



ANKARA
HACI BAYRAM VELİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**NETWORK VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE
ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ**

Deniz KOÇAK ERTÜRK

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Murat ATAN**

**DOKTORA TEZİ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI**

ŞUBAT 2020



NETWORK VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ

Deniz KOÇAK ERTÜRK

DOKTORA TEZİ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI

ANKARA HACI BAYRAM VELİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ŞUBAT 2020

Deniz KOÇAK ERTÜRK tarafından hazırlanan “Network Veri Zarflama Analizi İle Etkinlik Ölçümü” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / ~~OY ÇOKLUĞU~~ ile Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Ekonometri Anabilim Dalında Ekonometri Bilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Murat ATAN

Ekonometri Anabilim Dalı, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/~~onaylamıyorum~~



Başkan: Prof. Dr. Latif ÖZTÜRK

İstatistik Anabilim Dalı, Kırıkkale Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/~~onaylamıyorum~~



Üye: Prof. Dr. Şenol ALTAN

Ekonometri Anabilim Dalı, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi

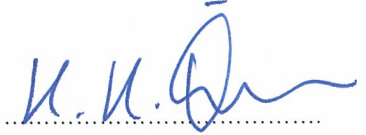
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/~~onaylamıyorum~~



Üye: Prof. Dr. Hasan ÖRKÇÜ

Yöneylem Araştırması Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/~~onaylamıyorum~~



Üye: Doç. Dr. Ramazan ŞAHİN

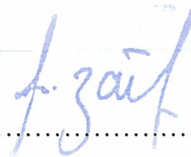
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/~~onaylamıyorum~~



Tez Savunma Tarihi: 28.02.2020

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



Prof. Dr. Figen ZAİF

Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksi durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Deniz KOÇAK ERTÜRK

28.02.2020

NETWORK VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ

(Doktora Tezi)

Deniz KOÇAK ERTÜRK

ANKARA HACI BAYRAM VELİ ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Şubat 2020

ÖZET

Sürdürülebilir kalkınma hedefleri (SKH), ekonomik, sosyal ve çevresel alanlarda küresel kalkınmaya rehberlik eden bir eylem planıdır. 2015-2030 dönemini kapsayan ve toplamda 17 hedef ile tanımlanmış olan bu eylem planının dördüncüsünü “SKH 4: Nitelikli Eğitim” oluşturmaktadır. Günümüzde bu hedefe atfedilen anlam itibarıyla, ülkelerin ekonomik, sosyal ya da çevresel herhangi bir alandaki kalkınmalarının temelinde eğitimin olduğu kabul edilmektedir. Nitekim bir üretim etkinliği olarak, ülkelerin insan sermayesini optimize etmeye çalışan nitelikli eğitim hedefi ile ilgili yapılan çalışmalar hayati önem taşımaktadır. Toplumların gelişmesi ve modernleşmesi kapsamında önemli bir itici güç olarak değerlendirilmekte olan bu hedef, bireylerin refah ve mutluluklarını sağlamak, sosyo-ekonomik statülerini geliştirmek için eğitime katılımı her yerde ve herkes için mümkün kılmaktadır. Bu sayede nitelikli eğitim hedefi, emeğin niteliğini artırarak toplumların iktisadi büyümelerine ve ekonomik kalkınmalarına yardımcı olmaktadır. Çalışmada nitelikli eğitim hedefiyle ilişkili olan makroekonomik göstergeler kullanılarak 30 OECD ülkesinin eğitim ekonomisi performanslarının kapsamlı ve objektif bir şekilde değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Yapılan bu performans değerlendirmesinin, kamu politika ve finansmanın eğitime yönelik etkileri konusunda ülkeler için tamamlayıcı bir kılavuz niteliğinde olacağına inanılmaktadır. Performans değerlendirmesi temelinde ise ülkelerin eğitim ekonomisi etkinlikleri, makroekonomik göstergelerin bir fonksiyonu olarak ilişkiyel network veri zarflama analizi kullanılarak hesaplanmaktadır. İlişkiyel network veri zarflama analizinin modellenerek, ülkelerin eğitim ekonomisi ihtiyaçlarına cevap veren toplam etkinlik değerleri ve alt-süreç etkinlik değerleri gibi farklı etkinlik değerlerinin elde edilmesi amacıyla Generalized Algebraic Modeling System (GAMS) kodları oluşturulmuştur. Yeni geliştirilmiş bir performans ölçümü olan ilişkiyel network veri zarflama analizinin eğitim ekonomisi alanında nasıl kullanıldığı gösterilmesi ve bu amaçla geliştirilen GAMS kodlarının sunulması çalışmanın önemli noktalarını oluşturmaktadır. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular ise herhangi bir ülkenin bireylerine nitelikli bir eğitim sağlamasında önem vermesi gereken makroekonomik göstergelerin tespit edilmesini ve ülkenin mevcut konumunun saptanmasını sağlamakta iken, bu durum birey için ekonomik kazanıma ve toplum için üretkenlik artışına fayda sağlamaktadır.

Bilim Kodu : 112304
Anahtar Kelimeler : Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri 4, Eğitim Ekonomisi, İlişkiyel Network Veri Zarflama Analizi
Sayfa Adedi : 107
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Murat ATAN

EFFICIENCY MEASUREMENT WITH NETWORK DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

(Ph. D. Thesis)

Deniz KOÇAK ERTÜRK

ANKARA HACI BAYRAM VELİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL FOR ANKARA HACI BAYRAM VELİ UNIVERSITY

February 2020

ABSTRACT

Sustainable development goals (SDG) is an action plan that guides global development in economic, social and environmental areas. The fourth goal of this action plan covering the 2015-2030 period and defined with 17 goals is “SDG 4: Quality Education”. Nowadays, it is accepted that education is the basis of the countries’ economic, social or environmental development in terms of the meaning attributed to this goal. As a productive efficiency, the studies on the quality education that try to optimize the human capital of countries are vital. This goal is considered as an important driving force in the development and modernization of societies. Participation in education is possible for everyone and everywhere to ensure the welfare and happiness of individuals and to improve their socio-economic status. The related goal helps economic growth and development of societies by increasing the quality of labor. The study aims to evaluate the education economy performances of 30 OECD countries comprehensively and objectively within the scope of macroeconomic indicators related to the quality education goal. It is believed that this performance evaluation will be a complimentary guide for countries on the educational effects of public policy and financing. Based on performance evaluation, the education economy efficiencies of countries are calculated by using relational network data envelopment analysis as a function of macroeconomic indicators. Generalized Algebraic Modeling System (GAMS) codes are created to model the relational network data envelopment analysis and to obtain different efficiency values such as total efficiency values and sub-process efficiency values that meet the education economy needs of countries. The important points of the study are pointing out how the relational network data envelopment analysis, which is a newly developed performance measurement, is used in the field of education economy and presenting GAMS codes developed for this purpose. The findings of the study provide the determination of the macroeconomic indicators and determination of the current position of the country, which should give importance to providing quality education to the individuals of countries, while this provides benefit to economic gain for the individual and productivity increase for society.

Science Code : 112304
Key Words : Sustainable Development Goals 4, Education Economy, Relational
Network Data Envelopment Analysis
Page Number : 107
Supervisor : Prof. Dr. Murat ATAN

TEŞEKKÜR

Akademik hayatıma baŐladıđım günden beri hiçbir zaman desteğini esirgemeyen ve her konuda bana yol gsteren danışman hocam Prof. Dr. Murat ATAN'a, doktora eğitimimde tez izleme komitemde yer alarak bryk katkılar sunan Prof. Dr. Latif ÖZTÜRK ve Prof. Dr. Şenol ALTAN'a ve bu sryeçte beni hiç yalnız bırakmayan sevgili aileme teŐekkürü borç bilirim.

Deniz KOÇAK ERTÜRK

Ankara, Şubat 2020



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA HEDEFLERİ VE NİTELİKLİ EĞİTİM HEDEFİ..	5
2.1. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri	5
2.2. Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine İlişkin Tanımlar, Amaçlar ve Kapsam.....	7
2.2.1. Nitelikli Eğitim.....	11
2.2.2. Nitelikli Eğitimi Etkileyen Makroekonomik Göstergeler	13
2.2.2.1. Eğitime ayrılan bütçe	17
2.2.2.2. PISA 2015	20
2.2.2.3. Eğitim seviyelerine göre istihdam oranları	23
3. PERFORMANS ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ.....	27
3.1. Performans Ölçümü	27
3.2. Performans Ölçümü ile İlgili Kavramlar	29
3.2.1. Etkinlik	31
3.2.2. Etkililik.....	33
3.2.3. Verimlilik	34
3.3. Performans Ölçüm Yöntemleri.....	35
3.3.1. Network Veri Zarflama Analizi	35

3.3.2. Network Veri Zarflama Analizi Modelleri.....	40
3.3.2.1. Bağımsız modeller	41
3.3.2.1.1. CCR oran modeli	43
3.3.2.1.2. BCC modeli	45
3.3.2.1.3. Toplamsal model	48
3.3.2.1.4. Çarpımsal model	49
3.3.2.2. Sistem uzaklık ölçüm modeli.....	51
3.3.2.3. Süreç uzaklık ölçüm modeli.....	52
3.3.2.4. Faktör uzaklık ölçüm modeli	53
3.3.2.5. Aylak tabanlı ölçüm modeli.....	53
3.3.2.6. Oran analizi sistem etkinlik modeli	58
3.3.2.7. Oran analizi süreç etkinlik modeli	62
3.3.2.8. Oyun teorisi modeli.....	62
3.3.2.9. Değer odaklı etkinlik ölçüm modeli	63
4. UYGULAMA	65
4.1. Ülkelerin Eğitim Ekonomisi Performanslarının Network Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi	65
4.1.1. Karar Verme Birimlerinin Seçimi	67
4.1.2. Girdi, Ara Ürün ve Çıktı Göstergelerinin Seçimi.....	68
4.1.3. Network Veri Zarflama Analizi Modelinin Seçimi.....	72
4.1.4. Network Veri Zarflama Analizi için Geliştirilen GAMS Kodları.....	76
4.1.5. Ülkelerin Toplam ve Alt Süreç Etkinlik Değerlerinin Belirlenmesi.....	83
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	91
KAYNAKLAR	95
ÖZGEÇMİŞ	105

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri	9
Çizelge 2.2. Nitelikli Eğitim Göstergeleri	14
Çizelge 2.3. Öğrenci Başına Yapılan Eğitim Harcaması	19
Çizelge 2.4. PISA 2015: Fen, Okuma ve Matematik Becerileri Ortalama Puanları.....	21
Çizelge 2.5. Eğitim Seviyelerine Göre İstihdam Oranları	24
Çizelge 3.1. Girdi Yönlü CCR Modelleri	44
Çizelge 3.2. Çıktı Yönlü CCR Modeli.....	45
Çizelge 3.3. Girdi Yönlü BCC Modelleri	47
Çizelge 3.4. Çıktı Yönlü BCC Modelleri.....	48
Çizelge 3.5. Toplamsal Model	49
Çizelge 3.6. Çarpımsal Model	50
Çizelge 3.7. Girdi Uzaklık Ölçüm Modeli.....	52
Çizelge 3.8. Girdi Yönlü Aylak Tabanlı Ölçüm Modeli	55
Çizelge 3.9. Çıktı Yönlü Aylak Tabanlı Ölçüm Modeli.....	56
Çizelge 3.10. Yönsüz Aylak Tabanlı Ölçüm Modeli.....	57
Çizelge 3.11. İlişkisel Network VZA Modeli.....	61
Çizelge 4.1. Uygulama Aşamasında Kullanılan OECD Ülkeleri	68
Çizelge 4.2. Girdi, Ara Ürün ve Çıktı Göstergeleri	71
Çizelge 4.3. Veri Seti	73
Çizelge 4.4. Girdi ve Çıktı Göstergeleri Arasındaki Korelasyon Katsayıları.....	75
Çizelge 4.5. İlişkisel Network VZA Modelinde Toplam Etkinlik Değerlerinin Hesaplanması için Geliştirilen GAMS Kodları	77
Çizelge 4.6. İlişkisel Network VZA Modelinde Alt-Süreç Etkinlik Değerlerinin Hesaplanması için Geliştirilen GAMS Kodları	80
Çizelge 4.7. Ülkelerin Toplam ve Alt-Süreç Etkinlik Değerleri	84
Çizelge 4.8. Klasik VZA Modeli Kullanılarak Elde Edilen Ülkelerin Etkinlik Değerleri ..	87

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Performans Teriminin Genel Yapısı	29
Şekil 3.2. Etkinlik, Etkililik ve Verimlilik	30
Şekil 3.3. Etkin Sınır ve Üretim Olanakları Kümesi	32
Şekil 3.4. Kara Kutu Modeli	36
Şekil 3.5. Network VZA Modeli.....	37
Şekil 3.6. VZA'nın VRS ve CRS sınırları	42
Şekil 3.7. Ölçeğe Göre Getirilerin Farklı Alanları.....	46
Şekil 3.8. İlişkisel Network VZA Modelinin Yapısı	59
Şekil 4.1. Ülkelerin Eğitim Ekonomisi Performanslarının Değerlendirilmesinde Kullanılan İlişkisel Network VZA Modeli.....	74
Şekil 4.2. Ülkelerin Eğitim Ekonomisi Performanslarının Değerlendirilmesinde Kullanılan Kara Kutu Modeli.....	87
Şekil 4.3. Klasik VZA Modeli ve İlişkisel Network VZA Modeli Kullanılarak Elde Edilen Toplam Etkinlik Değerleri.....	88

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler Açıklama

(k, h)	k . alt-süreçten h . alt-sürece olan bağ
\vec{b}	Nash pazarlık oyununda ödemeler uzayına ait bir dizi getiri
C_i	i . girdi göstergesinin birim fiyatı
E_0	0 ile indekslenen karar verme biriminin etkinliği
E_k	k ile indekslenen karar verme biriminin toplam etkinliği
E_k^1	k ile indekslenen karar verme biriminin birinci alt-süreçteki etkinliği
E_k^2	k ile indekslenen karar verme biriminin ikinci alt-süreçteki etkinliği
E_k^3	k ile indekslenen karar verme biriminin üçüncü alt-süreçteki etkinliği
φ	Çıktıya ait genişleme katsayısı
τ_k	k ile indekslenen karar verme biriminin çıktı yönlü modeldeki bölüm etkinliği
τ_0^*	0 ile indekslenen karar verme biriminin çıktı yönlü modeldeki etkinliği
$\lambda^{(k)}$	k . alt-süreçteki yoğunluk vektörü
M_k	k . alt-süreçte kullanılan dışsal girdilerin indeks kümesi
N	Nash pazarlık oyununda oyuncu kümesi
P_r	r . çıktı göstergesinin birim fiyatı
R_k	k . alt-süreçte üretilen nihai çıktıların indeks kümesi
ρ_0^*	0 ile indekslenen karar verme biriminin yönsüz modeldeki etkinliği
S	Nash pazarlık oyununda uygun çözüm kümesi
s_i^+	i . girdi fazlalığına karşılık gelen aylak değişken
s_r^-	r . çıktı eksikliğine karşılık gelen aylak değişken
$s_r^{(k)-}$	k . alt-süreçteki r . çıktı göstergesine karşılık gelen aylak değişken
$s_r^{(k)-*}$	k . alt-süreçteki r . çıktı göstergesine karşılık gelen optimal aylak değişken
$s_i^{(k)-}$	k . alt-süreçteki i . girdi göstergesine karşılık gelen aylak değişken
$s_i^{(k)-*}$	k . alt-süreçteki i . girdi göstergesine karşılık gelen optimal aylak değişken
T	Üretim olanakları kümesi
$T_{(k,h)}$	k . alt-süreçte üretilen ve h . alt-süreçte tüketilen ara ürün göstergelerinin indeks kümesi
θ	Girdiye ait büzülme katsayısı

Simgeler Açıklama

θ_o^*	0 ile indekslenen karar verme biriminin girdi yönlü modeldeki etkinliği
θ_k	k ile indekslenen karar verme biriminin girdi yönlü modeldeki bölüm etkinliği
w^k	k . alt-sürecin kısmi ağırlığı
X_{ij}	j . karar verme birimine karşılık gelen i . girdi göstergesi
$X_{ij}^{(k)}$	k . alt-süreçteki j . karar verme birimine karşılık gelen i . girdi göstergesi
Y_{rj}	j . karar verme birimine karşılık gelen r . çıktı göstergesi
$Y_{rj}^{(k)}$	k . alt-süreçteki j . karar verme birimine karşılık gelen r . çıktı göstergesi
$Z_{lj}^{(k,h)}$	k . alt-süreçte üretilen ve h . alt-süreçte tüketilen j . karar verme birimine karşılık gelen l . ara ürün göstergesi

Bu çalışmada kullanılmış kısaltmalar açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklamalar
BCC	Banker, Charnes ve Cooper
BKH	Binyıl Kalkınma Hedefleri
BM	Birleşmiş Milletler
CCR	Charnes, Cooper ve Rhodes
CRS	Constant Returns to Scale
EU	European Union
EU-LFS	European Union - Labour Force Survey
EUROSTAT	European Union Statistical Office
EU-SILC	European Union - Statistics on Income and Living Conditions
FIMS	First International Mathematics Study
GAMS	General Algebraic Modeling System
GSYH	Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla
IALS	International Adult Literacy Survey
IEA	International Evaluation of Educational Achievement
ISCED	International Standard Classification of Education
ISSP	International Social Survey Programme
KVB	Karar Verme Birimleri
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
PIAAC	Programme for the International Assessment of Adult Competencies
PIRLS	Progress in International Reading Literacy Study
PISA	Programme for International Student Assessment
SIMS	Student Information Management System
SKH	Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri
TALIS	Teaching And Learning International Survey
TIMS	Trends in International Mathematics and Science Study
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UNICEF	United Nations International Children's Emergency Fund
VRS	Variable Returns to Scale
VZA	Veri Zarflama Analizi
WHO	World Health Organization

1. GİRİŞ

Eğitimin niteliğinin artırılması, ekonomik kalkınma, sosyal içerme ve çevresel sürdürülebilirlik konularında ülkelerin kalkınmalarına rehberlik eden Binyıl Kalkınma Hedefleri (BKH) ve Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) gibi eylem planlarının gerçekleştirilmesi gerekçesiyle ulusal ve uluslararası aktörler tarafından gündeme getirilen bir konu olmuştur. Bu kapsamda, ülkelerin eğitim niteliklerinin artırılmasında etkinlik, etkililik ve verimliliğin sağlanmasına yönelik eğitim ekonomisi literatüründe yapılan çalışmalar artış göstermektedir. Ancak günümüzde ülkelerin eğitim sistemleri ve ekonomileri ile ilgili bilgilerin çok aşamalı karmaşık bir yapıda olması, ülkelerin eğitim ekonomisi etkinlik ölçümlerinin bu karmaşıklığı göz önünde bulunduracak şekilde revize edilmesi ihtiyacını doğurmuştur. Bu durumun bir sonucu olarak ülkelerin eğitim ekonomisi performanslarının, endüstriyel organizasyon, mikroekonomi ve makroekonominin bir kombinasyonu olarak network yapısına sahip bir model içerisinde değerlendirilmesi kuşkusuz daha doğru olacaktır. Nitekim network veri zarflama analizi (VZA) modellerinin eğitim ekonomisi etkinlik ölçümünde kullanılması, eğitim ekonomisi sürecinin ara göstergelerini de hesaba katarak ölçülmekte olan gerçekliğin alt-süreçlerinin ve genel yapısının kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi bakımından karar vericilere ideal bir performans ölçümü sunmaktadır. Bu performans ölçümü sonucunda nitelikli bir eğitim için önem verilmesi gereken göstergelerin tespiti mümkün kılınmakla birlikte, iyi performans göstermeyen ülkelerin durumlarının iyileştirilmesine ve iyi performans gösteren ülkelerin de daha iyi bir seviyeye ulaşmalarına yardımcı olunmaktadır. Bu nedenle eğitimin niteliğinin artırılması, eğitim ekonomisi kavramının network VZA modelleri kapsamında değerlendirilmesini, ülkelerin eğitim ekonomisi performanslarının doğru bir şekilde belirlenmesini ve bu performanslara dayalı olarak geliştirilen politika ve stratejilerin güvenilir bir şekilde uygulanmasını gerektirmektedir. Bu doğrultuda çalışmada Türkiye'nin de içerisinde olduğu toplam 30 OECD ülkesinin eğitim ekonomisi etkinlikleri, yeni geliştirilmiş network VZA modellerinden biri olan ilişkisel network VZA modeli kullanılarak ölçülmektedir. Eğitimin niteliğinin artırılmasına yönelik olarak yapılan bu etkinlik ölçümü sürecinde girdi göstergeleri, ara ürün göstergeleri ve çıktı göstergeleri şeklinde kullanılmakta olan toplam altı gösterge, ülkelerin eğitim istatistiklerinin geçerlilik, güvenilirlik ve karşılaştırılabilirliğe olanak sağlaması bakımından ISCED 2011 tarafından belirlenen seviyelere dayalı olarak ele alınmaktadır. Diğer taraftan OECD ülkelerinin eğitim

ekonomisi performanslarının bu farklı seviyelerini karakterize eden farklı alt-süreçlerde kullanılması, ülkelerin eğitim ekonomisi performanslarının üç alt-sürece sahip bir network VZA modeli kapsamında değerlendirilmesini gerektirmektedir. Üç alt-süreçli bu network VZA modelinin çözümü sonucunda ise ülkelerin eğitim ekonomisi ile ilgili toplam etkinlik değerlerinin ve alt-süreç etkinlik değerlerinin elde edilmesi mümkün kılınmıştır. Bu farklı etkinlik değerlerinin hesaplanması aşamasında ise doğrusal programlama, tam sayılı programlama ve doğrusal olmayan programlama gibi optimizasyon problemlerinin modellenmesi ve çözümü için geliştirilmiş olan Generalized Algebraic Modeling System (GAMS)'den yararlanılmıştır. Çalışma kapsamında yeni geliştirilmiş network VZA modellerinden biri olan ilişkisel network VZA modelinin eğitim ekonomisi alanında nasıl kullanıldığının gösterilmesi ve bu amaçla geliştirilen GAMS kodlarının sunulması çalışmanın önemli noktalarını oluşturmaktadır. Ayrıca GAMS kodlarının çalıştırılması sonucunda elde edilen toplam etkinlik değerleri, eğitim ekonomisi alanında ülkelerarası karşılaştırmaların yapılmasına olanak sağlamakta iken alt-süreç etkinlik değerleri kilit eğitim ekonomisi göstergelerinin tespit edilmesini ve ülkelerin toplam etkinliklerini etkileyen iç yetersizliklerin tespit edilmesini mümkün kılmaktadır. Diğer taraftan ilişkisel network VZA'yı çalışmalarında kullanmak isteyen araştırmacılar için erişilebilir bir kod imkânı sunan bu çalışmanın farklı disiplinlerde kullanılması da mümkün kılınmaktadır.

Yukarıda belirtilen amaçlar ışığında bu çalışma beş bölüm şeklinde tasarlanmıştır. Çalışmanın birinci bölümünde giriş sunulmaktadır. İkinci bölümde, 2015-2030 zaman aralığı için ekonomik, sosyal ve çevresel alanlarda küresel kalkınmaya rehberlik SKH eylem planının tanıtılmasının ardından bu eylem planının dördüncüsü “Herkes için Kapsayıcı ve Nitelikli Bir Eğitimin Sağlanması ve Yaşam Boyu Öğrenme Fırsatlarının Teşvik Edilmesi” olarak adlandırılan “Nitelikli Eğitim” hedefi üzerinde durulmaktadır. Bu hedefin bir gerçekliğe dönüşmesi ve ülkelerin eğitim ekonomisi performanslarının uluslararası kabul görmüş normatif bir çerçevede değerlendirilmesi amacıyla hedefle ilişkili olan makroekonomik göstergeler (eğitime ayrılan bütçe, PISA ve istihdam oranı) tanıtılmış ve bu göstergelerin bireysel ve kolektif düzeylerde incelemeleri yapılmıştır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, performans ölçümü ve performans ölçümü ile ilgili olan etkinlik, etkililik ve verimlilik gibi kavramlar üzerinde durulmuştur. Ayrıca günümüzdeki şirket ya da kurumların, ekonomik, operasyonel ve etkileşimli tüm yönlerinin dikkate alınarak performanslarının değerlendirilmesi ve etkinliklerinin ölçülmesi amacıyla

geliştirilmiş olan network VZA modelleri hakkında genel bilgiler verilerek, bu modellerle ilgili olarak yapılan literatür taraması sunulmuştur.

Çalışmanın dördüncü bölümünde ülkelerin eğitim ekonomisi performanslarının modellenmesi ve bu modelin çözülmesi aşamasına geçilmiştir. Bu amaçla, öncelikle modelde karar verme birimleri olarak karakterize edilen OECD ülkeleri, girdi, ara ürün ve çıktı olarak kullanılacak olan makroekonomik göstergeler ve uygun network VZA modeli seçilmiştir. Performans ölçümünde kullanılmak üzere yapılan tüm bu seçimlerin ardından, network VZA modelinin çözümü için geliştirilmiş olan GAMS kodları ve bu kodların çalıştırılması sonucu elde edilen bulgular sunulmaktadır. Ülkelerin eğitim ekonomisi performanslarına yönelik önemli bilgiler sağlayan bu bulgular ise eğitim ekonomisi alanında tamamen küresel bir vizyon sunmasa da, herhangi bir ülkenin bireylerine nitelikli bir eğitim sağlamasında önem vermesi gereken makroekonomik göstergelerin tespit edilmesi ya da ülkenin mevcut konumunun saptanması açısından politika yapıcılara, ekonomistlere ve araştırmacılara ayrıntılı bilgiler sağlamaktadır. Ayrıca doğası gereği karmaşıklığı yakalayabilen network VZA modellerinin ekonomik kalkınma, sosyal içerme ya da çevresel sürdürülebilirlik gibi spesifik konularda ülke performanslarının uluslararası karşılaştırmalarında önemli bir araç olarak kullanılabileceği de gösterilmiştir.

Çalışmanın sonuç ve öneriler kısmında ise eğitim ekonomisi alanında yapılan bu çalışmanın kısa bir özeti, ülkelerin eğitim ekonomisi performanslarına yönelik elde edilen bulguların yorumu ve çalışmanın geliştirilmesi adına neler yapılabileceğine dair öneriler sunulmaktadır.

2. SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA HEDEFLERİ VE NİTELİKLİ EĞİTİM HEDEFİ

2.1. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri

“Dünyamızı Dönüştürmek: Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri için 2030 Gündemi” dünyayı sürdürülebilir bir hale getirerek insanların refahını sağlamayı, evrensel barışı güçlendirmeyi ve küresel zorluklarla baş etmeyi amaçlayan bir eylem planıdır. 25-27 Eylül 2015 tarihlerinde Birleşmiş Milletler Genel Kurulu’na kabul edilen ve 2015-2030 zaman aralığı için yapılan eylem planı, 17 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi (SKH) ve 169 alt amacı ile ekonomik, sosyal ve çevresel alanlarda küresel kalkınmaya rehberlik etmektedir. Bu hedef ve amaçlar ile ekonomik anlamda aşırı yoksulluk da dâhil olmak üzere tüm biçim ve boyutlarda yoksulluğu ortadan kaldıran bir dünya öngörülmektedir. Sosyal anlamda ırk, etnik köken ve kültürel çeşitliliğe saygı duyan, toplumsal cinsiyet eşitliğini sağlayan, ortak refah sağlayan, her düzeyde kaliteli eğitim sağlayan, her çocuğu şiddet ve sömürden arındıran bir toplum öngörülmektedir. Çevresel anlamda ise sürdürülebilir tüketim ve üretim ile birlikte doğal kaynakları yönetebilen, iklim değişikliği konusunda önlemler olarak mevcut ve gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılayan bir çevre öngörülmektedir.¹

SKH, 6-8 Eylül 2000 tarihlerinde kabul edilen ve 2000-2015 zaman aralığı için dünyanın sürdürülebilir bir yörüngeye taşınmasında küresel hedefleri barındıran Binyıl Kalkınma Hedefleri’nin (BKH) devamı niteliğinde bir gündemdir. Yeni milenyumun başlangıcında yoksulluk ve yoksulluğun açlık, hastalık, barınma eksikliği gibi boyutlarıyla mücadeleye yönelik vizyon oluşturan BKH, küresel, bölgesel, ulusal ve uluslararası çabalar sayesinde milyonlarca insanın hayatını kurtarmış ve koşullarını iyileştirmeyi başarmış bir gündem olmuştur.² 21 hedef ve 60 gösterge ile ölçülen BKH, kamu ve siyasi destek ile finansal fonlar sayesinde gelişmekte olan ve gelişmiş bölgelerde küresel sorunlara karşı etkin bir yol izlendiğini göstermiştir.³ Ekonomik anlamda bakıldığında, 1990 yılına kıyasla 2015 yılında kadınların işsiz kalma oranınının 13 puan azalması, gelişmekte olan ülkelerdeki aşırı yoksulluk

¹ İnternet: http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E adresinden 9.5.2018’de alınmıştır. United Nations (2015). Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolution Adopted by the General Assembly on 25 September 2015.

² İnternet: [http://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/MDG%202015%20rev%20\(July%2015\).pdf](http://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/MDG%202015%20rev%20(July%2015).pdf) adresinden 7.9.2018’de alınmıştır. United Nations (2015). 2015 The Millennium Development Goals Report 2015.

³ İnternet: <http://www.un.org/millenniumgoals/pdf/MDG%20Report%202012.pdf> adresinden 10.9.2018’de alınmıştır. United Nations (2012). *The Millennium Development Goals Report 2012*.

oranının %14 oranında düşüş göstermesi ve küresel olarak aşırı yoksulluk içinde yaşayan insanların sayısının 1.9 milyardan 836 milyona düşmesi kayda değer kazanımlar arasında yer almaktadır. Sosyal anlamda ise 15-24 yaş aralığındaki gençlerin okuryazarlık oranının %83'den %91'e yükselmesi, kadınların 174 ülkenin yaklaşık %90'ında parlamento temsilciliğine hak kazanması, beş-yaş altı çocuk ölüm oranlarının 1000 doğumda 90'dan 43'e düşmesi; çevresel anlamda ozon tüketen maddelerin çoğunluğunun ortadan kaldırılarak ozon tabakasının iyileşmesinin bekleniyor olması ve 1.9 milyar insanın içme suyuna erişerek küresel nüfusun yarısından fazlasının (%58) daha yüksek hizmet seviyesine sahip olması yine kayda değer kazanımlar arasında yer almaktadır.⁴ Yaşanan tüm bu kazanımlara rağmen dünyanın kırsal ve kentsel alanları arasındaki eşitsizliklerin hala devam ediyor olması, ilkokul çağında okula gidemeyen çocuk sayısının çok olması, dünyanın bazı bölgelerinde insanların hala aşırı yoksulluk içinde yaşıyor olması gibi sorunlar “sosyal” anlamda devam eden eksiklikleri göstermektedir. Diğer taraftan değişmiş ekosistemlerin ve hava şartlarının topluma yönelik oluşturduğu riskler “çevresel”, gelişmekte olan ülkelerde hane halklarının yoksul olması ve bu duruma bağlı olarak yaşanan sıkıntılar da “ekonomik” birer sorun olmaya devam etmektedir. Sosyal, çevresel ve ekonomik anlamlarda yaşanan tüm bu sorunlar insanlığı küresel bir değişime yönlendirmiştir. Bu durum ise sınırlı boyutlara odaklanan BKH'nin tekrarlanması yerine bu gündemin bilim ve mevcut uluslararası anlaşmaların gerektirdiği düzeyde küresel hedeflerle birleştirilmesini, insan ve gezegenin güvenliğini sağlayacak yeni sürdürülebilir kalkınma hedeflerini de karşılayacak şekilde revize edilmesini zorunlu kılmıştır.⁵ Bu amaçla BKH kapsamında yerine getirilemeyen hedefleri de içeren 2030 Gündemi; hakkaniyetli ve kapsayıcı bir dünya vizyonunu gerçekleştirerek tüm toplum ve bölgelerin ekonomik kalkınmasını, sosyal içermesini ve çevresel sürdürülebilirliğini sağlayacak şekilde bütüncül ve çok boyutlu bir şekilde tasarlanmıştır.⁶

BKH'nin yasal olarak bağlayıcı dayanaklarının ve etkili uygulama mekanizmalarının olmaması ise sürdürülebilir kalkınmanın uygulama aşamasında da sıkıntılar yaşanmasına

⁴ İnternet: [http://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/MDG%202015%20rev%20\(July%2011\).pdf](http://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/MDG%202015%20rev%20(July%2011).pdf) adresinden 13.9.2018'de alınmıştır. United Nations (2015). *The Millennium Development Goals Report 2015*.

⁵ Griggs, D., Stafford-Smith, M., Gaffney, O., Rockström, J., Öhman, M. C., Shyamsundar, P., Steffen, W., Glaser, G., Kanie, N., and Noble, I. (2013). “Sustainable Development Goals for People and Planet”. *Nature*, 495, 305-307.

⁶ World Health Organization (2016). *World Health Statistics, 2016: Monitoring Health for the SDGs, Sustainable Development Goals*. France: World Health Organization Library Cataloguing-in-Publication Data, p.1.

neden olmuştur. Bu durum ise SKH için 2030 Gündemi'nde her ulusun paydaşı olacağı ortak bir çalışma, dünya çapında hükümetlerin, iş dünyasının ve sivil toplum örgütlerinin yardım ve denetimleri ile giderilmeye çalışılmış, sonuç olarak evrensel ve dönüştürücü bir gündeme ulaşılmak istenmiştir. Ancak bu konuda kalkınma gündeminin ülkelere gerçek anlamda uygulanması ve ülkelerin zaman içindeki genel ilerlemelerinin takip edilmesi için de her ülkenin bölgesel ve genel düzeyde güncel verilerinin kayıt altına alınması da oldukça önem arz etmektedir.

