hizmet girdilerinin ortalama %26,3 oranında azaltılması mümkündür.

Ancak bu sonuç, üç hizmet girdisinin de aynı oranda azalacağı anlamına gelmemektedir. Hangi girdinin ne oranda azalacağını anlayabilmek için Tablo 7'deki Φ_s , $\Phi_{d'}$ ve Φ_h skorlarına bakmak gerekir. Tabloya göre ortalama sefer sayısı etkililiği %57,6, ortalama km. durak etkililiği %81,0 ve ortalama hizmet süresi etkililiği ise %82,5 olarak hesaplanmıştır. Buna göre toplam sıklığın %42,4, km. başına düşen ortalama durak sayısının %19,0 ve son olarak toplam hizmet süresinin %17,5 oranında azalması önerilmiştir. Her üç hizmet etkililiği girdisinin ortalama tasarruf oranı da %26,3 olarak hesaplanmaktadır.

Φ_s , $\Phi_{d'}$ ve Φ_h skorlarının $\hat{\Phi}$ skorundan ayrı olarak incelenmesi, hizmet etkililiğinin düşük çıkmasının ardındaki nedenlerin ortaya konabilmesi açısından önemlidir. SBBOİ'ne bağlı otobüs hatları Φ_h ve $\Phi_{d'}$ bağlamında görece yüksek bir performans sergilerken (sırasıyla 0,825 ve 0,810), Φ_s kriterinin performansının çok düşük bir seviyede çıkması nedeniyle (0,576) ortalama hizmet etkililiği skoru 0,737 olarak belirlenmiştir. Böylelikle hizmet etkililiği skorunun düşük çıkmasının ardındaki en önemli nedenin, hatlardaki sefer sayılarının fazla olmasından kaynaklandığı ortaya konmuştur.

Hizmet girdilerinden birisi olan sefer sayısı, tüm hizmet etkililiği skorları içerisinde en düşük ortalamaya sahip girdidir (0,576). Dolayısıyla $\hat{\Phi}$ skorunun düşük çıkmasının en büyük nedeni Φ_s 'den kaynaklanmaktadır. #28, 0,189 skoru ile en düşük Φ_s performansını sergilemiştir. Bu hattın sefer sayısı bakımından etkili olabilmesi için, gün içerisindeki toplam sefer sayısını %81,1 azaltarak 58'den 11'e düşürmesi gerekmektedir.

$\Phi_{d'}$, ortalama etkililik skoru bakımından Φ_h 'den sonra gelmektedir. Toplam yedi hattın km. durak anlamında etkili olduğu belirlenmiştir. $\hat{\Phi}$ anlamında etkili olan hatlara ek

olarak #22/A km. durak sayısı bakımında etkilidir. #22/A'nın ortalama hizmet etkililiğinin düşük çıkmasının sebebi \emptyset_h ve \emptyset_s performanslarının düşük olmasıdır (sırasıyla 0,777 ve 0,358). Km. durak skoru bakımından en düşük performansı ise 0,381 puanla #10 göstermiştir. #10 no'lu hattın $\emptyset_{d'}$ etkili olabilmesi için, km. başına düşen ortalama durak sayısını 5,070'den 1,931'e düşürmesi gerekmektedir.

Hizmet etkililiği kapsamında değerlendirilecek son performans boyutu ise hizmet süresidir. \emptyset_h , en yüksek ortalama performansa sahip girdidir (0,825). \emptyset_h performansları incelendiğinde, toplam yedi hattın etkili olduğu görülmüştür. $\widehat{\emptyset}$ anlamında etkili olan hatlara ek olarak #7 de hizmet süresi bakımında etkilidir. #7 no'lu hattın süre bakımından etkili olmasına karşın genel etkililik skorunun düşük olmasının sebebi ise, km. durak ve sefer sayısı performanslarının düşük olmasından kaynaklanmaktadır (sırasıyla 0,684 ve 0,594). #28 no'lu hat, süre bakımından en düşük puanı almıştır (0,602). Bu hattın süre bakımından etkili olabilmesi için, toplam hizmet süresini 1230 dakikadan 740 dakikaya düşürmesi gerekmektedir. Diğer hatlara ilişkin girdi hedefleri de Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7
Hizmet Etkililiği Skorları ve Hedefleri

HAT NO	Skorlar				Hedefler		
	$\hat{\phi}$	ϕ_s	$\phi_{d'}$	ϕ_h	s	d'	h
#2	0,680	0,367	0,809	0,862	12,124	1,758	801,534
#3	0,656	0,530	0,592	0,846	13,774	1,661	888,148
#4	0,663	0,422	0,581	0,985	16,051	1,532	1005,015
#5	0,719	0,512	0,999	0,646	9,219	1,928	649,002
#6	0,787	0,634	0,921	0,805	9,511	1,911	664,332
#7	0,759	0,594	0,684	1,000	13,657	1,688	870,000
#9	0,527	0,482	0,473	0,627	8,672	1,961	620,259
#10	0,582	0,612	0,381	0,752	9,183	1,931	647,086
#12	1,000	1,000	1,000	1,000	9,000	1,333	935,000
#14	0,725	0,523	0,888	0,762	9,416	1,917	659,350
#15	1,000	1,000	1,000	1,000	50,000	2,533	1015,000
#17	0,627	0,427	0,633	0,822	10,241	1,869	702,657
#18	0,647	0,414	0,853	0,673	9,934	1,886	686,560
#19	0,617	0,351	0,710	0,791	10,869	1,832	735,616
#19/K	0,699	0,554	0,629	0,914	14,971	1,591	951,001
#20	0,649	0,523	0,741	0,683	8,372	1,978	604,546
#20/A	0,551	0,296	0,656	0,701	8,000	2,000	585,000
#21/A	0,691	0,528	0,734	0,810	13,205	1,695	858,255
#21/B	0,679	0,528	0,714	0,795	12,679	1,725	830,661
#21/H	1,000	1,000	1,000	1,000	14,000	1,840	600,000
#22/A	0,711	0,358	1,000	0,777	11,083	1,734	788,618
#22/B	0,747	0,364	0,989	0,886	11,292	1,807	757,844
#23	0,720	0,610	0,953	0,598	8,540	1,968	613,360
#24	0,779	0,519	0,850	0,967	18,163	1,594	1005,636
#24/H	1,000	1,000	1,000	1,000	8,000	2,000	585,000
#24/K	1,000	1,000	1,000	1,000	16,000	1,531	1005,000
#26	1,000	1,000	1,000	1,000	63,000	1,981	1015,000
#27	0,729	0,553	0,920	0,715	8,299	1,982	600,713
#28	0,484	0,189	0,663	0,602	10,956	1,827	740,215
#29	0,686	0,401	0,919	0,737	10,825	1,834	733,316
ORT.	0,737	0,576	0,810	0,825			

$\hat{\phi}$: Ortalama hizmet etkililiği skoru

ϕ_s : Sefer sayısı etkililiği skoru

$\phi_{d'}$: Km başına düşen durak sayısı etkililiği skoru

ϕ_h : Hizmet süresi etkililiği skoru

s : Sefer sayısı hedefi

d' : Km başına düşen durak sayısı hedefi

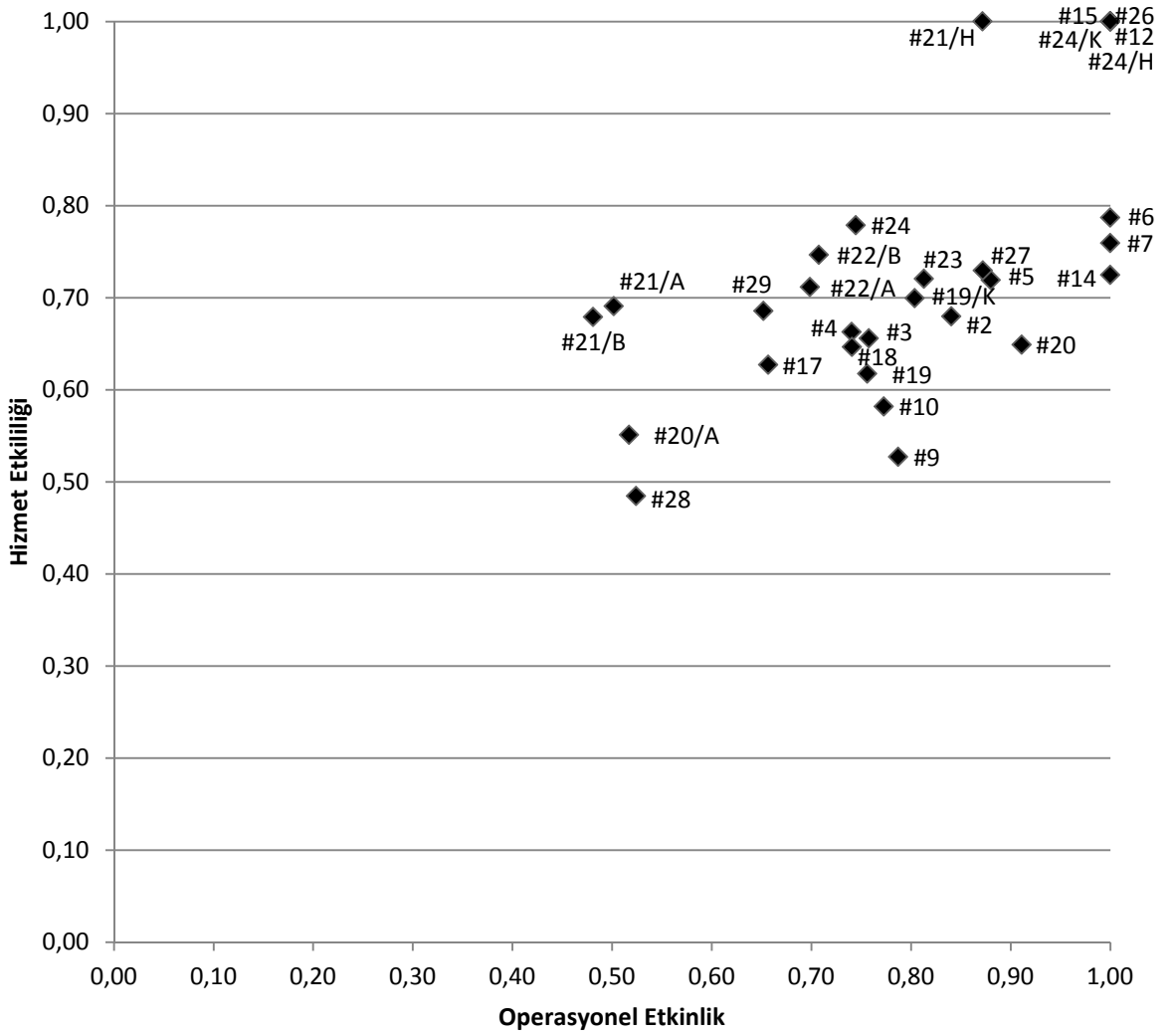
h : Hizmet süresi hedefi

3.2.3. Operasyonel Etkinlik ve Hizmet Etkililiği Skorlarının Karşılaştırılması

Hatların operasyonel etkinlikleri ve hizmet etkililikleri ayrı ayrı incelendikten sonra, bu bölümde her iki performans boyutu birlikte ele alınacak ve karşılaştırılacaktır. Şekil 25'te verilen ikili karşılaştırma grafiği, hatların her iki performans boyutu bağlamında daha sağlıklı bir şekilde değerlendirilmesine imkân sağlayacaktır. Grafikte yukarıya doğru gidildikçe hizmet etkililiği, sağa doğru gidildikçe operasyonel etkinlik artmaktadır. Dolayısıyla grafiğin en sağ üst köşesi her iki performans boyutunda da başarılı olan hatları göstermektedir. Grafiğin en sol alt köşesi ise her iki performans boyutunda da başarısız olan hatları göstermektedir.

Şekil 25 incelendiğinde, hatların her iki performans boyutunda da genel olarak %50 ve üzerinde konumlandığı görülmektedir. #12, #15, #24/H, #24/K ve #26 no'lu hatlar hem operasyonel etkinlik hem de hizmet etkililiği anlamında yüksek bir performans sergilemişlerdir. Dolayısıyla grafiğin sağ üst köşesine yerleşen bu hatların her iki performans skoru da 1'dir.

#6, #7 ve #14 no'lu hatların operasyonel etkinlik skorları 1 olmasına rağmen, hizmet etkililiği skorları düşük olduğu için sağ üst köşede konumlanamamışlardır. Diğer yandan #21/H hattının hizmet etkililiği skoru 1 iken operasyonel etkinlik skoru düşük olduğu için gene sağ üst köşede yer almamıştır. Bununla beraber #28'in en düşük hizmet etkililiği skoruna, #21/B'nin ise en düşük operasyonel etkinlik skoruna sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 25. İkili Karşılaştırma

3.2.4. Veri Zarflama Analizi Sonuçlarında Ortaya Çıkan Çelişkiler

Bu bölümde, SBBOİ'ne bağlı şehir içi yolcu taşıma hatlarının operasyonel etkinliği ve hizmet etkililiği birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, etkin olmayan karar değişkenleri için girdi hedefleri belirlenirken, iki modelin girdileri arasındaki ilişkiler göz ardı edilmiştir. Bu durum, analiz sonuçlarının uygulamaya konulması sırasında bir takım problemlere neden olacaktır.

Bu problemleri basit bir örnek üzerinde şöyle açıklayabiliriz. #X numaralı hattın 20 km'lik hat uzunluğu olduğunu ve bu hat üzerinde toplam 10 adet durağı olduğunu farz edelim. Buna göre #X'in km. başına durak sayısı 0,5 olarak hesaplanacaktır. Bu örnekte

durak sayısı operasyonel etkinlikle, km. başına durak sayısı ise hizmete erişimle ilgili olduğu için hizmet etkililiği ile ilişkilidir. Durak sayısı ile km. başına ortalama durak sayısını aşağıdaki gibi formüle edebiliriz;

$$\text{Km. başına durak sayısı} = \frac{\text{Toplam durak sayısı}}{\text{Hat uzunluğu}}$$

Şimdi, çok amaçlı bir etkinlik ölçüm modelinde, #X'in operasyonel etkinliğinin 0,8, hizmet etkililiğinin ise 1 olarak hesaplandığını farz edelim. Operasyonel etkinliğin 0,8 olması, hattın %20 oranında etkinsiz olduğunu ve bu nedenle durak sayısını %20 oranında azaltılması gerektiğini ifade etmektedir (tabii ki girdi yönelimli bir modelde). Diğer yandan #X, hizmet etkililiği anlamında tam performans sergilemiş ve %100 etkili olduğu belirlenmiştir. Yani kaynaklarını tam olarak kullandığı için, km. başına ortalama durak sayısında herhangi bir azaltmaya gitmemelidir.