2.2. Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine İlişkin Tanımlar, Amaçlar ve Kapsam

Günümüzde insanların dünya dinamiğinde yer aldığı tehdit edici faaliyetleri ve tehlikeli bir eşikten geçen küresel ekosistem, tüm dünyanın sürdürülebilir kalkınmaya duyduğu ihtiyacın aciliyetini ortaya çıkarmıştır. 17 hedefi bulunan SKH ise bu acil ihtiyaçların giderilmesi amacıyla, tüm ülkelere ekonomik kalkınma, sosyal içerme ve çevresel sürdürülebilirlik konusunda bütünlüklü bir yaklaşım önermektedir. Sürdürülebilir kalkınmanın üç temel ayağı olarak da nitelendirilen bu unsurlar aslında dar odakta ülkelerin ekonomik gelişiminin eksik olan unsurlarını telafi ederek genel anlamda sosyal gelişimi sağlayan göstergelerdir. Bu kapsamda ilk gösterge sosyal gelişim, sosyal ilerleme gibi terimlerle ekonomik olmayan toplumsal bir atamayı ifade etmektedir. İkinci gösterge ekonomik kalkınmanın aksine insani gelişme, insan refahı gibi terimleri kullanan çevresel bir atamayı, üçüncü gösterge ise sosyal adalet, yoksulluğun azaltılması gibi terimler ile adalet ve eşitlik konularına odaklanan sosyal bir atamayı ifade etmektedir.⁷ Kalkınmanın üç temel ayağının tanıtılmasından bu yana ekonomik kalkınma, sosyal içerme ve çevresel sürdürülebilirlik gerçekten de kendi iç yararlarının yanı sıra insani, sosyal ve politik gelişimin bir parçası olarak da karşımıza çıkmaktadır. SKH'nin tüm alt göstergelerine küresel düzeyde erişilebilmesi için her düzeyde (bölgesel, ulusal ve yerel) çaba sarf edilmesi gerekmektedir.⁸ Çünkü gündemde küresel anlamda sürdürülebilir kalkınma temalı ihtiyaçlar ile birlikte "Kimseyi Geride Bırakmama" sloganı ile işbirliği içerisinde hareket edilen tüm ülkelerin aktif katılımının sağlanarak her ülkenin kalkınma sürecinde geride kalmaması amaçlanmaktadır.⁹ Bu kapsamda kimin /

⁷ Kates, R. W., Parris, T. M., and Leiserowitz, A. A., (2012). "What is Sustainable Development? Goals, Indicators, Values, and Practice". *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 4 (3), 8-21.

⁸ Sachs, J. D. (2012). "From Millennium Development Goals to Sustainable Development Goals". *Viewpoint*, 379, 2206-2211.

⁹ Koçak, D. ve Türe, H. (2018). "Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri 4 Doğrultusunda Ülkelerin Değerlendirilmesi". Türe, H. (Editör). *Nicel Karar Yöntemlerinde Güncel Konular: Teori & Uygulama* (Birinci Baskı). Ankara: Gazi Kitabevi, ss.128-145.

kimlerin veya toplumun hangi kesiminin geride bırakıldığı sorusuna verilecek yanıtlar farklı olsa da özellikle çocuk, kadın, yaşlı ve engelli gibi kimlikleri nedeniyle ötekileştirilmiş kesimlerin geride bırakılan kesimler olarak nitelendirildiği görülmektedir.^{10,11} Diğer taraftan sağlık ve yaşam standartlarında yaşadıkları mahrumiyetlerden dolayı çok boyutlu yoksullukla ve gelire dayalı olmayan eşitsizliklerle karşı karşıya kalan kesimler de yine bu kapsamda değerlendirilmektedirler. Dolayısıyla “Kimseyi Geride Bırakmama” kavramının ardında, kişilerin ekonomik anlamda yoksul olmalarından dolayı geride oldukları bilinmekle birlikte sosyal ve çevresel konularda yaşanan mahrumiyetler de onların yine aynı kesimde değerlendirilmelerine neden olmaktadır. Bu durum ise geride kaldığı tespit edilen kesimlerin düşük gelirli ülkeler olabileceği gibi yüksek gelirli ülkeler de olabileceğini göstermektedir. Çizelge 2.1’de SKH’nin detaylı tanımları verilmiştir. Verilen bu tanımlar doğrultusunda “Yoksulluğa Son (SKH 1)”, “İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme (SKH 8)” ile “Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı (SKH 9)” hedeflerinin ekonomik kalkınma hedefleri arasında değerlendirilmesi gerektiği söylenebilir.

“Açlığa Son (SKH 2)”, “Sağlıklı Bireyler (SKH 3)”, “Nitelikli Eğitim (SKH 4)”, “Toplumsal Cinsiyet Eşitliği (SKH 5)”, “Eşitsizliklerin Azaltılması (SKH 10)”, “Barış ve Adalet (SKH 16)” ile “Hedefler İçin Ortaklıklar (SKH 17)” hedefleri ise sürdürülebilir kalkınmanın sosyal içerme boyutunda değerlendirilebilir. Kalkınmanın çevresel sürdürülebilirlik hedefleri arasında ise “Temiz Su ve Sıhhi Koşullar (SKH 6)”, “Erişilebilir ve Temiz Enerji (SKH 7)”, “Sürdürülebilir Şehir ve Yaşam Alanları (SKH 11)”, “Sorumlu Tüketim ve Üretim (SKH 12)”, “İklim Eylemi (SKH 13)”, “Sudaki Yaşam (SKH 14)” ile “Karasal Yaşam (SKH 15)” hedeflerinin yer aldığı söylenebilir. Çizelgede verilen ve küresel hedefler olarak da bilinen tüm bu SKH’ler, dünyamızı sürdürülebilir bir konuma getirebilmek için ihtiyaç duyulan yenilikçi plan ve çözümleri barındıran bir değişim sürecini ifade etmektedir. Bu değişim süreci ulusal boyutta ülkelerin sürdürülebilir, hakkaniyetli ve kapsayıcı bir ekonomik büyümeye, her türlü alanda sosyal içermeye ve doğal kaynakları sürdürülebilir bir şekilde yöneten çevresel bilince sahip olmasını hedeflerken; evrensel boyutta eşitsizliklerle mücadele tüm insanların huzur, refah ve barış içerisinde yaşamasını esas alan bir süreçtir.

¹⁰ Stuart, E., and Woodroffe, J. (2016). “Leaving No-One Behind: Can the Sustainable Developments Goals Succeed Where the Millennium Development Goals Lacked?”. *Gender & Development*, 24 (1), 69-81.

¹¹ Stuart, E., Bird, K., Bhatkal, T., Greenhill, R., Lally, S., Rabinowitz, G., Samman, E., Sarwar, M. B., and Lynch, A. (2016). “Leaving No One Behind: A Critical Path for the First 1,000 Days of the Sustainable Development Goals”. Overseas Development Institute, London.

Hedef	Tanım	Hedef	Tanım
	Her türlü yoksulluğu her yerde bitirmek		Ülkelerin içinde ve arasında bulunan eşitsizlikleri azaltmak
	Açlığı bitirmek, gıda güvenliğini ve iyileştirilmiş beslenmeyi sağlamak ve sürdürülebilir tarımı desteklemek		Şehirleri ve yerleşim yerlerini kapsayıcı, güvenli, dayanıklı ve sürdürülebilir hale getirmek
	Sağlıklı bir yaşamı sağlamak ve her yaşta esenliği/refahı desteklemek		Sürdürülebilir tüketim ve üretim modellerini temin etmek
	Herkes için kapsayıcı ve nitelikli bir eğitim sağlamak ve yaşam boyu öğrenme fırsatlarını teşvik etmek		İklim değişikliği ve etkileri ile mücadele etmek için acil olarak harekete geçmek
	Cinsiyet eşitliğini sağlamak, tüm kadın ve kız çocuklarını güçlendirmek		Sürdürülebilir kalkınma için okyanusları, denizleri ve deniz kaynaklarını muhafaza etmek ve sürdürülebilir kullanmak
	Herkes için su ve kanalizasyon hizmetlerinin ulaşılabilirliğini ve sürdürülebilir yönetimini sağlamak		Karasal ekosistemleri korumak, yenilemek ve sürdürülebilir kullanımını teşvik etmek, ormanları sürdürülebilir yönetmek, çölleşmeyle mücadele etmek, arazinin bozulmasını durdurmak ve tersine çevirmek, biyolojik çeşitlilik kaybını durdurmak
	Herkes için satın alınabilir, güvenilir, sürdürülebilir ve çağdaş enerjiye erişimi sağlamak		Sürdürülebilir kalkınma için barışçıl ve kapsayıcı toplumları yaygınlaştırmak, herkesin adalete erişimini sağlamak ve her seviyede etkili, hesap verebilir ve kapsayıcı kurumlar kurmak
	Herkes için sürekli, kapsayıcı ve sürdürülebilir ekonomik büyümeyi, tam ve üretken istihdamı ve insana yakışır işleri yaygınlaştırmak		Uygulama araçlarını kuvvetlendirmek ve sürdürülebilir kalkınma için küresel işbirliğine canlılık kazandırmak
	Dayanıklı altyapılar kurmak, kapsayıcı ve sürdürülebilir sanayileşmeyi yaygınlaştırmak ve yenilikçiliği geliştirmek		

Çizelge 2.1. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri¹²

¹² İnternet: <https://sustainabledevelopment.un.org/sdgs> adresinden 18.5.2018'de alınmıştır.

SKH'nin 17 hedefi, hedeflere ulaşma yönünden 169 alt amaç ile tanımlanmıştır. Bu kapsamda sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik boyutunda “Yoksulluğa Son (SKH 1)” hedefi 7 alt amaca; “İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme (SKH 8)” hedefi 12 alt amaca; “Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı (SKH 9)” hedefi ise 8 alt amaca sahiptir. Kalkınmanın sosyal içerme boyutunda “Açlığa Son (SKH 2)” hedefi 8 alt amaca; “Sağlıklı Bireyler (SKH 3)” hedefi 13 alt amaca; “Nitelikli Eğitim (SKH 4)” hedefi 10 alt amaca; “Toplumsal Cinsiyet Eşitliği (SKH 5)” hedefi 9 alt amaca; “Eşitsizliklerin Azaltılması (SKH 10)” hedefi 10 alt amaca; “Barış ve Adalet (SKH 16)” hedefi 12 alt amaca ve “Hedefler İçin Ortaklıklar (SKH 17)” hedefi 19 alt amaca sahiptir. Sürdürülebilir kalkınmanın çevresel boyutunda ise “Temiz Su ve Sıhhi Koşullar (SKH 6)” Temiz su ve sıhhi koşullar hedefi 8 alt amaca; “Erişilebilir ve Temiz Enerji (SKH 7)” hedefi 5 alt amaca; “Sürdürülebilir Şehir ve Yaşam Alanları (SKH 11)” hedefi 10 alt amaca; “Sorumlu Tüketim ve Üretim (SKH 12)” hedefi 11 alt amaca; “İklim Eylemi (SKH 13)” hedefi 5 alt amaca; “Sudaki Yaşam (SKH 14)” hedefi 10 alt amaca ve “Karasal Yaşam (SKH 15)” hedefi ise 12 alt amaca sahiptir.¹³

Yüzyıllardır süregelen medeniyetin devam edebilmesi ve dünyanın hala yaşanılabilir bir yer olabilmesi için geçmişte olduğu gibi şimdiki zamanda da gereksinimlerinin karşılanmasında yerel, ulusal ve uluslararası boyutta sürdürülebilir kalkınmanın desteklenmesi oldukça önem arz etmektedir. Ancak sürdürülebilir kalkınmanın normatif önemine rağmen, toplumdaki ekonomik, sosyal ve kültürel koşulların farklılığı, sürdürülebilir kalkınmanın tek tip bir ölçümle yapılmasını imkânsız hale getirmektedir. Ayrıca 2030 Gündemi'nin ekonomik kalkınma, sosyal içerme ve çevresel sürdürülebilirlik dayanaklarının da çoğunlukla belirsiz ve niteliksel bir kavramla tanımlanmış olması yine toplumların ve ülkelerin çoklu hedef ve alt amaçlar bakımından operasyonel ve bilimsel gerekçelere dayalı olarak değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır.^{14, 15} Bu zorluğun aşılması bireylerin sosyal, ekonomik ve çevresel alanlardaki beklentilerini artıran ve bireylerin bu artan taleplerini karşılamak için mevcut kaynaklarını verimli bir şekilde kullanan eğitim politika sonuçlarının uluslararası boyutta karşılaştırılması ile mümkündür.¹⁶

¹³ United Nations General Assembly (2017). “Resolution Adopted by the General Assembly on 6 July 2017”. Seventy-first Session Agenda Items 13 and 117.

¹⁴ Moldan, B., Janousková, S., and Hák, T. (2012). “How to Understand and Measure Environmental Sustainability: Indicators and Targets”. *Ecological Indicators*, 17, 4-13.

¹⁵ Schmidt-Traub, G., Kroll, C., Teksoz, K., Durand-Delacré, D., and Sachs, J. D. (2017). “National Baselines for the Sustainable Development Goals Assessed in the SDG Index and Dashboards”. *Nature Geoscience*, 10 (8), 547-555.

¹⁶ OECD (2018). *Education at a Glance 2018: OECD Indicators*. Paris: OECD Publishing.

Çalışma kapsamında, sürdürülebilir kalkınmanın “Nitelikli eğitim (SKH 4)” hedefi ile ilişkili olan eğitim ekonomisi göstergeleri kullanılarak, Türkiye’nin de içerisinde bulunduğu OECD ülkelerinin etkinliklerinin ortaya konulması amaçlanmaktadır. Bu makroekonomik göstergelerin tüm ülkeler için birlikte ele alınması, eğitime yapılan yatırımların ne derece başarıya ulaştıklarını göstermekle birlikte öğrenme çıktılarının kalitesi ve bu kaliteyi şekillendiren göstergelerin tespitini de mümkün kılmaktadır. Elde edilen tespitler ise ülkelerin etkili ve adil bir eğitim sistemi oluşturmasına ve dünya standartlarında öğrenci üretmelerine olanak yaratmaktadır. Ancak nitelikli eğitim hedefinin ardında ise eğitim göstergelerinin yanı sıra sürdürülebilir kalkınmanın farklı boyutlarında yer alan sosyal ve ekonomik göstergeler de bulunmaktadır. Bu temel göstergeler SKH 4’ün farklı uygulama alanlarını belirlese de nitelikli eğitim eylemiyle ilgili göstergeler nadiren açıklığa kavuşturulmuştur.¹⁷ Bu nedenle Bölüm 2.1.1 ve Bölüm 2.1.2’de “Nitelikli Eğitim” hedefi ve nitelikli eğitimi etkilediği düşünülen makroekonomik göstergeler detaylı olarak incelenecektir.

2.2.1. Nitelikli Eğitim

“Eğitim, dünyayı değiştirebilecek sihirli bir değnektir. Hiçbir şey kişinin hayatını eğitimin yapabileceği gibi değiştiremez. Eğitim, insanlara güven duygusu aşılar. Daha iyi ve daha anlamlı bir yaşam tarzının yanı sıra, eğitim, insan haklarının ve görevlerinin bilincinde olan daha iyi bir toplum yaratır.”

Nitelikli eğitim, dünya çapında sosyal, ekonomik ya da çevresel alanlardaki sürdürülebilir kalkınmanın bir önkoşulu olarak görülmektedir. UNESCO ve UNICEF tarafından yapılan eğitim istişareleri raporunda yukarıda da vurgulandığı gibi eğitim, insanları daha iyi bir yaşam tarzı için geliştiren, onların barış ve refah içerisinde yaşamalarına katkıda bulunan ve ekonomik büyümelerini teşvik eden faktörlerin temelinde yer almaktadır.¹⁸ Bu kapsamda SKH’nin dördüncü hedefi olan ve “Herkes için Kapsayıcı ve Nitelikli Bir Eğitimin Sağlanması ve Yaşam Boyu Öğrenme Fırsatlarının Teşvik Edilmesi” olarak adlandırılan “Nitelikli Eğitim” hedefi, bu faktörlerin gerçekleştirilmesinde merkezi bir öneme sahiptir. Nitelikli eğitim hedefi kapsamında yapılan kamuoyu tartışmaları ve yayınlanan raporlar

¹⁷ Sauv , L. (1996). “Environmental Education and Sustainable Development: A Further Appraisal”. *Canadian Journal of Environmental Education*, 1, Spring, 7-34.

¹⁸ UNESCO and UNICEF, (2013). *Making Education a Priority in the Post-2015 Development Agenda: Report of the Global Thematic Consultation on Education in the Post-2015 Development Agenda*. Paris: UNESCO, p.1.

gelecekte sosyal, ekonomik veya çevresel alanlardaki herhangi bir kalkınmanın temelinde eğitimin olduğunu ifade etmektedir.¹⁹ SKH Raporu 2018’de de belirtildiği gibi, nitelikli eğitim hedefi ile özellikle kalkınmakta olan ülkelerde pek çok ilerleme kaydedildiği ortaya konulmuş ve eğitimin sürdürülebilir kalkınmada güçlü araçlardan biri olduğu vurgulanmıştır. Diğer taraftan pek çok ülkede toplam okullaşma oranının büyük artış göstermesi, okula gitmeyen çocuk oranının büyük ölçüde azalması, donanımlı öğretmen arzının artması, uygun maliyetli mesleki eğitime eşit erişimin sağlanması ve nitelikli yükseköğretime herkesin erişiminin sağlanması nitelikli eğitim hedefinin gerçekleştirdiği ve gerçekleştirmeye devam edeceği küresel politika ve stratejileri arasında değerlendirilebilir.^{20, 21}

Mevcut verilere dayalı olarak sürdürülebilir kalkınmanın nitelikli eğitim hedefi ve bu hedefle bağlantılı olarak sosyal, ekonomik ve çevresel alanlardaki hedefler incelendiğinde ise birçok ciddi kazanımın elde edildiği görülebilmektedir. Bu kazanımlar arasında 2000 yılından bu yana Sahra Altı Afrika ülkelerinde anne ölüm oranının %35, beş yaş altı çocuk ölüm oranının %50 ve Güney Asya ülkelerinde bir kızın çocukluk çağında evlenme riskinin %40 azalması nitelikli eğitim hedefinin sosyal alanlarda elde ettiği kazanımlar arasında gösterilmektedir. Küresel olarak öğrenme ve işgücü piyasası verimliliğinin artması ve buna bağlı olarak işsizlik oranının düşmesi ile ülkelerin izlemiş oldukları ortak kalkınma plan ve stratejileri sayesinde 100’den fazla ülkede sürdürülebilir tüketim ve üretim politikalarının gerçekleştirilmiş olması yine nitelikli eğitim hedefi ile elde edilen ekonomik kazanımlar arasında gösterilebilir.²² Günümüzde insanların on yıl öncesine göre daha iyi hayatlar yaşadıklarının kabul edilmesine rağmen kat edilmiş olan küresel ilerlemeler, 2030 Gündemi’nin hedeflerini karşılayacak kadar hızlı olmamıştır. Nitekim SKH Raporu 2018’de gündemin bazı alanlarda yetersiz oldukları ifade edilmektedir. Örneğin dünya çapında ilköğretim ve ortaöğretim çağındaki çocukların hala yarısından fazlasının (%58) okuma yazma bilmemeleri ve matematikteki asgari yeterlilik standartlarını karşılayamamaları bu eksikliklerin içerisinde yer almaktadır. Diğer taraftan küresel düzeyde okul öncesi eğitim ve ilköğretime katılım oranının 2010 yılında %63 olan oranının 2016 yılında ancak %70’e

¹⁹ Sayed, Y., and Ahmed, R. (2015). “Education Quality, and Teaching and Learning in the Post-2015 Education Agenda”. *International Journal of Educational Development*, 40, 330-338.

²⁰ Lindsey, I., and Darby, P. (2018). “Sport and the Sustainable Development Goals: Where is the Policy Coherence?”. *International Review for the Sociology of Sport*, 1-20.

²¹ [Koçak ve Türe, 2018, ss.117-133].

²² Guterres, A. (2018). “The Sustainable Development Goals Reports 2018”. United Nations, New York.

çıkması da yeterli bir kazanım olarak görülmemektedir.^{23, 24} Ayrıca günümüzde eğitime erişim, ekonomiye katılım, sağlık ve hayatta kalma ya da politik yetkilendirme gibi farklı birçok alanda derinlemesine devam etmekte olan cinsiyet eşitsizliği, kadın ve kızlar başta olmak üzere toplumdaki bireylerin ilgili alanlardaki temel hak ve fırsatlardan mahrum bırakılmalarına ve geride kalmalarına neden olmaktadır.²⁵ Toplumdaki beşeri sermaye gelişimine engel olan bu durum ise toplumun ekonomik performansına zarar veren, sürdürülebilir kalkınmasına ve sosyal gelişimine engel olan bir argüman olarak kabul edilmektedir.²⁶ Yukarıda kısaca bahsedilen eksikliklerin işaret ettiği gibi, 2030 Gündemi hedeflerine erişilmesinde hangi açıdan ele alınırsa alınsın nitelikli eğitim hedefi tüm hedeflerin merkezinde yer almaktadır. Çünkü eğitimin niteliğini artırmaya yönelik yapılan tüm faaliyet ve eylemler, diğer alanlarda bireylerin ve toplumların potansiyelini iyileştirmeye katkıda bulunmaktadır. Örneğin, Güney Afrika'daki kızlara yönelik eğitim faaliyetlerinin artırılması (SKH 4), anne sağlığı sonuçlarının (SKH 3) iyileştirilmesine, yoksulluğun ortadan kaldırılmasına (SKH 1), cinsiyet eşitliğine (SKH 5) ve ekonomik büyümeye (SKH 8) yerel düzeyde katkıda bulunabilir.²⁷

2.2.2. Nitelikli Eğitimi Etkileyen Makroekonomik Göstergeler

Her yerde ve herkes için nitelikli eğitim hedefinin gerçekleşmesi, işbirliği içerisinde hareket edilen tüm paydaşların içerisinde olduğu hızlandırılmış eylem ve planlar sayesinde mümkün olmaktadır. Çağımızın sorunlarına çözümler öneren bu eylem ve planlar, hükümetlerin gerekli politika değişiklikleri, uygulamaları, finansman ve siyasi destekleriyle birlikte ilgili hedefin toplumun özellikle geride kalmış kesimleri başta olmak üzere tüm kesimlerine ulaştırılmasını kapsamaktadır. Bu sayede ekonomik, sosyal, çevresel ve politik gibi birçok farklı alanda kalkınmayı sağlayan nitelikli eğitim hedefi, toplumların gelişmeleri ve modernleşmeleri kapsamında önemli bir itici güç olarak değerlendirilebilmektedir. Bu amaçla nitelikli eğitim hedefinin yedi amacı (4.1 – 4.7) ilgili uygulama araçlarıyla (4.a, 4.b, 4.c) birlikte Çizelge 2.2.'de sunulmuştur.

²³ 2016 yılına göre okul öncesi eğitim ve ilköğretime kayıt oranının en düşük olduğu ülkeler Sahra Altı Afrika (%41), Kuzey Afrika ve Batı Asya (%52)'dir.

²⁴ İnternet: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2018> adresinden 21.7.2018'de alınmıştır.

²⁵ Schwab, K., Samans, R., Zahidi, S., Leopold, T. A., Ratcheva, V., and Hausmann, R. (2017). "The Global Gender Gap Report 2017". Geneva: World Economic Forum.

²⁶ Klasen, S., and Lamanna, F. (2009). "The Impact of Gender Inequality in Education and Employment on Economic Growth: New Evidence for a Panel of Countries". *Feminist Economics*, 15 (3), 91-132.

²⁷ Nilsson, M., Griggs, D., and Visbeck, M. (2016). "Map the Interactions between Sustainable Development Goals". *Nature News*, 534 (7607), 320-322.

4.1. 2030'a kadar tüm kız ve erkek çocuklarının ilgili ve etkili öğrenme çıktılarının elde edilmesini sağlayan ücretsiz, adil ve nitelikli bir ilköğretim ve ortaöğretimi tamamlamalarının sağlanması
4.1.1. (a) 2. veya 3. sınıflarda; (b) ilköğretimin sonunda; ve (c) ortaöğretimin sonunda en az; (i) okuma ve (ii) matematikte asgari yeterlilik seviyesine sahip çocukların ve gençlerin oranı (cinsiyete göre)
4.2. 2030'a kadar tüm kız ve erkek çocuklarının ilköğretime hazır hale gelebilmeleri için kaliteli erken çocukluk gelişimi, bakımı ve okul öncesi eğitimine erişimlerinin sağlanması
4.2.1. Sağlık, öğrenme ve psikososyal iyilik hallerinde gelişmekte olan 5 yaş altı çocukların oranı (cinsiyete göre)
4.2.2. Organize öğrenmeye katılım oranı (ilkokula resmi giriş yaşından bir yıl önce) (cinsiyete göre)
4.3. 2030'a kadar tüm kadın ve erkeklerin kaliteli teknik, mesleki ve üniversite dâhil yükseköğretime eşit erişimlerinin sağlanması
4.3.1. Gençlerin ve yetişkinlerin önceki 12 ay içindeki örgün ve yaygın eğitim ve öğretime katılım oranı (cinsiyete göre)
4.4. 2030'a kadar istihdam, insana yakışır iş ve girişimcilik için gerekli teknik ve mesleki beceriler de dâhil ilgili becerilere sahip genç ve yetişkinlerin sayısının önemli ölçüde artırılması
4.4.1. Bilgi ve iletişim teknolojisi becerileri olan genç ve yetişkinlerin oranı (beceri türüne göre)
4.5. 2030'a kadar eğitimde cinsiyet eşitsizliklerinin ortadan kaldırılması ve engelliler, yerel halk ve savunmasız çocuklar dâhil tüm korunmasız durumdaki insanların eğitimin her seviyesine ve mesleki eğitime eşit erişimlerinin sağlanması
4.5.1. Bu listede ayrıştırılabilen tüm eğitim göstergeleri için parite endeksleri (kadın/erkek, kırsal/kentsel, alt/üst servetin beşte birlik kesimi, engellilik durumu, yerli insanlar ve verilerden elde edilen uyumsuzluktan etkilenenler gibi diğerleri)
4.6. 2030'a kadar tüm gençlerin ve yetişkinlerin (kadın ve erkek) önemli bir kısmının okuryazarlık ve matematiksel beceri kazanmasının sağlanması
4.6.1. (a) Okuryazarlık ve (b) matematiksel becerilerde en az belirli bir yeterlilik seviyesine ulaşan belirli bir yaş grubundaki nüfusun oranı (cinsiyete göre)
4.7. 2030'a kadar tüm öğrencilerin sürdürülebilir kalkınma ve sürdürülebilir bir yaşam için eğitim, insan hakları, cinsiyet eşitliği, barış ve şiddet içermeyen bir kültürün teşvik edilmesi, dünya vatandaşlığı ve kültürel çeşitliliğin ve kültürün sürdürülebilir kalkınmaya katkısının takdiriyle tüm öğrencilerin sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmek için gerekli bilgi ve becerileri edinmelerinin sağlanması
4.7.1. (i) Küresel vatandaşlık eğitiminin ve (ii) cinsiyet eşitliği ve insan hakları da dâhil olmak üzere sürdürülebilir kalkınma için eğitimin; (a) ulusal eğitim politikalarının, (b) müfredatın, (c) öğretmen eğitiminin ve (d) öğrenci değerlendirmesinin tüm seviyelerde yaygın hale getirilmesi
4.a. Çocuklara, engellilere, cinsiyete duyarlı eğitim olanaklarının oluşturulması ve geliştirilmesi ve herkes için güvenli, şiddete içermeyen, kapsayıcı ve etkili öğrenme ortamlarının sağlanması
4.a.1. (a) Elektrik; (b) pedagojik amaçlar için internet; (c) pedagojik amaçlar için bilgisayar; (d) engelli öğrenciler için uyarlanmış altyapı ve materyaller; (e) temel içme suyu; (f) tek-cinsiyetli temel sağlık koruma tesisleri; ve (g) temel el yıkama tesisleri (WASH gösterge tanımlarına göre) erişimi olan okulların oranı
4.b. 2020'ye kadar en az gelişmiş ülkeler, gelişmekte olan küçük ada devletleri ve Afrika ülkeleri başta olmak üzere gelişmekte olan ülkelere, gelişmiş ve diğer gelişmekte olan ülkelerdeki mesleki eğitim, bilgi ve iletişim teknolojisi, teknik, mühendislik ve bilimsel programlar dâhil yükseköğrenime kaydolma olanağı sunan bursların sayısının küresel olarak önemli ölçüde artırılması
4.b.1. Sektör ve çalışma türüne göre burslar için resmi kalkınma yardım akışlarının hacmi
4.c. 2030'a kadar özellikle en az gelişmiş ülkeler ve gelişmekte olan küçük ada devletleri başta olmak üzere gelişmekte olan ülkelerdeki öğretmen eğitimi için uluslararası işbirliği da dâhil olmak üzere nitelikli öğretmen arzının önemli ölçüde artırılması
4.c.1. Belirli bir ülkede, (a) okul öncesi eğitim; (b) ilköğretim; (c) ortaöğretim ve (d) lise eğitimi seviyelerinde en az asgari düzeyde geçerli öğretmenlik eğitimi (örneğin pedagojik eğitim) hizmet öncesi veya ilgili seviyede öğretmenlik için gerekli hizmet içi eğitim almış öğretmenlerin oranı (cinsiyete göre)

Çizelge 2.2. Nitelikli Eğitim Göstergeleri ^{28, 29}

²⁸İnternet: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000246300> adresinden 18.02.2019'da alınmıştır. UNESCO (2016). "Unpacking Sustainable Development Goal 4 Education 2030 Guide". p. 33-36.

²⁹İnternet: <http://www.kureselhedefler.org/hedefler/nitelikli-egitim/> adresinden 18.02.2019'da alınmıştır.

Ancak 2030 Gündemi'nde nitelikli eğitim hedefi sadece bu amaç ve uygulama araçları ile ifade edilmiş olan SKH 4 ile sınırlı değildir. Gündemde, eğitim hedefinin özellikle sağlıklı bireyler (SKH 3), toplumsal cinsiyet eşitliği (SKH 5), insana yakışır iş ve ekonomik büyüme (SKH 8), sorumlu tüketim ve üretim (SKH 12) ve iklim eylemi (SKH 13) gibi temel sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle ilişki içerisinde olduğu özel olarak belirtilmesine rağmen, eğitimin diğer tüm kalkınma hedefleriyle ilişki içerisinde olduğu bilinmektedir. Bu kapsamda Pradhan vd. tarafından küresel ve ülke ölçeğinde SKH çiftleri üzerinde yapılan çalışmada, SKH 4'ün diğer kalkınma hedeflerinin çoğunluğuyla anlamlı pozitif korelasyona sahip olduğu görülebilmektedir.³⁰ Benzer şekilde Unterhalter tarafından yapılan çalışmada, SKH 4'ün okul öncesi seviyesinden, teknik ve yükseköğretim seviyesine kadar tüm seviyelerde eğitim görmekte olan bireylerin eşitlik, vatandaşlık ve sürdürülebilirlik anlayışlarını geliştirdiği, dolayısıyla bu hedefin diğer kalkınma hedefleriyle ilişki içerisinde olduğu söylenmiştir.³¹

Kalkınma hedeflerindeki eğitim anlayışı, UNESCO'nun "Eğitim, temel bir insan hakkıdır", "Eğitim, kamu yararı ve sorumluluğundadır" ve "Cinsiyet eşitliği, herkes için eğitim hakkı ile ayrılmaz bir şekilde ilişkidir" ilkeleri ile tanımlanmaktadır.³² BM tarafından SKH'ler ile ilgili yapılan araştırmalarda, bu ilişki doğrulanmakla birlikte, bireylerin refah ve mutluluğunu sağlamak ve sosyo-ekonomik statülerini geliştirmek için eğitime katılımı mümkün kılan yapıların eğitim çıktılarına (bilgi, yeterlilik ve beceri) dönüşümünü sağlayan politikaların uygulama yönlerinin ihmal edildiği de belirtilmiştir.³³ Politika uygulama sorunlarının üstesinden gelinmesi ise ülkelerin ekonomik, sosyal ve sağlık konularında mevcut durumlarının belirlenmesi ve bu durumlarını iyileştiren etkili bir sürecin bulunması ile mümkündür. Performans değerlendirmesi olarak tanımlanan bu kavram sayesinde insanların hayatını ve sürdürülebilir kalkınmasını doğrudan etkileyen nitelikli bir eğitim almaları sağlanmaktadır. Bu sayede işgücü verimliliğinin artırılması, demokrasinin güçlendirilmesi, toplumsal eşitliğin sağlanması ve sağlığın iyileştirilmesi gibi birçok kanaldan insanların mevcut durumları iyileştirebilmekte ve onların küreselleşmenin

³⁰ Pradhan, P., Costa, L., Rybski, D., Lucht, W., and Kropp, J. P. (2017). "A Systematic Study of Sustainable Development Goal (SDG) Interactions". *Earth's Future*, 5, 1169-1179.

³¹ Unterhalter, E. (2017). Negative capability? Measuring the Unmeasurable in Education. *Comparative Education*, 53(1), 1-16.

³² İnternet: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000246300> adresinden 18.02.2019'da alınmıştır. UNESCO (2016). "Unpacking Sustainable Development Goal 4 Education 2030 Guide".

³³ Webb, S., Holford, J., Hodge, S., Milana, M., and Waller, R. (2017). "Lifelong Learning for Quality Education: Exploring the Neglected Aspect of Sustainable Development Goal 4". *International Journal of Lifelong Education*, 36, 5, 509-511.

gerektirdiği nitelikleri kazanmalarını sağlanmaktadır.³⁴ Bu kazanımlara sahip olan insanlar ise yeni keşifler, fikirler, gelişmeler ve nihayetinde yeni katma değerli üretimler kapsamında üretim sürecinin motoru olarak değerlendirilmektedir.³⁵ Bu nedenle bir üretim etkinliği olarak ülkelerin insan sermayesini optimize eden eğitim ile ilişkili olarak yapılacak olan politikalar ve stratejiler hayati önem taşımaktadır.

Çalışmanın bu bölümünde ülkelerin nitelikli eğitim hedefiyle ilişkili olan ekonomik göstergeler kapsamında karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi ve eğitim ekonomisi etkinlik değerlerinin hesaplanması amacıyla bu göstergelerin bireysel ve bir bütün şeklinde değerlendirmelerinin yapılması amaçlanmıştır. Çünkü göstergelerin ayrıştırılmış düzeydeki değerlendirmeleri, eğitim ekonomisiyle ilgili olan girdi, çıktı ve ara ürün göstergelerinin iyi bir şekilde tanımlanmasını sağlarken; göstergeleri bir bütün şeklinde yani toplulaştırılmış düzeydeki değerlendirmeleri, ele alınan süreç hakkında detaylı bilgilerin elde edilmesini sağlamaktadır. Diğer taraftan “fırma teorisinin ders kitabı analizlerinde net bir anlamı olan ancak eğitim dünyasında oldukça bulanık hale gelen etkinlik kavramı”³⁶ kapsamında ülkelerin karşılaştırmalı olarak rasyonel bir şekilde performanslarının ortaya konulması ve eğitim ekonomisi etkinliğiyle ilgili kilit göstergelerin bulunması konusunda ampirik bir temel oluşturularak ilginç bulgular ortaya çıkarılabilir. Bu bulgular ise ülkelerin eğitim ekonomisi etkinliklerini artırmayı amaçlayan kısa, orta ve uzun vadeli önlemlerin alınmasına yardımcı olacaktır. Bu amaçla çalışmanın ilerleyen bölümlerinde, “Eğitime ayrılan bütçe” göstergesi, “PISA 2015” göstergesi ve “Eğitim seviyelerine göre istihdam oranları” göstergesinin eğitim ekonomisini çerçeveleme ve yönlendirmedeki rolleri incelenmektedir.

³⁴ Gylfason, T. (2001). Natural Resources, Education, and Economic Development. *European Economic Review*, 45 (4-6), 847-859.

³⁵ Koçak, D., Türe, H., and Atan, M. (2019). “Efficiency Measurement with Network DEA: An Application to Sustainable Development Goals 4”. *International Journal of Assessment Tools in Education*, 6 (3), 415-435.

³⁶Hanuskek, E. A. (1996). “The Economics of Schooling: Production and Efficiency in Public Schools”. *Journal of Economic Literature*, 24 (3), 1141-1177.

2.2.2.1. Eğitime ayrılan bütçe

İçinde bulunduğumuz bilgi ekonomisinde eğitim, refahı, emek verimliliğini ve ulusal çıktıyı artırarak ekonomik büyümeyi destekleyen ve makroekonomik açıdan istikrar sağlayan önemli bir beşeri sermaye göstergesi olarak kabul edilmektedir.^{37, 38} “Eğitime ayrılan bütçe” göstergesi ise ülkeler arasında büyük ölçüde farklılıklar göstermesine rağmen küreselleşme karşısında ulusal ekonomilerin değerlendirilmelerine imkân yaratarak ekonomik büyümeyi teşvik edici kilit bir konumda yer almaktadır. Ülkeler arası bu farklılıkların nedeni kamu finansmanı kaynağı açısından mevcut olup refah devletinin vergi harcamalarını, dış kaynaklarını ve transferlerini kullanımı ile bu transferlerini vergilendirme derecesi gibi konularda izlenen farklı politika uygulamalarından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, ülkelerin eğitim gibi özel bir alandaki harcamaları, ülkenin toplam harcama düzeyi ve ekonomik gelişmişlik seviyesi ile de ilişki içerisindedir. Tüm bu farklılıklara rağmen, ülkeler arası boyutta eğitimde hesap verilebilirlik ilkesinin gerçekleşmesi ve etkin eğitim ekonomilerine sahip ülkelerin belirlenerek bunların etkin olmayan eğitim ekonomilerine sahip ülkeler ile karşılaştırılması oldukça önemlidir. Çünkü eğitim ekonomisi değerlendirmeleri ve öğrenci başına yapılan eğitim harcamalarının ülkeler arası boyutta kıyaslanması, temel eğitim seviyesinde kısa vadeli bilişsel sonuçlar, ortaöğretim ve yükseköğretim seviyelerinde ise uzun vadeli istihdam sonuç ve beklentileri hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır.³⁹

Ülkelerin eğitim ekonomisi etkinliğini ölçme ve geliştirme konusu, son zamanlarda politika yapıcılarının, ekonomistlerin ve araştırmacıların oldukça ilgisini çekmektedir. Bu ilgi daha yüksek öğrenci başarısı üretmek için tasarlanmış geniş kapsamlı kurumsal reformların başlatılması ile de desteklenmiştir. Reformlar, yüksek eğitim standartlarına, temel eğitim kazanımlarına ve maksimum yerel kontrollere vurgu yaparak eğitimde hesap verilebilirlik ilkesine dikkat çekmişlerdir. Bu kapsamda Oksala, Okpala ve Smith tarafından 2001 yılında yapılan çalışmada, eğitim kaynaklarının verimli bir şekilde dağıtılmasının ve öğrenci başına yapılan eğitim harcamalarının etkin bir şekilde kullanılmasının eğitim ve öğretimin kalitesini artırmaya ve iyileştirmeye faydalı oldukları bulunmuştur. Aynı zamanda öğrenci başına

³⁷ Gylfason, T. (2001). “Natural Resources, Education, and Economic Development”. *European Economic Review*, 45 (4-6), 847-859.

³⁸ Carpentier, V. (2003). “Public Expenditure on Education and Economic Growth in the UK, 1833-2000”. *History of Education*, 32 (1), 1-15.

³⁹ Worthington, A. C. (2001). “An Empirical Survey of Frontier Efficiency Measurement Techniques in Education”. *Education Economics*, 9 (3), 245-268.

yapılan eğitim harcaması göstergesinin, öğrenme sürecinde kullanılan kaynakların kalitesini ve miktarını temsil eden önemli bir proxy değişken olduğu da kanıtlanmıştır.⁴⁰

Afonso ve Aubyn (2006), eğitim sistemini bir üretim sistemi olarak ele alarak, mevcut girdilerden optimal şekilde faydalanılması koşuluyla eğitim ekonomisinin etkin olacağını ifade etmişlerdir. Etkin olmayan eğitim ekonomisi ise daha fazla harcama yapmadan çıktıların artırılabilmesi veya çıktılara dokunulmadan girdilerin düşürülebileceği anlamına gelmektedir. Uluslararası düzeyde etkin ve etkin olmayan eğitim ekonomilerinin belirlenmesi ve ulusal düzeyde eğitime ayrılan bütçenin değerlendirilmesi ise ekonomik büyümenin teşvik edilmesinde oldukça önem arz etmektedir.⁴¹ Bu nedenle ülkeler, doğrudan ve dolaylı olarak ekonomik büyümeye katkıda bulunan ve makroekonomik istikrar sağlayan eğitime yapılan kamu harcamalarına odaklanma gereği hissetmelidirler.⁴² Bu odaklanma eğitim sisteminden beklenen hizmetlerin yerine getirilmesini sağlayacak koşulların oluşturulmasına ortam yaratmakla birlikte eğitim sisteminin etkinliğini artırarak her yerde ve herkes için daha adil ve nitelikli bir eğitim sunulmasını mümkün kılmaktadır. Mandl ise 2008 yılında eğitime ayrılan bütçenin (girdi) eğitimsel kazanım oranlarını (çıktı) etkilediğini ifade etmiştir.⁴³ Çünkü öğrenci başına yapılan eğitim harcamaları, eğitim ve öğretim kurumlarına ayrılan finansal kaynaklar ve yapılan yatırımlar gibi çeşitli eğitim harcamaları stratejik politika kaldıraçları olmakla birlikte öğrenme çıktılarının açıklanmasını sağlamaktadır. Bu kapsamda “öğrenci başına yapılan eğitim harcaması”⁴⁴ göstergesi, verilen eğitim düzeyindeki öğrenci başına düşen ortalama genel kamu harcamalarını (cari harcamalar, sermaye harcamaları ve transfer harcamaları) ifade etmekte olup kişi başına GSYH'nin yüzdesi olarak ifade edilmektedir. Bu gösterge ise öğrencileri bireysel olarak doğrudan etkileyen bir gösterge olmakla birlikte okullardaki öğrenme ortamı ve sınıftaki öğrenme koşulları üzerinde bir kısıtlama görevi göstermektedir. Aynı zamanda OECD

⁴⁰ Okpala, C. O., Okpala, A. O., and Smith, F. E. (2001). “Parental Involvement, Instructional Expenditures, Family Socioeconomic Attributes, and Student Achievement”. *The Journal of Educational Research*, 95 (2), 110-115.

⁴¹ Afonso, A., and Aubyn, M. St. (2006). “Cross-Country Efficiency of Secondary Education Provision: A Semi-Parametric Analysis with Non-Discretionary Inputs”. *Economic Modelling*, 23 (3), 476-491.

⁴² Chandra, A. (2010). “Does Government Expenditure on Education Promote Economic Growth? An Econometric Analysis”. University Library of Munich, Germany.

⁴³ Mandl, U., Dierx, A., and Ilzkovitz, F. (2008). *The Effectiveness and Efficiency of Public Spending (No 301)*. Directorate-General for Economic and Financial Affairs Publications, European Commission.

⁴⁴ Temel eğitim, ortaöğretim ve yükseköğretim seviyelerinde öğrenci başına yapılan eğitim harcaması göstergesi, ilgili eğitim seviyesindeki toplam kamu harcamalarının aynı eğitim seviyesindeki öğrenci sayısına bölünerek kişi başına düşen GSYH'nin bir yüzdesi olarak hesaplanmaktadır. Bu göstergenin uluslararası düzeyde karşılaştırılabilirliğinin sağlanması ve ülkelerin eğitim program ve niteliklerinin eğitim seviye ve alanlarına göre düzenlenmesi amacıyla gösterge kapsamındaki veriler tüm OECD ülkeleri tarafından kabul edilmiş olan ISCED 2011 seviyesine göre düzenlenmektedir.

tarafından yürütülen “Eğitime Bakış 2018: OECD Göstergeleri” çalışmasında da belirtildiği gibi çoğu OECD ülkesinde öğrenci başına yapılan eğitim harcaması ile kişi başına ayrılan GSYH arasındaki oran, öğrenci başına ayrılan kaynakların ülkenin ödeme kabiliyeti ile ilişki içerisinde olup olmadığının tespit edilmesini sağlamaktadır.⁴⁵ Bu nedenle ilgili oran OECD ülkelerinin görece değerlerini dikkate alan bir harcama ölçütü olarak işlev görmektedir. Çizelge 2.3’de ise eğitim seviyelerine göre öğrenci başına yapılan eğitim harcaması göstergesi (kişi başı %GSYH) kapsamında Türkiye ve OECD ülkeleri ortalaması karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır.

Öğrenci başına yapılan eğitim harcaması	Temel eğitim seviyesinde	Ortaöğretim seviyesinde	Yükseköğretim seviyesinde
Türkiye	13.339	14.769	24.296
OECD	21.205	23.090	25.546

Çizelge 2.3. Öğrenci Başına Yapılan Eğitim Harcaması

Çizelge 2.3’e göre 2013-2014 yılları arasında öğrenci başına yapılan eğitim harcamalarına bakıldığında, Türkiye’de temel eğitim ve ortaöğretim seviyelerinde yapılan harcamaların OECD ülkeleri ortalamasının yarısı civarında; yükseköğretim seviyesinde ise OECD ülkeleri ortalamasının biraz altında yer aldığı görülmektedir. Ayrıca bu eğitim harcamaları, Türkiye’de ve çoğu OECD ülkesinde eğitim seviyesiyle birlikte bir artış göstermesine rağmen bu artışlar ülkeler arasında oldukça farklılaşmaktadır. Diğer taraftan son yıllarda Türkiye’de farklı eğitim seviyelerinde öğrenci başına yapılan eğitim harcamaları artmasına rağmen, ülkemiz halen OECD ülkeleri arasında GSYH’ye göre en düşük oranlarda öğrenci başına eğitim harcaması yapan ülkeler arasında yer almaktadır.^{46, 47} Ülkemizdeki bu sorun ise eğitim sistemi kaynaklarının, eğitim süreçleri kalitesi ve öğrenme çıktıları bakımından iyileştirilmesi ve kamusal alanda eğitime ayrılan bütçenin artırılması şeklinde çözülebilmektedir.^{48, 49} Türkiye’nin Milli Eğitim Bakanlığı tarafından hazırlanan 2023 Eğitim Vizyonu’nda ifade edildiği gibi ekonomiyle bütünleşmiş bir eğitim anlayışı ise

⁴⁵ OECD (2018). *Education at a Glance 2018: OECD Indicators*. Paris: OECD Publishing, p.15.

⁴⁶ Arabacı, İ. B. (2014). “Türkiye’de ve OECD Ülkelerinde Eğitim Harcamaları”. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 10 (35), 100-112.

⁴⁷ Gür, B. S., Çelik, Z., Bozgeyikli, H., ve Yurdakul, S. (2018). *Eğitime Bakış 2018: İzleme ve Değerlendirme Raporu*. Ankara: Eğitim-Bir-Sen Stratejik Araştırmalar Merkezi.

⁴⁸ Karaarslan, E. (2001). “Kamu Kesimi Eğitim Harcamalarının Analizi”. *Maliye Dergisi*, 149 (42), 36-73.

⁴⁹ Velázquez, F. D. C., and Méndez, G. M. (2018). Augmented Reality and Mobile Devices: A Binominal Methodological Resource for Inclusive Education (SDG 4). An Example in Secondary Education. *Sustainability*, 10(10), 1-14.

bireylerin sosyal, ekonomik ve çevresel her türlü alanda kalkınmalarına yardımcı olacaktır.⁵⁰ Çünkü beşeri sermayenin önemli bir göstergesi olarak eğitim, emeğin niteliğini artırarak toplumların iktisadi büyüme ve ekonomik kalkınmalarında önemli bir rol üstlenmektedir.⁵¹ Bu nedenle birçok alanın keşif noktasında yer alan eğitimin, çağın gerektirdiği şartları sağlayarak herkes için ve her yerde fırsat eşitliğini esas alan bir yapıda olması gerekmektedir. Sonuç olarak Türk eğitim sisteminin nicelik ve erişimle ilişkili sorunlarının geride bırakılması, ilköğretimden yükseköğretime kadar tüm seviyelerde eğitimin kaliteli bir şekilde devam ettirilmesi ve sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu çağdaş teknolojinin getirdiği ilim ve teknikle donatılmış bireylerin yetiştirilmesi için eğitime ayrılan bütçe büyük önem arz etmektedir.

2.2.2.2. PISA 2015

Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı (**Programme for International Student Assessment**) veya kısaca PISA olarak bilinen araştırma, ülkelerdeki zorunlu eğitim seviyesinin sonuna gelmiş 15 yaşındaki öğrencilerin modern topluma katılmaları için gerekli olan temel bilgi ve becerileri edinme derecesini değerlendiren bir araştırmadır. OECD tarafından finanse edilen ve 2000 yılından itibaren üç yılda bir tekrarlanan bu araştırma, başlangıçta OECD üyesi ülkelerin ortak bir çalışması olarak başlatılmış olsa da, üye olmayan ülkelerin de çalışmaya dâhil edilmesiyle küresel erişime sahip bir konuma getirilmiştir.⁵² Bu araştırmanın sonuçları ise eğitimcilerin, politika yapımcıların ve araştırmacıların kendi ülkelerindeki öğrencilerin bilgi ve becerilerini diğer ülkelerdeki öğrencilerle karşılaştırmalı olarak ölçmelerine ve kendi eğitim çıktılarının kalitesini sorgulamalarına olanak tanımaktadır. Diğer ülkelerdeki eğitim politika ve uygulamalarının izlenmesi ve öğrenilmesi ile ulusal bağlamda uyarlanabilir etkili politika ve uygulamaların düzenlenmesine de yardımcı olan bu sonuçlar ise uluslararası düzeyde eğitim standartlarının oluşturulmasını sağlamaktadır. Bu durum PISA araştırmasını ulusal, uluslararası ve küresel düzeyde ortak fayda sağlayan bir platform haline getirmektedir.⁵³ Aynı zamanda eğitimde FIMS,⁵⁴ IEA,⁵⁵

⁵⁰İnternet: http://2023vizyonu.meb.gov.tr/doc/2023_EGITIM_VIZYONU.pdf adresinden 27.02.2019'da alınmıştır. Milli Eğitim Bakanlığı (2018). *Mutlu Çocuklar için Güçlü Türkiye 2023 Eğitim Vizyonu*. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.

⁵¹ Öztürk, N. (2005). "İktisadi Kalkınmada Eğitimin Rolü". *Sosyoekonomi*, 1 (1), 27-44.

⁵² OECD (2018). *PISA 2015 Results in Focus*. Paris: OECD Publishing.

⁵³ Grek, S. (2009). "Governing by Numbers: the PISA 'Effect' in Europe". *Journal of Education Policy*, 24 (1), 23-37.

⁵⁴ **F**irst **I**nternational **M**athematics **S**tudy (FIMS)

⁵⁵ **I**nternational **E**valuation of **E**ducational **A**chievement (IEA)

IALS,⁵⁶ PIAAC,⁵⁷ PIRLS,⁵⁸, SIMS,⁵⁹ TALIS⁶⁰ ve TIMSS⁶¹ gibi uluslararası karşılaştırmalı değerlendirmeler yapan araştırmaların aksine, PISA araştırmasının “kamu-içi eğitim başarısı ile ilgili kapsamlı bir bilgi kaynağı” olarak nitelendirilmesi, bu araştırmanın kamuoyu algısında en etkili araştırmalardan biri olarak kabul edilmesini sağlamaktadır.⁶² Bilgi ekonomisi ile bağlantılı olarak ülkelerin ekonomik büyümelerini destekleyen ve bu ülkelerin eğitim politikalarının tarafsız bir şekilde değerlendirilmesini sağlayan bu araştırma, eğitim politikasında güvenilir, geçerli ve küresel anlamda uygulanabilir bütünleştirici çalışmaların yapılmasına olanak sağlamaktadır.

PISA araştırması temel olarak fen, okuma ve matematiğin temel konularına odaklanmaktadır. Aynı zamanda 2012 yılından itibaren bu üç temel alanın dışında her üç yıllık döngüde öğrencilerin yeni bir alandaki yeterlilikleri de değerlendirilmiştir. PISA 2015’de ise bu yenilikçi alan ekonomik ve sosyal yaşamımızda giderek artan bir öneme sahip olan “işbirlikçi problem çözme” becerisi olarak ele alınmıştır.⁶³ Bu kapsamda PISA 2015’in fen, okuma ve matematik becerilerine göre, Türkiye ve OECD ülkeleri ortalamaları karşılaştırmalı olarak Çizelge 2.4’de sunulmaktadır.

PISA 2015	Fen ⁶⁴	Okuma ⁶⁵	Matematik ⁶⁶
Türkiye	425	428	420
OECD	465	460	461

Çizelge 2.4. PISA 2015: Fen, Okuma ve Matematik Becerileri Ortalama Puanları

⁵⁶ International Adult Literacy Survey (IALS)

⁵⁷ Programme for the International Assessment of Adult Competencies (PIAAC)

⁵⁸ Progress in International Reading Literacy Study (PIRLS)

⁵⁹ Student Information Management System (SIMS)

⁶⁰ Teaching And Learning International Survey (TALIS)

⁶¹ Trends in International Mathematics and Science Study (TIMS)

⁶² Rogers, A. (2014). “PISA, Power and Policy: The Emergence of Global Educational Governance”. *International Review of Education*, 60 (4), 591-596.

⁶³ PISA 2015 uygulaması, 72 ülkeden toplam 29 milyon öğrenciyi temsilen 15 yaşındaki 540.000 öğrenci katılımı ile tamamlanmıştır. Araştırmaya katılan her öğrenci için toplamda iki saat süren bilgisayar tabanlı testler kullanılmıştır. Bu testler, çoktan seçmeli sorular ve öğrencilerin kendi cevaplarını oluşturmalarını gerektiren sorulardan oluşmuştur. Ülkemizde ise PISA araştırmasının hedef kitlesini 7. sınıf ve üzeri seviyelerde örgün eğitime devam eden 15 yaşındaki öğrenciler oluşturmakla birlikte, PISA 2015 uygulaması bilgisayar tabanlı testler ile 5895 öğrenci katılımı ile tamamlanmıştır.

⁶⁴ Cinsiyet değişkenine göre, katılımcı ülkelerdeki fen okuryazarlığı ortalaması kız öğrencilerde 466, erkek öğrencilerde ise 465’dir. Türkiye’de ise bu ortalamalar sırasıyla 429 ve 422’dir.

⁶⁵ Cinsiyet değişkenine göre, katılımcı ülkelerdeki okuma becerileri ortalaması kız öğrencilerde 475, erkek öğrencilerde ise 445’dir. Türkiye’de ise bu ortalamalar sırasıyla 442 ve 414’dir.

⁶⁶ Cinsiyet değişkenine göre, katılımcı ülkelerdeki matematik okuryazarlığı ortalaması kız öğrencilerde 459, erkek öğrencilerde ise 463’dür. Türkiye’de ise bu ortalamalar sırasıyla 418 ve 423’dür.

PISA 2015 uygulaması kapsamında, katılımcı ülkelerin fen okuryazarlığı ortalaması 465 iken, ülkemizdeki öğrencilerin fen okuryazarlığı ortalaması 425'dir. Araştırmanın okuma becerileri alanında ise katılımcı ülkelerin ortalaması 460 iken Türkiye ortalaması ise 428'dir. Son olarak PISA 2015'in matematik okuryazarlığı ortalama puanları ise katılımcı ülkelerde 461 ve Türkiye'de 420'dir.⁶⁷ SKH'nin dördüncü hedefi olan ve herkes için kapsayıcı ve nitelikli bir eğitim sağlayarak bireylerin yaşam boyu öğrenme fırsatlarının teşvik edilmesini amaçlayan nitelikli eğitim hedefi kapsamında değerlendirildiğinde ise tüm öğrencilerin sürdürülebilir kalkınma kapsamında gerekli bilgi ve becerileri edinmeleri bir zorunluluktur. Buna rağmen günümüzde sadece Kanada, Estonya, Finlandiya, Çin ve Singapur gibi ülkelerde bulunan 15 yaşındaki her beş öğrenciden en az dördü fen, okuma ve matematikte asgari yeterlilik düzeyine hâkimdir. Bu durum ise dünyada temel beceriler hedefine ulaşabilecek birçok ülkenin mevcut olduğunu göstermekle birlikte iyi sonuçlara sahip ülkeler için de her zaman bir iyileştirme alanının olduğunu göstermektedir.⁶⁸

Ulusal ekonomilerin birbirleriyle daha fazla bağlantı kurduğu, fen, okuma ve matematik becerilerinin nitelikli insan sermayesinin temel göstergesi olarak kabul edildiği günümüzde, bilim okuryazarlığına duyulan ihtiyaç dünya genelinde artmaktadır. Hatta bu becerileri, yirmi birinci yüzyıl ekonomisinin küresel para birimi olarak nitelendiren OECD, iyi becerilere sahip bireylerin yeni fikirler yoluyla ekonomiye sürekli değer kattıklarını ve bireylerin bu becerilerini geliştirmelerinin de ekonomik döngüde pozitif bir etkisinin olduğunu ifade etmiştir.⁶⁹ Nitekim ekonomik büyümede maddi sermayenin etkin emeğe, bu etkin emeğin ise insanların eğitim kazanımlarına bağlı oldukları varsayılmaktadır.⁷⁰ Öğrencilerin bilgi ve becerileri ile ulusal eğitim ve öğretim sistemlerinin kalitesinin uluslararası standartlara göre değerlendirilmesine olanak tanıyan PISA ile ilgili çalışmalar ise son yıllarda oldukça ilgi görmeye başlamıştır. Bu ilginin bir sonucu olarak PISA'nın uluslararası karşılaştırmalı beceri testleri ile ölçülen eğitim kalitesi ile ekonomik büyüme bileşenleri arasında güçlü pozitif bir ilişkinin var olduğu birçok çalışmada

⁶⁷ Taş, U. E., Arıcı, Ö., Ozarkan, H. B., ve Özgürlük, B. (2016). *PISA 2015 Ulusal Raporu*. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.

⁶⁸ OECD (2016). *PISA 2015 Results (Volume I): Excellence and Equity in Education*. Paris: OECD Publishing, p.4.

⁶⁹ OECD (2012). *Better Skills, Better Jobs, Better Lives: A Strategic Approach to Skills Policies*. Paris: OECD Publishing.

⁷⁰ Nelson, R. R., and Phelps, E. S. (1966). Investment in Humans, Technological Diffusion, and Economic Growth. *The American Economic Review*, 56 (1/2), 69-75.

gösterilmiştir.^{71,72,73} Uzun vadeli ekonomik büyümeyi ülke çapında değerlendirmekte olan bu ampirik çalışmalarda, PISA sonuçları, okuma becerilerine, fen ve matematik gibi bilim okuryazarlığına duyulan ihtiyacı başarılı bir şekilde temsil eden vekil bir gösterge olarak kullanılmaktadır. Çünkü PISA sonuçları, toplumların kaynaklarını etkin kullanarak ekonomik büyümelerine yardımcı olacak, bireylerin bilimsel ve teknik bilgi birikimlerini artırmalarını sağlayacak ve sosyal uyumlarını teşvik edecek beceri arzlarını artırmaktadır. Tüm bu verilenler kapsamında PISA araştırmasının, insan sermayesinin ekonomiye akışının bir ölçüsü olarak değerlendirilmesi son derece doğru bir yaklaşım olmaktadır. PISA araştırmasına yönelik yapılan bu değerlendirmeler sonucunda ise eğitim politikasının “ekonomikleşmesi” ve ekonomi politikasının “eğitilmesi” konularının eşzamanlı olarak ele alınmasını yani ekonomik refah ve eğitim konularının birlikte değerlendirilmesi gerekliliğine vurgu yapılmaktadır.⁷⁴ Sonuç olarak ulusal ekonomilerin uluslararası rekabet edebilirliğinin vekil bir göstergesi ve aynı zamanda ekonomik refahın önemli bir belirleyicisi olarak PISA sonuçları, eğitim ekonomisi değerlendirmelerinde gittikçe artan bir öneme sahiptir.

2.2.2.3. Eğitim seviyelerine göre istihdam oranları

Nitelikli işgücünün, sürdürülebilir ekonomik kalkınmanın kilit faktörü kabul edildiği günümüzde, hızla değişen teknoloji ve işveren ihtiyaçlarının karşılanması eğitimden istihdama kadar birçok alanda oldukça önem arz etmektedir.⁷⁵ İstihdam kavramı aslında işgücünün üretime yönelik kullanılmasını yani emek, sermaye, girişim ve doğal kaynak gibi üretim faktörlerinin gelir sağlanması amacıyla optimal düzeyde çalıştırılmasını ifade etmektedir. İşgücünün nitelik ve nicelik yönünden geliştirilerek ekonominin ihtiyaç duyduğu işgücünün karşılanması ise ülkelere yüksek beşeri sermaye birikimini sağlamakta dolayısıyla ülkelerin istihdam istikrarlarını uzun dönemli kılmaktadır.⁷⁶ Çünkü hayat boyu öğrenme vizyonu ile bireylerin eğitilmesi ve becerilerinin geliştirilmesi ile oluşan nitelikli işgücü, kamu politikaları ile tutarlı sürdürülebilir ekonomik büyümeyi sağlamaktadır. Bu

⁷¹ Barro, R. J. (2001). “Human Capital and Growth”. *American Economic Review*, 91 (2), 12-17.

⁷² Hanushek, E. A., and Kimko, D. D. (2000). “Schooling, Labor-Force Quality, and the Growth of Nations”. *American Economic Review*, 90 (5), 1184-1208.

⁷³ Hanushek, E. A., and Wößmann, L. (2010). “Education and Economic Growth”. *Economics of Education*, 60-67.

⁷⁴ Sellar, S., and Lingard, B. (2013). “The OECD and the Expansion of PISA: New Global Modes of Governance in Education”. *British Educational Research Journal*, 40 (6), 917-936.

⁷⁵ OECD (2018). *OECD Employment Outlook 2018*. Paris: OECD Publishing.

⁷⁶ Çakmak, E., ve Gümüş, S. (2002). “Türkiye’de Beşeri Sermaye ve Ekonomik Büyüme: Ekonometrik Bir Analiz (1960-2002)”. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 60 (1), 59-72.

kapsamda “eğitim”, “becerilerin geliştirilmesi” ve “hayat boyu öğrenme”, istihdam edilebilirliğin temel koşulları olarak kabul edilmektedir. Bireylerin yaşam kalitelerini iyileştiren ve sürdürülebilir iş gelişimlerine katkıda bulunan bu temel koşullar, toplumda istihdamın, ekonomik kalkınmanın, sosyal içermenin ve çevresel sürdürülebilirliğin gerçekleşmesine de imkân yaratmaktadır.⁷⁷ Diğer taraftan içinde bulunduğumuz bilgi ekonomisinin yeni iş kavramlarını ortaya çıkarması, insan kaynağını hazırlayan eğitim ve istihdam politikalarının eşzamanlı yapılandırılmasını gerektirmektedir. Bu eşzamanlı yapılandırma ise ihtiyaçları hızla değişen işgücü piyasasında eğitim ve öğretim politikalarının mevcut ve gelecekteki beceri talepleri ve sürdürülebilir ekonomik kalkınma ile tutarlı olmasını sağlamaktadır.

Beşeri sermaye literatüründe önemli bir açıklayıcı ve tanımlayıcı gösterge olan “eğitim seviyelerine göre istihdam oranı” göstergesi ise bölgesel, ulusal ve uluslararası düzeylerde istihdam edilebilirlik odaklı işgücü piyasası politikalarının değerlendirilmesinde kullanılmaktadır.⁷⁸ Bu gösterge çalışma çağındaki nüfusun bir yüzdesi olarak ilgili eğitim seviyesinde istihdam edilen kişi sayısını ifade etmektedir. Bu amaçla 25-64 yaştaki tüm nüfusun, çalışan 25-64 yaştaki nüfusa göre yüzdesini ölçen gösterge, farklı eğitim seviyelerinde ve farklı yaşlarda olan bireyler arasındaki işgücü piyasası risklerinin analiz edilmesi ve bu alandaki politikaların değerlendirilmesinde merkezi öneme sahip bir göstergedir.⁷⁹ Bu kapsamda Çizelge 2.5’de, Türkiye ve OECD ülkelerinin eğitim seviyelerine göre istihdam oranları (% 25-64 yaş) karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

İstihdam Oranları	Üst düzey ortaöğretim	Yükseköğretim
Türkiye	61.880	76.427
OECD	73.580	83.543

Çizelge 2.5. Eğitim Seviyelerine Göre İstihdam Oranları⁸⁰

OECD ülkelerinin eğitim seviyelerine göre istihdam edilme oranlarına bakıldığında, Türkiye, hem üst düzey ortaöğretim seviyesinde hem de yükseköğretim seviyesinde OECD ortalamalarının altında yer almaktadır. Ayrıca eğitim seviyelerine göre istihdam oranları,

⁷⁷ Billorou, N., Pacheco, M., and Vargas, F. (Eds.). (2011). *Skills Development Impact Evaluation. A Practical Guide* (First Edition). Montevideo, ILO/Cinterfor: International Labour Organization, p. 14.

⁷⁸ McQuaid, R. W., and Lindsay, C. (2005). “The Concept of Employability”. *Urban Studies*, 42 (2), 197-219.

⁷⁹ OECD (2019). Employment by Education Level (indicator).

⁸⁰ Norveç ve Portekiz dışındaki tüm OECD ülkelerindeki istihdam oranları, eğitim seviyesi fark etmeksizin kadınlarda erkeklere göre daha düşüktür.

Türkiye’de ve çoğu OECD ülkesinde eğitim seviyesiyle birlikte bir artış göstermektedir. OECD ülkelerinde ortaöğretim ya da lise sonrası eğitim almamış bireylere kıyasla, yükseköğretim eğitimi almış bireylerin, ülkelerinin istihdam oranlarını ortalama 10 puan kadar artırması bu durumu doğrulamaktadır.⁸¹ Çünkü çoğu OECD ülkesinde ekonominin yüksek vasıflı bireylerin arzına bağlı olması ve yüksek seviyelerdeki eğitimsel kazanımların da iyi bir işgücü piyasası bilgisi ile ilişkili olmasından dolayı bu eğitim seviyelerindeki istihdam oranları artış göstermektedir. Diğer taraftan düşük vasıflara sahip bireyler için istihdam olanakları mevcut olmasına rağmen işgücü beklentilerinin nispeten daha zor olması, düşük kazanç sağlanmasına ve işsiz kalma olasılığının artmasına neden olmaktadır. Sonuç olarak makro açıdan ülkelerin işgücü piyasası politikalarının ve ekonomi stratejilerinin değerlendirilmesinde, mikro açıdan ülkelerin eğitim ekonomilerinin değerlendirilmesinde istihdam oranları göstergesi oldukça önem arz etmektedir.

⁸¹ OECD (2018). *Education at a Glance 2018: OECD Indicators*. Paris: OECD Publishing, p.72.