Böyle bir durumda, eğer bu işletmenin yöneticisi operasyonel etkinlik modelinin önerisi üzerine #X'in kaynaklarını %20 oranında azaltmaya karar verirse, toplam durak sayısı 10'dan 8'e düşecektir. Buna bağlı olarak km. başına durak sayısı da otomatik olarak 0,4'e düşecektir. Hâlbuki #X'in km. başına durak sayısı 0,5 olup, hizmet etkililiği modeli bu seviyenin düşmemesi gerektiğini belirtmişti. Dolayısıyla bu kurumun yöneticisi, iki farklı modelin iki farklı önerisi arasında ikilemde kalacaktır.

Yukarıda basit bir örnekle açıklanmaya çalışılan problem, SBBOİ üzerinde yapılan çalışmada da kendini göstermektedir. Farklı amaçların girdileri arasındaki ilişkilerin göz ardı edilmesinin neden olabileceği muhtemel çelişkileri basit bir örnekle açıkladıktan sonra, SBBOİ örneğinde ortaya çıkan çelişkileri inceleyebiliriz.

3.2.4.1. Operasyonel Etkinlik Modelinde Ortaya Çıkan Çelişkiler

Operasyonel etkinlik modelinin kapasite ve durak sayısı olmak üzere iki girdisi bulunmaktadır. Radyal olmayan VZA modeli ile yapılan operasyonel etkinlik analizi sonucunda, etkin olmadığı belirlenen her bir hattın kapasiteleri ve durak sayılarına ilişkin hedefler belirlenmiştir. Ancak kapasite ve durak sayıları, hizmet etkililiği girdileri olan sefer sayısı ve km. başına durak sayıları ile ilişkilidir. Dolayısıyla hizmet etkililiği analizi sonucunda belirlenen sefer sayısı ve km. başına durak sayısı hedefleri, kapasite ve durak sayısını etkilemektedir.

3.2.4.1.1. Kapasite Hedeflerinde Ortaya Çıkan Çelişkiler

Bir operasyonel etkinlik girdisi olan kapasite ile bir hizmet etkililiği girdisi olan sefer sayısı arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Sefer sayısı arttıkça kapasite de artmakta, sefer sayısı azaldıkça kapasite de azalmaktadır. Sefer sayısı ile kapasite arasındaki ilişki şu şekilde formüle edilmektedir;

$$x_{ki} = x_{si} \times k'_i \quad 3.1$$

i: *i. karar birimi*

k: *Hattın kapasitesi*

s: *Hattın sıklığı*

k': *Araç kapasitesi*

Hatta farklı kapasitelere sahip farklı tipte araçlar bulunması durumunda ise toplam kapasite şu şekilde hesaplanabilir;

$$x_{ki} = \sum x_{sij} \times k'_{ij} \quad 3.2$$

j: *j. araç tipi*

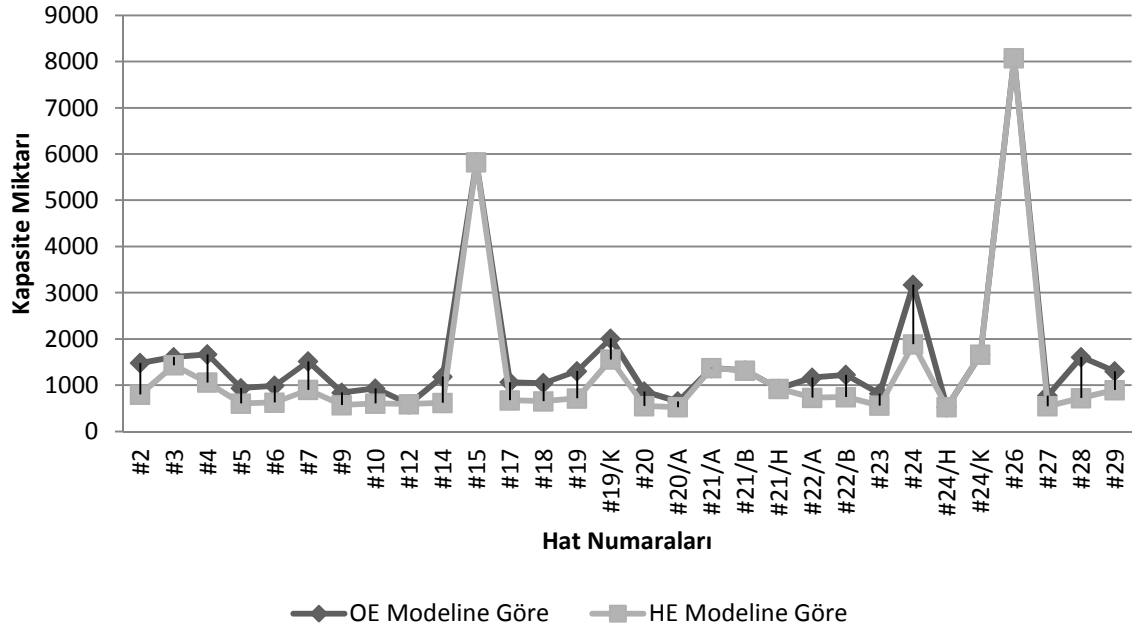
θ ve \emptyset modellerinin birbirlerinden bağımsız bir şekilde ve Formül 3.1 ve Formül 3.2'deki ilişkileri göz ardı ederek değerlendirmeleri sonucunda elde edilen girdi hedefleri Tablo 6 ve Tablo 7'de gösterilmiştir. Kapasite hedeflerinde meydana gelen çelişkileri göstermek amacıyla #2 no'lu hattı örnek alalım.

Operasyonel etkinlik analizine göre, #2'nin kapasite etkinliği (θ_k) 0,681 olarak hesaplanmıştır (Tablo 6). Buna göre #2'nin kapasite etkin olabilmesi için kapasitesinin 2178'den 1482'ye düşürülmesi gerekmektedir. Kapasitenin 1482'ye düşmesi nedeniyle, otobüs kapasitesinin 66 olmasından dolayı, sefer sayısı 22,45 olarak belirlenecektir. Diğer yandan hizmet etkililiği modeline göre #2'nin sefer sayısı etkililiği (\emptyset_s) 0,367 olarak belirlenmiştir (Tablo 7). Bu sonuca göre #2'nin sefer sayısı performansını artırabilmesi için mevcut sefer sayısını 33'ten 12,124'e indirmesi gerekmektedir. Eğer karar verici,

hizmet etkililiği analizi sonuçlarına göre sefer sayısını 12,124'e düşürürse, Formül 3.1'e göre, kapasitesi 800,21 olacaktır.

Görüleceği gibi, farklı performans boyutlarının birbirlerinden bağımsız bir şekilde değerlendirilmeleri sonucunda #2 için iki farklı kapasite hedefi ortaya çıkmaktadır. Operasyonel etkinlik modelinin kapasite hedefi 1482 iken, hizmet etkililiği modelinin kapasite hedefi 800,21 olmaktadır. Bu durum, analiz sonuçlarının uygulanabilirliğini olumsuz yönde etkileyecektir.

#2 için ortaya konan bu çelişki, diğer birçok hat için de geçerlidir. Şekil 26'da koyu renkle gösterilen çizgi, θ modeli sonucunda belirlenen kapasite hedefleridir. Açık renk ile gösterilen çizgi ise, \emptyset modelindeki sefer sayısı hedeflerinin uygulanması durumunda kapasitenin hangi seviyede olacağını ifade etmektedir. Şekilden görüleceği gibi, #12, #15, #12/H, #24/H, #24/K ve #26 no'lu hatlar dışındaki tüm hatlarda kapasite hedeflerinde tutarsızlıklar ortaya çıkmıştır. #12, #15, #12/H, #24/H, #24/K ve #26 no'lu hatlarda tutarsızlık çıkmamasının sebebi ise, hem θ hem de \emptyset modellerinde etkin olmaları ve dolayısıyla aynı etkinlik skoruna sahip olmalarıdır. Bir karar biriminin θ ve \emptyset skorları arasındaki fark ne kadar fazla ise, girdi hedefleri arasındaki çelişki de o derecede fazla olacaktır.



Şekil 26. Kapasite Hedeflerindeki Çelişkiler

3.2.4.1.2. Durak Sayısı Hedeflerinde Ortaya Çıkan Çelişkiler

Kapasite ile sefer sayısı arasındaki doğrusal ilişki, toplam durak sayısı ile km. başına düşen ortalama durak sayısı arasında da bulunmaktadır. Dolayısıyla, kapasite ve sefer sayısı arasında olduğu gibi bu girdiler arasında da çelişkilerin ortaya çıkması muhtemeldir. Bu çelişkileri ortaya koyabilmek için, iki girdi arasındaki ilişkinin formüle edilmesi gerekmektedir. Durak sayısı, ilgili hattın km. başına durak sayısı ile hat uzunluğunun çarpımına eşittir. İki girdi arasındaki ilişki şu şekilde formüle edilebilir;

$$x_{di} = x_{d'i} \times h_i \quad 3.3$$

i: *i. karar birimi*

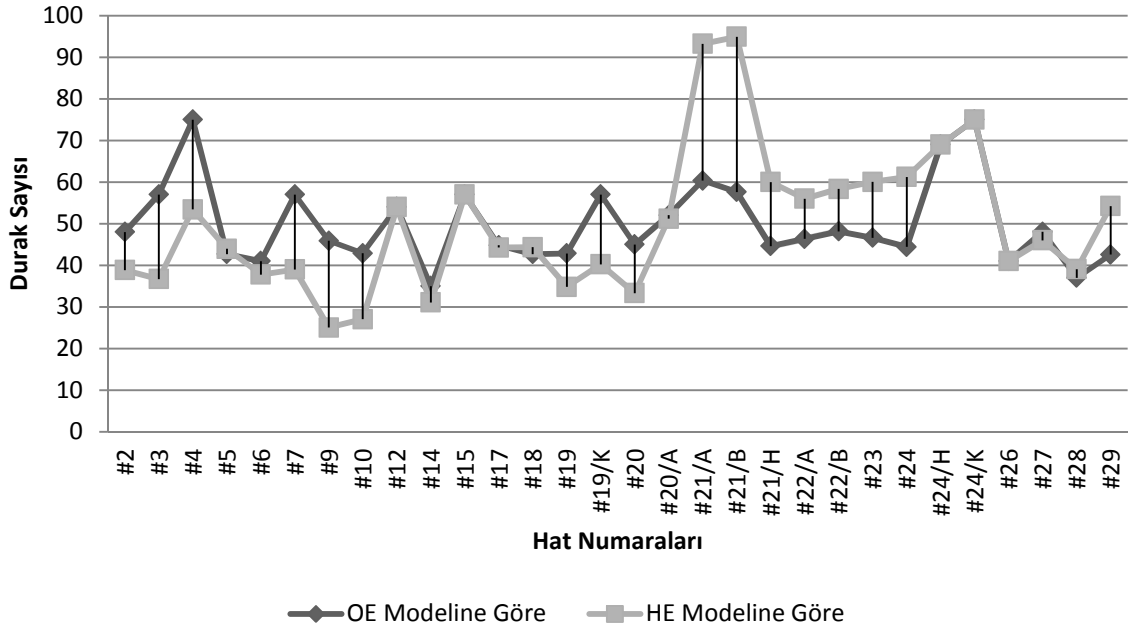
d: *Durak sayısı*

d': *Km. başına durak sayısı*

h: *Hattın uzunluğu*

Şekil 27, *d* ve *d_i* hedefleri arasındaki çelişkileri göstermektedir. Şekilden görüleceği gibi θ ve \emptyset modellerinin birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmesi ve *d* ve *d'* arasındaki ilişkilerin göz ardı edilmesi, uygulama aşamasında çelişkilerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. #2 no'lu hattı örnek vermek gerekirse, bu hattın θ_a değeri 1 olarak hesaplanmıştır. Yani #2 no'lu hat durak sayısı bakımından tam etkin olup durak sayısında herhangi bir tasarruf yapmamalıdır. Bu nedenle durak hedefi 48 olarak kalmış ve değişmemiştir.

Hizmet etkililiği modeline bakıldığında ise hattın $\emptyset_{d'}$ değerinin 0,809 olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla bu hattın hizmet etkili olabilmesi için km. başına ortalama durak sayısını %19,1 oranında azaltması gerekmektedir. Bu durumda hattın *d'* sayısı 2,17'den 1,758'e düşecektir. Km. başına durak sayısının 1,758'e düşmesi, 22,1 km uzunluğundaki bu hattın toplam durak sayısının 38,85'e düşmesi ile sonuçlanacaktır (Formül 3.3). Oysa operasyonel etkinlik analizine göre durak sayısının 48 olması gerektiği belirtilmişti. Böylelikle θ ve \emptyset hedefleri arasında bir çelişki ortaya çıkmaktadır. Şekil 27'den görüleceği gibi bu çelişkiler #12, #15, #21/H, #24/H, #24/K ve #26 haricindeki tüm hatlarda tespit edilmiştir.



Şekil 27. Durak Hedeflerindeki Çelişkiler

3.2.4.2. Hizmet Etkililiği Modelinde Ortaya Çıkan Çelişkiler

Hizmet etkililiği modelinin sefer sayısı, km. başına düşen ortalama durak sayısı ve hizmet süresi olmak üzere üç girdisi bulunmaktadır. Hizmet etkililiği modelindeki sefer sayısı ve km. başına düşen ortalama durak sayısı girdileri, sırasıyla θ modelindeki kapasite ve durak sayıları ile ilişkilidir. Bu ilişkiler neticesinde, sefer sayısı ve km. başına düşen ortalama durak sayısı hedeflerinde çelişkiler yaşanması beklenmektedir. Bir diğer hizmet etkililiği girdisi olan hizmet süresi ise herhangi bir operasyonel etkinlik girdisi ile ilişkili olmadığı için, hizmet süresi hedeflerine ilişkin bir herhangi çelişki ortaya çıkmayacaktır.