3. PERFORMANS ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

3.1. Performans Ölçümü

Performans ölçümü, bir birimin veya sistemin geçmiş başarılarının daha iyi değerlendirilmesi ve gelecekteki gelişiminin daha iyi planlaması açısından ele alındığında, yönetimin önemli görevleri arasında sayılmaktadır. Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından 1978 yılında ortaya atılan Veri Zarflama Analizi (VZA) ise, çoklu girdileri ele alarak çoklu çıktılar üreten karar verme birimlerinin (KVB) etkinliklerinin ölçülmesinde yaygın olarak kullanılan bir performans ölçüm yaklaşımıdır.⁸²

Performans ölçümünde etkinlik kavramı, birim başına kâr, birim başına maliyet ya da birim başına memnuniyet gibi çeşitli biçimlerde ifade edilebilmektedir. Özellikle işletme, eğitim kurumu ya da hastane gibi kurumların performanslarının ölçülmesinde sıklıkla başvurulan VZA'da çıktılar girdilere oranlayan etkinlik ölçümü kullanılmaktadır.⁸³ Bu tür etkinlik ölçümlerinde her bir işletme, hastane ya da eğitim kurumu içerisinde bulunduğu sistemde yer alan benzer örgütsel yapıya sahip birimler ile birlikte değerlendirilerek, bu birimlerin göreceli etkinlik ölçümleri yapılmaktadır. VZA'nın temeli ise Farrell'in 1957 yılındaki çalışmasına dayanmaktadır.⁸⁴ Farrell (1957)'den sonra Charnes vd. (1978) tarafından üretim sınırlarının inşasına matematiksel programlama yaklaşımı dâhil edilerek, etkinlik ölçümünün tanımlanmasında VZA terimi kullanılmıştır. Modern iktisadın temel taşı olan üretim olanakları kümesine ait ampirik tahminlerin elde edilmesini sağlayan bu terim sayesinde, üretim fonksiyonu bilinmeden de gözlemlenen veriler kullanılarak etkinlik ölçümü yapılabildiğinden VZA, matematiksel programlama temelli bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir.⁸⁵ VZA yaklaşımında az sayıda girdi ile çok sayıda çıktı üreten en iyi KVB belirlenerek, KVB'lerin performanslarının değerlendirilmesi amacıyla etkin sınır oluşturulmaktadır. Bu sınırda yer alan KVB'ler etkin, geri kalan KVB'ler ise etkin olmayan olarak nitelendirilmektedir. Etkin olmayan birimlerin etkinlik ölçümü ise, bu birimlerin etkin

⁸² Charnes, A., Cooper, W. W., and Rhodes, E. (1978). "Measuring the Efficiency of Decision Making Units". *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.

⁸³ Cooper, W. W., Seiford, L. M., and Tone, K. (2007). *Data Envelopment Analysis*. (Second Edition). New York: Springer, p. 1.

⁸⁴ Farrell, M. J. (1957). "The Measurement of Productive Efficiency". *Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General)*, 120 (3), 253-290.

⁸⁵ Charnes, A., Cooper, W. W., and Rhodes, E. (1981). "Evaluating Program and Managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through". *Management Science*, 27 (6), 607-730.

sınıra olan uzaklıkların oransal ölçümüne dayanmaktadır.⁸⁶ Bu kapsamda matematiksel programlama, en iyi *KVB*'yi seçmek için olası tüm birimlerin kombinasyonlarını değerlendirerek karar vericiye yardımcı olmaktadır. VZA ise performans değerlendirme sürecini tersine çevirerek, birimlerin etkinliğinin değerlendirilmesinde ex-post değerlendirmelerinin elde edilmesi için matematiksel programlamayı kullanmaktadır. Dolayısıyla matematiksel programlama, *KVB*'lerin geçmiş başarılarının değerlendirilmesi ve gelecekteki faaliyetlerinin planlanmasında kullanılabilen bir araç; VZA ise girdi ve çıktılar arasında varsayılan fonksiyonel ilişki biçimlerinin ağırlıklarının tanımlanmasını gerektirmeden doğrudan veriden elde edilen oranın optimal değeri ile etkinliği hesaplayabilen bir araç olarak değerlendirilebilmektedir. Bu nedenle VZA, verilerin belirli bir dağılıma uyması hakkında ya da girdi ve çıktılar fonksiyonel formu hakkında varsayımlar gerektirmeden aynı zamanda parametrik olmayan bir yaklaşım olarak da nitelendirilmektedir.⁸⁷

VZA'nın önemli avantajlarından bir diğeri etkin olmayan *KVB*'ler için performans hedeflerinin belirlenmesi ile "Pareto Optimalitesine"⁸⁸ ulaşmada ne gibi iyileştirmelerin yapılabileceğinin gösterilebilmesidir. Çünkü pareto etkin *KVB*'ler tarafından belirlenen ayırık parçalı doğrusal bir sınırı hesaplayan VZA, her bir karar biriminde optimizasyon yapmaktadır. Ayrıca bu birimlerin etkin sınırdaki ya da bu sınırın içinde kalması koşulu altında, *KVB*'ler için maksimum performans ölçüsü hesaplanmaktadır. Sonuç olarak etkin sınırdaki yer alan *KVB*'ler tam etkin olarak değerlendirilerek 1 değerini almakta iken; ekstremal yüzeyle zarflanmış olan birimler etkin sınırdaki kendisine en yakın olan *KVB*'lerin dışbükey bir kombinasyonuna karşı ölçeklendirilerek $[0, 1]$ aralığında bir değer almaktadırlar. Bu etkinlik değerinin 1'den küçük olması ise değerlendirilmekte olan *KVB*'lerin girdi ve çıktı göstergelerindeki etkin olmayan miktarların tespit edilmesini mümkün kılmaktadır.⁸⁹

⁸⁶ Atan, M. (2002). *Risk Yönetimi ve Türk Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, s.60.

⁸⁷ Seiford, L. M., and Thrall, R. M. (1990). "Recent Development in DEA, the Mathematical Programming Approach to Frontier Analysis". *Journal of Econometrics*, 46, 7-38.

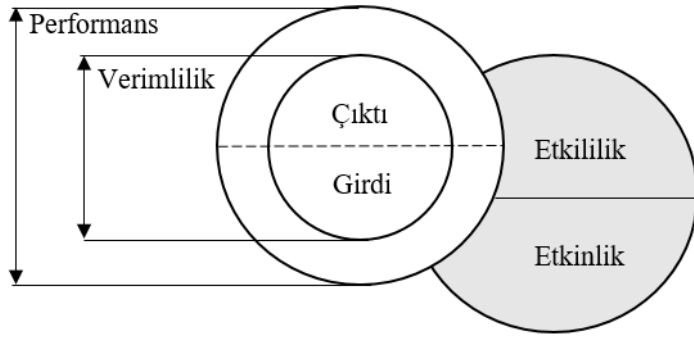
⁸⁸ Etkinlik kavramı farklı disiplinlerde farklı şekillerde tanımlanmakta olan bir kavamdır. Ekonomist Vilfredo Pareto tarafından geliştirilen "Pareto Optimalitesi" kavramı, refah ekonomisinde etkinlik yerine kullanılan genel bir kavramı ifade etmektedir. Bu kavram kimsenin refahına zarar vermeden herhangi bir kimsenin refahının iyileştirilemeyeceği anlamına gelen maksimum refah seviyesini ifade etmektedir.

⁸⁹ Barr, R. S., Killgo, K. A., Siems, T. F., and Zimmel, S. (2002). "Evaluating the Productive Efficiency and Performance of US Commercial Banks". *Managerial Finance*, 28 (8), 3-25.

3.2. Performans Ölçümü ile İlgili Kavramlar

Performans, işletme, hastane ya da eğitim kurumu gibi kurumların ekonomik ve operasyonel yönlerini dikkate alarak daha önceden belirlenen hedeflere erişim seviyesinin ölçümü olarak tanımlanan çok boyutlu genel bir terimdir.⁹⁰ Kurumların etkinliğinin, etkililiğinin ve verimliliğinin ölçülmesinde kullanılan performans terimi, mal ve hizmet gibi çıktılar ile bu çıktıları üreten emek ve sermaye gibi girdiler ile birlikte belirlenen hedeflere ulaşma sürecini nitel ve nicel tüm yönleriyle belirlemektedir.⁹¹

Şekil 3.1’de etkinlik, etkililik, verimlilik, girdi ve çıktı gibi kavramları barındıran performans teriminin genel yapısı ve bu kavramların birbirleriyle olan ilişkisi görsel olarak sunulmuştur.



Şekil 3.1. Performans Teriminin Genel Yapısı⁹²

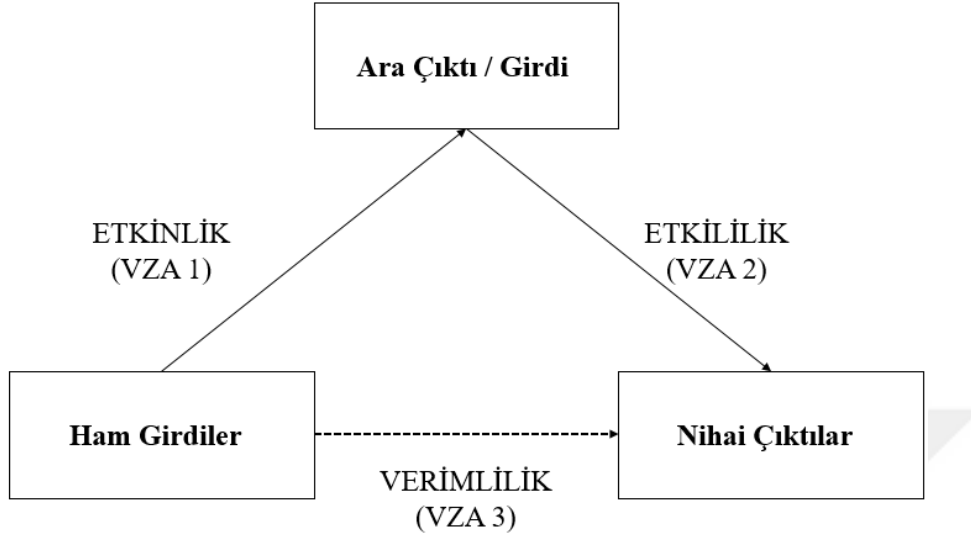
Literatürde birbirleri yerine kullanılan etkinlik, etkililik ve verimlilik kavramları aslında bir sürecin üç aşamalı unsuru olarak nitelendirilmektedir. Bu sürecin birinci aşaması, ham girdilerin minimum ara çıktıyı elde etmek için tahsis edilmesini içeren “etkinlik” kavramını tanımlamaktadır. İkinci aşama, girdi göstergelerinin maksimum nihai çıktıların üretilmesi için kullanılan “etkililik” kavramını ortaya çıkartmaktadır. Sürecin tamamlanması ise ham girdiler ile nihai çıktılar arasında bağlantı kuran “verimlilik” olarak tanımlanmakta ve verimlilik kavramı, etkinlik ve etkililik kavramlarını birleştiren bir araç olarak

⁹⁰ Tangen, S. (2005). “Demystifying Productivity and Performance”. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 54 (1), 34-46.

⁹¹ Dinçer, S. E. (2016). *Stratejik Planlama ve Veri Zarflama Analizinde Etkinlik Ölçümü* (Birinci Baskı). İstanbul: DER Yayınları, s.42-43.

⁹² Sink, D. S., and Tuttle, T. C. (1989). *Planning and Measurement in Your Organisation of the Future*. Norcross: Industrial Engineering and Management Press, pp.170-184.

değerlendirmektedir. Bir üretim fonksiyonu yardımıyla girdileri çıktılara dönüştüren bu üç aşamalı süreç ise Şekil 3.2’de sunulmuştur.



Şekil 3.2. Etkinlik, Etkililik ve Verimlilik⁹³

Üç aşamalı süreç içerisinde ifade edilen bu kavramlardan olan etkinlik kavramı “işlerin doğru yapılmasını”, etkililik kavramı ise “doğru işlerin yapılması” olarak da değerlendirilebilmektedir.⁹⁴ Çünkü bir işletme ya da kurumda ürün üretilmesi, ürünlerin fiyatlarının belirlenmesi, dağıtım kanalları ile satış yapılması gibi işlerin doğru yapılması anlamında etkinlik kavramı; doğru ürünün üretilmesi, doğru fiyatın belirlenmesi, doğru dağıtım kanalları ile doğru satışların yapılması anlamında etkililik kavramı oldukça önem arz etmektedir.⁹⁵ Verimlilik kavramı ise girdilerin optimal şekilde kullanımı ile nihai çıktılar elde edilmesinde hem işlerin doğru yapılmasını hem de doğru işlerin yapılmasını içermektedir. Bu kapsamda verimlilik kavramı aslında üretilen çıktıların kullanılan girdilerle ilişkisini ölçen çok boyutlu bir kavramı ifade etmektedir. Birbirleriyle ilişki içerisinde bulunan bu kavramlar ise değerlendirilen sürecin katı bir yapıya sahip olmasından ziyade, ara aşamalı bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

⁹³ Keh, H. T., Chu, S., and Xu, J. (2006). “Efficiency, Effectiveness and Productivity of Marketing in Services”. *European Journal of Operational Research*, 170, 265-276.

⁹⁴ Baker, M. J., and Balmer, M. T. (1997). “Visual Identity: Trappings or Substance?”. *European Journal of Marketing*, 31 (5/6), 366-382.

⁹⁵ Sheth, J. N., and Sisodia, R. S. (2002). “Marketing Productivity Issues and Analysis”. *Journal of Business Research*, 55, 349-362.

3.2.1. Etkinlik

Etkinlik, çıktıları üreten girdilerin optimal kullanım derecesini belirleyen bir performans ölçüm terimidir. Ekonomi, işletme, mühendislik gibi alanlarda belirlenen hedeflere ulaşılmasında kaynakların ne derecede iyi kullanıldığını yansıtan bu terim, gerçekleşen çıktının beklenen çıktıya ulaşmasını ifade eden bir oran şeklinde gösterilmektedir. Gerçekleşen ve beklenen çıktılar arasındaki göreceli mesafeyi dikkate alan etkinlik terimi (1) eşitliğinde de ifade edildiği gibi çıktı yönlü bir uzaklık ölçüm fonksiyonu olarak tanımlanabilmektedir.⁹⁶

$$Etkinlik = \frac{Gerçekleşen\ Çıktı}{Beklenen\ Çıktı} \quad (1)$$

Bu kavramın temeli Debreu'nun ve Koopsman'ın 1951 yılındaki çalışmalarını kullanan Farrell (1957) tarafından literatüre kazandırılmıştır. Bu çalışmada Farrell, tarım alanında yaptığı bir üretim uygulaması ile belirli bir girdi setinden maksimum çıktı üretme kabiliyetini ifade eden “teknik etkinlik” terimini ve firmanın optimal girdi seti seçimindeki başarısını ifade eden “tahsis etkinlik” terimini literatüre kazandırmıştır.⁹⁷

“Teknik etkinlik”, üretim sürecindeki belirli bir girdi setinden maksimum çıktı elde etme kabiliyeti veya belirli bir çıktı setinin minimum girdi ile üretim yapma kabiliyeti olarak tanımlanmaktadır. Teknik etkinliğin bu iki tanımı ise sırasıyla çıktı odaklı etkinlik ölçümü ve girdi odaklı etkinlik ölçümü kavramlarını doğurmuştur. Farklı odak noktalarına sahip bu ölçümler, teknolojinin ölçeğe göre sabit getiri göstermesi durumunda kesişmekte iken, diğer durumlarda farklılıklar gösterebilmektedir.⁹⁸ Bir işletmenin ya da kurumun ilgili fiyatlarının ve üretim teknolojisinin göz önünde bulundurularak girdilerin optimal oranlarda kullanılma kabiliyeti ise “tahsis etkinliği”⁹⁹ olarak ifade edilmektedir. Teknik etkinlik ve tahsis etkinlik kavramlarının birleştirilmesi ise “toplam etkinlik”¹⁰⁰ olarak ifade edilmektedir.¹⁰¹ “Ölçek etkinliği” ise optimal ölçek kullanımı ile üretim yapma kabiliyeti olup, aslında teknik

⁹⁶ Tangen, S. (2004). *Evaluation and Revision of Performance Measurement Systems*, Doctoral Thesis, Woxén Centrum, Royal Institute of Technology, Stockholm, pp.46-48.

⁹⁷ Farrell, M. J. (1957). “The Measurement of Productive Efficiency”. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General)*, 120 (3), 253-290.

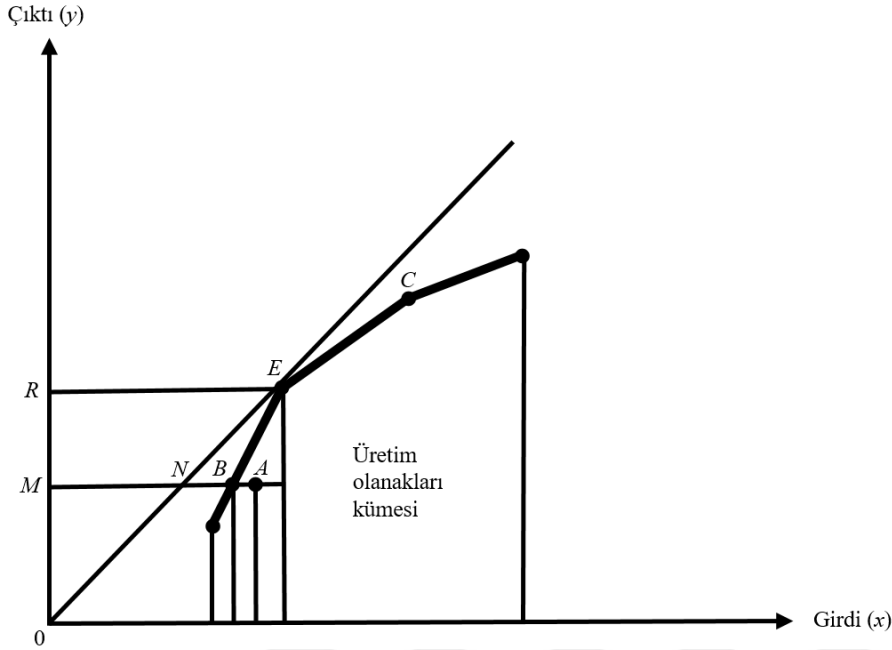
⁹⁸ Coelli, T., Rahman, S., and Thirtle, C. (2002). “Technical, Allocative, Cost and Scale Efficiencies in Bangladesh Rice Cultivation: A Non-parametric Approach”. *Journal of Agricultural Economics*, 53 (3), 607-626.

⁹⁹ Literatürde “tahsis etkinliği” kavramı “fiyat etkinliği” olarak da bilinmektedir.

¹⁰⁰ Literatürde “toplam etkinlik” kavramı yerine “ekonomik etkinlik” kavramı da yaygın olarak kullanılmaktadır.

¹⁰¹ Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., and Battese, G. E. (2005). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis* (Second Edition). New York: Springer, p.51.

etkinliğin bir oranı olarak tanımlanmaktadır. Şekil 3.3’de ise teknik etkinlik, tahsis etkinliği, toplam etkinlik ve ölçek etkinliği kavramları görsel olarak sunulmaktadır.



Şekil 3.3. Etkin Sınır ve Üretim Olanakları Kümesi¹⁰²

Şekil 3.3’den kuzeybatı yönünde gidildiğinde az girdi ile çok çıktı üreten *KVB*’lerin oluşturduğu etkin sınır ve etkin olmayan *KVB*’lerin oluşturduğu zarflama görülebilmektedir. Bu şekilde *A* noktası *KVB*’yi, *B* noktası aynı ölçek büyüklüğüne sahip teknik etkinlik referans noktasını, *E* noktası en büyük üretim ölçek büyüklüğüne sahip teknik ve ölçek etkinlik referans noktasını temsil etmek üzere, girdi yönlü bir modelde *A* noktasının teknik etkinliği MB/MA , tahsis etkinliği MN/MB ve toplam etkinliği ise MN/MA oranı ile ifade edilmektedir. Optimal ölçek birimi olarak fiyat kullanımında ise ölçek etkinliği MN/MB oranı ile hesaplanmaktadır. Diğer taraftan girdi ve çıktı olmak üzere iki boyutu verilen üretim olanakları kümesinde yer alan *A* noktası için verilen ilişkiler, çoklu girdi ve çıktıların var olduğu durumlar için de geçerli olmaktadır.

¹⁰² Banker, R. D., Charnes, A., and Cooper, W. W. (1984). “Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis”. *Management Science*, 30 (9), 1078-1092.

3.2.2. Etkililik

Etkililik, kullanılan kaynaklara bakılmaksızın belirlenen hedeflere ulaşma kabiliyetini temsil eden bir kavramdır. Bu kavram, performans başarısı, verimlilik, büyüme ve istikrar gibi hedeflere ulaşmak için etkinlik ölçümünde kullanılan genel bir eğilimi ifade etmektedir.¹⁰³ Bu eğilim ise işletmelerin, kurumların ya da kuruluşların elde ettikleri çıktılarının değerlendirilerek gerçekleştirdikleri üretim miktarları ile planladıkları üretim miktarları arasındaki ilişkinin bir göstergesini ifade etmektedir.¹⁰⁴

Etkinlik, bir süreç içerisinde maksimum çıktının elde edilmesini zaman, maliyet ve kalite kriterleri bakımından “işlerin doğru yapılmasına” bağlamaktadır. Ancak bu kriterler, her zaman süreç sonunda başarı sağlanmasını garanti etmeyebilir. Etkililik kavramı ise içerisinde bulunan süreçte başarıya ulaşmak için gerekli eylemlerin gerçekleştirilmesi yani “doğru işlerin yapılması” ile ilgili öznel bir meseledir. Bu nedenle etkililik ve başarı kavramları literatürde eşanlamli kavramlar olarak kabul edilmektedir.^{105, 106} Aynı zamanda etkililik kavramı, işletme, kurum ya da kuruluşların ne derecede iyi performans gösterdiklerinin ya da ne kadar başarı sağladıklarının ölçülmesinde kullanılan organizasyonel bir kavram veya bir performans standardı olarak değerlendirilebilmektedir. Çıktı düzeyinde değerlendirme yapılmak istendiğinde ise etkinlik ve etkililik kavramları, sırasıyla bir süreçte üretilen ve tüketilen çıktı ile ilgili olan kavramlar olarak değerlendirilmektedirler.¹⁰⁷ Çünkü etkinlik, bir süreçte ana girdilerin verimliliğini optimal düzeye çıkarma kabiliyeti olarak üretilen çıktılar ile ilgili iken; etkililik ise girdilerin optimal düzeyde nihai çıktı üretme kabiliyeti olarak tüketilen çıktılar ile ilgilidir. Dolayısıyla etkililik kavramının, belirlenen hedeflere ulaşmada tüketilen çıktı ya da kaynakların başarısı kapsamında sonuç ile ilişkilendirilmesi doğru olmaktadır.

¹⁰³ Steers, R. M. (1975). “Problems in the Measurement of Organizational Effectiveness”. *Administrative Science Quarterly*, 20 (4), 546-558.

¹⁰⁴ Demirci, A. (2018). *Teori ve Uygulamalarla Veri Zarflama Analizi* (Birinci Baskı). Ankara: Gazi Kitabevi, s.25-26.

¹⁰⁵ Maqbool, R. (2018). “Efficiency and Effectiveness of Factors Affecting Renewable Energy Projects; An Empirical Perspective”. *Energy*, 158 (1), 944-956.

¹⁰⁶ Belout, A. (1998). “Effects of Human Resource Management on Project Effectiveness and Success: Toward a New Conceptual Framework”. *International Journal of Project Management*, 16 (1), 21-26.

¹⁰⁷ Talley, W. K., and Anderson, P. P. (1981). “Effectiveness and Efficiency in Transit Performance: A Theoretical Perspective”. *Transportation Research Part A: General*, 15 (6), 431-436.

3.2.3. Verimlilik

İlk olarak Quesnay tarafından 1776 yılında kullanılan verimlilik kavramı, üretkenlik, üretim gücü ya da produktivite gibi anlamlara gelen çok boyutlu bir performans ölçüm terimidir.¹⁰⁸ Bu terim, mal ve hizmet gibi çıktılar ile birlikte bu çıktıların üretilmesinde kullanılan emek, sermaye ve malzeme gibi girdiler arasındaki ilişkiyi ölçen bir oran olarak tanımlanmaktadır.

$$\text{Verimlilik} = \frac{\text{Çıktı}}{\text{Girdi}} \quad (2)$$

İstenen çıktıların elde edilmesinde girdilerin kullanım derecesini değerlendiren verimlilik ölçümleri, tekli faktör verimliliği, çoklu faktör verimliliği ve toplam verimlilik olmak üzere üç farklı biçimde ele alınmaktadır.¹⁰⁹

$$\begin{aligned} \text{Tekli Faktör Verimliliği} &= \frac{\text{Çıktı}}{\text{Tek Bir Girdi}} \\ \text{Çoklu Faktör Verimliliği} &= \frac{\text{Çıktı}}{\text{Birden Fazla Girdi}} \\ \text{Toplam Verimlilik} &= \frac{\text{Çıktı}}{\text{Tüm Girdiler}} \end{aligned} \quad (3)$$

Yukarıda oranları verilmiş olan bu verimlilik ölçümlerinden ilki olan ve kısmi verimlilik olarak da bilinen tekli faktör verimliliğinde, değişim yalnızca bir girdiye atfedilerek faktörlere ne derecede müdahale edilmesi gerektiği ölçülmektedir. Doğası gereği birbirleriyle ilişkili girdiler nedeniyle değişim, değişime katkıda bulunabilecek birden fazla faktörden herhangi biri veya tamamı tarafından etkilenebilmektedir. Bu kapsamda çoklu faktör verimliliğinde ilgili üretim faktörleri, toplam verimliliğinde ise tüm üretim faktörleri hesaplamada yer almaktadır.¹¹⁰ Kaynakların optimal şekilde değerlendirilerek üretim yapılmasını ifade eden verimlilik kavramında kaynak faktörleri ise malları üreten veya hizmet veren insanlar ile birlikte malları üretebilecek veya hizmet verebilecek fiziki göstergeler anlamında kullanılmaktadır. Bu kapsamda yukarıda en genel halleri verilmiş olan bu verimlilik ölçümlerinin farklı uygulama alanları ya da farklı perspektiflerde kullanımı sonucunda literatürde farklı ifade edilişleri de bulunmaktadır.¹¹¹

¹⁰⁸ Quesnay, F. (1766). "Analyse de la Formule Arithmétique du Tableau Économique de la Distribution des dépenses Annuelles d'une Nation Agricole". *Journal de l'Agriculture, du Commerce, et des Finances*, Juin, 11-41.

¹⁰⁹ Golany, B., and Roll, Y. (1989). "An Application Procedure for DEA". *Omega*, 17 (3), 23-250.

¹¹⁰ Hill, T. (1993). *Manufacturing Strategy: The Strategic Management of the Manufacturing Function* (Second edition). London: The Macmillan Press, Open University, p.8.

¹¹¹ Nadiri, M. I. (1970). "Approaches to the Theory and Measurement of Total Factor Productivity: A Survey". *Journal of Economic Literature*, 8 (4), 1137-1177.

3.3. Performans Ölçüm Yöntemleri

Günümüzde şirket ya da kurumların, ekonomik, operasyonel ve etkileşimli tüm yönlerinin dikkate alınarak performanslarının değerlendirilmesi oldukça karmaşık ve güç bir iş olarak kabul edilmektedir. Nitekim network şeklinde bir yapılanmaya sahip bu şirket ve kurumların performanslarının değerlendirilmesi ve etkinliklerinin ölçülmesinde farklı birçok model geliştirilmiştir. Bu modeller, ilgili şirket ve kurumların iş operasyonlarını, faaliyetlerini ve süreçlerini değerlendirerek, küresel rekabete maruz kalınan bir ortamda performansın iyileştirilmesine ve üretkenliğin artırılmasına olanak tanımaktadır.¹¹² Bu amaçla çalışmanın 3.3.1. bölümünde, birtakım kısıtlar altında performans değerlendirmesi ve etkinlik ölçümü yapan network VZA hakkında genel bilgilere yer verilmektedir. Çalışmanın 3.3.2. bölümünde ise ilgili network VZA modellerine ve bu modellerle ilgili olarak yapılan literatür taramasına yer verilmektedir.

3.3.1. Network Veri Zarflama Analizi

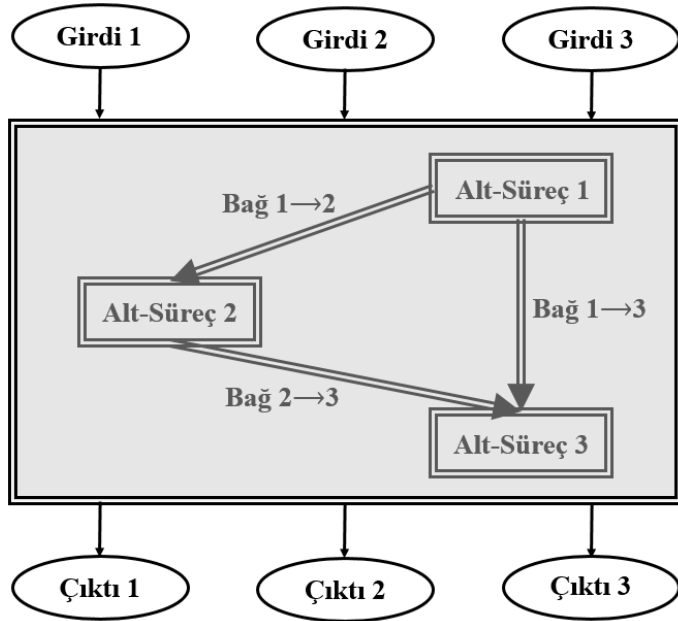
1978 yılında Charnes vd. tarafından literatüre kazandırılan VZA yaklaşımı, günümüzde giderek popüler hale gelmeye başlamıştır. Cooper, Seiford ve Zhu (2004) çalışmasında ifade edildiği gibi VZA yaklaşımında *KVB*'ler hastane, üniversite, eğitim kurumu, işletme, şehir veya ülke gibi birçok farklı alanlarda ve farklı faaliyetlerde bulunan birimleri ifade etmektedir.¹¹³ *KVB*'lerin birbirleri ile karşılaştırılması sonucu etkin sınırın belirlenmesinde ve etkin sınırdaki yer almayan birimlerin iyileştirilerek etkinliklerinin artırılmasında sıklıkla başvurulan VZA yaklaşımı, bir strateji değerlendirme ve yönetim kontrol aracı olarak kullanılmaktadır. Diğer taraftan VZA'nın ekonomi alanındaki üretim teorisi ile güçlü bir bağlantısının olması, bu yaklaşımın özellikle üretim ve hizmet operasyonlarının performans karşılaştırmalarında aktif olarak kullanılmasını sağlamaktadır.¹¹⁴ Çünkü daha çok çıktı üretmek ya da hizmet sağlamak için daha az kaynağın kullanılması konusu, kâr amacı güden ya da gütmeyen tüm şirket ya da kurumların genel endişelerini oluşturmaktadır. Ancak bu sistem ve kurumlar, genellikle birbirlerine bağlı olarak çalışan birçok alt-süreçten oluşmaktadır. Klasik VZA yaklaşımı ise bu *KVB*'lerin içyapıları ile ilgili herhangi bir

¹¹² Zhu, J. (2003). *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking: Data Envelopment Analysis with Spreadsheets and DEA Excel Solver*. New York: Springer Science+Business Media, p.1.

¹¹³ Cooper, W.W., Seiford, L.M., Zhu, J. (2004). *Handbook on Data Envelopment Analysis*. Boston: Kluwer Academic Publishers, pp. 1-39.

¹¹⁴ Adler, N., and Golany, B. (2001). "Evaluation of Deregulated Airline Networks Using Data Envelopment Analysis Combined with Principal Component Analysis with an Application to Western Europe". *European Journal of Operational Research*, 132, 260-273.

varsayımda bulunmadan yalnızca her *KVB* tarafından tüketilen girdi ve üretilen çıktı göstergelerini dikkate alarak bir etkinlik ölçümü ya da performans değerlendirmesi yapmaktadırlar. Sadece etkin olmayan birimlerin tanımlanmasını ve etkinlik derecelerinin belirlenmesini sağlayan bu bakış açısı ise alt-süreçler hakkında herhangi bir bilgi barındırmadığından, *KVB*'lerin etkinlik iyileştirmelerinde nasıl bir politika izlenmesi gerektiği sorusunu yanıtızsız bırakmaktadır. Sonuç olarak herhangi bir üretim ya da hizmet sisteminde, sadece tüketilen girdilerin ve üretilen çıktılarının göz önünde bulundurularak dönüşüm sürecinin kapalı olarak ele alınması ve bu süreçteki alt üretim adımlarının ihmal edilmesi gibi durumlardan kaynaklanan sorunlar klasik VZA modellerinin, “kara-kutu modelleri” olarak değerlendirilmesine yol açmıştır. Örneğin Şekil 3.4’de gösterildiği gibi birçok şirket ya da kurum, birbirleri ile ilişki içerisinde olan birkaç alt-sürece sahip olabilmektedir. Ancak kara kutu modeli olarak adlandırılan bu modellerde dönüşüm sürecinin kapalı olarak ele alınması, hem alt-süreçlerin hem de bu alt-süreçleri birbirlerine bağlayan yapıların ihmâl edilmesine neden olmaktadır.