3.2.4.2.1. Sefer Sayısı Hedeflerinde Ortaya Çıkan Çelişkiler

Bir hizmet etkililiği girdisi olan sefer sayısı, bir operasyonel etkinlik girdisi olan kapasite ile ilişkilidir. Sefer sayısı arttıkça kapasite de artmakta, sefer sayısı azaldıkça kapasite de düşmektedir. Dolayısıyla sefer sayısı için oluşabilecek muhtemel çelişkileri belirleyebilmek için kapasite ile olan ilişkisinin formüle edilmesi gerekmektedir. Buna göre sefer sayısı, kapasite ile ilişkili olarak şu şekilde formüle edilebilir;

$$x_{si} = \frac{x_{ki}}{k'_i} \quad 3.4$$

i: *i. karar birimi*

k: *Hattın kapasitesi*

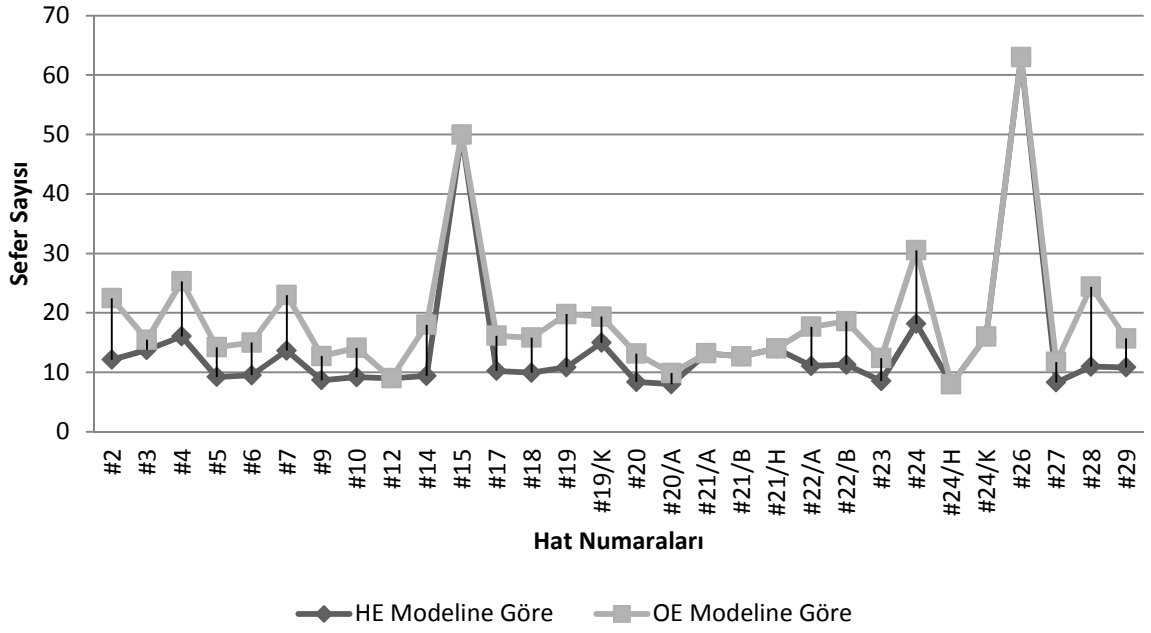
s: *Hattın sefer sayısı*

k': *Araç kapasitesi*

Bu çalışma kapsamında SBBOİ'nin sefer sayısı hedeflerinde meydana gelen çelişkilere örnek vermek için #28 no'lu hattı örnek verebiliriz. #28'in \emptyset_s puanı 0,189'dur. Bu miktar çok büyük bir etkisizliğe işaret etmektedir. Çünkü bu sonuca göre #28, mevcut sefer sayısını %81,1 oranında azaltmalıdır. Bu durumda #28 no'lu hattın hizmet etkili olabilmesi için sefer sayısını 58'den 10,956'ya düşürmesi gerekmektedir.

#28 no'lu hattın sefer sayısı hedeflerinde meydana gelen çelişkileri bulabilmek için, aynı hattın operasyonel etkinlik analizindeki kapasite etkinliği skoruna (θ_k) bakmak gerekmektedir. Tablo 6'dan görüleceği gibi, #28'in kapasite etkinliği 0,421 olup, kapasite hedefi 1610,729 olarak hesaplanmıştır. Kapasitenin 1610,729 olması durumunda, Formül 3.4'e göre, sefer sayısının 24,405 olması gerekmektedir ($1610,729 / 66 = 24,405$).

Dolayısıyla, hizmet etkililiği skoruna göre sefer sayısı 10,956 olması gerekirken, operasyonel etkinlik skoruna göre sefer sayısının 24,405 olması önerilmektedir. Böylelikle #28 no'lu hattın sefer sayısı hedefi için iki farklı sonuç ortaya çıkmıştır. Şekil 28'den görüleceği gibi, #28 no'lu hat için ortaya konan bu çelişkiler, diğer hatlar için de geçerlidir.



Şekil 28. Sefer Sayısı Hedeflerindeki Çelişkiler

3.2.4.2.2. Km Başına Düşen Ortalama Durak Sayısı Hedeflerinde Ortaya Çıkan Çelişkiler

SBBOİ örneği için tespit edilen son çelişki ise km. başına düşen durak sayıdır. Toplam durak sayısı ile doğrudan ilişkili olan bu girdi, aşağıdaki gibi formüle edilmektedir;

$$x_{d'i} = \frac{x_{di}}{h_i} \quad 3.5$$

i : *i. karar birimi*

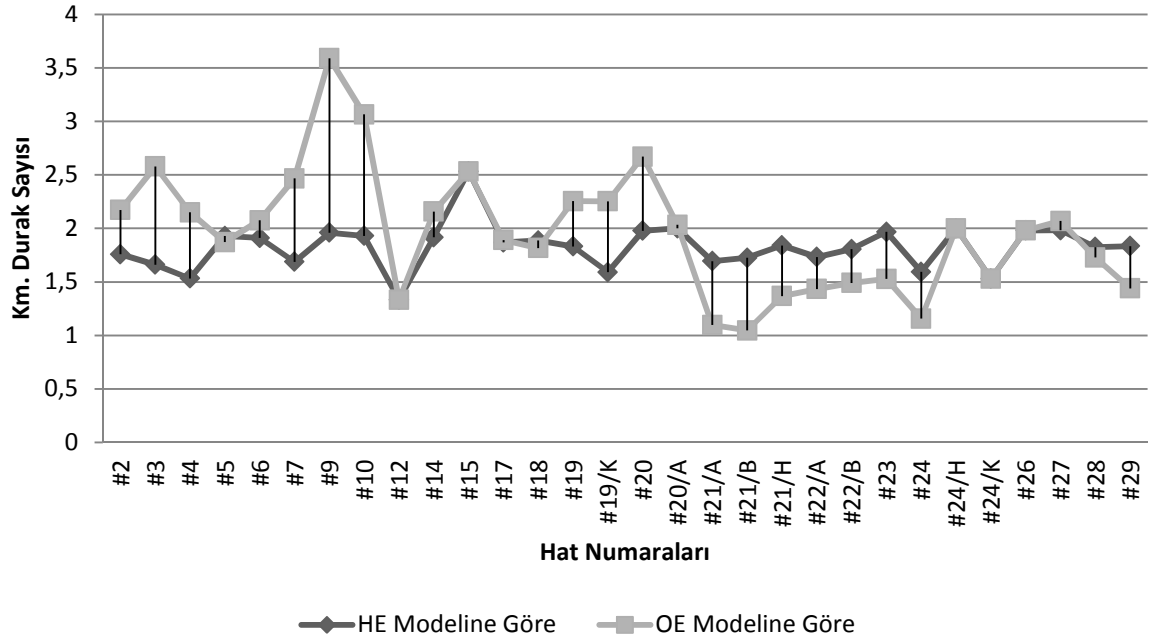
d : *Durak sayısı*

d' : *Km. başına durak sayısı*

h_i : *Hattın uzunluğu*

Km. başına düşen durak sayılarındaki tutarsızlıklar Şekil 29'da gösterilmiştir. Grafikten görüleceği gibi \emptyset ve θ modelleri tarafından belirlenen d' hedefleri arasında önemli çelişkiler ortaya çıkmıştır. En büyük çelişki de #9 hattında ortaya çıkmıştır. Bu hattın $\emptyset_{d'}$

skoru 0,473 olarak belirlenmiş ve buna bağlı olarak d' hedefi 1,96 öngörülmüştür. Diğer yandan #9'un θ_d skoru 0,865 ve toplam durak sayısı hedefi 45,870 olarak hesaplanmıştır. Bu hattın uzunluğunun 12,78 km olduğu göz önüne alındığında, θ modeline göre km. başına ortalama durak sayısı 3,59 olmalıdır. Görüleceği gibi \emptyset modeli tarafından belirlenen d' hedefi ile (1,96) θ modeli tarafından dolaylı olarak belirlenen d' hedefi (3,59) arasında önemli bir çelişki ortaya çıkmıştır.



Şekil 29. Km Başına Düşen Ortalama Durak Hedeflerindeki Çelişkiler

Bu araştırmada, SBBOİ'ne ait şehir içi yolcu taşıma hatlarının girdi hedeflerinde ortaya çıkan çelişkilerin iki ana nedeni bulunmaktadır. Birinci neden, değerlendirmeye alınan farklı ve birbirinden ayrı modellere ilişkin girdi/çıkıtı değişkenleri arasında bir ilişki bulunmasıdır. Bu ilişki neticesinde, modellerden birisinin girdi seviyelerinde yapılan bir değişiklik, dolaylı olarak diğer modelin girdi seviyelerini etkilemektedir.

İkinci neden ise, aynı karar birimi için her iki modelde farklı etkinlik skorları belirlenmesinden kaynaklanmaktadır. Bilindiği gibi etkinlik skorları, karar birimlerinin hangi girdisini ne ölçüde azaltması gerektiğini göstermektedir. Dolayısıyla, birbirleri arasında bir ilişki bulunan girdi/çıkıtı değişkenlerine farklı etkinlik skorlarının atanması neticesinde birbirlerinden farklı oranlarda azalmalar ortaya çıkacaktır. Sonuç olarak da bu

durum farklı modellere ilişkin girdi hedeflerinde çelişkilerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

Bu problemin ortadan kaldırılabilmesi için, değerlendirmeye alınan ve birlikte değerlendirmek istenen farklı modeller arasındaki ilişkilerin tanımlanması, formüle edilmesi ve etkinlik ölçüm süreçlerinde göz önüne alınması gerekmektedir. Literatürde geliştirilmiş olan Q-DEA, İki – Model Yaklaşımı (TMDEA) ve İki – Amaç Yaklaşımı (TODEA) gibi çok amaçlı etkinlik ölçüm modelleri ise, karar birimleri için en uygun benchmarkların bulunmasına yardımcı olsalar da, farklı amaçlara ilişkin modelleri birbirlerinden bağımsız bir şekilde değerlendirdikleri için girdi hedeflerinde yaşanan çelişkilere çözüm üretememektedirler.

Bu problemin üstesinden gelebilmek amacıyla, bu çalışmada, farklı etkinlik modellerinin girdi/çıktıları arasındaki ilişkileri dikkate alan ve etkinlik ölçümüne dâhil eden “İlişkisel Veri Zarflama Analizi” (R-DEA) yaklaşımı önerilmiştir. Bir sonraki bölümde, R-DEA yaklaşımı tanıtılacak ve SBBOİ’ye uygulanarak sonuçları test edilecektir.

3.3. Hat Performanslarının İlişkisel Veri Zarflama Analizi ile Ölçülmesi

Operasyonel etkinlik ile hizmet etkililiği modelleri arasındaki ilişkilerin göz ardı edilerek her iki modelin birbirinden bağımsız bir şekilde ölçülmesinin neden olduğu problemler bir önceki bölümde gösterilmiştir. Bu bölümde, aynı veri setine ilişkisel veri zarflama analizi yaklaşımı uygulanarak bu problemlerin ortadan kaldırılması amaçlanmaktadır.

3.3.1. Operasyonel Etkinliğin İlişkisel Veri Zarflama Analizi ile Ölçülmesi

Araştırmaya dâhil edilen otobüs hatlarının R-DEA ile elde edilen operasyonel etkinlikleri üç kısımda incelenecektir. Öncelikle ortalama operasyonel etkinlikleri ($\hat{\theta}$) incelenecektir. Operasyonel etkinlik skorlarının arka planını öğrenebilmek için ise hatların kapasite (θ_k) ve durak (θ_d) etkinlikleri değerlendirilecektir.

R-DEA sonuçlarına göre toplam dokuz hat operasyonel anlamda tam etkindir. Operasyonel etkin hatlar şunlardır; #6, #7, #12, #14, #15, #21/H, #24/H, #24/K ve #26. En düşük operasyonel etkinliğe sahip hattın 0,517 ile #20/A olduğu belirlenmiştir. Böylelikle operasyonel etkinlik skorlarının 0,517 ile 1,000 arasında değiştiği gözlenmiştir.

Kapasite etkinlikleri incelendiğinde de benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Buna göre sadece ortalama operasyonel etkinliği yüksek olan hatların kapasite etkinliklerinin tam olduğu görülmüştür. $\hat{\theta}$ skorlarında olduğu gibi, #20/A hattının kapasite etkinliği anlamında da en düşük performansı sergilediği belirlenmiştir. Buna göre #20/A'nın kapasite etkinliği %36,7 olup, bu hattın kapasite etkin olabilmesi için, Tablo 8'den de görüleceği gibi, mevcut kapasitesini %63,3 oranında azaltması gerekmektedir.

Durak etkinliklerinin ise kapasite etkinliğine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. $\hat{\theta}$ etkin olan dokuz hatta ek olarak #2 ve #20 no'lu hatların θ_d anlamında etkin olduğu görülmüştür. Böylelikle toplam on bir otobüs hattının durak etkin olduğu belirlenmiştir. θ_d performansı en düşük olan hat 0,602 puana sahip #21/B'dir.

Tablo 8
R-DEA ile Elde Edilen Operasyonel Etkinlik Skorları ve Hedefleri

HAT NO	Skorlar			Hedefler	
	$\hat{\theta}$	θ_k	θ_d	k	d
#2	0,840	0,681	1,000	1482,805	48,000
#3	0,765	0,780	0,750	2109,342	46,477
#4	0,740	0,666	0,815	1670,185	74,973
#5	0,880	0,790	0,970	938,404	42,694
#6	1,000	1,000	1,000	990,000	41,000
#7	1,000	1,000	1,000	1518,000	57,000
#9	0,787	0,708	0,865	841,661	45,870
#10	0,773	0,941	0,604	931,954	42,906
#12	1,000	1,000	1,000	594,000	54,000
#14	1,000	1,000	1,000	1188,000	35,000
#15	1,000	1,000	1,000	5826,000	57,000
#17	0,657	0,679	0,634	1075,632	44,405
#18	0,742	0,653	0,830	1034,798	43,183
#19	0,756	0,638	0,874	1305,478	42,832
#19/K	0,807	0,804	0,810	2258,207	51,832
#20	0,911	0,822	1,000	868,154	45,000
#20/A	0,517	0,367	0,667	653,336	52,052
#21/A	0,594	0,552	0,636	1435,652	80,726
#21/B	0,579	0,556	0,602	1387,081	80,056
#21/H	1,000	1,000	1,000	924,000	60,000
#22/A	0,704	0,551	0,856	1128,000	47,961
#22/B	0,721	0,570	0,871	1165,908	51,405
#23	0,843	0,751	0,936	693,559	58,951
#24	0,759	0,651	0,867	2370,760	62,412
#24/H	1,000	1,000	1,000	528,000	69,000
#24/K	1,000	1,000	1,000	1664,000	75,000
#26	1,000	1,000	1,000	8070,000	41,000
#27	0,872	0,784	0,961	775,876	48,029
#28	0,531	0,385	0,676	1473,837	39,897
#29	0,657	0,503	0,812	1125,724	47,908
ORT.	0,814	0,761	0,868		

$\hat{\theta}$: Ortalama operasyonel etkinlik skoru

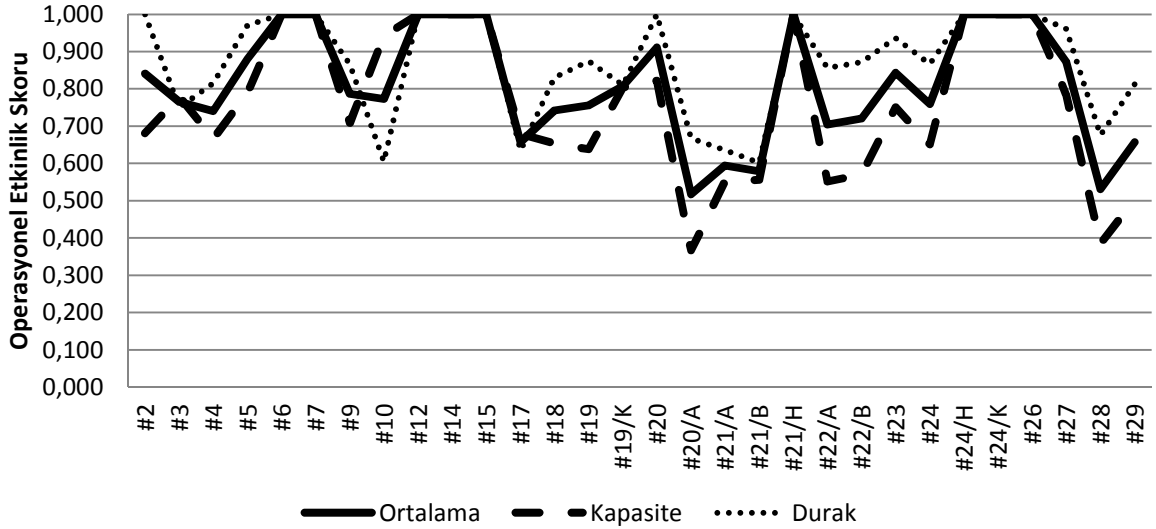
θ_k : Kapasite etkinliği skoru

θ_d : Durak etkinliği skoru

k : Kapasite hedefi

d : Durak hedefi

$\hat{\theta}$, θ_k ve θ_d performanslarının birlikte değerlendirilmesi, operasyonel etkinliğin kaynağının daha net bir şekilde anlaşılmasına imkân sağlayacaktır. Genel olarak bakıldığında, hatların durak performanslarının kapasite performanslarından daha yüksek olduğu görülmektedir. Ortalama durak performansı 0,868 iken, ortalama kapasite performansı ise 0,761'dir. Böylelikle, işletmecinin yapacağı iyileştirmelerde kapasite kullanımlarına daha fazla önem vermeleri gerektiği ortaya çıkmıştır. Çünkü kapasitelerin etkin bir şekilde kullanılmaması, etkinliklerin en büyük nedenidir. Örneğin #2 ve #20 no'lu hatların durak etkinlikleri 1 iken, kapasite etkinliklerinin düşük olmasından ötürü (sırasıyla 0,681 ve 0,822) tam etkin çıkmamışlardır. #2 ve #20 için geçerli olan bu durum diğer pek çok hat için de geçerlidir. Tüm hatların operasyonel etkinliklerinin karşılaştırılması Şekil 30'da yapılmıştır.



Şekil 30. Operasyonel Etkinlik Skorlarının Karşılaştırılması

3.3.2. Hizmet Etkililiğinin İlişkisel Veri Zarflama Analizi ile Ölçülmesi

Hatların hizmet etkililikleri toplam dört boyutta değerlendirilecektir. Öncelikle ortalama hizmet etkililiği skorları ($\hat{\theta}$), sonrasında ise sırasıyla sefer sayısı (θ_s), km. başına düşen ortalama durak sayısı ($\theta_{d'}$) ve hizmet süresi (θ_h) performansları incelenecektir.

Tablo 9
R-DEA ile Elde Edilen Hizmet Etkililiği Skorları ve Hedefleri

HAT NO	Skorlar				Hedefler		
	$\hat{\phi}$	ϕ_s	$\phi_{d'}$	ϕ_h	s	d'	h
#2	0,811	0,681	1,000	0,751	22,467	2,172	698,515
#3	0,745	0,780	0,750	0,707	20,282	2,103	742,087
#4	0,755	0,666	0,815	0,783	25,306	2,151	798,638
#5	0,787	0,790	0,970	0,601	14,218	1,873	604,297
#6	0,920	1,000	1,000	0,759	15,000	2,075	626,511
#7	0,950	1,000	1,000	0,850	23,000	2,468	739,853
#9	0,771	0,708	0,865	0,740	12,752	3,590	732,539
#10	0,786	0,941	0,604	0,811	14,121	3,065	697,403
#12	1,000	1,000	1,000	1,000	9,000	1,333	935,000
#14	0,920	1,000	1,000	0,760	18,000	2,158	657,689
#15	1,000	1,000	1,000	1,000	50,000	2,533	1015,000
#17	0,681	0,679	0,634	0,730	16,297	1,874	624,414
#18	0,698	0,653	0,830	0,611	15,679	1,838	623,698
#19	0,748	0,638	0,874	0,731	19,780	2,254	679,907
#19/K	0,794	0,804	0,810	0,769	21,714	2,049	799,684
#20	0,857	0,822	1,000	0,748	13,154	2,671	661,727
#20/A	0,583	0,367	0,667	0,714	9,899	2,033	596,369
#21/A	0,705	0,552	0,636	0,927	13,804	1,468	982,522
#21/B	0,698	0,556	0,602	0,936	13,337	1,456	978,373
#21/H	1,000	1,000	1,000	1,000	14,000	1,840	600,000
#22/A	0,774	0,551	0,856	0,913	17,091	1,485	926,734
#22/B	0,814	0,570	0,871	1,000	17,665	1,592	855,000
#23	0,755	0,751	0,936	0,578	10,508	1,933	592,044
#24	0,817	0,651	0,867	0,933	22,796	1,625	970,051
#24/H	1,000	1,000	1,000	1,000	8,000	2,000	585,000
#24/K	1,000	1,000	1,000	1,000	16,000	1,531	1005,000
#26	1,000	1,000	1,000	1,000	63,000	1,981	1015,000
#27	0,823	0,784	0,961	0,724	11,756	2,070	607,833
#28	0,535	0,385	0,676	0,545	22,331	1,864	670,557
#29	0,709	0,503	0,812	0,812	13,581	1,621	807,940
ORT.	0,814	0,761	0,868	0,814			

$\hat{\phi}$: Ortalama hizmet etkililiği skoru

ϕ_s : Sefer sayısı etkililiği skoru

$\phi_{d'}$: Km başına düşen durak sayısı etkililiği skoru

ϕ_h : Hizmet süresi etkililiği skoru

s : Sefer sayısı hedefi

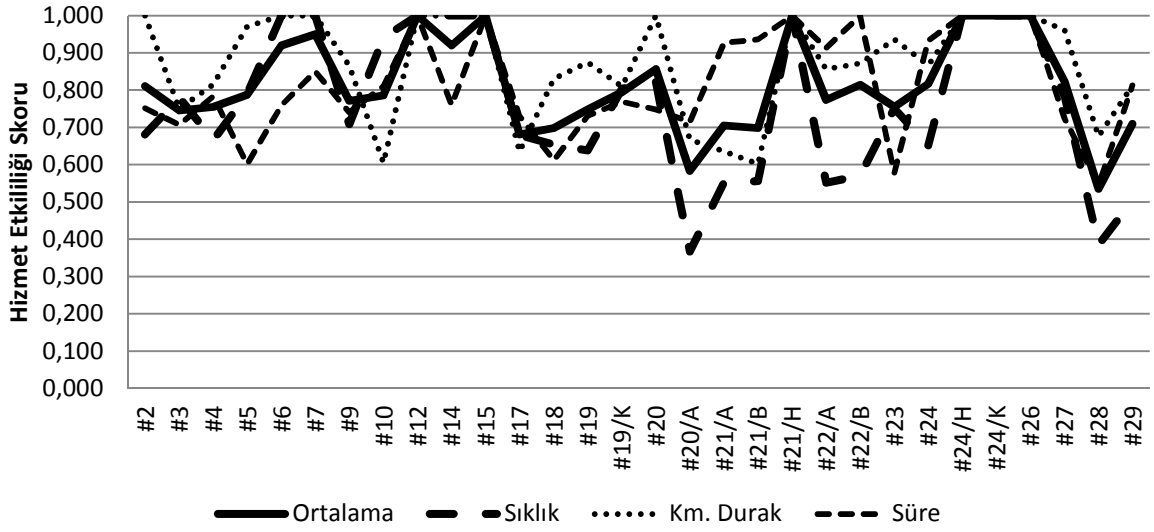
d' : Km başına düşen durak sayısı hedefi

h : Hizmet süresi hedefi

R-DEA analizleri sonucunda ortalama etkililik skorunun 0,814 olduğu belirlenmiştir. Bu skor, 0,814 olan $\hat{\theta}$ skoru ile aynı seviyededir. Araştırmanın ilerleyen aşamalarında bu benzerliğin tesadüf olmadığı gösterilecektir. #28 no'lu hat 0,535 skoruyla hizmet etkililiği bağlamında en düşük performansı sergilemiştir. Diğer yandan toplam hizmet etkili hat sayısının sadece altı olduğu görülmüştür. Bu hatlar #12, #15, #21/H, #24/H, #24/K ve #26'dır. $\hat{\theta}$ modeline göre etkin olan #6, #7 ve #14 hatlar, hizmet etkililiği bağlamında daha düşük skorlar almışlardır.

Sefer sayısı kriterine göre toplam dokuz hat etkin çıkarken, #20/A 0,367 ile en düşük sefer sayısı performansını sergilemiştir. Otuz hattın ortalama sefer sayısı skorunun 0,761 olduğu görülmektedir. ϕ_d' bağlamında 11 hat etkin iken, en düşük km. durak performansını 0,602 puan ile #21/B sergilemiştir. Hizmet süresi skorlarının ortalaması ise 0,814'tür. $\hat{\theta}$ etkin olan hatlar, ϕ_h anlamında da etkin çıkmışlardır. #28, hizmet süresi etkililiğinde 0,545 ile en düşük performansı sergileyen hat olmuştur.

$\hat{\theta}$, ϕ_h , ϕ_d' ve ϕ_s performanslarının birlikte değerlendirilmesi, hizmet etkisizliğinin nedenlerinin ortaya çıkmasına yardımcı olacaktır. Ortalama skorlar incelendiğinde, otobüs hatlarının en düşük puanları sefer sayısı kriterinde aldıkları görülmektedir (0,761). Otobüs hatlarının en yüksek performans sergiledikleri kriter ise km. başına düşen ortalama durak sayılarında yaşanmıştır (0,868). Hizmet süresi skorunun da 0,814 çıkmasıyla beraber ortalama hizmet etkililiği skoru 0,814 (yani %81,6) olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar göz önüne alındığında, hizmet etkisizliğinin en büyük nedeninin sefer sayılarındaki fazlalıklardan kaynaklandığı görülmektedir. Bu nedenle karar vericiler, hizmet etkililiğini artırmak istemeleri durumunda ilk olarak sefer sayısına yönelmelidirler.