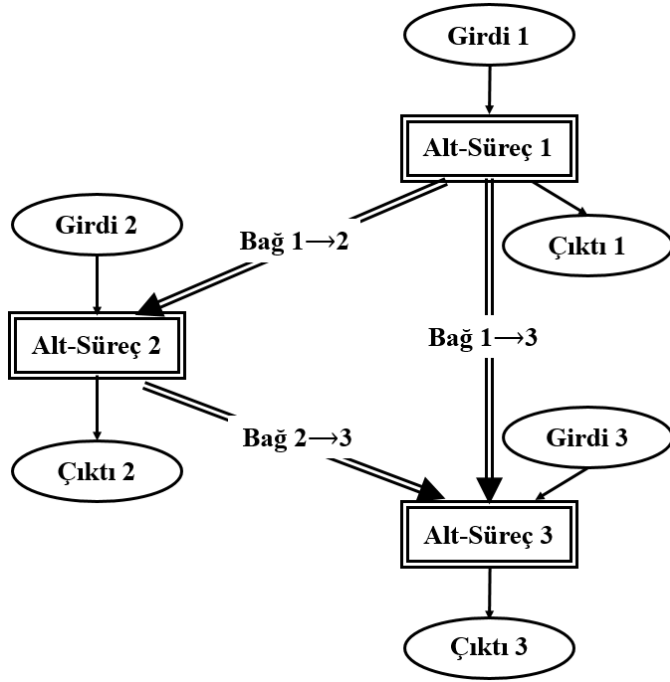


Şekil 3.4. Kara Kutu Modeli¹¹⁵

Diğer taraftan çoğu üretim ve hizmet sistemi ile uygulamalar, girdileri dışarıdan tedarik edilebilen, her bir süreç için çıktıları nihai çıktı olabilen veya ara ürünleri (intermediate products) bir alt-sürecin çıktısı veya bir başka alt-sürecin girdisi olabilen bir network

¹¹⁵ Tone, K., and Tsutsui, M. (2009). “Network DEA: A Slacks-Based Measure Approach”. *European Journal of Operational Research*, 197, 243-252.

yapısına sahiptir.¹¹⁶ Örneğin üç alt-süreçe sahip olan ve bu alt-süreçlerin açık bir dönüşüm süreci içerisinde değerlendirildiği bir sistemde, her alt-sürecin kendi çıktılarını üretmek için kendi girdilerini kullandığı Şekil 3.5’den görülebilmektedir. Şekilde, Bağ 1 → 2, Bağ 1 → 3 ve Bağ 2 → 3 şeklinde ifade edilen yapılar ise üç alt-süreçli sistemin ara ürünlerini temsil etmektedir. Örneğin Bağ 1 → 2 olarak temsil edilen ara ürün, alt-süreç 1’deki çıktının, alt-süreç 2’de girdi olarak kullanıldığını gösteren bir ara ürün ifade etmektedir.



Şekil 3.5. Network VZA Modeli¹¹⁷

Gerçek hayattaki sorunlara çözüm bulunması amacıyla yapılan yukarıda network yapısı örneklendirilmiş olan bu modellerdeki etkinlik ölçümü, tartışılan sorunların ve ele alınan sistemlerin yapısına bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Bu kapsamda iki aşamalı veya daha fazla aşamalı sistemler, seri halindeki sistemler, paralel yapıli sistemler veya bunların karışımı olan hibrid yapıli sistemler ile hiyerarşik ve dinamik yapıli sistemler network yapısını barındıran sistemler olarak değerlendirilmektedir. Network yapısına sahip bu sistemlerin etkinlik ölçümlerinde VZA kullanımını sonucunda “Network VZA” kavramı

¹¹⁶ Fukuyama, H., and Mirdehghan, S. M. (2012). “Identifying the Efficiency Status in Network DEA”. *European Journal of Operational Research*, 220, 85-92.

¹¹⁷ Tone, K., and Tsutsui, M. (2009). “Network DEA: A Slacks-Based Measure Approach”. *European Journal of Operational Research*, 197, 243-252.

ortaya çıkmıştır.¹¹⁸ Network VZA, bir sistemin ara üretim süreçlerini de hesaba katarak alt-süreçlerinin göreceli etkinliklerinin ve sistemin toplam etkinliğinin ölçülmesinde sıklıkla kullanılan bir yaklaşımdır. Alt-üretim süreçlerinin ihmâl edilmesi yanıltıcı sonuçlara neden olabilmekle birlikte, gerçek uygulamaların çoğunda sistemlerin herhangi bir sürecinde üretilen bazı çıktılarının daha sonraki süreçlerde girdi olarak kullanıldığı birkaç alt-sürece sahip olduğu bilinmektedir.¹¹⁹ Bu kapsamda sistemdeki bazı göstergeler hem girdi hem de çıktı olmak üzere dual bir rol üstlenmektedir. Örneğin, bir dizi üniversitenin etkinlik hesaplamasında, doktora öğrencilerinin sayısı eğitim sürecinin bir sonucu olarak değerlendirilirse “çıktı” olarak; araştırma yapılmasına yardımcı olan kaynak olarak değerlendirilirse “girdi” olarak sürece dâhil edilmelidir. Diğer taraftan bazı durumlarda ise *KVB*'ler çoklu üretim aşamalarına sahip olabilmektedir. Örneğin, bankalar ilk aşamada çıktı olarak bir mevduat üretmektedirler, daha sonra bu mevduatlar ikinci aşamada kâr elde etmek için ise girdi olarak kullanılmaktadır.¹²⁰ Bu durumda mevduat göstergesi ilk aşamada “girdi” göstergesi, ikinci aşamada ise “çıktı” göstergesi olarak sürece dâhil edilmelidir.

Son yıllarda girdi ve çıktı göstergelerinin dual rol üstlendikleri ya da çoklu üretim aşamalarına sahip *KVB*'lerin olduğu sistemlerin etkinlik ölçümlerinde network VZA modellerini kullanan çalışmaların sayısında ciddi bir artış gözlenmektedir. Çünkü bu modeller, klasik modellere ek olarak farklı alanlarda ve farklı faaliyetlerde incelenen sistemlerin etkinlikleri ile bu sistemlerin sahip oldukları alt-süreçleri arasındaki ilişkinin ortaya çıkarılmasını sağlamaktadır. Bu ilişki ise sistemin herhangi bir alt-sürecindeki etkinliğinin sistem bütününe ne ölçüde etkilediğini göstermesi bakımından oldukça önemlidir. Aynı zamanda en büyük etkiye sahip alt-süreç daha fazla çaba sarf edilmesi gereken bir süreci ifade etmekle birlikte, bu alt-sürecin belirlenmesi sistemin genel performansının iyileştirilmesi ve etkinliğinin artırılmasına da olanak tanımaktadır.¹²¹ Bir sistemin performansının değerlendirilmesinde, sistemin sahip olduğu alt-süreç etkinliklerinin dikkate alınması ve bu alt-süreçlerdeki etkin olmama nedenlerinin tespit edilmesi fikri ilk olarak Färe ve Grosskopf'un 1996 yılında yaptığı çalışma ile gündeme

¹¹⁸ Kao, C. (2017). *Network Data Envelopment Analysis, Foundations and Extensions* (First Edition). Switzerland: International Series in Operations Research & Management Science, Springer, pp.14-15.

¹¹⁹ Yu, M.-M., and Lin, E. T. J. (2008). “Efficiency and Effectiveness in Railway Performance Using a Multi-Activity Network DEA Model”. *Omega*, 36, 1005-1017.

¹²⁰ Cook, W. D., Tone, K. and Zhu, J. (2014). “Data Envelopment Analysis: Prior to Choosing a Model”. *Omega*, 44, 1-4.

¹²¹ [Kao, 2017, p.vi].

gelmiştir.¹²² Literatürde uzun yıllar tartışmalara neden olan bu fikir ile birlikte etkinlik ölçümlerinde “network VZA” kavramının ilk kez kullanımı ise yine Färe ve Grosskopf’un 2000 yılındaki çalışması ile olmuştur. Färe ve Grosskopf bu çalışmalarında, kara kutu modellerinin iç işleyişlerinin belirlenmesine yönelik genel bir çerçeve sunarak, network yapısının ana fikrinin modellerdeki alt-süreçlerin birbirlerine bağlanması ve ara ürünlerin kullanımı olduğunu ifade etmişlerdir. Bu doğrultuda girdi ve çıktı göstergelerinin serbestçe tüketilmesine izin veren standart aksiyomlar altında, alt-süreçleri birbirlerine bağlı olan sistemlerin organizasyonel performansları ve alt-süreçlerin bireysel performansları eş zamanlı değerlendirilmiştir. Aynı zamanda çok aşamalı olarak da temsil edilebilen network yapısındaki bu modeller, yine bağlamalar yardımıyla tek bir modele dönüştürülmüş ve dönüştürülen modeller ise VZA literatüründe sıklıkla kullanılan doğrusal programlama formülasyonları ile kolay tahmin edilebilir bir çerçevede sunulmuştur.¹²³

Charnes vd. (1986) ve Färe ve Grosskopf (2000) çalışmalarının ardından network VZA alanında çok sayıda teorik ve uygulamalı çalışma yapılmıştır. Karmaşık sistemlerin alt-süreç bağımlılıklarını göz önünde bulundurarak, bu sistemlerin daha iyi bir şekilde temsil edilmesine ve sistemin toplam etkinliği ile alt-süreç etkinliklerinin eş zamanlı olarak değerlendirilmesine olanak tanıyan bu network VZA modelleri, günümüz literatüründe de yoğun şekilde çalışılmaya devam etmektedir.^{124,125,126,127} Ayrıca Cook, Liang ve Zhu (2010), Liu, Lu, Lu ve Lin (2013) ve Kao (2014) gibi derleme makalelerinde, network VZA alanında kullanılan birçok model sunulmakla birlikte bu modellerin bankacılık, eğitim, çevre ve enerji başta olmak üzere sağlık, hastane, tarım, ulaşım gibi pek çok farklı alandaki uygulamaları hakkında da kapsamlı incelemelere yer verilmektedir.^{128, 129, 130}

¹²² Färe, R., and Grosskopf, S. (1996). “Productivity and Intermediate Products: A Frontier Approach”. *Economics Letters*, 50, 65-70.

¹²³ Färe, R. and Grosskopf, S. (2000). “Network DEA”. *Socio-Economic Planning Sciences*, 34, 35-49.

¹²⁴ Lewis, H. F., and Sexton, T. R. (2004). “Network DEA: Efficiency Analysis of Organizations with Complex Internal Structure.” *Computers & Operations Research*, 31 (9), 1365-1410.

¹²⁵ Färe, R., Grosskopf, S., and Whittaker, G. (2007). “Network DEA”. In Zhu, J., and Cook, W. D. (Eds.), *Modeling Data Irregularities and Structural Complexities in Data Envelopment Analysis*. Boston: Springer, 209-240.

¹²⁶ Chen, C.-M. (2009). “A Network-DEA Model with New Efficiency Measures to Incorporate the Dynamic Effect in Production Networks”. *European Journal of Operational Research*, 194, 687-699.

¹²⁷ Tone, K., and Tsutsui, M. (2014). “Dynamic DEA with Network Structure: A Slacks-Based Measure Approach”. *Omega*, 42, 124-131.

¹²⁸ Cook, W. D., Liang, L., & Zhu, J. (2010). “Measuring Performance of Two-Stage Network Structures by DEA: a Review and Future Perspective”. *Omega*, 38 (6), 423-430.

¹²⁹ Liu, J. S., Lu, L. Y. Y., Lu, W.-M., and Lin, B. J. Y. (2013). “A Survey of DEA Applications”. *Omega*, 41, 893-902.

¹³⁰ Kao, C. (2014). “Network Data Envelopment Analysis: A Review”. *European Journal of Operational Research*, 239, 1-16.

3.3.2. Network Veri Zarflama Analizi Modelleri

Çalışmanın bu bölümünde, network VZA literatüründe yapılmış olan çalışmaların sistematik bir incelemesi sunulacaktır. Temel etkinlik ölçümü olarak mesafe ölçümünün ve çıktı / girdi oranının dikkate alındığı Kao (2014) çalışmasında, network yapısına sahip sistemler dokuz alt başlık altında sınıflandırılmıştır:¹³¹

1. Bağımsız modeller
2. Sistem uzaklık ölçüm modeli
3. Süreç uzaklık ölçüm modeli
4. Faktör uzaklık ölçüm modeli
5. Aylak tabanlı ölçüm modeli
6. Oran analizi sistem etkinlik modeli
7. Oran analizi süreç etkinlik modeli
8. Oyun teorisi modeli
9. Değer odaklı etkinlik ölçüm model

Bağımsız modeller, diğer tüm network VZA modellerinin temeli sayılmaktadır. Bununla birlikte, oran analizi sistem etkinlik modeli ve oran analizi süreç etkinlik modeli, network VZA alanında en çok kullanılan modeller arasında yer almaktadır.^{132, 133, 134} Diğer taraftan yeni geliştirilmiş bir network VZA modeli olan aylak tabanlı ölçüm modeli, son yıllarda literatürde oldukça ilgi görmeye başlayan ve kullanılan modeller arasında yer almaktadır.^{135,136} Çalışmanın sonraki bölümlerinde ise network yapısına sahip olan sistemlerde kullanılan bu modeller ile ilgili olarak yapılan incelemelere yer verilmiştir.

¹³¹ Kao, C. (2014). "Network Data Envelopment Analysis". *European Journal of Operational Research*, 239, 1-16.

¹³² Kao, C. (2009). "Efficiency Decomposition in Network Data Envelopment Analysis: A Relational Model". *European Journal of Operational Research*, 192, 949-962.

¹³³ Hsieh, L.-F., and Lin, L.-H. (2010). "A Performance Evaluation Model for International Tourist Hotels in Taiwan-An Application of the Relational Network DEA". *International Journal of Hospitality Management*, 29, 14-24.

¹³⁴ Kao, C., and Hwang, S.-N. (2010). "Efficiency Measurement for Network Systems: IT Impact on Firm Performance". *Decision Support Systems*, 48, 437-446.

¹³⁵ Fukuyama, H., and Weber, W. L. (2010). "A Slacks-Based Inefficiency Measure for a Two-Stage System with Bad Outputs". *Omega*, 38 (5), 398-409.

¹³⁶ Fukuyama, H., and Weber, S. M. (2012). "Identifying the Efficiency Status in Network DEA". *European Journal of Operational Research*, 220, 85-92.

3.3.2.1. Bağımsız modeller

Network yapısına sahip sistemlerde etkinlik ölçümü yapmanın en kolay yolu, sistemin ve her bir alt-sürecinin bağımsız *KVB*'ler olarak ele alınmasıdır. Bağımsız alt-süreçlerin klasik VZA modelleri ile değerlendirilmesi ve bu değerlendirmelerin birbirleriyle karşılaştırılması sonucunda performans ölçümü yapılabilmektedir. Sistemin ve alt-süreçlerinin bağımsız olarak ele alındığı bu modeller, CCR oran modeli, BCC modeli, çarpımsal model ve toplamsal model olmak üzere temelde dört modele dayanmaktadır. Bu modellerin her biri farklı disiplinlerdeki farklı yönetsel ve ekonomik meselelere hitap etmekte iken, etkin sınırın belirlenmesinde girdi azaltmaya ya da çıktı artırmaya da odaklanabilmektedir.¹³⁷ Diğer taraftan çoklu çıktı / çoklu girdi durumlarında ölçeğe göre artan, azalan veya sabit getirilerin var olması, modelde dikkat edilmesi gereken diğer önemli odak noktalarıdır. Zarflama şekline göre ifade edilecek olursa, VZA'da ölçeğe göre sabit getirileri varsayan CCR modeli ve ölçeğe göre değişken getirileri varsayan BCC modelleri de tanımlanabilmektedir.

Performans ölçüm yöntemlerinden olan klasik VZA modellerinde, çalışmanın amacı çalışmada kullanılacak olan modelin yönünün (girdi yönlü veya çıktı yönlü) belirlenmesidir. Örneğin, girdilerin öğrenci başına yapılan harcama ve eğitime ayrılan bütçe, çıktıların ise mezun öğrenci sayısı olduğu bir çalışma ele alındığında, amaç kaynaklarını aşırı kullanan *KVB*'lerin belirlenmesi ise girdilerin azaltılması çalışmanın odak noktası olmaktadır. Bu durumda çalışmada girdi yönlü VZA modelinin kullanılması uygun görülmektedir. Diğer taraftan girdilerin öğrenci başına düşen öğretmen sayısı ve öğrencilerin okulda geçirdikleri toplam saat, çıktıların ise PISA performans ortalaması olduğu bir çalışma ele alındığında, amaç öğrenci başarısının artırılması yani PISA skorlarının iyileştirilmesi ise çıktıların artırılması çalışmanın odak noktası olmaktadır. Bu durumda ise çalışmada çıktı yönlü VZA modelinin kullanılması uygun görülmektedir.

VZA modelleri aynı zamanda ölçeğe göre sabit getiriler (**C**onstant **R**eturns to **S**cale (CRS)) varsayımı altında ya da "konvekslik kısıtının"¹³⁸ modele eklenmesiyle ölçeğe göre değişken getiriler (**V**ariable **R**eturns to **S**cale (VRS)) varsayımı altında modellenabilmektedir. Ölçeğe göre getirilerin sabit ya da değişken olması durumu aslında girdilerde meydana gelen bir

¹³⁷ Charnes, A., Cooper, W., Lewin, A. Y., and Seiford L. M. (1994). *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Application*. New York: Kluwer Academic Publishers, p.4.

¹³⁸ " $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ " kısıtı konvekslik kısıtı olarak adlandırılmaktadır.

interpolasyona izin veren ancak gözlenen çıktı-girdi kombinasyonlarına izin vermeyen farklı bir üretim alanının oluşturulması gerekmektedir. Bu gerekliliğin bir sonucu olarak VRS varsayımı altında etkin sınırın $[EFAGH]$ olduğu yine Şekil 2.6'dan görülebilmektedir. Diğer taraftan VRS sınırının her zaman CRS sınırı içerisinde yer alması ise VRS'nin karar verme birimlerini CRS'ye göre daha fazla sardığı ya da zarfladığını ifade etmektedir. Bu nedenle VRS varsayımı altında elde edilen etkinlik değerleri her zaman en azından CRS varsayımı altında elde edilen etkinlik değerleri kadar büyük olmaktadır. Bu kapsamda KVB_B 'nin VRS etkinliği DG/DB ve CRS etkinliği DC/DB olmak üzere, karar verme biriminin VRS etkinliğinin CRS etkinliğinden daha büyük olduğu görülmektedir.

3.3.2.1.1. CCR oran modeli

Charnes, Cooper ve Rhodes, Farrell'in 1957 yılındaki tek çıktı / birden fazla girdi şeklindeki etkinlik ölçümünü, çoklu çıktı / çoklu girdi şeklinde genelleştirerek VZA'nın ilk modeli olan CCR (Charnes, Cooper ve Rhodes) modelini literatüre kazandırmışlardır.¹⁴² Oran modeli olarak da bilinen CCR modeli, çıktıları karşılarken girdilerin minimize edilmesini amaçlayan "girdi yönlü CCR modeli" veya gözlenen girdi değerlerinden herhangi birini gerektirmeden çıktıların maksimize edilmesini amaçlayan "çıkıtı yönlü CCR modeli" olarak ele alınabilmektedir.¹⁴³

Ölçeğe göre sabit getirileri kabul eden bu modellerde, n karar verme birimlerinin sayısını $\{KVB_j; j = 1, \dots, n\}$ ifade etmek üzere, belirli bir süre içerisinde j karar verme birimi tarafından kullanılan i girdi miktarı X_{ij} ($i = 1, \dots, m$), aynı süre içerisinde j karar verme birimi tarafından üretilen r çıktı miktarı ise Y_{rj} ($r = 1, \dots, s$) ile ifade edilsin. Burada X_{ij} ve Y_{rj} negatif olmayan veriler olup u_r ve v_i ise KVB 'lerin alacağı bilinmeyen ağırlıkları ifade etmektedir. 0 ile indekslenen herhangi bir karar verme biriminin kısmi etkinliğini ölçmeye yarayan girdi yönlü CCR modeli ile bu modelin doğrusal programlama ve zarflama modelleri karşılıkları ise Çizelge 3.1'de sunulmuştur:^{144, 145}

¹⁴² Charnes, A., Cooper, W. W., Rhodes, E. (1978). "Measuring Efficiency of Decision Making Units". *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.

¹⁴³ Cooper, W. W., Seiford L. M., and Tone, K. (2006). *Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses: With DEA-Solver Software and References*. Springer Science & Business Media. p.41.

¹⁴⁴ Cooper, W. W., Seiford, L. M., and Zhu, J. (2011). *Handbook on Data Envelopment Analysis*. (Second Edition). New York: Springer Science & Business Media, pp.1-39.

¹⁴⁵ [Kao, 2017, pp.20-32].

Girdi Yönlü CCR Modeli	
$E_0 = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{i0}}$ <p style="text-align: center;">Kısıtlar:</p> $\frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}} \leq 1, \quad j = 1, \dots, n$ $u_r, v_i \geq \varepsilon > 0, \quad \forall i, r.$	
Doğrusal Programlama Modeli	Zarflama Modeli
$E_0 = \max \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}$ <p>Kısıtlar:</p> $\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} \leq 0, \quad j = 1, \dots, n$ $\sum_{i=1}^m v_i X_{i0} = 1,$ $u_r, v_i \geq \varepsilon > 0, \quad \forall i, r.$	$E_0 = \min \theta - \varepsilon (\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+)$ <p>Kısıtlar:</p> $\sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} + s_i^- = \theta X_{i0}, \quad i = 1, \dots, m$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj} - s_r^+ = Y_{r0}, \quad r = 1, \dots, s$ $\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq \varepsilon > 0, \quad \forall j, i, r$ <p>θ sınırlandırılmamış işaretle.</p>

Çizelge 3.1. Girdi Yönlü CCR Modelleri¹⁴⁶

Girdi yönlü CCR modelinde üst etkinlik sınırının 1 ile kısıtlanması, tüm KVB_j 'lerin etkinlik değerlerinin 0 ile 1 arasında bir değer almasını sağlamaktadır. Diğer taraftan $E_0 = 1$ olması KVB_0 'ın pareto optimalitesi durumunda olduğunu yani tam etkin olduğunu ifade etmektedir. Oran modelinin doğrusal programlama modeli karşılığının duali olan zarflama modeli ise yine Çizelge 3.1'de sunulmuştur. Zarflama modelinde girdiye ait büzülme katsayısı olarak kabul edilen ve birimlerin etkinlik değerini ifade eden θ , matematiksel olarak sınırlandırılmamış işaretle kabul edilmesine rağmen en küçük azalma oranı sıfır olduğu için daima pozitif bir sayı olmaktadır. Bununla birlikte modeldeki s_i^- ve s_r^+ değişkenleri sırasıyla girdi fazlalığını ve çıktı eksikliğini ifade eden aylak değişkenler olmak üzere, λ_j değişkeni ise referans kümenin belirlenmesinde kullanılan bir yoğunluk değişkenidir. Diğer taraftan girdi yönlü CCR modelinin zarflama karşılığı dikkate alındığında, optimallikte $\theta = 1$ ve her bir girdi ve çıktı göstergesi için $s_i^- = s_r^+ = 0$ olması durumunda, değerlendirilmekte olan KVB 'nin etkin olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

¹⁴⁶ $\varepsilon > 0$, sıfırdan büyük ancak sıfıra çok yakın kabul edilmiş ($\varepsilon = 10^{-6}$) bir sayıdır.

Etkinliğin çıktı yönünden ölçülmesini sağlayan çıktı yönlü CCR modeli ile bu modelin doğrusal programlama ve zarflama modelleri karşılıkları Çizelge 3.2’de sunulmuştur. Çıktı yönlü CCR modelinin zarflama karşılığında, φ , çıktıya ait genişleme katsayısı olup birimlerin etkinlik değerini ifade etmektedir. Bu modelin bu zarflama karşılığı dikkate alındığında, optimallikte $\varphi = 1$ ve her bir girdi ve çıktı göstergesi için $s_i^- = s_r^+ = 0$ olması durumunda, değerlendirilmekte olan *KVB*’nin etkin olduğu sonucuna ulaşmaktadır.

Çıktı Yönlü CCR Modeli	
$\frac{1}{E_0} = \min \frac{\sum_{i=1}^m v_i X_{i0}}{\sum_{r=1}^s u_r Y_{r0}}$ <p style="text-align: center;">Kısıtlar:</p> $\frac{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}}{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}} \geq 1, j = 1, \dots, n$ $u_r, v_i \geq \varepsilon > 0, \forall i, r.$	
Doğrusal Programlama Modeli	Zarflama Modeli
$\frac{1}{E_0} = \min \sum_{i=1}^m v_i X_{i0}$ <p>Kısıtlar:</p> $\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} \geq 0, j = 1, \dots, n$ $\sum_{r=1}^s u_r Y_{r0} = 1,$ $u_r, v_i \geq \varepsilon > 0, \forall i, r.$	$\frac{1}{E_0} = \max \varphi + \varepsilon (\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+)$ <p>Kısıtlar:</p> $\sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} + s_i^- = X_{i0}, i = 1, \dots, m$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj} - s_r^+ = \varphi Y_{r0}, r = 1, \dots, s$ $\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq \varepsilon > 0, \forall j, i, r$ <p>φ sınırlanmamış işaretle.</p>

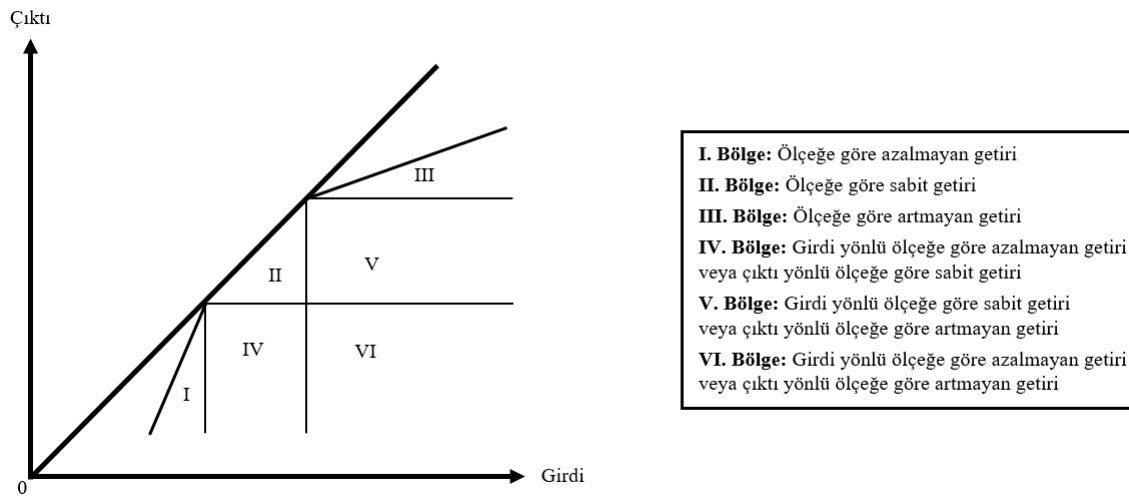
Çizelge 3.2. Çıktı Yönlü CCR Modeli

3.3.2.1.2. BCC modeli

Banker, Charnes ve Cooper ise 1984 yılında, CCR’yi genişleterek ölçeğe göre değişken getirilerin ölçeklendirilmesine izin veren BCC (**B**anker, **C**harnes ve **C**ooper) modelini literatüre kazandırmışlardır.¹⁴⁷ Çıktı ve girdi göstergelerinin aynı oranda arttığını yani ölçeğe göre sabit getiriler varsayımını kabul eden CCR modelinde, bir girdi ve bir çıktı durumunda üretim sınırı orijinden geçen düz bir çizgiyi ifade etmektedir. Diğer taraftan BCC modelinde ise girdi veya çıktı göstergelerinin toplamalarına sabit terim eklenerek, üretim sınırının

¹⁴⁷ Banker, R. D., Charnes, A., and Cooper, W. W. (1984). “Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis”. *Management Science*, 30 (9), 1078-1092.

orijinden uzaklaşmasına izin verilmekte ve model daha esnek bir hale getirilmektedir. Modelde u_o veya v_o terimleri ile ifade edilen bu sabit terim ise doğrusal üretim sınırındaki kesme noktası işlevini görmektedir.¹⁴⁸ CCR modeli ile BCC modeli arasındaki fark ise konvekslik kısıtı olarak bilinen $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ kısıtının modele eklenmesidir. Modelde konvekslik kısıtının $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ olması ölçeğe göre değişken getiriler varsayımının, $\sum_{j=1}^n \lambda_j \leq 1$ olması ölçeğe göre artmayan getiriler varsayımının ve $\sum_{j=1}^n \lambda_j \geq 1$ olması ise ölçeğe göre azalmayan getiriler varsayımının kabul edildiğini ifade etmektedir. Şekil 3.7’de ise çeşitli bölgelere göre ölçeğe göre artmayan, sabit ve azalmayan getiriler gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Ölçeğe Göre Getirilerin Farklı Alanları¹⁴⁹

Konvekslik kısıtı, CCR modelinde *KVB*’lerin ölçek etkinliğine sahip olması konusundaki kısıtlamayı kaldırma etkisine sahiptir. Bu nedenle BCC modeli her bir *KVB* için yalnızca teknik etkinliği ölçmektedir. Dolayısıyla modeldeki herhangi bir *KVB*’nin CCR etkin sayılması için hem ölçek etkinliğine hem de teknik etkinliğe sahip olması gerekmektedir. *KVB*’nin BCC etkin sayılması için sadece teknik etkinliğe sahip olması yeterli olmaktadır. Bu verilenler kapsamında etkinliğin girdi yönünden ölçülmesini sağlayan girdi yönlü BCC modeli ile bu modelin doğrusal programlama ve zarflama modelleri karşılıkları ise Çizelge 3.3’de sunulmuştur.¹⁵⁰

¹⁴⁸ [Kao, 2017, p.26].

¹⁴⁹ Zhu, J. (2003). *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking Data Envelopment Analysis with Spreadsheets and DEA Excel Solver*. New York: Springer Science+Business Media, p.63.

¹⁵⁰ Bowlin, W. F. (1998). “Measuring Performance: An Introduction to Data Envelopment Analysis (DEA)”. *The Journal of Cost Analysis*, 15 (2), 3-27.

Girdi Yönlü BCC Modeli	
$E_0 = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{r0} - u_0}{\sum_{i=1}^m v_i X_{i0}}$ <p style="text-align: center;">Kısıtlar:</p> $\frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - u_0}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}} \leq 1, j = 1, \dots, n$ $u_r, v_i \geq \varepsilon > 0, \forall i, r$ <p style="text-align: center;">u_0 sınırlandırılmamış işaretle.</p>	
Doğrusal Programlama Modeli	Zarflama Modeli
$E_0 = \max \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} - u_0$ <p>Kısıtlar:</p> $\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} - u_0 - \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} \leq 0, j = 1, \dots, n$ $\sum_{i=1}^m v_i X_{i0} = 1,$ $u_r, v_i \geq \varepsilon > 0, \forall i, r$ <p>u_0 sınırlandırılmamış işaretle.</p>	$E_0 = \min \theta - \varepsilon (\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+)$ <p>Kısıtlar:</p> $\sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} + s_i^- = \theta X_{i0}, i = 1, \dots, m$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj} - s_r^+ = Y_{r0}, r = 1, \dots, s$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ $\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq \varepsilon > 0, \forall j, i, r$ <p>θ sınırlandırılmamış işaretle.</p>

Çizelge 3.3. Girdi Yönlü BCC Modelleri

Girdi yönlü BCC modelinin zarflama modeli karşılığı ele alındığında, optimallikte her bir girdi ve çıktı göstergesi için $s_i^- = s_r^+ = 0$ olması durumunda, değerlendirilmekte olan *KVB*'nin etkin olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Eğer s_i^- ve s_r^+ aylak değişkenlerinden herhangi birisi ya da her ikisi birden sıfıra eşit değilse, sıfırdan farklı olan aylak değişkenin değeri girdi ve çıktı göstergelerindeki etkinsizlik miktarını ifade etmektedir.

Etkinliğin çıktı yönünden ölçülmesini sağlayan çıktı yönlü BCC modeli ile bu modelin doğrusal programlama modeli ve zarflama modeli karşılıkları ise Çizelge 3.4.'de sunulmuştur.

Çıktı Yönlü BCC Modeli	
$\frac{1}{E_0} = \min \frac{\sum_{i=1}^m v_i X_{i0} + v_0}{\sum_{r=1}^s u_r Y_{r0}}$ <p style="text-align: center;">Kısıtlar:</p> $\frac{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} + v_0}{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}} \geq 1, j = 1, \dots, n$ $u_r, v_i \geq \varepsilon > 0, \forall i, r.$ <p style="text-align: center;">v_0 sınırlandırılmamış işaretle.</p>	
Doğrusal Programlama Modeli	Zarflama Modeli
$\frac{1}{E_0} = \min \sum_{i=1}^m v_i X_{i0} + v_0$ <p>Kısıtlar:</p> $\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} \geq 0, j = 1, \dots, n$ $\sum_{r=1}^s u_r Y_{r0} = 1,$ $u_r, v_i \geq \varepsilon > 0, \forall i, r$ <p>v_0 sınırlandırılmamış işaretle.</p>	$\frac{1}{E_0} = \max \varphi + \varepsilon (\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+)$ <p>Kısıtlar:</p> $\sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} + s_i^- = X_{i0}, i = 1, \dots, m$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj} - s_r^+ = \varphi Y_{r0}, r = 1, \dots, s$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ $\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq \varepsilon > 0, \forall j, i, r$ <p>φ sınırlandırılmamış işaretle.</p>

Çizelge 3.4. Çıktı Yönlü BCC Modelleri

Çıktı yönlü BCC modelinin zarflama karşılığı ele alındığında, optimallikte her bir girdi ve çıktı göstergesi için $s_i^- = s_r^+ = 0$ olması durumunda, değerlendirilmekte olan *KVB*'nin etkin olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Eğer s_i^- ve s_r^+ aylak değişkenlerinden herhangi birisi ya da her ikisi birden sıfıra eşit değilse, sıfırdan farklı olan aylak değişkenin değeri, girdi ve çıktı göstergelerindeki etkisizlik miktarını ifade etmektedir.