Şekil 31. Hizmet Etkililiği Skorlarının Karşılaştırılması

3.4. İlişkisel Veri Zarflama Analizi Bulgularının Değerlendirilmesi ve İlişkisel Olmayan Veri Zarflama Analizi Sonuçları ile Karşılaştırılması

R-DEA yaklaşımı, çok amaçlı durumlarda karar birimlerine farklı amaçları arasında çelişmeyecek girdi veya çıktı hedeflerinin belirlenebilmesi amacıyla geliştirilmiştir. Girdi yönelimli bir modelde bu amacın gerçekleştirilebilmesi için, birbirleri ile ilişkili girdilerin aynı oranda azaltılması gerekmektedir. Çıktı yönelimli bir modelde ise birbirleri ile ilişkili çıktılarının aynı oranda artırılması gerekmektedir. Bununla beraber, herhangi bir değişken ile ilişkisi bulunmayan girdi ve çıktılarının ise bağımsız olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

R-DEA sonuçlarının doğruluğunu test edebilmek için, Tablo 8 ve Tablo 9’da belirlenen girdi skorları ve hedefleri incelenmeli ve θ_k ile ϕ_s ve θ_d ile ϕ_d' değişkenlerinin aynı etkinlik skorlarını alıp almadığı kontrol edilmelidir. Bu değişkenlerin aynı etkinlik skorunu almış olmaları, girdilerin aynı oranlarda azaltılacağı ve aralarındaki ilişkilerin gözetileceği anlamına gelir. Tablolardan görüleceği gibi, analizlere dâhil edilen tüm karar birimlerinin ilişkili girdilerinin aynı etkinlik skorunu aldıkları görülmektedir. Bununla beraber ϕ_h girdisi, diğer girdilerle hiçbir ilişkisinin olmamasından ötürü tamamen bağımsız değerlendirilmiştir. Bu sonuçlar, R-DEA yaklaşımının birbirleri ile çelişmeyen sonuçlar vereceğini göstermektedir.

R-DEA sonuçlarının birbirleri ile çelişmeyen girdi hedefleri belirlediğini göstermek üzere bir örnek ele alalım. Örneğin hat uzunluğu 22,1, otobüs kapasitesi 104 olan #3 no'lu hattın ilk durumdaki girdi miktarları, etkinlik skorları ve girdi hedefleri Tablo 10'daki gibidir.

Tablo 10
Örnek Hat İncelemesi (#3)

	Mevcut Girdi Miktarı	Radyal Olmayan Skor	Radyal Olmayan Hedef	R-DEA Skor	R-DEA Hedef
<i>Operasyonel (θ)</i>					
x_k	2704	0,596	1611,226	0,780	2109,342
x_d	62	0,919	57,000	0,750	46,447
<i>Hizmet (\emptyset)</i>					
x_s	26	0,530	13,774	0,780	20,282
$x_{d'}$	2,81	0,592	1,661	0,750	2,103
x_h	1050	0,846	888,148	0,707	742,087

Tablo 10'dan görüleceği gibi, R-DEA yaklaşımının uygulanmadığı ve θ ve \emptyset performanslarının birbirinden bağımsız bir şekilde değerlendirildiği durumda θ_k ile θ_s değişkenlerinin skorları birbirlerinden farklı çıkmıştır. Bu durumda hattın kapasite hedefi 1611,226, sefer sayısı ise 13,774 olarak belirlenmiştir. Ancak kapasite ile sefer sayısı arasındaki ilişki göz önüne alındığında; eğer kapasite 1611,226'ye indirilmek istenirse sefer sayısının 15,492 olması gerekmektedir. Eğer sefer sayısı 13,774 olursa, o zaman da kapasite 1432,496 çıkacaktır.

Benzer problem durak sayısı ve km. başına düşen durak sayısında da geçerlidir. Girdiler arasındaki ilişkilerin dikkate alınmadığı durumda \emptyset_d ile $\emptyset_{d'}$ değişkenlerinin skorları birbirlerinden farklı çıkmıştır. Eğer durak sayısı operasyonel etkinlik analizinde belirlendiği gibi 57 olursa, km. durak sayısının 2,58 olması gerekmektedir. Ancak, eğer km. durak sayısı hizmet etkililiği analizinde belirtildiği gibi 1,661 olursa, bu durumda toplam durak sayısının 36,708 olması gerekmektedir.

Diğer yandan R-DEA ile elde edilen etkinlik skorlarına bakıldığında θ_k ile θ_s ve \emptyset_d ile $\emptyset_{d'}$ değişkenlerinin aynı skorları aldığı görülmektedir. \emptyset_h ise diğer girdilerle ilişkili olmadığı için bağımsız değerlendirilmiştir. R-DEA skorları doğrultusunda kapasitenin 2109,342 olması gerektiği görülmektedir. Bu durumda, kapasite ile sefer sayısı arasındaki

ilişkiden ötürü sefer sayısının 20,282 olması gerekir. Görüldüğü gibi bu miktar tablodaki sefer sayısı hedefi ile aynı olup kapasite ile sefer sayısı arasındaki çelişki ortadan kaldırılmıştır. Aynı şekilde R-DEA sonuçlarına göre toplam durak sayısı 46,447 olmalıdır. Durak ile km. başına düşen ortalama durak sayısı arasındaki ilişkiye göre, km. durak sayısının 2,103 olması gerekmektedir. Tablodan görüleceği üzere \emptyset_d ile $\emptyset_{d'}$ arasındaki çelişki de böylelikle giderilmiştir.

Özetlemek gerekirse, R-DEA yaklaşımı sayesinde #3 no'lu hattın girdi hedefleri arasındaki çelişkiler ortadan kaldırılmıştır. Böylelikle #3 no'lu hat için uygulanabilir ve gerçekçi girdi hedefleri belirlenmiştir. #3 için geçerli olan bu iyileşme, diğer tüm hatlar için de gözlenebilir. Bu durum, R-DEA yaklaşımının işlerliğini ve doğruluğunu göstermektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Karar birimlerinin birden çok etkinlik boyutunun birlikte ölçüldüğü durumlar “çok amaçlı etkinlik ölçümü” olarak adlandırılmaktadır. Bu durumlarda karar birimlerinin aynı anda iki veya daha fazla etkinlik boyutunun birlikte ölçülmesi söz konusudur. Çok amaçlı etkinlik ölçümleri, karar vericilere kurumlarının farklı performans boyutlarını birlikte değerlendirme imkânı vermesi, bu farklı performans boyutlarının aralarındaki çelişkileri ortaya koyması ve bu çelişkilerin daha rahat bir şekilde yönetimini kolaylaştırması bakımından önemlidir.

Literatürde, çok amaçlı etkinlik ölçümlerine yönelik çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlar, karar birimlerinin performanslarını farklı açılardan değerlendirmeyi (MODEA), karar birimleri için en uygun benchmarkları bulmayı (Q-DEA, TMDEA ve TODEA) veya farklı etkinlik modellerinin kullandıkları ortak kaynakların, bu modeller arasında optimal şekilde paylaşılmasını (DEA-RAM, Cook vd. 2000) amaçlamaktadır. Ancak MODEA, Q-DEA, TMDEA ve TODEA yaklaşımları, birlikte değerlendirilen performans modellerinde kullanılan girdi veya çıktılarının birbirleriyle ilişkili olması durumunda, etkin olmayan karar birimleri için çelişkili girdi/çıkıtı hedefleri belirlemektedirler. Bu çelişkinin nedeni, bu yaklaşımların performans boyutlarını birbirlerinden bağımsız olarak değerlendirmesi ve aralarındaki ilişkileri göz ardı etmelerinden kaynaklanmaktadır.

Farklı modellerin girdi ve çıkıtı hedeflerine ilişkin çelişkilerin ortadan kaldırılabilmesi için, bu modellere ait girdi ve çıktılar arasındaki ilişkilerin tanımlanması, formüle edilmesi ve etkinlik ölçüm modeline dâhil edilmesi gerekmektedir. Böylelikle, farklı modellere ilişkin tutarlı ve birbiri ile çelişmeyen girdi/çıkıtı hedeflerinin belirlenmesi mümkün olacaktır. Bu amaçla, bu tez çalışmasında “ilişkisel etkinlik ölçüm yaklaşımı” yani R-DEA geliştirilmiştir.

R-DEA, çok amaçlı etkinlik ölçümlerinde farklı performans boyutlarının girdi ve çıktılarını arasındaki ilişkileri dikkate alan ve etkin olmayan karar birimleri için girdi/çıkıtı hedefleri belirleme aşamasında çelişkili sonuçların ortaya çıkmasını engelleyen bir yaklaşımdır. Girdi/çıkıtı hedefleri arasındaki çelişkilerin ortadan kaldırılabilmesi için R-DEA, farklı

performans modellerinin girdi ve çıktıları arasındaki ilişkileri tanımlamayı, formüle etmeyi ve etkinlik ölçüm modeline dâhil etmeyi önermektedir.

Bu tez çalışması kapsamında önerilen R-DEA yaklaşımı Sakarya Büyükşehir Belediyesi Otobüs İşletmelerine ait şehir içi yolcu hatlarına uygulanmıştır. Araştırmada, SBBOİ'ye ilişkin operasyonel etkinlik ve hizmet etkililiği olmak üzere iki performans boyutu belirlenmiştir. Bu performans boyutlarının girdileri arasındaki ilişkiler (yani birbirlerini etkileme dereceleri) ortaya konmuş, formüle edilmiş ve etkinlik ölçüm modeline dâhil edilmiştir.

Analiz sonuçları, R-DEA yaklaşımı sayesinde SBBOİ'nin her iki modeli için birbirleri ile çelişmeyen tutarlı girdi hedeflerinin elde edildiğini göstermiştir. Araştırmada R-DEA ile elde edilen sonuçların doğruluğu da test edilmiş ve yaklaşımın kullanılabilirliği gösterilmiştir.

Veri zarflama analizi literatürü açısından bakıldığında, R-DEA'nın çok amaçlı etkinlik ölçüm yaklaşımlarından MODEA, Q-DEA, TMDEA ve TODEA'ya alternatif olduğu ve özellikle de farklı performans modellerinin girdi ve çıktı metrikleri arasında ilişkiler söz konusu olduğunda bu yaklaşımlardan daha doğru ve uygulanabilir sonuçlar verdiği ortaya konmuştur.

Öneriler

Bu çalışma kapsamında geliştirilen R-DEA yaklaşımı, Sakarya Büyükşehir Belediyesi Otobüs İşletmeleri'ne ait otuz şehir içi yolcu taşıma hattına uygulanmıştır. Dolayısıyla, bu tez çalışmasının metodolojik katkılarının yanı sıra SBBOİ'ye yönelik yönetsel katkıları da bulunmaktadır. Bu araştırmada, SBBOİ'nin performans ölçümüne yönelik sırasıyla şu çalışmalar yapılmıştır.

- 1- Şehir içi yolcu hatlarının geçmiş döneme (yani 2012'ye) ilişkin operasyonel etkinlikleri ve hizmet etkililikleri ölçülmüştür.
- 2- Her hattın ortaya koyduğu performans operasyonel etkinlik ve hizmet etkililiği bağlamında değerlendirilmiştir.
- 3- Değerlendirmeye alınan her hattın ileriye yönelik potansiyel iyileştirmeleri R-DEA yaklaşımı ile belirlenmiştir.

Analiz sonuçları, #12, #15, #21/H, #24/H, #24/K ve #26 no'lu hatların hem operasyonel anlamda hem de hizmet etkililiği anlamında yüksek performans gösterdiklerini ortaya koymuştur. Bu nedenle, bu hatların girdi seviyelerinin azaltılmasına yönelik herhangi bir öneride bulunulmamıştır. Bu altı hat haricindeki diğer hatlara ise, performans skorlarına göre çeşitli girdi hedefleri belirlenmiştir.

Etkin olmadığı belirlenen yirmi dört yolcu hattının toplam girdilerinde önemli kaynak tasarrufu imkânı olduğu görülmektedir. Operasyonel girdilere bakıldığında, toplam yolcu kapasitesinin %24,63 oranında azaltılabileceği hesaplanmıştır. Yolcu kapasitesindeki bu azalış, doluluk oranlarının da artmasına neden olacaktır. Nitekim günlük ortalama yolcu sayısının 23.942 olduğu bir durumda mevcut araç doluluk oranı %37,57 iken, kapasite azaltımı yapıldığında bu oran %49,85'e yükselecektir. Bir diğer operasyonel girdi olan durak sayısında da önemli değişiklikler öngörülmektedir. Buna göre toplam durak sayısı %16,28 oranında azaltılabilir.

Tablo 11
Toplam Operasyonel Girdilerde Meydana Gelen Azalma

	Önce	Sonra	% Fark
Toplam Yolcu Kapasitesi	63.726	48.029,112	%24,63
Toplam Durak Sayısı	1.895	1.586,546	%16,28

Analiz sonuçlarına göre operasyonel kaynaklardaki tasarrufların yanı sıra, hizmet girdilerinin de azaltılabilmesi mümkündür. Hizmet girdilerindeki muhtemel azalmalar Tablo 12'de gösterilmiştir. Buna göre günlük sefer sayısı %26,97 oranında azaltılabilir. Sefer sayısının azalması, harcanan yakıt miktarında ve bakım-onarım maliyetlerinde tasarruf edilmesine neden olacaktır. Km. başına düşen durak sayısının ise %15,36 oranında azaltılması öngörülmektedir. Ancak km. başına düşen ortalama durak sayısının azaltılması noktasında bir belirsizlik söz konusudur. Çünkü özellikle de şehir içindeki bazı duraklar birçok hat tarafından ortak kullanılmaktadır. Bu nedenle, hattan çıkarılacak durakların ortak duraklardan mı yoksa diğerlerinden mi çıkartılması gerektiğine işletme yönetimi tarafından karar verilmelidir. Son hizmet girdisi olan hizmet süresinde de, %19,16 oranında bir azalma mümkündür. Hizmet süresinin azaltılması, işgücüne olan ihtiyacın ve dolayısıyla işgücü maliyetlerinin de düşmesini sağlayacaktır.

Tablo 12
Toplam Hizmet Girdilerinde Meydana Gelen Azalma

	Önce	Sonra	%Fark
Toplam Sefer Sayısı	773	564,550	%26,97
Ortalama Km. Durak	2,39	2,023	%15,36
Toplam Hizmet Süresi (dk.)	28.240	22.829,238	%19,16

Genel olarak değerlendirildiğinde, otobüs hatlarının operasyonel etkinsizliklerinin en önemli kaynağının fazla “kapasite” kullanımından kaynaklandığı belirlenmiştir. Bu nedenle, hatların operasyonel etkinliklerinin yükseltilebilmesi için öncelikle kapasite kullanımlarının azaltılması gerekmektedir. Hatların hizmet etkinsizliklerinin en büyük nedeninin ise sefer sayısındaki fazlalıklardan kaynaklandığı ortaya konmuştur. Bu nedenle karar vericiler, hizmet etkililiğini artırmak istemeleri durumunda ilk olarak sefer sayıları üzerinde düzenleme yapmaya yönelmelidirler.