3.3.2.1.3. Toplamsal model

Charnes vd. tarafından 1985 yılında önerilen toplamsal modelde, performans ölçümü yapılırken sadece amaç fonksiyonundaki aylak değişkenler kullanılmaktadır.¹⁵¹ Bu model, pareto optimalitesindeki refah ekonomisi kavramını, etkinlik kavramıyla ilişkilendirerek açıklamaktadır. Ölçeğe göre değişken getiriler varsayımının yapıldığı modellerde girdi ve çıktı göstergelerinin her biri *KVB*'lerin vektörleri olarak ele alınırken üretim olanakları

¹⁵¹ Charnes, A., Cooper, W. W., Golany, B., Seiford, L., and Stutz, J. (1985). "Foundations of Data Envelopment Analysis for Pareto-Koopmans Efficient Empirical Production Functions". *Journal of Econometrics*, 30, 91-107.

kümesi ise $T = \{(X, Y) \mid \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j \leq X, \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j \geq Y, \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \lambda_j \geq 0, j = 1, \dots, n\}$ şeklinde ifade edilmektedir. Toplamsal modelde de ölçeğe göre değişken getiriler varsayımı kabul edilmekte ve belirli bir *KVB*'nin etkinliği Çizelge 3.5'de gösterildiği gibi üretim olanakları kümesindeki aylak değişkenler toplamının maksimize edilmesi ile belirlenmektedir.^{152, 153}

Toplamsal Model
$E_0 = \max \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+$ <p style="text-align: center;">Kısıtlar:</p> $\sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} + s_i^- = X_{i0}, \quad i = 1, \dots, m$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj} - s_r^+ = Y_{r0}, \quad r = 1, \dots, s$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ $\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq \varepsilon > 0, \quad \forall j, i, r.$

Çizelge 3.5. Toplamsal Model

Optimallikte her bir girdi ve çıktı göstergesi için $s_i^- = s_r^+ = 0$ olması durumunda, değerlendirilmekte olan *KVB*'nin etkin olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Eğer s_i^- ve s_r^+ aylak değişkenlerinden herhangi birisi ya da her ikisi birden sıfıra eşit değilse, sıfırdan farklı olan aylak değişkenin değeri girdi ve çıktı göstergelerindeki etkinsizlik miktarını ifade etmektedir.

3.3.2.1.4. Çarpımsal model

Charnes vd. tarafından 1982 yılında önerilen çarpımsal model, optimal zarflama yaparken etkin alanı logaritmik doğrusal ya da parçalı Cobb-Douglas şeklinde ele alarak etkinlik ölçümü yapan bir modeldir.^{154, 155} Etkinlik ölçümü yapılırken veri kümesindeki orijinal değerlerin logaritmalarına toplamsal model uygulanması sonucunda modelde doğrusal ifadeler yerine üstel ifadeler kullanılmaktadır. Klasik VZA modellerinin potansiyel kullanım

¹⁵² Charnes, A., Haag, S., Jaska, P., and Semple, J. (1992). "Sensitivity of Efficiency Classifications in the Additive Model of Data Envelopment Analysis". *International Journal of Systems Science*, 23 (5), 789-798.

¹⁵³ Kutlar, A., ve Bakırcı, F. (2018). *Veri Zarflama Analizi*. Ankara: Orion Kitabevi, ss.145-147.

¹⁵⁴ Charnes, A., Cooper, W. W., Seiford, L., and Stutz, J. (1982). "A Multiplicative Model for Efficiency Analysis". *Socio-Economic Planning Sciences*, 16 (5), 223-224.

¹⁵⁵ Charnes, A., Cooper, W. W., Seiford, L., and Stutz, J. (1983). "Invariant Multiplicative Efficiency and Piecewise Cobb-Douglas Envelopments". *Operations Research Letters*, 2 (3), 101-103.

aralığının genişletilmesinde avantajlar sağlayan çarpımsal modelin, girdiler arasında güçlü etkileşimlerin mevcut olduğu durumlarda kullanılması önerilmektedir.¹⁵⁶ Çizelge 3.6’da ise çarpımsal model, doğrusal programlama ve zarflama karşılıkları ile birlikte sunulmuştur.

Çarpımsal Model	
$E_0 = \max \frac{\prod_{r=1}^s Y_{r0}^{u_r}}{\prod_{i=1}^m X_{i0}^{v_i}}$	
Kısıtlar: $\frac{\prod_{r=1}^s Y_{r0}^{u_r}}{\prod_{i=1}^m X_{i0}^{v_i}} \leq 1, j = 1, \dots, n$ $u_r, v_i \geq 1, \forall r, i.$	
Doğrusal Programlama Modeli	Zarflama Modeli
$E_0 = \max u_r \log Y_{r0} - v_i \log X_{i0}$ Kısıtlar: $\sum_{r=1}^s u_r \log Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i \log X_{ij} \leq 0, j = 1, \dots, n$ $u_r, v_i \geq 1, \forall r, i.$	$E_0 = \min -s_r^+ + s_i^-$ Kısıtlar: $\lambda_j \log Y_{rj} - s_r^+ = \log Y_{r0}, r = 1, \dots, s$ $\lambda_j \log X_{ij} + s_i^- = \log X_{i0}, i = 1, \dots, m$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ $\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0, \forall j, i, r.$

Çizelge 3.6. Çarpımsal Model

Çarpımsal modelin zarflama karşılığı dikkate alındığında, optimallikte her bir girdi ve çıktı göstergesi için $s_i^- = s_r^+ = 0$ olması durumunda, değerlendirilmekte olan *KVB*’nin log-etkin olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Eğer s_i^- ve s_r^+ aylak değişkenlerinden herhangi birisi ya da her ikisi birden sıfıra eşit değilse, sıfırdan farklı olan aylak değişkenin değeri girdi ve çıktı göstergelerindeki etkinsizlik miktarını ifade etmektedir.

¹⁵⁶ Charnes, A., Gallegos, A., and Li, H. (1996). “Robustly Efficient Parametric Frontiers via Multiplicative DEA for Domestic and International Operations of the Latin American Airline Industry”. *European Journal of Operational Research*, 88 (3), 525-536.

3.3.2.2. Sistem uzaklık ölçüm modeli

n ($j = 1, \dots, n$) sayıda *KVB* ve her bir *KVB*'nin p ($k = 1, \dots, p$) sayıda alt-sürece sahip olduğu bir sistem varsayalım. Bu sistemde $\{X_{ij}^{(k)} \in R_+^{M_k} \mid i \in M_k (i = 1, \dots, m), j = 1, \dots, n, k = 1, \dots, p\}$, k . alt-süreçteki j . *KVB*'ye karşılık gelen i . girdi göstergesi ve M_k , k . alt-süreçte kullanılan dışsal girdilerin indeks kümesidir. $\{Y_{rj}^{(k)} \in R_+^{R_k} \mid r \in R_k (r = 1, \dots, s), j = 1, \dots, n, k = 1, \dots, p\}$ k . alt-süreçteki j . *KVB*'ye karşılık gelen r . çıktı göstergesi ve R_k , k . alt-süreçte üretilen nihai çıktılarının indeks kümesidir. $\sum_{k=1}^p X_{ij}^{(k)} = X_i$ ve $\sum_{k=1}^p Y_{rj}^{(k)} = Y_r$ ise sırasıyla her p alt-süreci için sistem girdisinin ve çıktısının toplulaştırılmış halini ifade etmektedir. Diğer taraftan (k, h) şeklinde ifade edilen yapı k . alt-süreçten ve h . alt-sürece olan bağları ifade etmek üzere bu bağların kümesi ise $(k, h) \in L$ ile gösterilmektedir. Bu kapsamda $\{Z_{lj}^{(k,h)} \in R_+^{T(k,h)} \mid l \in T_{(k,h)} (l = 1, \dots, t), (k, h) \in L, j = 1, \dots, n\}$ parametresi ise k . alt-süreç tarafından üretilen ve h . alt-süreç tarafından tüketilen l . ara ürün iken, $T_{(k,h)}$ ise bu ara ürünlerin indeks kümesini ifade etmektedir. $\lambda_j^{(k)} \in R_+^n$ ($k = 1, \dots, p$), k . alt-süreçteki yoğunluk vektörünü ifade etmek üzere, tüm alt-süreçlerin farklı olmasına olanak tanıyan genel bir network sisteminin üretim olanakları kümesi (4)'deki gibi tanımlanmaktadır:¹⁵⁷

$$T = \left\{ \{X, Y, Z\} \mid \sum_{j=1}^n \lambda_j^{(k)} X_{ij}^{(k)} \leq X_i, i \in M_k; \sum_{j=1}^n \lambda_j^{(k)} Y_{rj}^{(k)} \geq Y_r, r \in R_k, \right. \\ \left. \sum_{j=1}^n \lambda_j^{(k)} Z_{lj}^{(k)} = Z_l^{(k,h)}, l \in T_{(k,h)}, \forall (k, h); \sum_{j=1}^n \lambda_j^{(h)} Z_{lj}^{(h)} = Z_l^{(k,h)}, l \in T_{(k,h)}, \right. \\ \left. \forall (k, h); \lambda_j^{(k)} \geq 0, j = 1, \dots, n, k = 1, \dots, p \right\} \quad (4)$$

Herhangi bir network sisteminin etkinliğinin değerlendirilmesinde, “girdi uzaklık ölçümü” olarak θ 'nin minimize edilmesi veya “çıkıtı uzaklık ölçümü” olarak φ 'nin maksimize edilmesi, etkinlik değerlendirilmesinde sistem uzaklık ölçüm modelinin kullanıldığını göstermektedir. Bu modellerde her bir alt-süreç aynı uzaklık parametresine (θ veya φ) sahip olmalıdır. Aynı zamanda modelde uzaklık fonksiyonu olarak girdi ve çıktılarının dikkate alınması, modelin uzaklık ölçüm yönünü belirlemektedir. Bu kapsamda girdi uzaklık

¹⁵⁷ Kao, C. (2014). “Network Data Envelopment Analysis”. *European Journal of Operational Research*, 239, 1-16.

fonksiyonu, mevcut çıktıyı üretebilecek girdilerin minimumunu bulmak için çıktıları sabitlerken, çıktı yönlü uzaklık fonksiyonu, çıktıların maksimumunu bulmak için girdileri sabitlemektedir.¹⁵⁸ Sistem uzaklık ölçüm modeli yönsel olarak da ele alınabilmektedir. Örneğin, amaç fonksiyonu ve kısıtlardaki θ terimi $X_{i0} - \theta g_i^X$ şeklinde revize edilerek minimize edilmek istenirse ya da amaç fonksiyonu ve kısıtlardaki φ terimi $Y_{r0} - \varphi g_r^Y$ şeklinde revize edilerek maksimize edilmek istenirse uzaklık g yönseli boyunca ölçülmektedir.

Girdi Uzaklık Ölçüm Modeli
$E_0 = \min \theta$ <p style="text-align: center;">Kısıtlar:</p> $\sum_{j=1}^n \lambda_j^{(k)} X_{ij}^{(k)} + s_i^{(k)-} = \theta X_{i0}^{(k)}, \quad i \in M_k, \quad k = 1, \dots, p$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j^{(k)} Y_{rj}^{(k)} - s_r^{(k)+} = Y_{r0}^{(k)}, \quad r \in R_k, \quad k = 1, \dots, p$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j^{(k)} Z_{lj}^{(k,h)} + s_l^{(k,h)o} = Z_{l0}^{(k,h)}, \quad l \in T_{(k,h)}, \quad \forall (k,h)$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j^{(h)} Z_{lj}^{(k,h)} - s_l^{(k,h)o} = Z_{l0}^{(k,h)}, \quad l \in T_{(k,h)}, \quad \forall (k,h),$ $\lambda_j^{(k)}, s_i^{(k)-}, s_r^{(k)+}, s_l^{(k,h)o}, s_l^{(k,h)o} \geq 0, \quad i \in M_k, r \in R_k, l \in T_{(k,h)}, \quad \forall j, k, (k,h).$ <p style="text-align: center;">θ sınırlandırılmamış işarete.</p>

Çizelge 3.7. Girdi Uzaklık Ölçüm Modeli

Optimallikte her bir girdi ve çıktı göstergesi için $s_i^{(k)-} = s_r^{(k)+} = s_l^{(k,h)o} = s_l^{(k,h)o} = 0$ ise değerlendirilmekte olan *KVB* etkin demektir. Eğer aylak değişkenlerden herhangi birisi sıfıra eşit değilse, sıfırdan farklı olan aylak değişkenin değeri girdi, çıktı veya ara ürün göstergelerindeki etkisizlik miktarını ifade etmektedir.

3.3.2.3. Süreç uzaklık ölçüm modeli

Süreç uzaklık ölçüm modeli, sistem uzaklık ölçüm modelinin bir uzantısı olarak kabul edilmektedir. Ancak her bir alt-sürecin θ ya da φ gibi aynı uzaklık parametresine sahip olması varsayımını yapan sistem uzaklık ölçüm modellerinin aksine, süreç uzaklık ölçüm modellerinde, her bir alt-süreç kendi etkinliğini temsil eden ve k . alt-sürece karşılık gelen $\theta^{(k)}$ ya da $\varphi^{(k)}$ gibi farklı bir parametre ile temsil edilmektedir. Bu nedenle sistem uzaklık

¹⁵⁸ [Kao, 2017, p.58].

ölçüm modellerinde θ ve φ parametreleri, sistem parametreleri olarak nitelendirilmekte iken; süreç uzaklık ölçüm modellerinde $\theta^{(k)}$ ve $\varphi^{(k)}$ parametreleri, alt-süreç parametreleri olarak nitelendirilmektedir. Süreç uzaklık ölçüm modelinde sistem etkinliği girdi yönlü modellerde bu alt-süreç etkinliklerinin ağırlıklı ortalamasının minimizasyonu alınarak, $\min \sum_{k=1}^p w^{(k)} \theta^{(k)}$ şeklinde, diğer taraftan çıktı yönlü modellerde ise bu alt-süreç etkinliklerinin ağırlıklı ortalamasının maksimizasyonu alınarak, $\max \sum_{k=1}^p w^{(k)} \varphi^{(k)}$ şeklinde hesaplanmaktadır.¹⁵⁹

3.3.2.4. Faktör uzaklık ölçüm modeli

Faktör uzaklık ölçüm modeli, paylaşılan girdi, istenmeyen çıktı ve ara ürün gibi faktörlerin türlerine göre sınıflandırılarak, aynı tipteki faktörlere aynı parametrenin atanması koşuluyla her bir faktörün farklı parametreler almasına izin verildiği radyal olmayan bir ölçüm modelidir. Faktörlerin sahip olduğu parametrelerin ağırlıklı ortalamasının minimize edilmesi ise bu ölçüm modelinin amaç fonksiyonunu oluşturmaktadır. Diğer taraftan bu uzaklık ölçüm modelinde, yönlü uzaklık fonksiyonları da kullanılabilir. Sistemin her bir alt-sürecindeki ilgili faktör etkinliklerini eş zamanlı olarak ölçebilen yönlü uzaklık fonksiyonları ise girdilerdeki artış ve çıktılardaki azalma gibi etkinsizlik kaynaklarını geliştirilebilecek yön ve kapsamı ile birlikte belirleyebilmektedir. Diğer taraftan modelde kullanılan sistemde sadece bir alt-süreç bulunmakta ise faktör uzaklık ölçümü, Russell etkinlik ölçümüne karşılık gelmektedir.¹⁶⁰

3.3.2.5. Aylak tabanlı ölçüm modeli

Tone 2001 yılında *KVB*'lerin etkinliğini ölçmek amacıyla aylak tabanlı ölçüm yaklaşımını geliştirmiştir. Bu ölçüm yaklaşımı, girdi fazlalığı ve çıktı eksikliğini ifade eden aylak değişkenlerden kaynaklanan etkinsizliklerin eş zamanlı bir şekilde sistemin alt-süreçlerine dâhil edilmesinde uygulanabilmektedir.^{161, 162} Tone ve Tsutsui, 2009 yılında bu yaklaşımı girdi fazlalıkları, çıktı eksiklikleri, radyal ve radyal olmayan aylak değişkenleri içerecek ve

¹⁵⁹ Chen, Y., Cook, W. D., Li, N., and Zhu, J. (2009). "Additive Efficiency Decomposition in Two-Stage DEA". *European Journal of Operational Research*, 196, 1170-1176.

¹⁶⁰ Chen, P.-C., Chang, C.-C., Yu, M.-M., and Hsu, S.-H. (2012). "Performance Measurement for Incineration Plants Using Multi-Activity Network Data Envelopment Analysis: The Case of Taiwan". *Journal of Environmental Management*, 93, 95-103.

¹⁶¹ Tone, K. (2001). "A Slacks-Based Measure of Efficiency in Data Envelopment Analysis". *European Journal of Operational Research*, 130, 498-509.

¹⁶² Lu, M.-M. (2010). "Assessment of Airport Performance using SBM-NDEA Model". *Omega*, 38, 440-452.

ara ürün göstergelerinin kullanılmasına olanak sağlayacak şekilde genelleştirerek, network aylak tabanlı ölçüm modelini literatüre kazandırmışlardır.¹⁶³

Aylak tabanlı ölçüm modelinde n ($j = 1, \dots, n$) sayıda KVB ve p ($k = 1, \dots, p$) sayıda alt-sürece sahip bir sistemin olduğu varsayılmaktadır. $\{X_{ij}^{(k)} \in R_+^{M_k} \mid i \in M_k (i = 1, \dots, m), j = 1, \dots, n, k = 1, \dots, p\}$, network sisteminin k . alt-süreçteki j . KVB 'ye karşılık gelen i . girdi göstergesi ve $\{Y_{rj}^{(k)} \in R_+^{R_k} \mid r \in R_k (r = 1, \dots, s), j = 1, \dots, n, k = 1, \dots, p\}$, k . alt-süreçteki j . KVB 'ye karşılık gelen r . çıktı göstergesi olmak üzere, M_k ve S_k sırasıyla, aynı alt-süreçte kullanılan dışsal girdi ve üretilen nihai çıktı göstergelerinin indeks kümesini ifade etmektedir. Diğer taraftan $\sum_{k=1}^p X_{ij}^{(k)} = X_i$ ve $\sum_{k=1}^p Y_{rj}^{(k)} = Y_r$ ise her p alt-süreci için sistem girdi ve çıktı göstergelerinin toplulaştırılmasını ifade etmektedir. (k, h) şeklinde ifade edilen yapı ise k . alt-süreçten h . alt-sürece olan bağı ifade etmektedir. Bu bağların kümesi ise $(k, h) \in L$ 'dir. Bu kapsamda $\{Z_{lj}^{(k,h)} \in R_+^{T(k,h)} \mid l \in T_{(k,h)} (l = 1, \dots, t), (k, h) \in L, j = 1, \dots, n\}$, k . alt-süreç tarafından üretilen ve h . alt-süreç tarafından tüketilen l . ara ürün iken, $T_{(k,h)}$ ise bu ara ürünlerin indeks kümesini ifade etmektedir. $\lambda_j^{(k)} \in R_+^n$ ($k = 1, \dots, p$), k . alt-süreçteki yoğunluk vektörünü ifade etmek üzere, tüm alt-süreçlerin farklı olmasına olanak tanıyan genel bir network sisteminin üretim olanakları kümesi aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:^{164, 165}

$$\begin{aligned}
X_i^{(k)} &\geq \sum_{j=1}^n \lambda_j^{(k)} X_{ij}^{(k)}, \quad i \in M_k, \quad k = 1, \dots, p \\
Y_r^{(k)} &\leq \sum_{j=1}^n \lambda_j^{(k)} Y_{rj}^{(k)}, \quad r \in R_k, \quad k = 1, \dots, p \\
Z_l^{(k,h)} &= \sum_{j=1}^n \lambda_j^{(k)} Z_{lj}^{(k,h)}, \quad l \in T_{(k,h)}, \quad \forall (k, h) \quad (k. \text{ alt süreçten çıktılar olarak}) \\
Z_l^{(k,h)} &= \sum_{j=1}^n \lambda_j^{(h)} Z_{lj}^{(k,h)}, \quad l \in T_{(k,h)}, \quad \forall (k, h) \quad (h. \text{ alt sürece girdiler olarak}) \\
\sum_{j=1}^n \lambda_j^{(k)} &= 1, \quad j = 1, \dots, n, \quad k = 1, \dots, p \\
\lambda_j^{(k)} &\geq 0, \quad \forall j, k.
\end{aligned} \tag{5}$$

¹⁶³ Tone, K., and Tsutsui, M. (2009). "Network DEA: A Slacks-Based Measure Approach". *European Journal of Operational Research*, 197, 243-252.

¹⁶⁴ Färe, R., and Grosskopf, S. (2000). Network DEA. *Socio-Economic Planning Sciences*, 34, 35-49.

¹⁶⁵ Matthews, K. (2013). "Risk Management and Managerial Efficiency in Chinese Banks." *Omega*, 41, 207-215.

Ölçeğe göre değişken getirileri varsayan bu ölçüm modelinde, üretim sınırları *KVB*'lerin konveks bir örtüsü tarafından gerilmektedir. Modelden $\sum_{j=1}^n \lambda_j^{(k)} = 1$ kısıtı kaldırıldığında ise ölçeğe göre sabit getiriler varsayılmaktadır. Diğer taraftan aylak tabanlı ölçüm modelinde sistemin alt-süreçleri, serbest ve sabit olmak üzere farklı bağ yapısını barındıracak şekilde birbirlerine bağlanabilmektedir. Girdi ve çıktı göstergeleri arasındaki sürekliliğin korunmasına olanak tanıyan serbest bağ yapısına sahip durumda, alt-süreçlerde kullanılan ara ürünler keyfi bir şekilde belirlenmektedir. Bu durum (6) eşitliğindeki gibi temsil edilmektedir. Sabit bağ yapısına sahip durumda ise alt-süreçlerde kullanılan ara ürünler sabit tutulmaktadır. (7)'deki gibi temsil edilmekte olan bu durumun, *KVB*'lerin kontrolünde olmayan ara ürünlerin mevcut iken kullanılması önerilmektedir.¹⁶⁶

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j^{(k)} Z_{lj}^{(k,h)} = \sum_{j=1}^n \lambda_j^{(h)} Z_{lj}^{(k,h)}, \forall (k, h) \quad (6)$$

$$Z_{l0}^{(k,h)} = \sum_{j=1}^n \lambda_j^{(k)} Z_{lj}^{(k,h)}, \forall (k, h) \quad (7)$$

$$Z_{l0}^{(k,h)} = \sum_{j=1}^n \lambda_j^{(h)} Z_{lj}^{(k,h)}, \forall (k, h)$$

Çizelge 3.8'de serbest bağ yapısına sahip girdi yönlü aylak tabanlı ölçüm modeli sunulmuştur. Eğer bu modelde (6) eşitliği yerine (7) numarada yer alan eşitlikler kullanılırsa, sabit bağ yapısına sahip girdi yönlü aylak tabanlı ölçüm modeli elde edilmektedir.

Girdi Yönlü Aylak Tabanlı Ölçüm Modeli
$\theta_0^* = \min \sum_{k=1}^p w^{(k)} \left[1 - \frac{1}{M_k} \left(\sum_{i=1}^{M_k} \frac{s_i^{(k)-}}{X_{i0}^{(k)}} \right) \right]$ <p style="text-align: center;">Kısıtlar:</p> $X_{i0}^{(k)} = \sum_{j=1}^n \lambda_j^{(k)} X_{ij}^{(k)} + s_i^{(k)-}, \quad i \in M_k, \quad k = 1, \dots, p$ $Y_{r0}^{(k)} = \sum_{j=1}^n \lambda_j^{(k)} Y_{rj}^{(k)} - s_r^{(k)+}, \quad r \in R_k, \quad k = 1, \dots, p$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j^{(k)} Z_{lj}^{(k,h)} = \sum_{j=1}^n \lambda_j^{(h)} Z_{lj}^{(k,h)}, \quad l \in T_{(k,h)}, \quad \forall (k, h)$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j^{(k)} = 1, \quad \forall j, k$ $\sum_{k=1}^p w^{(k)} = 1, \quad \forall k$ $\lambda_j^{(k)}, w^{(k)}, s_i^{(k)-}, s_r^{(k)+} \geq 0, \quad i \in M_k, \quad r \in R_k, \quad l \in T_{(k,h)}, \quad \forall j, k, (k, h).$

Çizelge 3.8. Girdi Yönlü Aylak Tabanlı Ölçüm Modeli

¹⁶⁶ Fukuyama, H., and Mirdehghan, S. M. (2012). "Identifying the Efficiency Status in Network DEA". *European Journal of Operational Research*, 220, 85-92.

Çizelge 3.8’de sunulan aylak tabanlı ölçüm modelinde $s_i^{(k)-}$ ve $s_r^{(k)+}$ sırasıyla k . alt süreçteki girdi ve çıktı göstergelerine karşılık gelen aylak değişkenlerini ifade etmektedir. Modeldeki $w^{(k)}$ terimi ise, k . alt-sürecin kısmi ağırlığını ifade etmektedir. KVB_0 ’nun girdi yönlü etkinliği θ_0^* olarak temsil edildiğinde, “ $\theta_0^* = 1 \Leftrightarrow KVB_0$, girdi yönlü modelde toplam etkindir.” denir. Diğer taraftan $\theta_0^* = \min \sum_{k=1}^p w^{(k)} \left[1 - \frac{1}{M_k} \left(\sum_{i=1}^{M_k} \frac{s_i^{(k)-}}{X_{i0}^{(k)}} \right) \right]$ eşitliğinin optimal girdi aylak değişkeni olan $s_i^{(k)-*}$ kullanılarak, girdi yönlü modelde alt-süreç etkinlik değeri $\theta_k = 1 - \left[1 - \frac{1}{M_k} \left(\sum_{i=1}^{M_k} \frac{s_i^{(k)-}}{X_{i0}^{(k)}} \right) \right]$ eşitliği ile hesaplanmaktadır. Buradaki θ_k , θ_0^* ’ın toplam etkinliğini optimize eden alt-süreç etkinlik indeksini ifade etmekte iken, “ $\theta_k = 1 \Leftrightarrow KVB_0$, k . alt-süreçte girdi yönlü modelde etkindir.” denir. Bu ölçüm modelinde toplam etkinlik değeri ise alt-süreç etkinlik değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak, $\theta_0^* = \sum_{k=1}^p w^{(k)} \theta_k$ şeklinde hesaplanmaktadır.

Etkinliğin çıktı yönünden ölçülmesini sağlayan serbest bağ yapısına sahip aylak tabanlı ölçüm modeli Çizelge 3.9’da sunulmuştur. Eğer bu modelde (6) eşitliği yerine (7) numarada yer alan eşitlikler kullanıldığında, sabit bağ yapısına sahip çıktı yönlü aylak tabanlı ölçüm modeli elde edilmektedir.

Çıktı Yönlü Aylak Tabanlı Ölçüm Modeli
$\frac{1}{\varphi_0^*} = \max \sum_{k=1}^p w^{(k)} \left[1 + \frac{1}{R_k} \left(\sum_{i=1}^{R_k} \frac{s_r^{(k)+}}{Y_{i0}^{(k)}} \right) \right]$ <p style="text-align: center;">Kısıtlar:</p> $X_{i0}^{(k)} = X_{ij}^{(k)} \lambda_j^{(k)} + s_i^{(k)-}, \quad k = 1, \dots, p$ $Y_{r0}^{(k)} = Y_{rj}^{(k)} \lambda_j^{(k)} - s_r^{(k)+}, \quad k = 1, \dots, p$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j^{(k)} Z_{lj}^{(k,h)} = \sum_{j=1}^n \lambda_j^{(h)} Z_{lj}^{(k,h)}, \quad l \in T_{(k,h)}, \quad \forall (k, h)$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j^{(k)} = 1, \quad \forall j, k$ $\sum_{k=1}^p w^{(k)} = 1, \quad \forall k$ $\lambda_j^{(k)}, w^{(k)}, s_i^{(k)-}, s_r^{(k)+} \geq 0, \quad i \in M_k, r \in R_k, l \in T_{(k,h)}, \quad \forall j, k, (k, h).$

Çizelge 3.9. Çıktı Yönlü Aylak Tabanlı Ölçüm Modeli

Çizelgede 3.9’da sunulan modelde KVB_0 ’nun etkinlik değeri φ_0^* olarak temsil edildiğinde, “ $\varphi_0^* = 1 \Leftrightarrow KVB_0$, çıktı yönlü modelde toplam etkindir.” denmektedir. Bu modeldeki $\frac{1}{\varphi_0^*} =$

$\max \sum_{k=1}^p w^{(k)} \left[1 + \frac{1}{R_k} \left(\sum_{i=1}^{R_k} \frac{s_r^{(k)+}}{Y_{i0}^{(k)}} \right) \right]$ eşitliğinin optimal çıktı aylak değişkeni olan $s_r^{(k)+*}$

kullanılarak, çıktı yönlü modeldeki alt-süreç etkinlik değeri ise $\varphi_k = \frac{1}{1 + \frac{1}{R_k} \left(\sum_{i=1}^{R_k} \frac{s_r^{(k)+}}{Y_{i0}^{(k)}} \right)}$ eşitliği

ile hesaplanmaktadır. Burada φ_k , φ_0^* 'ın toplam etkinliğini optimize eden alt-süreç etkinlik indeksini ifade etmekte iken, “ $\varphi_k = 1 \Leftrightarrow KVB_0$, k . alt-süreçte çıktı yönlü modelde etkindir.” denir. Bu modelde toplam etkinlik değeri alt-süreç etkinlik değerlerinin harmonik

ortalaması alınarak, $\frac{1}{\varphi_0^*} = \sum_{k=1}^p \frac{w^{(k)}}{\varphi_k}$ şeklinde hesaplanmaktadır.

Performans ölçümü yaparken girdi ya da çıktı yönlülük gibi herhangi bir yöne sahip olmayan yönsüz modeller ise sistemde ya da sistemin alt-süreçlerinde kullanılan göstergelerde herhangi bir değişiklik yapılmasına izin verdikleri için diğer modellere göre daha esnek modeller olarak kabul edilmektedir.¹⁶⁷ Bu kapsamda serbest bağ yapısına sahip olan yönsüz aylak tabanlı ölçüm modeli Çizelge 3.10'da sunulmuştur. Eğer bu modelde (6) eşitliği yerine (7) numarada yer alan eşitlikler kullanılırsa, sabit bağ yapısına sahip olan yönsüz aylak tabanlı ölçüm modeli elde edilmiş olmaktadır.

Yönsüz Aylak Tabanlı Ölçüm Modeli
$\rho_0^* = \min \frac{\sum_{k=1}^p w^{(k)} \left[1 - \frac{1}{M_k} \left(\sum_{i=1}^{M_k} \frac{s_i^{(k)-}}{X_{i0}^{(k)}} \right) \right]}{\sum_{k=1}^p w^{(k)} \left[1 + \frac{1}{R_k} \left(\sum_{i=1}^{R_k} \frac{s_r^{(k)+}}{Y_{i0}^{(k)}} \right) \right]}$ <p style="text-align: center;">Kısıtlar:</p> $X_{i0}^{(k)} = X_{ij}^{(k)} \lambda_j^{(k)} + s_i^{(k)-}, \quad i \in M_k, \quad k = 1, \dots, p$ $Y_{r0}^{(k)} = Y_{rj}^{(k)} \lambda_j^{(k)} - s_r^{(k)+}, \quad r \in R_k, \quad k = 1, \dots, p$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j^{(k)} Z_{lj}^{(k,h)} = \sum_{j=1}^n \lambda_j^{(h)} Z_{lj}^{(k,h)}, \quad l \in T_{(k,h)}, \quad \forall (k, h)$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j^{(k)} = 1, \quad \forall j, k, \quad \sum_{k=1}^p w^{(k)} = 1, \quad \forall k,$ $\lambda_j^{(k)}, w^{(k)}, s_i^{(k)-}, s_r^{(k)+} \geq 0, \quad i \in M_k, \quad r \in R^k, \quad l \in T_{(k,h)}, \quad \forall j, k, (k, h).$

Çizelge 3.10. Yönsüz Aylak Tabanlı Ölçüm Modeli

¹⁶⁷ Portela, M. C. A. S., Borges, P. C., and Thanassoulis, E. (2003). “Finding Closest Targets in Non-Oriented DEA Models: The Case of Convex and Non-Convex Technologies”. *Journal of Productivity Analysis*, 19, 251-269.

Çizelge 3.10’da sunulan yönsüz aylak tabanlı ölçüm modelinde KVB_0 ’nun etkinlik değeri ρ_o^* olarak temsil edildiğinde “ $\rho_o^* = 1 \Leftrightarrow KVB_0$, yönsüz modelde toplam etkindir.”

denmektedir. Bu modeldeki $\rho_o^* = \min \frac{\sum_{k=1}^p w^{(k)} \left[1 - \frac{1}{M_k} \left(\frac{\sum_{i=1}^{M_k} s_i^{(k)-}}{X_{i0}^{(k)}} \right) \right]}{\sum_{k=1}^p w^{(k)} \left[1 + \frac{1}{R_k} \left(\frac{\sum_{i=1}^{R_k} s_r^{(k)+}}{Y_{i0}^{(k)}} \right) \right]}$ eşitliğinin optimal girdi ve

çıktı aylak değişkenleri $s_i^{(k)-*}$ ve $s_r^{(k)+*}$ kullanılarak, yönsüz modeldeki bölüm etkinlik

değeri ise $\rho_k = \frac{\sum_{k=1}^p w^{(k)} \left[1 - \frac{1}{M_k} \left(\frac{\sum_{i=1}^{M_k} s_i^{(k)-}}{X_{i0}^{(k)}} \right) \right]}{\sum_{k=1}^p w^{(k)} \left[1 + \frac{1}{R_k} \left(\frac{\sum_{i=1}^{R_k} s_r^{(k)+}}{Y_{i0}^{(k)}} \right) \right]}$ eşitliği ile hesaplanmaktadır.