Analiz Sonuçlarının Yorumlanmasında Dikkat Edilmesi Gereken Noktalar

Araştırma sonucunda elde edilen bulguların yorumlanması aşamasında bazı noktalara dikkat edilmelidir. Veri zarflama analizi, etkinliğin veya etkinsizliğin, etkililiğin veya etkinsizliğin kaynağını yönetsel nedenlerde aramakta ve performansa etki eden rekabet ve yasal düzenlemeler gibi dışsal faktörleri dikkate almamaktadır. Oysa Sakarya’da SBBOİ haricinde toplu yolcu taşımacılığı yapan başka kurumlarda bulunmaktadır. Bu kurumlar, SBBOİ ile rekabet halindedirler. Dolayısıyla, bu araştırma kapsamında SBBOİ’ye önerilen kaynak kısıtlamalarının uygulanması halinde, yolcuların diğer taşımacılık alternatiflerini tercih etme durumları söz konusu olabilecektir. Bu durum, azalan kaynak kullanımı ile beraber yolcu sayısının ve gelirin de azalması anlamına gelmektedir. Ancak SBBOİ, azalan gelirlerine rağmen, daha fazla azalan maliyetleri neticesinde bu durumdan kârlı çıkabilir. Ayrıca, azalan maliyetlerinin bir kısmını fiyatlarına yansıtarak, mevcut yolcularını elde tutması da mümkündür.

Dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta ise, kullanılan performans ölçüm modelinin SBBOİ’nin bir kamu kurumu olduğunu ve kamu kurumu olması nedeniyle kârlılığı ikinci planda tuttuğu gerçeğini göz ardı etmesidir. Performans ölçümü için kurulan model, SBBOİ’yi özel bir kurum olarak değerlendirerek, kaynak kullanımının azaltılması

yoluyla etkinliğin ve etkililiğin artırılmasını amaçlamaktadır. Bu durum, sunulan hizmet seviyesinin azalmasına neden olmakta ve işletmenin sosyal hizmet boyutunu ikinci plana itmektedir. Ancak, belediyenin yıllık toplam gelirinin önemli bir kısmını yolcu taşımacılığı sistemini sübvans etmek için harcadığı düşünüldüğünde, buradan elde edilebilecek tasarrufların başka sosyal hizmetlerde kullanılması mümkün hale gelecektir.

Önerilen Yaklaşımın Genişletilmesi

Bu çalışmada R-DEA, iki amacın bulunduğu bir modele uygulanmış ve sonuçları test edilerek doğruluğu gösterilmiştir. İleriki çalışmalarda, R-DEA yaklaşımı üç veya daha fazla amacın bulunduğu durumlarda kullanılarak uygulanabilirliği test edilmelidir. İlişkisel etkinlik ölçümü kapsamında yapılabilecek bir diğer çalışma ise, R-DEA'nın farklı girdi/çıkıtı yönelimli modelleri birlikte değerlendirebilecek şekilde yeniden tasarlanmasıdır. Böyle bir çalışma, R-DEA'nın kullanım alanını genişletmeye yardımcı olacaktır. Ayrıca R-DEA, bu çalışmada olduğu gibi, sadece şehir içi yolcu taşımacılığı yapan kurumların etkinlik ölçümlerinde değil, girdi ve çıktıları arasında ilişki bulunan çok amaçlı etkinlik ölçümlerinin yapılacağı diğer sektörlerde de uygulanabilir.

KAYNAKÇA

Kitaplar

- ALLARD, R., KEAL, J.E., MOUNT, H.W., SAMUEL, P.J., SMITH, G.R. ve SWANACK, A.R. (1971), *Productivity Measurement: A Symposium for the Seventies*, Institute of Personnel Management, Londra
- ALTSHULER, A.A., WOMACK, J.P. ve PUCHER, J.R. (1979), *The Urban Transportation System: Politics and Policy Innovation*, The MIT Press, Cambridge
- BALCOMBE, R., MACKETT, R., PAULLEY, N., PRESTON, J., SHIRES, J., TITHERIDGE, H., WARDMAN, M. ve WHITE P. (2004), *The Demand for Public Transport: A Practical Guide*, TRL Report
- BLACK, W.R. (2003), *Transportation: A Geographical Analysis*, The Guilford Press, New York
- BUNTING, P.M. (2004), *Making Public Transportation Work*, McGill Queen's University Press, Kanada
- COELLI, T.J., RAO, D.S.P., O'DONNELL, C.J. ve BATTESE, G.E. (2005), *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Springer, 2. Baskı
- COOPER, W.W., SEIFORD, L.M. ve ZHU, J. (2011), "Data Envelopment Analysis: History, Models, and Interpretations", içinde *Handbook on Data Envelopment Analysis*, Editörler: Cooper, W.W., Seiford, L.M. ve Zhu, J., Springer, 2. Baskı
- COOPER, W.W., SEIFORD, L.M. ve TONE, K. (2007), *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Springer, 2. Baskı
- COYLE, J.J., BARDI, E.J. ve NOVACK, R.A. (2006), *Transportation*, Altıncı Baskı, South-Western Cengage Learning, United States
- De BORGER, B. ve KERSTENS, K. (2000), "The Performance of Bus – Transit Operators", içinde *Hand Book of Transport Modeling*, Editörler: Hensher, D.A ve Button, K.J., Pergamon
- DEPRINS, D., SIMAR, L. ve TULKENS, H. (1984), "Measuring Labor-Efficiency in Post Offices", içinde *The Performance of Public Enterprises: Concepts and Measurement*, Editörler M. Marchand, P. Pestieau ve H. Tulkens, Bölüm 10, s. 243-268, North-Holland Publishing Company, Amsterdam
- EDOSOMWAN, J.A. (1995), *Integrating Productivity and Quality Management*, 2. Baskı, Marcel Dekker Inc.

- FARRIS, M.T. ve HARDING, F.E. (1976), *Passenger Transportation*, Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs, New Jersey
- GOLDRATT, E. ve COX, J. (2012), *Amaç – Sürekli İyileştirme Süreci*, çev. Dicleli, A.B., Optimist Yayınları, İstanbul
- HEATON, H. (1977), *Productivity in Service Organizations*, New York, McGraw-Hill Book Co.
- KLIMBERG, R.K., LAWRENCE, K.D. ve LAWRENCE S.M. (2010), “Data Envelopment Analysis is not Multiobjective Analysis, Data Envelopment Analysis, and Finance”, içinde *Applications of Management Science*, Cilt. 14, Editörler: Lawrence, K.D., Kleinman, G., *Applications in Multicriteria Decision Making*, Emerald Group Publishing Limited, s. 79-93
- KOOPMANS, T.C. (1951), “Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities”, içinde *Activity Analysis of Production and Allocation*, editör Koopmans, T.C., s. 33-97, Yale University Press, New Haven
- LOVELL, C.A.K. (1993), “Production Frontiers and Productive Efficiency” içinde *Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*, Editörler: Fried H.O. ve Schmidt, S.S., Oxford University Press, s. 3-67
- MALI, P. (1978), *Improving Total Productivity: MBO Strategies for Business, Government, and Not-for-Profit Organisation*, John Wiley & Son Inc.
- NEELY, A. (1998), *Measuring Business Performance*, Profile Books, Londra
- PIKARSKY, M. ve CHRISTENSEN, D. (1978), *Urban Transportation Policy and Management*, Lexington Books, 2. Baskı, Lexington
- SUTERMEISTER, R.A. (1976), *People and Productivity*, McGraw-Hill, 3. Baskı, New York
- TAHA, H.A. (2007), *Yöneylem Araştırması*, çev. Baray Ş.A. ve Esnaf, Ş., Literatür Yayınları, 6. Baskı, İstanbul
- ZHU, J. (2009), *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking: Data Envelopment Analysis with Spreadsheets*, Springer, 2. Baskı

Süreli Yayınlar

- ACHABAL, D.D., HEINEKE, J.M. ve McINTYRE, S.H. (1984), “Issues and Perspectives on Retail Productivity”, *Journal of Retailing*, Cilt. 60, No. 3, s. 107-127
- AIGNER, D.J., LOVELL, C.A.K. ve SCHMIDT, P. (1977), “Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models”, *Journal of Econometrics*, Cilt. 6, No. 1, s. 21-37
- AIGNER, D.J. ve CHU, S.F. (1968), “On Estimating the Industry Production Function”, *The American Economic Review*, Cilt. 58, No. 4, s. 826-839
- ALY, H.Y., GRABOWSKA, R., PASURKA, C. ve RANGAN, N. (1990), “Technical, Scale, and Allocative Efficiencies in U.S. Banking: An Empirical Investigation”, *The Review of Economics and Statistics*, Cilt. 72, No. 2, s. 211-218
- ATHANASSOPOULOS, A.D. (1997), “Service Quality and Operating Efficiency Synergies for Management Control in the Provision of Financial Services: Evidence from Greek Bank Branches”, *European Journal of Operational Research*, 98, s. 300-313
- ATHANASSOPOULOS, A.D. (1995), “Goal Programming & Data Envelopment Analysis (GoDEA) for Target-Based Multi-Level Planning: Allocating Central Grants to the Greek Local Authorities”, *European Journal of Operational Research*, Cilt. 87, s. 535-550
- BANKER, R.D., COOPER, W.W., SEIFORD, L.M., THRALL, R.M. ve ZHU, J. (2004), “Returns to Scale in Different DEA Models”, *European Journal of Operational Research*, Cilt. 154, s. 345–362
- BANKER, R.D., CHARNES, A. ve COOPER, W.W. (1984), “Some Models For Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis”, *Management Science*, Cilt. 30, No. 9, s. 1078-1092
- BANKER, R.D. (1984), “Estimating Most Productive Scale Size Using Data Envelopment Analysis”, *European Journal of Operational Research*, Cilt. 17, s. 35-44
- BARNUM, D.T., TANDON, S. ve McNEIL, S. (2008), “Comparing the Performance of Bus Routes after Adjusting for the Environment Using Data Envelopment Analysis”, *Journal of Transportation Engineering*, Cilt: 137, s.77-85
- BARNUM, D.T., McNEIL, S. ve HART, J. (2007), “Comparing the Efficiency of Public Transportation Subunits Using Data Envelopment Analysis”, *Journal of Public Transportation*, Cilt. 10, No. 2, s. 1-16
- BHAGAVATH, V. (2006), “Technical Efficiency Measurement by Data Envelopment Analysis: An Application in Transportation”, *Alliance Journal of Business Research*, s. 60-72
- BHATTACHARYYA , A., S. KUMBHAKAR ve A. BHATTACHARYYA (1995), “Ownership Structure and Cost Efficiency: A Study Of Publicly Owned Passenger-

- Bus Transportation Companies in India”, *Journal of Productivity Analysis*, Cilt 6, s. 47-61
- BITRAN, G.R. ve CHANG, L. (1984), “Productivity Measurement at the Firm Level”, *Interfaces*, Cilt 14, No. 3, s. 29-40
- BOAME, K.A. (2004), “The Technical Efficiency of Canadian Urban Transit Systems”, *Transportation Research Part E*, Cilt. 40, s. 401-416
- BOCCI, F. (2004), “Defining Performance Measurement”, *Perspectives on Performance*, Cilt 3, No. 1/2, s. 20-21
- BOILE, M.P. (2001), “Estimating Technical and Scale Inefficiencies of Public Transit Systems”, *Journal of Transportation Engineering*, Cilt 127, s. 187-194
- BOSCHKEN, H.L. (2000), “Behavior of Urban Public Authorities Operating in Competitive Markets: Policy Outcomes in Mass Transit”, *Administration & Society*, Cilt 31 No. 6, s. 726-758
- BOUSSOFIANCE, A., DYSON, R.G. ve THANASSOULIS, E. (1991), “Applied Data Envelopment Analysis”, *European Journal of Operational Research*, Cilt 52, No.1, s. 1-15
- BRUJEK, H., HJALMARSSON, L. ve FORSUND, F.R. (1990), “Deterministic Parametric and Nonparametric Estimation of Efficiency in Service Production: A Comparison”, *Journal of Econometrics*, Cilt. 46, No. 1-2, s. 213-227
- CHANG, D.S. ve YANG, F.C. (2010), “A New Benchmarking Method to Advance the Two-Model Approach: Evidence from a Nursing Home Application”, *INFOR*, Cilt 48, No. 2, s. 77-88
- CHANG, K.P. ve KAO, P.H. (1992), “The Relative Efficiency of Public versus Private Municipal Bus Firms: An Application of Data Envelopment Analysis”, *The Journal of Productivity Analysis*, Cilt 3, s. 67-84
- CHARNES, A., COOPER, W.W., GOLANY, B., SEIFORD, L. ve STUTZ, J. (1985), “Foundations of Data Envelopment Analysis for Pareto-Koopmans Efficient Empirical Production Functions”, *Journal of Econometrics*, Cilt 30, s. 91-107
- CHARNES, A. ve COOPER, W.W. (1985), “Preface to Topics in Data Envelopment Analysis”, *Annals of Operations Research*, Cilt 2, s. 59-94
- CHARNES, A., COOPER, W.W. ve RHODES, E. (1981), “Evaluating Program and Managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through”, *Management Science*, Cilt 27, No. 6, s. 668-697
- CHARNES, A., COOPER, W.W. ve RHODES, E. (1978), “Measuring Efficiency of Decision Making Units”, *European Journal of Operational Research*, Cilt 2, s. 429-444

- CHARNES, A. ve COOPER, W.W. (1961), *Management Models and the Industrial Applications of Linear Programming*, John Wiley, New York
- CHU, X., FIELDING, G.J. ve LAMAR, B.W. (1992), “Measuring Transit Performance Using Data Envelopment Analysis”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Cilt 26, No. 3, s. 223–230
- COBB, C.W. ve DOUGLAS, P.H. (1928), “A Theory of Production”, *The American Economic Review*, Cilt 18, No. 1, s. 139-165
- COOK, W.D., HABABOU, M., ve TUENTER, H.J.H. (2000), “Multicomponent Efficiency Measurement and Shared Inputs in Data Envelopment Analysis: An Application to Sales and Service Performance in Bank Branches”, *Journal of Productivity Analysis*, Cilt 14, s. 209-224
- COSTA, A.A. ve MARKELLOS, R.N. (1997), “Evaluating Public Transport Efficiency with Neural Network Models”, *Transportation Research Part C*, Cilt 5, No. 5, s. 301-312
- CULLINANE, K., WANG, T.F., SONG, D.W. ve JI, P. (2006), “The Technical Efficiency of Container Ports: Comparing Data Envelopment Analysis and Stochastic Frontier Analysis”, *Transportation Research Part A*, Cilt 40, s. 354–374
- DEBREU, G. (1951), “The Coefficient of Resource Utilization”, *Econometrica*, Cilt 19, No. 3, s. 273-292
- De BORGER, B., KERSTENS, K. ve COSTA, A. (2002), “Public Transit Performance: What Does One Learn From Frontier Studies?”, *Transport Reviews*, Cilt 2, No. 1, s. 1-38
- De BORGER, B. ve KERSTENS, K. (1996), “Cost Efficiency of Belgian Local Governments: A Comparative Analysis of FDH, DEA, and Econometric Approaches”, *Regional Science and Urban Economics*, Cilt 26, s. 145-170
- De JONG, G. ve CHEUNG, F. (1999), “Stochastic Frontier Models For Public Transport”, içinde *World Transport Research: Selected Proceedings of the 8th World Conference on Transport Research*, Editörler: Meersman, H., Van De Voorde, E. ve Winkelmann, W., Cilt 1, s. 373-386
- DELL’OLIO, L., IBEAS A. ve CECIN, P. (2011), “The Quality of Service Desired by Public Transport Users”, *Transport Policy*, Cilt 18, s. 217-227
- DELL’OLIO, L., IBEAS A. ve CECIN, P. (2010), “Modeling User Perception of Bus Transit Quality”, *Transport Policy*, Cilt 17, s. 388-397
- DYER, J.S. (1972), “Interactive Goal Programming”, *Management Science*, Cilt 19, No. 1, s. 62-70
- ECCLES, R.G. (1991), “The Performance Measurement Manifesto”, *Harvard Business Review*, Ocak - Şubat, s. 131-137

- FÄRE, R., GROSSKOPF, S., LOVELL, C.A.K. ve PASURKA, C. (1989), "Multilateral Productivity Comparisons When Some Outputs are Undesirable: A Nonparametric Approach", *The Review of Economics and Statistics*, Cilt 71, No. 1, s. 90-98
- FÄRE, R. ve LOVELL, C.A.K. (1978), "Measuring the technical efficiency", *Journal of Economic Theory*, Cilt 19, s. 150-162
- FARRELL, M.J. (1957), "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society*, Cilt 120, No. 3, s. 253-290
- FARSI, M., FILIPPINI, M. ve KUENZLE, M. (2006), "Cost Efficiency in Regional Bus Companies: An Application of Alternative Stochastic Frontier Models", *Journal of Transport Economics and Policy*, Cilt 40, No. 1, s. 95-118
- FAZIOLI, R., FILIPPINI, M ve PRIONI, P. (1993), "Cost-Structure and Efficiency of Local Public Transport: The Case of Emilia Romagna Bus Companies", *International Journal of Transport Economics*, Cilt 20, s. 305-324
- FERRIER, G.D. ve LOVELL, C.A.K. (1990), "Measuring Cost Efficiency in Banking: Econometric and Linear Programming Evidence", *Journal of Econometrics*, Cilt. 46, No. 1-2, s. 229-245
- FIBUCH, E. ve Van WAY, C.W. (2013), "Benchmarking's Role in Driving Performance", *Physician Executive Journal*, Cilt 39, No. 1, s. 28-32
- FIELDING, G.J., BABITSKY, T.T. ve BRENNER, M.E. (1985a), "Performance Evaluation for Bus Transit", *Transportation Research Part A*, Cilt 19A, No. 1, s. 73-82
- FIELDING, G.J., BRENNER, M.E. ve FAUST, K. (1985b), "Typology for Bus Transit", *Transportation Research Part A*, Cilt 19A, No. 3, s. 269-278
- FIELDING, G.J., GLAUTHIER, R.E. ve LAVE, C.A. (1978), *Performance Indicators for Transit Management*, Institute of Transportation Studies, University of California
- FILIPPINI, M. ve PRIONI, P. (2003), "The Influence of Ownership on The Cost of Bus Service Provision in Switzerland - An Empirical Illustration", *Applied Economics*, Cilt 35, No. 6, s. 683-690
- FILIPPINI, M., MAGGI, R. ve PRIONI, P. (1992), "Inefficiency in a Regulated Industry: The Case Of Swiss Regional Bus Companies", *Annals of Public and Cooperative Economics*, Cilt 63, s. 437-455
- FLEDDERUS, M.L. (1939), "Optimum Productivity", *Synthese*, Cilt 4, No. 5 s. 255-261
- FLOYD, T.H. (1990), "Personalizing Public Transportation", *The Futurist*, Kasım/Aralık Sayısı, Cilt. 24, Sayı 6, s. 29-34
- GHALAYINI, A.M. ve NOBLE, J.S. (1996), "The Changing Basis of Performance Measurement", *International Journal of Operations & Production Management*, Cilt 16, No. 8, s. 63-80

- GOLANY, B. ve YU, G. (1997), “Estimating Returns to Scale in DEA”, *European Journal of Operational Research*, Cilt 103, s.28-37
- GOLANY, B. ve TAMIR, E. (1995), “Evaluating Efficiency – Effectiveness – Equality Trade-offs: A Data Envelopment Analysis Approach”, *Management Science*, Cilt 41, No. 7, s.1172-1184
- GOLANY, B., PHILLIPS, F.Y. ve ROUSSEAU, J.J. (1993), “Models for Improved Effectiveness Based on DEA Efficiency Results”, *IEE Transactions*, Cilt 25, No. 6, s. 2-10
- GOLANY, B. ve ROLL, Y. (1989), “An Application Procedure for DEA”, *OMEGA*, Cilt 17, No. 3, s. 237-250
- GOLANY, B. (1988), “An Interactive MOLP Procedure for the Extension of DEA to Effectiveness Analysis”, *Journal of Operational Research Society*, Cilt 39, No. 8, s. 725-734
- GRÖNROOS, C. ve OJASALO, K. (2004), “Service Productivity Towards a Conceptualization of the Transformation of Inputs into Economic Results in Services”, *Journal of Business Research*, Cilt 57, s.414– 423
- GÜNER, S., TAŞKIN, K. ve COSKUN, E. (2012), “Evaluating the Operational Efficiencies of Turkish Passenger Ports with Data Envelopment Analysis”, *10th International Logistics & Supply Chain Management Congress*, s. 406-412, İstanbul
- HAAS, D.J. (2003), “Productive Efficiency of English Football Teams – A Data Envelopment Analysis Approach”, *Managerial and Decision Economics*, Cilt 24, s. 403-410
- HAHN, J.S., KIM, H.R. ve KHO, S.Y. (2009), “DEA Approach for Evaluating the Efficiency of Exclusive Bus Routes”, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Cilt 7
- HALME, M., JORO, T., KORHONEN, P., SALO, S. ve WALLENIOUS, J. (1999), “A Value Efficiency Approach to Incorporating Preference Information in Data Envelopment Analysis”, *Management Science*, Cilt 45, s. 103–115
- HAWAS, Y.E., KHAN, M.B. ve BASU, N. (2012), “Evaluating and Enhancing the Operational Performance of Public Bus Systems Using GIS-Based Data Envelopment Analysis”, *Journal of Public Transportation*, Cilt 15, No. 2, s. 19-44
- HENSHER, D.A., STOPHER, P. ve BULLOCK, P. (2003), “Service Quality—Developing a Service Quality Index In The Provision of Commercial Bus Contracts”, *Transportation Research Part A*, Cilt 37, s. 499–517
- HENSHER, D.A. (1987), “Productive Efficiency and Ownership of Urban Bus Services”, *Transportation*, Cilt 14, s. 209-225

- HOLVAD, T. (2001), "An Examination of Efficiency Level Variations for Bus Services", *Seventh International Conference on Competition and Ownership in Land Passenger Transport (THREDBO 7)*, Molde, Norveç
- IGNIZIO, J.P. (1978), "A Review of Goal Programming: A Tool for Multiobjective Analysis", *The Journal of the Operational Research Society*, Cilt 29, No. 11 s. 1109-1119
- JORGENSEN, F., PEDERSEN, P.A. ve SOLVOLL, G. (1995), "The Costs of Bus Operations in Norway", *Journal of Transport Economics and Policy*, Cilt 29, No. 3, s. 253-262
- JORO, T., KORHONEN, P. ve WALLENIUS, J. (1998), "Structural Comparison of Data Envelopment Analysis and Multiple Objective Linear Programming", *Management Science*, Cilt 44, No. 7, s. 962-970
- KARLAFTIS, M.G. ve TSAMBOULAS, D. (2012), "Efficiency Measurement in Public Transport: Are Findings Specification Sensitive?", *Transportation Research Part A*, Cilt 46, s. 392-402
- KARLAFTIS, M.G. (2004), "DEA Approach for Evaluating the Efficiency and Effectiveness of Urban Transit Systems", *European Journal of Operational Research*, Cilt 152, s. 354-364
- KARLAFTIS, M.G. (2003), "Investigating Transit Production and Performance: A Programming Approach", *Transportation Research Part A*, Cilt 37, s. 225-240
- KARLAFTIS, M.G., McCarthy, P.S. (1997), "Subsidy and Public Transit Performance: A Factor Analytic Approach", *Transportation*, Cilt 24, s. 253-270
- KEH, H.T., CHU, S. ve XU, J. (2006), "Efficiency, Effectiveness and Productivity of Marketing in Services", *European Journal of Operational Research*, Cilt 170, s. 265-276
- KERSTENS, K. (1996), "Technical Efficiency Measurement and Explanation of French Urban Transit Companies", *Transportation Research Part A*, Cilt 30, No. 6, s. 431-452
- KERSTENS, K. (1999), "Decomposing Technical Efficiency and Effectiveness of French Urban Transport", *Annals of Economics and Statistics*, No. 54, s. 129-155
- KLIMBERG, R. ve PUDDECOMBE, M. (1999), "A Multiple Objective Approach to Data Envelopment Analysis", *Advances in Mathematical Programming and Financial Planning*, Cilt 5, s. 201-231
- KORNBLUTH, J.S.H. (1991), "Analysing Policy Effectiveness Using Cone Restricted Data Envelopment Analysis", *Journal of the Operational Research Society*, Cilt 42, s. 1097-1104.

- LAO, Y. ve LIU, L. (2009), "Performance Evaluation of Bus Lines with Data Envelopment Analysis and Geographic Information Systems", *Computers, Environment and Urban Systems*, Cilt 33 s. 247–255
- LEBAS, M.J. (1995), "Performance Measurement and Performance Management", *International Journal of Production Economics*, Cilt 41, s. 23 35
- LI, X.B. ve Reeves, G.R. (1999), "Multiple Criteria Approach to Data Envelopment Analysis", *European Journal of Operational Research*, Cilt 115, s. 507-517
- LIEBERMAN, M.B., LAU, L.J. ve WILLIAMS, M.D. (1990), "Firm-Level Productivity and Management Influence: A Comparison of U.S. and Japanese Automobile Producers", *Management Science*, Cilt 36, No. 10, s. 1193-1215
- LINS, MP.E., MEZA, L.A. ve SILVA, AC.M (2004), "A Multi-Objective Approach to Determine Alternative Targets in Data Envelopment Analysis", *Journal of the Operational Research Society*, Cilt 55, s. 1090–1101
- MATAS, A. ve RAYMOND, J.L. (1998), "Technical Characteristics and Efficiency of Urban Bus Companies: The Case of Spain", *Transportation*, Cilt 25, s. 243 - 263
- MURRAY, A.T. (2001), "Strategic Analysis of Public Transport Coverage", *Socio-Economic Planning Sciences*, Cilt 35, s. 175–188
- NEELY, A. (2005), "Defining Performance Measurement: Adding to the Debate", *Perspectives on Performance*, Cilt 4, No. 2, s. 14-15
- NEELY, A. ve BOUME, M. (2000), "Why Measurement Initiatives Fail", *Measuring Business Excellence*, 4.4, s. 3-6, MCB University Press, 1368-3047
- NEELY, A. (1999), "The Performance Measurement Revolution: Why Now and What Next?", *International Journal of Operations & Production Management*, Cilt 19 No. 2, s. 205-228
- NETO, J.Q.F. ve MEZA, L.A. (2007), "Alternative Targets for Data Envelopment Analysis through Multi-Objective Linear Programming: Rio de Janeiro Odontological Public Health System Case Study", *Journal of the Operational Research Society*, Cilt 58, s. 865-873
- NOLAN, J.F. (1996), "Determinants of Productive Efficiency in Urban Transit", *Logistics and Transportation Review*, Cilt 32, No: 3, s. 319-342
- ORAL, M. ve YOLALAN, R. (1990), "Empirical Study on Measuring Operating Efficiency and Profitability of Bank Branches", *European Journal of Operational Research*, Cilt 46, No. 3, s. 282-294
- PARASURAMAN, A., ZEITHAML, V.A. ve BERRY L.L. (1985), "A Conceptual Model of Service Quality and Its Implications for Future Research", *Journal of Marketing*, Cilt 49, No. 4, s. 41-50