3.3.2.6. Oran analizi sistem etkinlik modeli

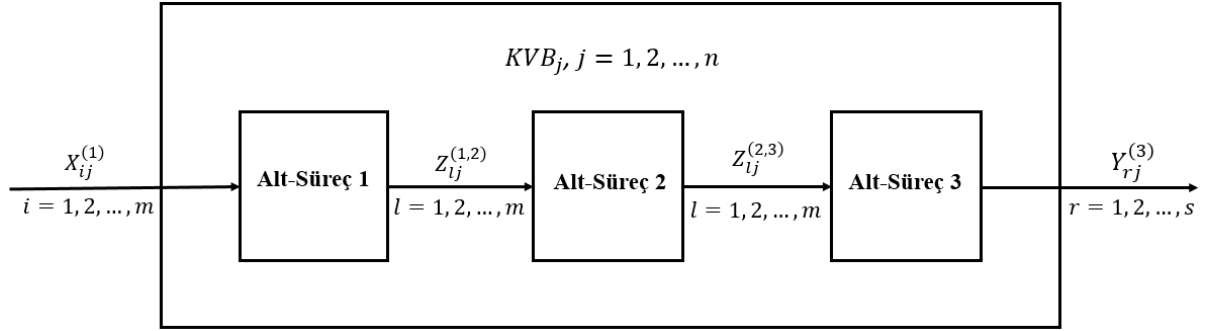
Oran analizi sistem etkinlik modeli, dışsal çıktı toplamının dışsal girdi toplamına bölünmesi ile sistem etkinliğinin hesaplayan bir etkinlik modelidir. Bu modelin özel bir hali ise Kao tarafından 2009 yılında önerilen “ilişkisel network veri zarflama analizi” modelidir.¹⁶⁸ İlişkisel network VZA modeli, sistemin toplam etkinliğinin ve ilişki içerisinde bulunan alt-süreç etkinliklerinin eş zamanlı olarak ölçülmesine olanak tanıyan kapsamlı bir performans ölçüm modelidir. Sistemin toplam etkinlik ve alt-süreç etkinliklerinin eş zamanlı ölçülmesi sonucunda elde edilen bilgiler ise sistemin hangi alt-sürecinde iyileştirme yapılması gerektiği ve genel olarak sistem hakkında hangi yönetsel öngörülerin alınması gerektiği konularında KVB ’lere yardımcı olduğundan oldukça yararlıdır.¹⁶⁹

n ($j = 1, \dots, n$) sayıda KVB ve p ($k = 1, \dots, p$) sayıda alt-sürece sahip bir ilişkisel network VZA modelinde, $\left\{ X_{ij}^{(k)} \in R_+^{M_k} \mid i \in M_k (i = 1, \dots, m), j = 1, \dots, n, k = 1, \dots, p \right\}$, k . alt-süreçteki j . KVB ’ye karşılık gelen i . girdi göstergesi ve $\left\{ Y_{rj}^{(k)} \in R_+^{R_k} \mid r \in R_k (r = 1, \dots, s), j = 1, \dots, n, k = 1, \dots, p \right\}$, k . alt-süreçteki j . KVB ’ye karşılık gelen r . çıktı göstergesi iken, $\left\{ Z_{lj}^{(k,h)} \in R_+^{T_{(k,h)}} \mid l \in T_{(k,h)} (l = 1, \dots, t), (k, h) \in L, j = 1, \dots, n \right\}$ şeklinde ifade edilen parametre ise k . alt-süreç tarafından üretilirken h . alt-süreç tarafından tüketilen l . ara ürünü ifade etmektedir. Burada M_k , R_k ve $T_{(k,h)}$ sırasıyla k . alt-süreçteki dışsal girdilerin indeksi

¹⁶⁸ Kao, C. (2009). “Efficiency Decomposition in Network Data Envelopment Analysis: A Relational Model”. *European Journal of Operational Research*, 192, 949-962.

¹⁶⁹ Hsieh, L.-F., and Lin, L.-H. (2010). “A Performance Evaluation Model for International Tourist Hotels in Taiwan-An Application of the Relational Network DEA”. *International Journal of Hospitality Management*, 29, 14-24.

kümesi, k . alt-süreçteki nihai çıktılarının indeks kümesini ve k . alt-süreç tarafından üretilirken h . alt-süreç tarafından tüketilen ara ürünlerin indeks kümesini ifade etmektedir. (k, h) şeklinde ifade edilen yapı ise alt-süreçler arasındaki bağları ifade etmekte iken bu bağların kümesi ise $(k, h) \in L$ ile gösterilmektedir.¹⁷⁰ Şekil 2.8’de ise üç alt -sürece sahip olan ilişkisel network VZA modelinin yapısı görsel olarak sunulmuştur.



Şekil 3.8. İlişkisel Network VZA Modelinin Yapısı

Şekilde gösterilen ilişkisel network VZA modelinde, $X_{ij}^{(1)}$ göstergesi birinci alt-süreçteki j . KVB 'ye karşılık gelen i . girdi göstergesini ve $Y_{rj}^{(3)}$ göstergesi üçüncü alt-süreçteki j . KVB 'ye karşılık gelen r . çıktı göstergesini ifade etmektedir. Diğer taraftan $Z_{lj}^{(1,2)}$ göstergesi birinci alt-süreçte üretilen ve ikinci alt-süreçte tüketilen bir ara ürün göstergesi iken, $Z_{lj}^{(2,3)}$ göstergesi ise ikinci alt-süreçte üretilen ve üçüncü alt-süreçte tüketilen bir ara ürün göstergesini ifade etmektedir.¹⁷¹ E_k^1 , E_k^2 ve E_k^3 olarak sırasıyla birinci, ikinci ve üçüncü alt-süreç etkinlikleri ise (8a), (8b) ve (8c)'deki modeller kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$E_k^1 = \max \sum_{l=1}^t w_l Z_{lk}^{(1,2)} / \sum_{i=1}^m v_i X_{ik}^{(1)}$$

Kısıtlar:

$$\sum_{l=1}^t w_l Z_{lj}^{(1,2)} / \sum_{i=1}^m v_i X_{ij}^{(1)} \leq 1, \quad j = 1, 2, \dots, n,$$

$$w_l, v_i \geq 0, \quad \forall l, i.$$

(8a)

¹⁷⁰ Kao, C., and Hwang, S.-N. (2008). "Efficiency Decomposition in Two-Stage Data Envelopment Analysis: An Application to Non-Life Insurance Companies in Taiwan". *European Journal of Operational Research*, 185, 418-429.

¹⁷¹ Bu alt-süreçlerde ara ürünler ile birlikte dışsal girdi ve çıktılar da kullanılmak istenirse bu göstergeler sırasıyla $X_{ij}^{(k)}$ ve $Y_{rj}^{(k)}$ şeklinde ait oldukları k . alt-süreçlerin belirtilmesi koşuluyla sürece dâhil edilebilmektedir.

$$E_k^2 = \max \sum_{l=1}^t \gamma_l Z_{lk}^{(2,3)} / \sum_{l=1}^t w_l Z_{lk}^{(1,2)}$$

Kısıtlar:

$$\sum_{l=1}^t w_l Z_{lj}^{(1,2)} / \sum_{l=1}^t \gamma_l Z_{lj}^{(2,3)} \leq 1, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (8b)$$

$$\gamma_l, w_l \geq 0, \quad \forall l.$$

$$E_k^3 = \max \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}^{(3)} / \sum_{l=1}^t \gamma_l Z_{lk}^{(2,3)}$$

Kısıtlar:

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}^{(3)} / \sum_{l=1}^t \gamma_l Z_{lj}^{(2,3)} \leq 1, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (8c)$$

$$u_r, \gamma_l \geq 0, \quad \forall r, l.$$

Sistemin alt-süreç etkinliklerinin bağımsız olarak ele alındığı (8a), (8b) ve (8c) modelleri temelde CCR oran modeline dayanmaktadır. Bu modellerde yer alan v_i , u_r , w_l ve γ_l çarpanları, *KVB*'lerin alacağı bilinmeyen ağırlıkları ifade etmektedir. İlgili modellerin çözülmesi sonucunda bulunan optimal ağırlıklar v_i^* , u_r^* , w_l^* ve γ_l^* olmak üzere, alt-süreç etkinlikleri aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$\begin{aligned} E_k^1 &= \sum_{l=1}^t w_l^* Z_{lk}^{(1,2)} / \sum_{i=1}^m v_i^* X_{ik}^{(1)}, \\ E_k^2 &= \sum_{l=1}^t \gamma_l^* Z_{lk}^{(2,3)} / \sum_{l=1}^t w_l^* Z_{lk}^{(1,2)}, \\ E_k^3 &= \sum_{r=1}^s u_r^* Y_{rk}^{(3)} / \sum_{l=1}^t \gamma_l^* Z_{lk}^{(2,3)}. \end{aligned} \quad (9)$$

Sistemin toplam etkinliği ise $E_k = E_k^1 \times E_k^2 \times E_k^3$ şeklinde sırasıyla birinci, ikinci ve üçüncü alt-süreç etkinliklerinin çarpımı olarak aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$E_k = \sum_{r=1}^s u_r^* Y_{rk}^{(3)} / \sum_{i=1}^m v_i^* X_{ik}^{(1)}. \quad (10)$$

Üç alt-sürece sahip olan bu sistemin toplam etkinliğinin hesaplanmasını sağlayan ilişkisel network VZA modeli ile bu modelin doğrusal programlama karşılığı ise Çizelge 3.11'de sunulmuştur.

İlişkisel Network VZA Modeli	Doğrusal Programlama Modeli
$E_k = \max \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}^{(3)} / \sum_{i=1}^m v_i X_{ik}^{(1)}$	$E_k = \max \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}^{(3)}$
Kısıtlar:	Kısıtlar:
$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}^{(3)} / \sum_{i=1}^m v_i X_{ij}^{(1)} \leq 1, j = 1, \dots, n,$	$\sum_{i=1}^m v_i X_{ik}^{(1)} = 1, \forall k$
$\sum_{l=1}^t \gamma_l Z_{lj}^{(2,3)} / \sum_{i=1}^m v_i X_{ij}^{(1)} \leq 1, j = 1, \dots, n,$	$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}^{(3)} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij}^{(1)} \leq 0, j = 1, \dots, n,$
$\sum_{l=1}^t w_l Z_{lj}^{(1,2)} / \sum_{i=1}^m v_i X_{ij}^{(1)} \leq 1, j = 1, \dots, n,$	$\sum_{l=1}^t \gamma_l Z_{lj}^{(2,3)} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij}^{(1)} \leq 0, j = 1, \dots, n,$
$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}^{(3)} / \sum_{l=1}^t w_l Z_{lj}^{(2,3)} \leq 1, j = 1, \dots, n,$	$\sum_{l=1}^t w_l Z_{lj}^{(1,2)} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij}^{(1)} \leq 0, j = 1, \dots, n,$
$\sum_{l=1}^t \gamma_l Z_{lj}^{(2,3)} / \sum_{l=1}^t w_l Z_{lj}^{(1,2)} \leq 1, j = 1, \dots, n,$	$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}^{(3)} - \sum_{l=1}^t w_l Z_{lj}^{(1,2)} \leq 0, j = 1, \dots, n,$
$u_r, v_i, w_l, \gamma_l \geq 0, \forall r, i, l.$	$\sum_{l=1}^t \gamma_l Z_{lj}^{(2,3)} - \sum_{l=1}^t w_l Z_{lj}^{(1,2)} \leq 0, j = 1, \dots, n,$
	$u_r, v_i, w_l, \gamma_l \geq 0, \forall r, i, l.$

Çizelge 3.11. İlişkisel Network VZA Modeli

Network modelinin toplam etkinliği hesaplanırken, alt-süreç etkinliklerinin bu modele kısıt olarak eklendiği Çizelge 3.11’den görülebilmektedir. Ancak bu modelin çözümünden elde edilen optimal çarpanlar tek olmayacağından $E_k = E_k^1 \times E_k^2 \times E_k^3$ eşitliği kullanılarak elde edilen toplam etkinlik değeri de tek olmayacaktır. Bu durum ise E_k^1, E_k^2 ve E_k^3 alt-süreç etkinliklerinin karşılaştırmasında yanlılığa neden olmaktadır. Bu sorunun üstesinden gelmek amacıyla toplam etkinlik değeri korunurken alt süreç etkinlikleri maksimize edilmeye çalışılır. Örneğin toplam etkinlik değeri korunurken en büyük E_k^3 değerini üreten çarpan kümesi bulunmak istenirse model (11)’in çözülmesi gerekmektedir.¹⁷²

¹⁷² Liu, S.-T., and Wang, R.-T. (2009). “Efficiency Measures of PCB Manufacturing Firms Using Relational Two-Stage Data Envelopment Analysis.” *Expert Systems with Applications*, 36, 4935-4939.

$$E_k^3 = \max \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}^{(3)}$$

Kısıtlar:

$$\sum_{l=1}^t \gamma_l Z_{lk}^{(2,3)} = 1, \forall k$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}^{(3)} - E_k \sum_{i=1}^m v_i X_{ij}^{(1)} = 0, j = 1, \dots, n,$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}^{(3)} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij}^{(1)} \leq 0, j = 1, \dots, n,$$

$$\sum_{l=1}^t \gamma_l Z_{lj}^{(2,3)} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij}^{(1)} \leq 0, j = 1, \dots, n, \quad (11)$$

$$\sum_{l=1}^t w_l Z_{lj}^{(1,2)} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij}^{(1)} \leq 0, j = 1, \dots, n,$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}^{(3)} - \sum_{l=1}^t w_l Z_{lj}^{(1,2)} \leq 0, j = 1, \dots, n,$$

$$\sum_{l=1}^t \gamma_l Z_{lj}^{(2,3)} - \sum_{l=1}^t w_l Z_{lj}^{(1,2)} \leq 0, j = 1, \dots, n,$$

$$u_r, v_i, w_l, \gamma_l \geq 0, \forall r, i, l.$$

Diğer taraftan (11) numaralı modelin ilk kısıtı ve amaç fonksiyonu $\sum_{l=1}^t w_l Z_{lk}^{(1,2)} = 1$ ve $E_k^2 = \sum_{l=1}^t \gamma_l Z_{lj}^{(2,3)}$ şeklinde değiştirildiğinde ikinci alt-sürecin etkinliği elde edilmekte iken; $\sum_{i=1}^m v_i X_{ik}^{(1)} = 1$ ve $\sum_{l=1}^t w_l^* Z_{lj}^{(1,2)}$ şeklinde değiştirildiğinde ise birinci alt-sürecin etkinliği elde edilmektedir. Bu yapı altında toplam etkinliğin üç alt-süreç etkinliklerinin bir ürünü olduğu söylenebilir. Toplam etkinlik ve alt-süreç etkinlikleri arasındaki bu ilişki ise alt sürece sahip bir sistemin fiziksel yapısına yönelik beklentileri karşılamaktadır.

3.3.2.7. Oran analizi süreç etkinlik modeli

Oran analizi süreç etkinlik modeli, oran analizi sistem etkinlik modelinin bir uzantısı olarak kabul edilmektedir. Ancak temel odak noktası *KVB*'lerin alacağı optimal çarpanların bulunarak sistemin toplam etkinliğinin hesaplanması olan oran analizi sistem etkinlik modelinin aksine, oran analizi süreç etkinlik modelinde temel odak noktasını alt-süreç etkinlikleri oluşturmaktadır. Burada da alt-süreç etkinliklerinin ağırlıklı ortalamasının alınması ile, $\sum_{k=1}^p w^{(k)} E_0^{(k)}$, sistem etkinliği hesaplanmaktadır.

3.3.2.8. Oyun teorisi modeli

VZA'da oyun teorisi yaklaşımı ilk kez Banker (1980) tarafından bir oyuncunun *KVB*, diğer oyuncunun ise dış değerlendirici olarak ele alındığı iki kişili sıfır-toplamlı sonlu bir oyunda VZA ile etkinlik ölçümü yapılması ile kullanılmıştır. Banker (1980) çalışmasından sonra ise birçok çalışmada mevcut VZA modelleri oyun teorisi ile ilişkilendirilerek ele alınmaya

başlanmıştır.¹⁷³ m kişili bir Nash pazarlık oyununda, $N = \{1, \dots, m\}$ oyuncu kümesini ifade etmek, oyuncu olarak ifade edilen rakiplerden birinin kazancı diğerinin kaybına eşit olmaktadır. Bu nedenle Nash pazarlık oyunu, bir oyuncuya yapılan ödemeler cinsinden ifade edilebilmektedir.¹⁷⁴ Diğer taraftan S , oyunun ödemeler uzayının bir alt kümesi olarak uygun çözüm kümesini ifade etmek üzere, $\vec{b} = (b_1, b_2, \dots, b_m)$ ise bu ödemeler uzayının alt kümesine ait bir dizi getiriyi ifade etmektedir. Sonuç olarak bir Nash pazarlık oyunu, (N, S, \vec{b}) şeklinde sırasıyla oyuncuların kümesini, uygun çözüm kümesini ve getirileri barındıracak şekilde ifade edilebilmektedir. $F(N, S, \vec{b})$ şeklinde ifade edilen çözüm fonksiyonunun pareto optimalitesi, afin dönüşümüne yönelik değişmezlik, ilgili olmayan göstergelerin bağımsızlığı ve simetri şartlarını sağlaması durumunda Nash pazarlık oyununun bir tek çözüme sahip olduğu kabul edilmektedir. Nash çözümü olarak da bilinen bu tek çözüm, i . oyuncunun getirisi u_i olmak üzere, her bir oyuncunun getirisinin maksimize edilmesi ile yani $\max \prod_{i=1}^m (u_i - b_i)$ şeklinde hesaplanmaktadır.¹⁷⁵ Oyun teorisi modeli bir etkinlik ölçüm modeli olarak ele alındığında ise (b_1, b_2, \dots, b_m) uygun çözüm kümesine ait getirileri ve u_i , i . alt-sürecin etkinliğini ifade etmek üzere, oyun teorisi tabanlı etkinlik modelindeki kısıtlar kavramsal olarak ilişkisel network VZA modelinde verilen kısıtlar ile aynı olmaktadır. KVB 'lerin etkin ölçümünde çarpan olarak ifade edilen u_i 'nin hesaplanması ise oyun teorisinde en iyi stratejinin belirlenmesini sağlamaktayken, etkinlik ölçülmesinde ilgili KVB 'nin etkinlik değerine karşılık gelmektedir.

3.3.2.9. Değer odaklı etkinlik ölçüm modeli

Değer odaklı etkinlik ölçüm modeli, toplam çıktının ya da karın maksimize edilmesi şeklinde etkinlik ölçümü yapan bir modeldir. P_r ve C_i , sırasıyla modeldeki çıktı ve girdilerin birim fiyatlarını temsil etmek üzere, toplam çıktının maksimize edilmesi $\sum_{r=1}^S P_r Y_{r0}$ şeklinde, toplam karın maksimize edilmesi ise $\sum_{r=1}^S P_r Y_{r0} - \sum_{i=1}^m C_i X_{i0}$ şeklinde hesaplanmaktadır. Bu etkinlik ölçüm modelinin kısıtları ise kavramsal olarak ilişkisel network VZA modelinde verilen kısıtlar ile aynı olmaktadır.¹⁷⁶

¹⁷³ Lozano, S. (2012). "Information Sharing in DEA: A Cooperative Game Theory Approach". *European Journal of Operational Research*, 222, 558-565.

¹⁷⁴ Taha, A. H. (2015). *Yöneylem Araştırması* (Çev. Baray, Ş. A., ve Esnaf, Ş.). Literatür Yayıncılık (Eserin orijinali 1996'de yayımlandı), s.544.

¹⁷⁵ Du, J., Liang, L., Chen, Y., Cook, W. D., and Zhu, J. (2011). "A Bargaining Game Model for Measuring Performance of Two-Stage Network Structures". *European Journal of Operational Research*, 210, 390-397.

¹⁷⁶ [Kao, 2017, p.426].

4. UYGULAMA

4.1. Ülkelerin Eğitim Ekonomisi Performanslarının Network Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi

Ülkelerin eğitim ekonomisi performanslarının değerlendirilmesi, nitelikli bir eğitim için yatırım yapılması gereken makroekonomik göstergelerin tespitini mümkün kılmakla birlikte, iyi olan ülkelerden neler öğrenilebileceğini ortaya koymakta ve iyi olan ülkelerin de daha iyi bir seviyeye ulaşmalarına yardımcı olmaktadır. Bu nedenle eğitim ekonomisi, ulusal düzeyde önemli olduğu kadar, uluslararası kurum ve kuruluşlar açısından da oldukça önem arz eden bir konu olmuştur. Bu kapsamda ulusların kıt kaynaklarının büyük bir kısmını eğitime tahsis etmeleri, bireylerin ekonomik kazanımlarını ve ulusların ekonomik büyümelerini teşvik edici bir rol üstlenmekle birlikte uluslararası düzeyde ekonomik istikrarı sağlamaktadır. Bu istikrarın devam edebilmesi ise mikro düzeyde her bir birey için yapılan eğitim hizmetleri finansmanının optimal şekilde dağıtılmasını gerektirmekte iken, makro düzeyde eğitim ekonomisi politikalarının güvenilir bir şekilde uygulanmasını gerektirmektedir.

Günümüzde ülkelerin eğitim ekonomisi performanslarının değerlendirildiği çalışmalarda ise farklı birçok sentetik ve bileşik gösterge,^{177, 178} analitik araç ya da yöntem kullanılmaktadır.^{179, 180} Ancak geçmişe kıyasla eğitim sistemi ve ekonomi ile ilgili bilgilerin daha karmaşık olması, günümüzde ülkelerin eğitim ekonomisi performanslarının, endüstriyel organizasyon, mikroekonomi ve makroekonominin bir kombinasyonu olarak network yapısına sahip bir model içerisinde değerlendirilmesini gerektirmektedir. Nitekim bu kapsamda sentetik gösterge oluşturarak ülkelerin karmaşık bir yapıya sahip olan eğitim ekonomisi performanslarının değerlendirilmesine yönelik yeni bir açılım, klasik VZA

¹⁷⁷ Sentetik göstergeler (synthetic indicators), birkaç alt göstergenin bireysel olarak sağladıkları bilgilerin küresel bir sentezini sunmak amacıyla birleştirilmesi üzerine tasarlanmış basit göstergelerdir. Diğer taraftan bileşik göstergeler (composite indicators) ölçülen durumun tüm boyutlarını ve yapısını yansıtacak şekilde olan göstergelerin seçilmesi, standartlaştırılması, ağırlıklandırılması ve toplanması üzerine tasarlanmış göstergelerdir. Bu iki gösterge genellikle ülkelerin çeşitli disiplinlerdeki politika analizlerinde ve performans karşılaştırmalarında kullanılmaktadır.

¹⁷⁸ Eurostat (2015). *Composite Indicators, Synthetic Indicators and Scoreboards: How Far Can We Go?*. DGINS Conference, Lisbon, 24 September 2015.

¹⁷⁹ Murnane, R. J. (1987). "Improving Education Indicators and Economic Indicators: The Same Problems?". *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 9 (2), 101-116.

¹⁸⁰ Castelló, A., and Doménech, R. (2002). "Human Capital Inequality and Economic Growth: Some New Evidence". *The Economic Journal*, 112 (478), C187-C200.

modellerinin kullanımı ile yapılmıştır.¹⁸¹ Ancak sentetik göstergelerin, eğitim ekonomisi kavramını çok boyutlu bir şekilde ele almaması, ülke performansları ve bu performanslara dayalı olarak yapılan politika önerileri konusunda yanıltıcı sonuçlara neden olabilmektedir.¹⁸² Bu durum ise performans değerlendirmesinde klasik VZA modelleri yerine network VZA modellerinin kullanılması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Dünya çapında kabul görmüş bir yöneylem araştırması aracı olarak network VZA modellerinin, eğitim ekonomisi değerlendirmesinde kullanımı sonucunda, ülkelerin eğitim ekonomisi ihtiyaçlarına cevap veren toplam etkinlik değerleri ve alt-süreç etkinlik değerleri gibi farklı etkinlik değerleri elde edilebilmektedir. Bu farklı etkinlik değerleri sayesinde ise her yerde ve herkes için nitelikli eğitim hedefinin gerçekliğe dönüşmesine yardımcı olacak alt göstergeler tespit edilmekte ve bu göstergelerden iyileştirme gerektirenleri için gerekli önlemler alınmaktadır. Bu amaçla çalışmada, SKH'nin dördüncüsü olan ve herkes için kapsayıcı ve nitelikli bir eğitimi sağlayarak yaşam boyu öğrenme fırsatlarını teşvik eden nitelikli eğitim hedefi kapsamında, ülkelerin eğitim ekonomisi etkinliklerinin ölçülmesi ve performanslarının sıralanmasında network VZA modelinden yararlanılmaktadır. Diğer taraftan eğitim ekonomisinde yapılan bu performans değerlendirmesinde, kullanılacak makroekonomik göstergelerin güvenilirliği de oldukça önem arz etmektedir. Bu kapsamda çalışmanın birinci bölümünde performans ölçümüne dâhil edilecek olan makroekonomik göstergelerin ardındaki varsayımlar ve belirli bir göstergeyi seçmenin eğitim ekonomisi politikası üzerindeki sonuçları detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde ise eğitim kaynakları seviyesini ve dağılımını etkileyen bu makroekonomik göstergelerin girdi, ara ürün ya da çıktı göstergesi olarak seçimleri sonucunda, network VZA modelinin ülkelerin eğitim ekonomisi performans değerlendirmesinde kapsamlı bir hesaplama ve etkin bir ölçme sağladığı gösterilmektedir. Çalışmada kullanılan network VZA modeli ile ülkelerin eğitim ekonomisi performans ölçümlerine ilişkin tamamen küresel bir vizyon sunulmasa da, herhangi bir ülkenin bireylerine nitelikli bir eğitim sağlamasında önem vermesi gereken makroekonomik göstergelerin tespit edilmesi ve ülkenin mevcut konumunun saptanması, bireyler için ekonomik bir kazanım sağlamaya, toplum için ise üretkenlik artışına fayda sağlayabilmektedir. Aynı zamanda çalışma kapsamında yeni geliştirilmiş olan network VZA modellerinden birinin (ilişkisel network VZA modeli) eğitim

¹⁸¹ Güran, M., ve Tosun, U. (2005). "Türkiye Ekonomisinin Makro Ekonomik Performansı: 1951-2003 Dönemi için Parametrik Olmayan Bir Ölçüm". *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 60 (4), 89-115.

¹⁸² Freudenberg, M. (2003). *Composite Indicators of Country Performance*. OECD Science, Technology and Industry Working Papers 2003/16.

ekonomisi alanında nasıl kullanıldığının gösterilmesi ve bu alanda ülke performanslarının kapsamlı ve objektif bir şekilde değerlendirilmesini amacıyla geliştirilmiş olan GAMS kodlarının sunulması da çalışmanın önemli noktalarını oluşturmaktadır. Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde ise ülkelerin eğitim ekonomisi performanslarının ölçümüne yönelik ilgili karar verme birimlerinin seçimine, girdi, ara ürün ve çıktı göstergelerinin seçimine ve uygun network VZA modelinin seçimine yer verilmektedir. Performans ölçümünde kullanılmak üzere yapılan tüm bu seçimlerin ardından, ilgili network VZA modelinin çözümü için geliştirilmiş olan GAMS kodları ve bu kodların çalıştırılması sonucu elde edilen sonuçlar sunulmaktadır.

4.1.1. Karar Verme Birimlerinin Seçimi

VZA'da *KVB*'lerin sayısının (n), girdi ve çıktı toplamından ($m + s$) büyük olması beklenmektedir. *KVB*'lerin sayısının bu toplamdan küçük olması, $n < (m + s)$, *KVB*'lerin büyük bir kısmını etkin olarak tanımlamakla birlikte, bu durum VZA yönteminin ayırt edicilik gücünü kaybetme eğilimi göstermesine neden olmaktadır.¹⁸³ Bu nedenle n 'nin birkaç kez ($m + s$) toplamını aşması istenilen bir durumdur. Bu kapsamda Cooper vd. tarafından *KVB*'lerin sayısı ile ilgili önerilen temel bir kural $n \geq \max\{m \times s, 3(m + s)\}$ olmasıdır.¹⁸⁴ Diğer taraftan Banker vd. tarafından ise *KVB*'lerin sayısının, girdi ve çıktı toplamının en az üç katı kadar olması, $n \geq 3(m + s)$ kuralı önerilmiştir.¹⁸⁵ Bu sayede belirli bir girdi ya da çıktı seti nedeniyle aslında etkin olmayan *KVB*'lerin etkin olarak karakterize edilmesi şeklinde yanlış bir değerlendirme yapılması önlenmiş olmaktadır.¹⁸⁶

Sonuç olarak *KVB*'lerin sayısı ile ilgili olarak önerilmiş olan yukarıdaki kurallar aslında zorunlu olmamakla birlikte bu kuralların sağlanmaması durumunda yöntemin ayırt edicilik gücünü kaybetmesinin önlenmesi ve *KVB*'lerle ilgili yanlış değerlendirmeler yapılmasının önüne geçilmesi amacıyla, ilgili kuralların yerine getirilmesi gerektiği söylenmektedir. Çalışmasının uygulama aşamasında *KVB*'ler OECD ülkeleri olarak karakterize edilmiştir.

¹⁸³ Cook, W. D., Tone, K. and Zhu, J. (2014). "Data Envelopment Analysis: Prior to Choosing a Model". *Omega*, 44, 1-4. p2.

¹⁸⁴ Cooper, W. W., Seiford L. M., and Tone, K. (2006). *Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses: With DEA-Solver Software and References*. Springer Science & Business Media. p.272.

¹⁸⁵ Banker R. D., Charnes, A., Cooper, W. W., Swarts, J., and Thomas, D. (1989). "An Introduction to Data Envelopment Analysis with Some of Its Models and Their Uses". *Research in Government and Nonprofit Accounting*, 5, 125-163.

¹⁸⁶ Andersen, P., and Petersen, N. C. (1993). "A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis". *Management Science*, 39 (10), 1261-1264.

Bu kapsamda uygulamaya dâhil edilmiş olan 30 OECD ülkesi ve ilgili *KVB* kodları Çizelge 4.1.'de birlikte sunulmuştur.¹⁸⁷

Kod	Ülke	Kod	Ülke	Kod	Ülke
<i>KVB</i> ₁	Avustralya	<i>KVB</i> ₁₁	Macaristan	<i>KVB</i> ₂₁	Polonya
<i>KVB</i> ₂	Avusturya	<i>KVB</i> ₁₂	İzlanda	<i>KVB</i> ₂₂	Portekiz
<i>KVB</i> ₃	Belçika	<i>KVB</i> ₁₃	İrlanda	<i>KVB</i> ₂₃	Slovakya
<i>KVB</i> ₄	Şili	<i>KVB</i> ₁₄	İsrail	<i>KVB</i> ₂₄	Slovenya
<i>KVB</i> ₅	Çekya	<i>KVB</i> ₁₅	İtalya	<i>KVB</i> ₂₅	İspanya
<i>KVB</i> ₆	Danimarka	<i>KVB</i> ₁₆	Kore	<i>KVB</i> ₂₆	İsveç
<i>KVB</i> ₇	Estonya	<i>KVB</i> ₁₇	Letonya	<i>KVB</i> ₂₇	İsviçre
<i>KVB</i> ₈	Finlandiya	<i>KVB</i> ₁₈	Meksika	<i>KVB</i> ₂₈	Türkiye
<i>KVB</i> ₉	Fransa	<i>KVB</i> ₁₉	Yeni Zelanda	<i>KVB</i> ₂₉	Birleşik Krallık
<i>KVB</i> ₁₀	Almanya	<i>KVB</i> ₂₀	Norveç	<i>KVB</i> ₃₀	ABD

Çizelge 4.1. Uygulama Aşamasında Kullanılan OECD Ülkeleri

4.1.2. Girdi, Ara Ürün ve Çıktı Göstergelerinin Seçimi

Network VZA modelinde *KVB*'lerin performans değerlendirmesi yapılırken, sistemin herhangi bir birimindeki etkinsizlikten kaçınılması amacıyla girdi, ara ürün ve çıktı göstergelerinin performans değerlendirmesindeki gerçekliği doğru yansıtabilecek şekilde belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu kapsamda bir başlangıç noktası olarak girdi, ara ürün ve çıktı göstergelerinin, ölçülebilirlikleri, analitik sağlamlıkları, ölçülen gerçeklikle olan ilişkileri ve birbirleriyle olan ilişkileri temelinde seçilmesi gerekmektedir. Ancak doğası gereği çoğu network VZA modeli, modele dâhil edilecek göstergelerle ilgili olarak veri sorunlarını gizleyebilmektedir. Örneğin çoğu network VZA modelinde girdi, ara ürün ve çıktı göstergelerinin pozitif korelasyona sahip oldukları varsayılmakta iken ampirik çalışmalar bu ilişkinin kesin olmadığını ortaya çıkarmaktadır. Bu kapsamda eğitim ekonomisi alanında yapılan Mandl vd. (2008) çalışmasında eğitim harcaması (girdi) göstergesi, eğitimsel kazanım oranları (çıktı) göstergesini etkileyen önemli bir gösterge

¹⁸⁷ Herhangi bir VZA modelinde *KVB*'lerin sayısı ile ilgili olarak verilen " $n \geq 3(m + s)$ " kuralı kapsamında düşünüldüğünde, çalışmanın ilerleyen kısımlarında detaylı olarak anlatılmış olan girdi, ara ürün ve çıktı göstergelerinin toplam sayısının 6 ve *KVB*'lerin toplam sayısının ise 30 olduğu görülmektedir. Bu doğrultuda *KVB*'lerin toplam sayısının girdi, ara ürün ve çıktı göstergeleri olarak ifade edilen göstergelerin toplam sayısının 3 katından fazla olması Banker vd. (1989) tarafından önerilen bu kuralın çalışmada sağlandığını göstermektedir.

olarak gösterilmekte iken;¹⁸⁸ Hanushek ve Kimko (2000) çalışmasında eğitim harcamalarının öğrenci performansı üzerinde bir ilişkisinin olmadığı gösterilmektedir.¹⁸⁹ Network VZA modelinde girdi, ara ürün ve çıktı göstergeleri arasındaki ilişkiler önemli olmakla birlikte bu göstergelerin, tüm kaynakları kapsamaları, tüm faaliyet seviyelerini ve performans ölçümlerini yakalamaları, tüm KVB'lerde ortak olması ve gerekli durumlarda çevresel değişimlerin değerlendirilerek network modeline dâhil edilmesi gibi varsayımları da sağlamaları beklenmektedir.¹⁹⁰ Bu nedenle network VZA modeli kullanılarak yapılan bir performans değerlendirmesinde, değerlendirmeye dâhil edilecek girdi, ara ürün ya da çıktı göstergeleri belirlenirken, network VZA yönteminin ayırt edicilik gücünü kaybettirmeyecek ve yukarıda bahsedilen varsayımları sağlayacak şekilde olan göstergelerin tespit edilmesi ve seçilmesi gerekmektedir.