- PAULLEY, N., BALCOMBE, R., MACKETT, R., TITHERIDGE, H., PRESTON, J., WARDMAN, M., SHIRES, J. ve WHITE, P. (2006), "The Demand for Public Transport: The Effects of Fares, Quality of Service, Income and Car Ownership", *Transport Policy*, Cilt 13, s. 295-306
- PERRY, J.L. ve BABITSKY, T.T. (1986), "Comparative Performance in Urban Bus Transit: Assessing Privatization Strategies", *Public Administration Review*, Cilt 46, No. 1 s. 57-66
- POST, T. ve SPRONK, J. (1999), "Performance Benchmarking Using Interactive Data Envelopment Analysis", *European Journal of Operational Research*, Cilt 115, s. 472-487
- PUCHER, J. (1982a), "Discrimination in Mass Transit", *Journal of the American Planning Association*, Cilt 48, No. 3, s. 315-326
- PUCHER, J. (1982b) "A Decade of Change for Mass Transit," *Transportation Research Record*, No. 858, s. 48-57
- ROJO, M., ORDEN, H.G., DELL'OLIO, L. ve IBEAS, A. (2012), "Relationship Between Service Quality and Demand for Inter-Urban Buses", *Transportation Research Part A*, Cilt 46, s. 1716-1729
- ROUSE, P., PUTTERILL, M. ve RYAN, D. (2002), "Integrated Performance Measurement Design: Insights from an Application in Aircraft Maintenance", *Management Accounting Research*, Cilt 13, s.229–248
- SAMPAIO, B.R., NETO, O.L. ve SAMPAIO, Y. (2008), "Efficiency Analysis of Public Transport Systems: Lessons for Institutional Planning", *Transportation Research Part A*, Cilt 42, s.445-454
- SANCHEZ, I.M.G. (2009), "Technical and Scale Efficiency in Spanish Urban Transport: Estimating with Data Envelopment Analysis", *Advances in Operations Research*, vol. 2009, Article ID 721279, 15 pages, 2009. doi:10.1155/2009/721279
- SARKIS, J. (2000), "An Analysis of the Operational Efficiency of Major Airports in the United States", *Journal of Operations Management*, Cilt 18, s. 335–351
- SEIFORD, L.M. ve Zhu, J. (1999), "An Investigation of Returns to Scale in Data Envelopment Analysis", *OMEGA*, Cilt 27, s. 1-11
- SHERMAN, H.D. ve ZHU, J. (2006), "Benchmarking with Quality-Adjusted DEA (Q-DEA) to Seek Lower-Cost High-Quality Service: Evidence from a U.S. Bank Application", *Annals of Operations Research*, Cilt 145, s. 301-319
- SHERMAN, H.D. ve LADINO, G. (1995), "Managing Bank Productivity Using Data Envelopment Analysis" (DEA), *Interfaces*, Cilt 25, No. 2, s. 60-73

- SHETH, C., TRIANTIS, K. ve TEODOROVIC, D. (2007), "Performance Evaluation of Bus Routes: A Provider and Passenger Perspective", *Transportation Research Part E*, Cilt 43, s. 453-478
- SHETH, J.N. ve SISODIA, R.S. (2002), "Marketing Productivity: Issues and Analysis", *Journal of Business Research*, Cilt 55, s. 349-362
- SHIMSHAK, D.G., LENARD M.L. ve KLIMBERG R.K. (2009), "Incorporating Quality into Data Envelopment Analysis of Nursing Home Performance: A Case Study", *OMEGA*, Cilt 37, s. 672-685
- SHIMSHAK, D.G. and LENARD M.L. (2007), "A Two-Model Approach to Measuring Operating and Quality Efficiency with DEA", *INFOR*, Cilt. 45, No. 3, s. 143-151
- SKINNER, W. (1986), "The Productivity Paradox", *Harvard Business Review*, Cilt 64, s. 55-59
- SOTERIOU, A.C. ve STAVRINIDES, Y. (2000), "An Internal Customer Service Quality Data Envelopment Analysis Model for Bank Branches", *International Journal of Bank Marketing*, Cilt 18, No. 5, s. 246-252
- SOTERIOU, A.C. ve ZENIOS, S.A. (1999), "Operations, Quality, and Profitability in the Provision of Banking Services", *Management Science*, Cilt 45, No. 9, s. 1221-1238
- TALLEY, W.K. ve ANDERSON, P.P. (1981), "Effectiveness and Efficiency in Transit Performance: A Theoretical Perspective", *Transportation Research*, Cilt 15A, No. 6, s. 431-436
- THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF PUBLIC TRANSPORT (UITP), *What is Public Transport*, <http://www.uitp.org/Public-Transport/why-publictransport/index.cfm>
- TOMAZINIS, A.R. (1977), *A Study of Efficiency Indicators of Urban Public Transportation Systems*, U.S. Department of Transportation, Final Report, Washington D.C.
- TONGZON, J. (2001), "Efficiency Measurement of Selected Australian and Other International Ports Using Data Envelopment Analysis", *Transportation Research Part A*, Cilt 35, s. 107-122
- TULKENS, H. (1993), "On FDH Efficiency Analysis: Some Methodological Issues and Applications to Retail Banking, Courts and Urban Transit", *Journal of Productivity Analysis*, Cilt 4, No. 1-2, s. 183-210
- VENKATRAMAN, N. ve RAMANUJAM, V. (1986), "Measurement of Business Performance in Strategy Research: A Comparison of Approaches", *The Academy of Management Review*, Cilt 11, No. 4, s. 801-814
- VITON, P.A. (1998), "Changes in Multi-Mode Bus Transit Efficiency, 1988-1992", *Transportation*, Cilt 25, s. 1-21

- VITON, P.A. (1997), “Technical Efficiency in Multi-Mode Bus Transit: A Production Frontier Analysis”, *Transportation Research Part B: Methodological*, Cilt 31, No. 1, s. 23-39
- VITON, P.A. (1992), “Consolidations of Scale and Scope in Urban Transit”, *Regional Science and Urban Economics*, Cilt 22, No. 1, s. 25-49
- VITON, P.A. (1986), “The Question of Efficiency in Urban Bus Transportation”, *Journal of Regional Science*, Cilt 26, No. 3, s. 499-513
- WILLCOX, W.F. (1896), “Methods of Determining the Economic Productivity of Municipal Enterprises”, *American Journal of Sociology*, Cilt 2, No. 3 s. 378-391
- WORTHINGTON, A. C. ve DOLLERY B.E. (2000), *Efficiency Measurement in the Local Public Sector: Econometric and Mathematical Programming Frontier Techniques*, Discussion Papers in Economics, Finance and International Competitiveness, No. 78, Queensland University of Technology, s. 1-21
- YALINIZ, P., BILGIC, S., VITOSOGLU, Y. ve TURAN, C. (2011), “Evaluation of Urban Public Transportation Efficiency in Kutahya, Turkey”, *Procedia Social and Behavioral Sciences*, Cilt 20, s. 885-895
- YANG, H. ve POLLITT, M. (2010), “The Necessity of Distinguishing Weak and Strong Disposability among Undesirable Outputs in DEA: Environmental Performance of Chinese Coal-Fired Power Plants”, *Energy Policy*, Cilt 38, s. 4440-4444
- YOSHIDA, Y. ve FUJIMOTO, H. (2004), “Japanese-Airport Benchmarking with the DEA and Endogenous-Weight TFP Methods: Testing the Criticism of Overinvestment in Japanese Regional Airports”, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Cilt 40, No. 6, s. 533–546

Diğer Yayınlar

- AFZAL, M. (2006), *Some New Production Measurement Methods for Large Scale Manufacturing Sector of Pakistan*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, National College of Business Administration & Economics, Pakistan
- AMERICAN PUBLIC TRANSPORTATION ASSOCIATION (APTA), *Definition of Terms and Abbreviations*, http://www.apta.com/resources/statistics/Documents/Ridership/mi_ssdef.pdf, Erişim Tarihi: 28.10.2013
- ANDERSON, S.C. ve FIELDING, G.L. (1982), *Comparative Analysis of Transit Performance*, US Department of Transportation, Washington DC, Final Report
- BARNUM, D.T. (2009), *Bibliography of Urban Transit DEA Publications*, <http://ssrn.com/abstract=1350583>
- BARROS, C.P., GUIRONNET, J.P., PEYPOCH, N. ve ROY, W. (2008), “Heterogeneity in Technical Efficiency of the French Urban Transport: 1995 to 2002”, *Working Papers / Department of Economics at the School of Economics and Management (ISEG)*, Technical University of Lisbon
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (2002), *Transportation – Logistics and Services – Public Passenger Transport – Service Quality Definition, Targeting and Measurement*, EN 13816 Report, Brüksel
- IDAHO TRANSPORTATION DEPARTMENT, Public Transportation Definition, <http://itd.idaho.gov/taskforce/Public%20Transportation%20Definition.pdf>
- SCHOFER, J.L. (2014), “Mass Transit”, içinde *Encyclopaedia Britannica Online Academic Edition*, <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/368374/mass-transit>
- SÜTÜTEMİZ, N. (2005), *Müşteri Sadakati Belirleyicileri ve Modellerinin Karşılaştırılması: Bankacılık ve Sağlık Sektöründe Bir Araştırma*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi
- TRANSIT COOPERATIVE RESEARCH PROGRAM REPORT (TCRP) 100 (2003), *Transit Capacity and Quality of Service Manuel*, Second Edition, Washington D.C.

EKLER

EK-1: Hat İsimleri

Hat No.	Hat İsimleri
#2	Gar Meydanı – Hızır İlyas
#3	Kent Meydanı – Yeşil Tepe – Yeni Terminal
#4	Kampüs – Et Balık
#5	Gar Meydanı – Beş Köprü
#6	Gar Meydanı – Ulu Sokak – 32 Evler – Adaşehir
#7	Kent Meydanı – Yıldız Tepe – Yeni Terminal
#9	Maltepe Buçuk
#10	Maltepe Altyol
#12	Yazlık – Kampüs – Esentepe
#14	Gar Meydanı – Ulu Sokak – Lojmanlar – B.Evler
#15	Kent Meydanı - Kampüs - Yenicami
#17	Güneşler - Adatıp Hast. - Şimşek Evler
#18	Zirai Aletler San. - Adatıp Hast. - Yıldız
#19	Gar Meydanı - Serdivan - Çark Turnike
#19/K	Kent Meydanı Adatıp - Serdivan - Kampüs
#20	Kent Meydanı - Altınova - 32 Evler
#20/A	Kent Meydanı - Serdivan - Beşköprü
#21/A	Kampüs - Karaman
#21/B	Kampüs - Karaman
#21/H	Sgk - Yenikent Devlet Hastanesi
#22/A	Ofis Garaj - Camili 1
#22/B	Ofis Garaj - Camili 1
#23	Ofis Garaj - Camili 2
#24	Ofis Garaj - Toki - Korucuk
#24/H	Sakarya Arş.Hastanesi - Korucuk Araştırma Hastanesi
#24/K	Korucuk - Kampüs
#26	Kent Meydanı - Altınova Hast. - Kampüs
#27	Gar Meydanı - Atso Evleri - Kampüs
#28	Kuzey Terminal - Yeni Terminal
#29	Yeni Terminal - Kampüs

EK-2: Hat Uzunlukları

Hat No.	Hat Uzunlukları (km)
#2	22,10
#3	22,10
#4	34,86
#5	22,80
#6	19,76
#7	23,10
#9	12,78
#10	14,00
#12	40,50
#14	16,22
#15	22,50
#17	23,70
#18	23,50
#19	19,00
#19/K	25,30
#20	16,85
#20/A	25,60
#21/A	55,00
#21/B	55,00
#21/H	32,60
#22/A	32,30
#22/B	32,29
#23	30,50
#24	38,40
#24/H	34,50
#24/K	49,00
#26	20,70
#27	23,20
#28	21,40
#29	29,56

EK-2: Araç Sayıları, Tipleri ve Sıklıkları

Hat No.	150 yolcu kap.		104 yolcu kap.		66 yolcu kap.		Toplam Araç	Toplam Sıklık
	Adet	Sıklık	Adet	Sıklık	Adet	Sıklık		
#2	0	0	0	0	2	33	2	33
#3	0	0	2	26	0	0	2	26
#4	0	0	0	0	4	38	4	38
#5	0	0	0	0	1	18	1	18
#6	0	0	0	0	1	15	1	15
#7	0	0	0	0	2	23	2	23
#9	0	0	0	0	1	18	1	18
#10	0	0	0	0	1	15	1	15
#12	0	0	0	0	1	9	1	9
#14	0	0	0	0	1	18	1	18
#15	2	26	1	9	1	15	4	50
#17	0	0	0	0	2	24	2	24
#18	0	0	0	0	2	24	2	24
#19	0	0	0	0	2	31	2	31
#19/K	0	0	2	27	0	0	2	27
#20	0	0	0	0	1	16	1	16
#20/A	0	0	0	0	1	27	1	27
#21/A	0	0	3	25	0	0	3	25
#21/B	0	0	3	24	0	0	3	24
#21/H	0	0	0	0	2	14	2	14
#22/A	0	0	0	0	2	31	2	31
#22/B	0	0	0	0	2	31	2	31
#23	0	0	0	0	1	14	1	14
#24	0	0	3	35	0	0	3	35
#24/H	0	0	0	0	1	8	1	8
#24/K	0	0	2	16	0	0	2	16
#26	2	33	2	30	0	0	4	63
#27	0	0	0	0	1	15	1	15
#28	0	0	0	0	4	58	4	58
#29	0	0	1	12	1	15	2	27

ÖZGEÇMİŞ

11 Şubat 1985'te Sakarya'nın Akyazı ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Akyazı'da tamamladı. 2003 yılında Balıkesir Üniversitesi İşletme Bölümü'nde başladığı üniversite eğitimine yatay geçişle Sakarya Üniversitesi'nde devam etti. 2006 yılında Erasmus Öğrenci Değişim Programı ile Belçika'nın Katholieke Hogeschool Limburg (KHLim) üniversitesinde bir dönem lojistik ve tedarik zinciri yönetimi eğitimi gördükten sonra 2008 yılında Sakarya Üniversitesi'nden mezun oldu. Aynı yıl Sakarya Üniversitesi İşletme Fakültesi Üretim Yönetimi ve Pazarlama anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2010 yılında Sakarya Üniversitesi'nde araştırma görevliliğine ve doktora eğitimine başladı. 2013 yılında ABD'de Worcester Polytechnic Institute (WPI) School of Business'de misafir araştırmacı olarak görev yapmış olup, halen Sakarya Üniversitesi İşletme Fakültesi'ndeki araştırma görevliliğine devam etmektedir.