Uluslararası düzeyde ülkelerin performans değerlendirmesi yapılırken kullanılan göstergelerin asgari düzeyde homojen olmaları beklenmektedir. Çünkü network VZA gibi performans ölçüm yöntemleri, veri setlerine karşı duyarlı ve dışsal faktörlere karşı bağımlı ölçüm yöntemleridir. Bununla birlikte uluslararası karşılaştırmalarda, ulusların kendilerine özgü gelenek ve kültürlerinin dikkate alınması gerekliliği uygun göstergelerin seçimini zorlaştırmakla birlikte, bu durum performans ölçümlerinin yetersiz veya az tahmin edilmesine yol açabilmektedir. Ulusal eğitim sistemleri ve programları kapsamında bakıldığında ise ülkelerin yapı ve müfredat bakımından oldukça farklılık göstermesi ve uluslararası düzeyde yapılan değerlendirmelerin oldukça güç bir hale gelmesi, ülkelerin eğitim istatistiklerinin karşılaştırılabilir olarak değerlendirilebileceği bir sınıflandırma ihtiyacını doğurmuştur. Bu ihtiyaç 1976 yılında UNESCO tarafından geliştirilen ve 1997 yılında revize edilen Uluslararası Eğitim Sınıflama Standardı (ISCED)¹⁹¹ ile giderilmiştir. ISCED, ülkelerin eğitim program ve niteliklerini eğitim seviye ve alanlarına göre düzenleyen referans bir sınıflandırmayı ifade etmektedir.¹⁹² Dünya çapında ülkelerin eğitim sistemlerindeki yeni gelişmelerin daha iyi yakalanması ve bu durumun bir sonucu olarak ülkelerin ekonomi performanslarının artırılması amacıyla, ISCED, Kasım 2011'de revize

¹⁸⁸ Mandl, U., Dierx, A., and Ilzkovitz, F. (2008). *The Effectiveness and Efficiency of Public Spending (No 301)*. Directorate-General for Economic and Financial Affairs Publications, European Commission.

¹⁸⁹ Hanushek, E. A. ve Kimko, D. D. (2000). "Schooling, Labor Force Quality and the Growth of Nations". *American Economic Review*, 90 (5), 1184-1208.

¹⁹⁰ Dyson, R. G., Allen, R., Camanho, A. S., Podinovski, V. V., Sarrico, C. S., and Shale, E. A. (2001). "Pitfalls and Protocols in DEA". *European Journal of Operational Research*, 132, 245-259.

¹⁹¹ International Standard Classification of Education (ISCED)

¹⁹² UNESCO (1997). "International Standard Classification of Education-ISCED 1997: November 1997."

edilerek, eğitim ekonomisi ile ilgili göstergelerin geliştirilmesini sağlamıştır. Bu yeni revizyon Avrupa Birliği 2020 Stratejisi'ndeki eğitim ile ilgili göstergelerin üretilmesindeki öneminden dolayı da Eurostat tarafından desteklenmiştir.¹⁹³ Günümüzde ise hemen hemen bütün ülkeler ISCED 2011'i kabul ederek eğitim sistem ve programlarıyla ilgili verilerini UNESCO İstatistik Enstitüsü'ne aktarmak ve bu referans sınıflandırmayı kullanmakla da yükümlü olmuşlardır. Bu sayede ülkelerin eğitim program ve nitelikleriyle ilgili verilerinin karşılaştırılabilir bir şekilde kodlanmasına, analizine ve raporlanmasına olanak sağlanmıştır. Bu nedenle ISCED 2011, ulusal ve uluslararası düzeyde eğitimle ilgili olan tüm resmi verilerde, OECD ve Eurostat tarafından yapılan anketlerde ya da PISA, PIAAC, ISSP¹⁹⁴, EU-LFS¹⁹⁵ ve EU-SILC¹⁹⁶ gibi akademik araştırmalarda sıklıkla kullanılmaktadır. Ulusal ve uluslararası düzeylerde eğitim istatistiklerinin karşılaştırılabilirliğine olanak tanıyan ISCED 2011, politika yapıcılara, uluslararası eğitim istatistikleri kullanıcılarına ve akademik çalışmalara, ülkelerin eğitim sistemlerinin girdileri ve çıktıları hakkında da ayrıntılı ve doğru bilgiler sağlamaktadır. Bu kapsamda 0'dan 8'e kadar olmak üzere toplamda dokuz eğitim seviyesine sahip olan ISCED 2011'in ilgili eğitim seviyeleri ve bu seviyelerin tanımlamaları aşağıda verilmiştir:^{197, 198}

- ISCED 0: Erken çocukluk dönemi eğitimi
- ISCED 1: Temel eğitim
- ISCED 2: Alt düzey ortaöğretim eğitimi
- ISCED 3: Üst düzey ortaöğretim eğitimi
- ISCED 4: Ortaöğretim sonrası yükseköğretim derecesinde olmayan eğitim
- ISCED 5: Kısa dönem yükseköğretim eğitimi
- ISCED 6: Lisans veya eşdeğeri seviye
- ISCED 7: Yüksek lisans veya eşdeğeri
- ISCED 8: Doktora veya eşdeğeri

Yukarıda verilen ISCED seviyeleri, bir eğitim programı içeriğinin temel düzeyden yüksek düzeye kadar olan uzmanlık derecesini yansıtmaktadır. Eğitim programlarının bu seviyelere

¹⁹³ Schneider, S. L. (2015). "The International Standard Classification of Education 2011". *Class and Stratification Analysis*, 30, 365-379.

¹⁹⁴ International Social Survey Programme (ISSP)

¹⁹⁵ European Union Labour Force Survey (EU-LFS)

¹⁹⁶ European Union Statistics on Income and Living Conditions (EU-SILC)

¹⁹⁷ UNESCO Institute for Statistics (2012). "International Standard Classification of Education ISCED 2011". Montreal: UNESCO Institute for Statistics.

¹⁹⁸ İnternet: <https://biruni.tuik.gov.tr/DIESS/SiniflamaSatirListeAction.do?surumId=237&seviye=1&detay=H&turId=39&turAdi=null> adresinden 28.12.2018'de alınmıştır.

göre sınıflandırılmasında ise vekil kriterler kullanılmaktadır. Vekil kriterler, ana ve ikincil derecedeki kriterlerden oluşmaktadır. Ana kriterler, ilgili ISCED seviyesindeki eğitim programının gerekli özelliklerini; ikincil derecedeki kriterler ise eğitim programları tarafından paylaşılan özellikleri göstermektedir. Ayrıca bir eğitim programı içerisinde geçirilen süre ya da eğitim programı genelindeki kümülatif süre de vekil göstergelerde dikkate alınan ve ilgili eğitim seviyelerinin belirlenmesine yardımcı olan faktörlerdir.¹⁹⁹

Nitelikli eğitim hedefi doğrultusunda OECD ülkelerinin eğitim ekonomisi performanslarının ölçülmesi amacıyla çalışmada kullanılacak olan göstergeler, ülkelerin eğitim istatistiklerinin geçerlilik ve güvenilirliklerinin yanı sıra karşılaştırılabilirliğine olanak sağladığı için ISCED 2011 tarafından belirlenen seviyelere dayalı olarak ele alınmıştır. Bu kapsamda çalışmanın uygulama aşamasında kullanılacak olan girdi, ara ürün ve çıktı göstergeleri, kodları ve birimleri ile birlikte Çizelge 4.2’de sunulmuştur.

Kod	Açıklama	Birim
$X_1^{(1)}$:	Temel eğitim seviyesinde öğrenci başına yapılan eğitim harcaması	% Kişi başı GSYİH
$Z_1^{(1,2)}$:	PISA 2015 sonuçları	Ortalama
$Z_2^{(1,2)}$:	Ortaöğretim seviyesinde öğrenci başına yapılan eğitim harcaması	% Kişi başı GSYİH
$Z_1^{(2,3)}$:	Üst düzey ortaöğretim seviyesine göre istihdam oranı	%
$Z_2^{(2,3)}$:	Yükseköğretim seviyesinde öğrenci başına yapılan eğitim harcaması	% Kişi başı GSYİH
$Y_1^{(3)}$:	Yükseköğretim seviyesine göre istihdam oranı	%

Çizelge 4.2. Girdi, Ara Ürün ve Çıktı Göstergeleri

Çizelgede sunulan “öğrenci başına yapılan eğitim harcaması” ve “istihdam oranı” göstergelerinin, eğitim seviyelerine göre tanımlanmaları sonucu ISCED 2011 seviyelerine dayalı olarak ele alındıkları söylenmektedir. Diğer taraftan temel eğitim, ortaöğretim ve yükseköğretim seviyelerinde öğrenci başına yapılan eğitim harcaması göstergesi, UNESCO İstatistik Enstitüsü’nden ülkelerin 2013-2014 zaman aralığına dair verilerinin çekilmesiyle uygulamaya dâhil edilmiştir.²⁰⁰ Ortaöğretim ve yükseköğretim seviyelerine göre istihdam oranı göstergesi, OECD Database’den ülkelerin 2013-2015 zaman aralığına dair verilerinin

¹⁹⁹ OECD, European Union, UNESCO Institute for Statistics (2015). ISCED 2011 Operational Manual: Guidelines for Classifying National Education Programmes and Related Qualifications. OECD Publishing, pp. 13-14.

²⁰⁰ İnternet: <http://data.uis.unesco.org/> adresinden 21.3.2019’da alınmıştır.

çekilmesiyle uygulamaya dâhil edilmiştir.²⁰¹ PISA 2015 göstergesi ise OECD Database'den ülkelerin 2015 yılına dair bilim performansları ortalama skorlarına dair verilerin çekilmesiyle uygulamaya dâhil edilmiştir.²⁰² Eğitim ekonomisi alanında OECD ve UNESCO İstatistik Enstitüsü'nün kendisi tarafından sağlanan ve uygulamaya dâhil edilmiş olan bu göstergeler heterojen değildir, bu nedenle ülkeler arasında etkinlik karşılaştırmasının yapılması anlamlıdır. Çizelge 4.3'de ise *KVB*'ler olarak ele alınan ülkelerin bu girdi, çıktı ve ara ürün göstergelerine ait değerlerine yer verilmektedir.

4.1.3. Network Veri Zarflama Analizi Modelinin Seçimi

Karar verme birimleri ile girdi, ara ürün ve çıktı göstergelerinin belirlenmesinin ardından, tüm bu bileşenlerin birbirlerine entegre edildiği network sistemi içerisinde değerlendirilmesi, ülkelerin eğitim ekonomisi gerçekliklerinin daha iyi bir şekilde yansıtılmasını ve onların eğitim ekonomisi performanslarının doğru bir şekilde ölçümünü sağlamaktadır. Nitekim VZA modelleri bireysel olarak karar verme birimlerinin etkinlik ölçümünde Network VZA modelleri ise ölçülmekte olan gerçekliğin alt-süreçlerini ve genel yapısını kapsamlı bir şekilde ele alması bakımından karar vericilere ideal bir performans ölçümü sağlamaktadır. Diğer taraftan ölçülmekte olan gerçekliğin çok boyutlu bir yapıya sahip olması ya da bu çok boyutlu yapının alt-süreç etkinlikleri ve toplam etkinliği arasındaki matematiksel ilişkinin tanımlanarak ayrıştırılmasının gerektiği durumlarda, Kao (2009) tarafından önerilen ilişki network VZA modeli uygun bir performans ölçme aracı sağlamaktadır.^{203, 204, 205}

²⁰¹ İnternet: <https://data.oecd.org/emp/employment-by-education-level.htm> adresinden 5.3.2019'da alınmıştır.

²⁰² İnternet: https://www.oecd-ilibrary.org/education/pisa-2015-results-volume-i_9789264266490-en adresinden 17.2.2019'da alınmıştır.

²⁰³ [Färe and Grosskopf, 1996, pp. 65-70].

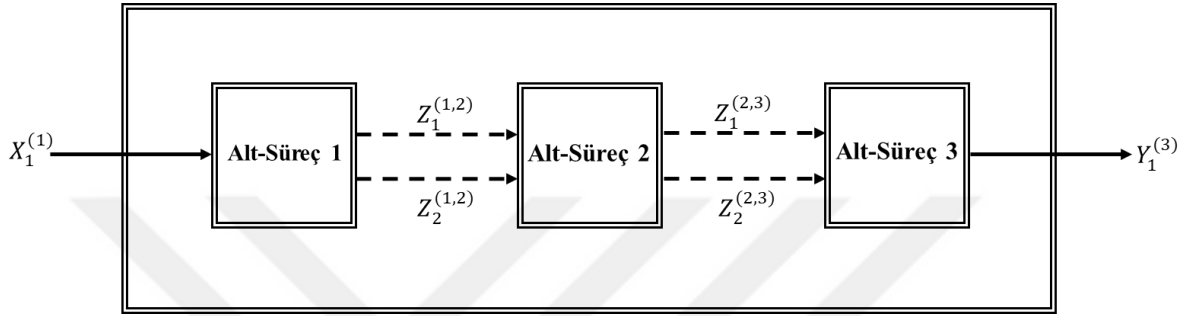
²⁰⁴ [Kao, 2009, pp. 949-962].

²⁰⁵ [Hsieh and Lin, 2010, p.14].

	$X_1^{(1)}$	$Z_1^{(1,2)}$	$Z_2^{(1,2)}$	$Z_1^{(2,3)}$	$Z_2^{(2,3)}$	$Y_1^{(3)}$
KVB_1	18.5932	509.9939	16.7917	77.6700	22.5295	83.1767
KVB_2	23.4497	495.0375	27.3519	75.9433	36.1737	85.4733
KVB_3	22.4726	501.9997	25.7987	72.8533	33.0074	84.4900
KVB_4	15.0754	446.9561	15.1517	71.7000	17.3957	84.1950
KVB_5	15.5312	492.8300	23.5477	77.7067	21.6123	84.7400
KVB_6	25.6117	501.9369	28.2276	79.6433	44.6629	86.2533
KVB_7	21.4939	534.1937	20.1925	75.7733	27.7667	84.2533
KVB_8	21.0185	530.6612	27.2000	73.2000	35.4852	83.3400
KVB_9	18.0165	494.9776	26.8059	72.8867	35.0586	84.0300
KVB_{10}	17.9128	509.1406	23.4938	79.4667	37.5885	87.9900
KVB_{11}	18.4491	476.7475	19.5469	71.5033	23.8811	81.6667
KVB_{12}	24.4524	473.2301	18.3453	87.0433	25.6424	91.2133
KVB_{13}	16.7971	502.5751	21.6000	67.6133	25.2509	81.1100
KVB_{14}	21.4471	466.5528	16.9659	72.4467	19.4927	85.9100
KVB_{15}	21.3017	480.5468	23.0962	69.8567	26.1989	78.1000
KVB_{16}	23.9656	515.8099	23.3231	71.9867	13.7440	77.4733
KVB_{17}	31.2500	490.2250	29.6703	70.9233	22.9545	85.1000
KVB_{18}	14.8592	415.7099	16.4109	70.6100	40.4662	80.3367
KVB_{19}	18.6102	513.3035	22.3160	80.9400	27.9934	86.8167
KVB_{20}	19.9855	498.4811	24.3500	81.2633	38.0238	89.5500
KVB_{21}	26.4191	501.4353	21.7531	66.1867	24.8147	86.0367
KVB_{22}	23.6089	501.1001	15.1691	77.4400	25.4516	82.2067
KVB_{23}	19.4372	460.7749	18.7881	71.2133	20.7731	79.9067
KVB_{24}	28.8696	512.8636	25.5421	69.5467	21.1539	83.8000
KVB_{25}	17.7485	492.7861	22.4697	66.0233	22.6820	77.3800
KVB_{26}	25.3405	493.4224	24.6998	84.1767	43.4855	89.1367
KVB_{27}	25.3405	505.5058	25.4500	81.2233	38.1637	88.1067
KVB_{28}	13.3391	425.4895	14.7689	61.8800	24.2958	76.4267
KVB_{29}	22.8298	509.2215	22.6604	79.5733	37.0920	84.9200
KVB_{30}	19.8534	496.2424	22.5901	68.0967	24.6532	80.5533

Çizelge 4.3. Veri Seti

Çalışmanın bu bölümünde, çok boyutlu bir yapıya sahip olan eğitim ekonomisi kavramı ilişkisel network VZA modeli kapsamında değerlendirilerek ülkelerin eğitim ekonomisi performanslarının, etkileşimli girdi ve çıktı göstergelerinden bağımsız olmadıkları gösterilmektedir. Bu kapsamda ülkelerin eğitim ekonomisi performanslarının üç alt-sürece sahip olan network yapısı ara ürünlerle birbirlerine bağlanarak Şekil 4.1.'de gösterilen bir ilişkisel network VZA modeli içerisinde değerlendirilmektedir.



Şekil 4.1. Ülkelerin Eğitim Ekonomisi Performanslarının Değerlendirilmesinde Kullanılan İlişkisel Network VZA Modeli

Şekil 4.1.'de gösterilen ilişkisel network VZA modelinde, birinci alt-süreçte temel eğitim seviyesinde öğrenci başına yapılan eğitim harcaması ($X_1^{(1)}$), PISA 2015 sonuçları ($Z_1^{(1,2)}$) ve ortaöğretim seviyesinde öğrenci başına yapılan eğitim harcaması ($Z_2^{(1,2)}$) göstergeleri performans ölçümüne dâhil edilmiştir. İkinci alt-süreçte ise PISA 2015 sonuçları ($Z_1^{(1,2)}$), ortaöğretim seviyesinde öğrenci başına yapılan eğitim harcaması ($Z_2^{(1,2)}$), ortaöğretim seviyesinde istihdam oranı ($Z_1^{(2,3)}$) ve yükseköğretim seviyende öğrenci başına yapılan eğitim harcaması ($Z_2^{(2,3)}$) göstergeleri performans ölçümünde göz önünde bulundurulmuştur. Son olarak üçüncü alt-süreçte ise ortaöğretim seviyesinde istihdam oranı ($Z_1^{(2,3)}$), yükseköğretim seviyende öğrenci başına yapılan eğitim harcaması ($Z_2^{(2,3)}$) ve yükseköğretim seviyesinde istihdam oranı ($Y_1^{(3)}$) göstergeleri performans ölçümüne dâhil edilmiştir. Bu durumda *KVB*'ler olarak karakterize edilen her bir OECD ülkesinin birinci alt-süreç etkinlik ölçümünde, girdi olarak $X_1^{(1)}$ göstergesi; çıktı olarak $Z_1^{(1,2)}$ ve $Z_2^{(1,2)}$ göstergeleri kullanılmaktadır. İkinci alt-süreç etkinlik ölçümünde ise girdi olarak $Z_1^{(1,2)}$ ve $Z_2^{(1,2)}$ göstergeleri; çıktı olarak $Z_1^{(2,3)}$ ve $Z_2^{(2,3)}$ göstergeleri kullanılmaktadır. Birinci ve ikinci alt-süreç $Z_1^{(1,2)}$ ve $Z_2^{(1,2)}$ göstergeleriyle birbirlerine bağlandıkları için ilişkisel bir yapıya sahiptirler ve bu nedenle bu iki alt-süreç bağımsız değildir. Üçüncü alt-süreç etkinlik

ölçümünde ise girdi olarak $Z_1^{(2,3)}$ ve $Z_2^{(2,3)}$ göstergeleri; çıktı olarak $Y_1^{(3)}$ göstergesi kullanılmaktadır. Benzer şekilde ikinci ve üçüncü alt-süreç de $Z_1^{(2,3)}$ ve $Z_2^{(2,3)}$ göstergeleriyle birbirlerine bağlandıkları için ilişkisel bir yapıya sahiptirler ve bu nedenle bu iki alt-süreç bağımsız değildir. Herhangi bir alt-süreçte girdi göstergesi iken bir diğer alt-süreçte çıktı göstergesi şeklinde ele alınan $Z_1^{(1,2)}$, $Z_2^{(1,2)}$, $Z_1^{(2,3)}$ ve $Z_2^{(2,3)}$ göstergeleri ise dual bir rol üstlendiklerinden dolayı ara ürün göstergeleridir.

Girdi, ara ürün ya da çıktı göstergeleri olarak ele alınan bu göstergeler kapsamında düşünüldüğünde, bir ülkenin eğitim ekonomisi performansı farklı alt-süreçleri karakterize eden farklı göstergelerden etkilendiğinden dolayı alt-süreçler düzeyinde ölçülmelidir. Diğer taraftan ilgili ülkenin eğitim ekonomisi performansı, eğitim ekonomisi ile ilişkili tüm göstergelerden etkilendiğinden bir bütün olarak da değerlendirilmelidir. Dolayısıyla ülkelerin eğitim ekonomisi performanslarının üç aşamalı analitik yapısı, sadece belirli alt-süreçlere öncelikli bir önem vermeyi ya da kilit göstergeleri ölçmeyi değil, aynı zamanda network yapısının genel performansının ölçümü için de kapsamlı bir değerlendirme sunmaktadır. Bu kapsamda genel performans değerlendirmeleri sonucu elde edilen toplam etkinlik değerleri, ülkelerarası karşılaştırmaların yapılmasına olanak tanımakta iken, alt-süreçler düzeyindeki değerlendirmeler ülkelerin toplam etkinliklerini etkileyen iç yetersizliklerin tespit edilmesini sağlamaktadır. Diğer taraftan ilişkisel network VZA modelinin farklı alt-süreçlerinde girdi ve çıktı olarak ele alınan bu göstergeler arasındaki korelasyon katsayıları ise Çizelge 4.4’de sunulmuştur.

	$Z_1^{(1,2)}$	$Z_2^{(1,2)}$	$Z_1^{(2,3)}$	$Z_2^{(2,3)}$	$Y_1^{(3)}$
$X_1^{(1)}$	0.4009*	0.4801**	0.2658	0.1609	0.4416**
$Z_1^{(1,2)}$	1.0000	–	0.2330	0.1205	0.1822
$Z_2^{(1,2)}$	–	1.0000	0.2345	0.4073*	0.3580
$Z_1^{(2,3)}$	0.2330	0.2345	1.0000	–	0.7437**
$Z_2^{(2,3)}$	0.1205	0.4073*	–	1.0000	0.4723**

Çizelge 4.4. Girdi ve Çıktı Göstergeleri Arasındaki Korelasyon Katsayıları

*. Korelasyon katsayısı 0.05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

** . Korelasyon katsayısı 0.01 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

Çizelge 4.4’de verilen ve sırasıyla birinci, ikinci ve üçüncü alt-süreçlerde girdi ve çıktı göstergeleri olarak kullanılan her gösterge çifti arasındaki korelasyon katsayılarının pozitif işarete sahip olduğu görülmektedir. Diğer taraftan ilişkisel network VZA modeli bir bütün olarak değerlendirildiğinde, bu modelin birinci alt-sürecindeki girdi ve nihai çıktı göstergeleri arasındaki korelasyon katsayısının da pozitif bir işarete sahip olduğu görülmektedir. Network VZA ile ilgili olarak yapılan çalışmalarda, göstergeler arasındaki ilişkinin doğru işarete sahip olması istenen bir durum olmakla birlikte, göstergeler arasındaki korelasyonun yüksek olması istenmeyen bir durumdur.^{206, 207} Nitekim yüksek korelasyonlu göstergelerin mevcut olduğu durumlarda, göstergelerin azaltılması ya da toplulaştırılması yönünde farklı birçok istatistiksel teknik kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında ise göstergeler arasındaki korelasyon katsayıları pozitif bir işarete sahip olduklarından beklentileri karşılamaktadır. Aynı zamanda bu korelasyon katsayılarının yüksek olmaması, göstergelerin dışlanması ya da farklı teknikler kullanılarak toplulaştırılması şeklinde bir işleme gerek duyulmadığına işaret etmektedir.

Ülkelerin eğitim ekonomisi performanslarının değerlendirilmesinde kullanılan ilişkisel network VZA modelinin belirlenmesi ve bu modelde kullanılan girdi, ara ürün ve çıktı göstergelerinin eğitim ekonomisi performansını ölçmeye yönelik beklentileri karşılayıp karşılamadıklarının tespit edilmesi sonucunda, ilişkisel network VZA modelinin çözüm aşamasına geçilmektedir.

4.1.4. Network Veri Zarflama Analizi için Geliştirilen GAMS Kodları

İlişkisel network VZA modelinde amaç, her bir *KVB*’nin toplam etkinlik ve alt-süreç etkinlik değerlerinin en üst düzeye çıkarılmasıdır. Bu amaçla ilişkisel network VZA modelinin amaç fonksiyonunun pay kısmına ilgili tüm çıktı göstergelerinin toplamı, payda kısmına ise ilgili tüm girdi göstergelerinin toplamı eklenmektedir. Amaç fonksiyonunun pay ve payda kısmında yapılan bu toplama işleminde ise her bir *KVB*’nin ilgili etkinlik değerini en üst düzeye çıkaracak ağırlık değerleri tespit edilmeye çalışılmaktadır. Bu ağırlık değerlerinin tespit edilmesi sonucunda ise her bir *KVB* için toplam etkinlik ve alt-süreç etkinlik değerleri elde edilebilmektedir. Çalışmanın bu bölümünde ilişkisel network VZA’nın modellenmesi

²⁰⁶ Lozano, S., and Gutiérrez, E. (2014). “A Slacks-Based Network DEA Efficiency Analysis of European Airlines”. *Transportation Planning and Technology*, 37 (7), 623-637.

²⁰⁷ Meng, W., Zhang, D., Qi, L., and Liu, W. (2008). Two-Level DEA Approaches in Research Evaluation. *Omega*, 36 (6), 950-957.

ve ilgili etkinlik değerlerinin hesaplanmasında Generalized Algebraic Modeling System (GAMS)²⁰⁸ yazılımı kullanılmıştır.²⁰⁹ GAMS, doğrusal programlama, tam sayılı programlama ve doğrusal-olmayan programlama gibi optimizasyon problemlerinin modellenmesi ve çözümü için geliştirilmiş bir modelleme sistemidir. Kendine has bir programlama dilinin kullanıldığı bu modelleme sisteminde, matematiksel programlama ve optimizasyon problemlerinin çözümünde farklı birçok bütünleşik yüksek performanslı çözümler kullanılmaktadır.²¹⁰ İlk olarak 1982 yılında Dünya Bankası'ndaki ekonomistler Alexandre Meeraus ve Jan Bisschop tarafından ekonomi politikası sorunlarının nicel analizlerinde kullanılan bu sistem, günümüzde büyük ölçekli ekonomi ve işletme araştırması çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır.^{211, 212} Bu çalışmada ise ülkelerin eğitim ekonomisi performanslarının karşılaştırılmasına olanak tanıyan toplam etkinlik değerlerinin hesaplanması amacıyla Çizelge 4.5'de sunulan GAMS kodları geliştirilmiştir.

SETS	
j	'number of DMUS' /DMU1*DMU30/
i	'number of inputs' /X1/
r	'number of outputs' /Y1/
p	'number of intermediates1' /Z1, Z2/
l	'number of intermediates2' /T1, T2/;
TABLE X(j, i) "input matrix"	
	X1
DMU1	18.5932
DMU2	23.4497
DMU3	22.4726
⋮	⋮
DMU30	19.8534;
TABLE Y(j, r) "output matrix"	
	Y1
DMU1	83.1767
DMU2	85.4733
DMU3	84.4900

Çizelge 4.5. İlişkisel Network VZA Modelinde Toplam Etkinlik Değerlerinin Hesaplanması için Geliştirilen GAMS Kodları

²⁰⁸ General Algebraic Modeling System (GAMS)

²⁰⁹ İnternet: www.gams.com adresinden ilgili yazılıma erişilebilmektedir.

²¹⁰ Barr R.S. (2004). "DEA Software Tools and Technology". In: Cooper, W. W., Seiford, L. M., Zhu, J. (Eds) *Handbook on Data Envelopment Analysis. International Series in Operations Research & Management Science*. Boston: Springer, pp. 538-566.

²¹¹ Rutherford, T. F. (1995). "Extension of GAMS for Complementarity Problems Arising in Applied Economic Analysis". *Journal of Economic Dynamics and Control*, 19, 1299-1324.

²¹² Rosenthal, R. E. (2017). *GAMS A User's Guide*. Washington: GAMS Development Corporation.

⋮
DMU30 80.5533;

TABLE Z(j, p) "intermediate1 matrix"

	Z1	Z2
DMU1	509.9939	16.7917
DMU2	495.0375	27.3519
DMU3	501.9997	25.7987
⋮	⋮	⋮
DMU30	496.2424	22.5901;

TABLE T(j, l) "intermediate2 matrix"

	T1	T2
DMU1	77.6700	22.5295
DMU2	75.9433	36.1737
DMU3	72.8533	33.0074
⋮	⋮	⋮
DMU30	68.0967	24.6532;

parameters

Xo(i) "input vector of DMUo"
Yo(r) "output vector of DMUo"
Zo(p) "intermediate1 vector of DMUo"
To(l) "intermediate2 vector of DMUo";

variables

thetaall "efficiency score all"
v(i) "input weights"
u(r) "output weights"
w(p) "intermediate1 weights"
q(l) "intermediate2 weights";

free variables

thetaall;

positive variables

v(i)
u(r)
w(p)
q(l);

equations

EQA
EQB
EQC
EQD
EQE

```

EQF
EQG
OBJ;

EQA    ..  SUM (i, v(i) * Xo(i)) =E= 1;
EQB (j) ..  SUM (r, u(r) * Y(j, r)) - SUM (i, v(i) * X(j, i)) =L= 0;
EQC (j) ..  SUM (l, q(l) * T(j, l)) - SUM (i, v(i) * X(j, i)) =L= 0;
EQD (j) ..  SUM (p, w(p) * Z(j, p)) - SUM (i, v(i) * X(j, i)) =L= 0;
EQE (j) ..  SUM (r, u(r) * Y(j, r)) - SUM (p, w(p) * Z(j, p)) =L= 0;
EQF (j) ..  SUM (r, u(r) * Y(j, r)) - SUM (l, q(l) * T(j, l)) =L= 0;
EQG (j) ..  SUM (l, q(l) * T(j, l)) - SUM (p, w(p) * Z(j, p)) =L= 0;
OBJ    ..  thetaall =E= SUM (r, u(r) * Yo(r));

*-----
* overall efficiency score
*-----

model overall /
EQA
EQB
EQC
EQD
EQE
EQF
EQG
OBJ /;

ALIAS (j,o);
LOOP (o,
    LOOP (i, Xo(i) = X(o, i));
    LOOP (r, Yo(r) = Y(o, r));
    LOOP (p, Zo(p) = Z(o, p));
    LOOP (l, To(l) = T(o, l));
    SOLVE overall USING LP maximizing thetaall;
);

```

Çizelge 4.5. Devamı II

Çizelge 4.5’de sunulan ve ülkelerin eğitim ekonomisi toplam etkinlik değerlerinin hesaplanmasını sağlayan yukarıdaki GAMS kodlarının çalıştırılması sonucunda thetaall olarak karakterize edilen toplam etkinlik değerleri elde edilmiştir. m ile indislenen bu etkinlik değerlerinin ilgili kümesi ise m 'number of thetall' /thetaall/ şeklinde yazılarak **SETS** kısmına dâhil edilmiştir. Toplam etkinlik değerlerinin girilmesi ise **TABLE** kısmına ülkelerin ilgili değerlerinin **TABLE** thetaall(j, m) "efficiency score matrix" şeklinde girilmesi ile yapılmıştır.

Toplam etkinlik değerleri ile ilgili olarak yapılan tüm bu işlemlerin ardından ülkelerin toplam performanslarını etkileyen alt durumlarının belirlenmesi ve iyileştirme yapılması gereken göstergelerinin tespit edilmesi amacıyla alt-süreçteki etkinlik değerlerinin de hesaplanması gerekmektedir. Bu amaçla ülkelerin toplam etkinlik değerlerini hesaplayan Çizelge 4.5'deki amaç fonksiyonunun $\theta_3 = E = \text{SUM}(r, u(r) * Y_o(r))$ şeklinde revize edilmesi ve bu modele $\text{SUM}(r, u(r) * Y_o(r)) - (\theta_3 * \text{SUM}(i, v(i) * X_o(i))) = E = 0$ ilave kısıtının eklenmesi sonucunda, ilgili ülkelerin üçüncü alt-süreçteki etkinlik değerlerinin hesaplanması amacıyla Çizelge 4.6'da sunulan GAMS kodları geliştirilmiştir.

```

SETS
j 'number of DMUS' /DMU1*DMU30/
i 'number of inputs' /X1/
r 'number of outputs' /Y1/
p 'number of intermediates1' /Z1, Z2/
l 'number of intermediates2' /T1, T2/
m 'number of theta3' /thetaall/

TABLE X(j, i) "input matrix"
      X1
DMU1  18.5932
DMU2  23.4497
DMU3  22.4726
  :
DMU30 19.8534;

TABLE Y(j, r) "output matrix"
      Y1
DMU1  83.1767
DMU2  85.4733
DMU3  84.4900
  :
DMU30 80.5533;

TABLE Z(j, p) "intermediate1 matrix"
      Z1      Z2
DMU1  509.9939  16.7917
DMU2  495.0375  27.3519
DMU3  501.9997  25.7987
  :
DMU30 496.2424  22.5901;

```

Çizelge 4.6. İlişkisel Network VZA Modelinde Alt-Süreç Etkinlik Değerlerinin Hesaplanması için Geliştirilen GAMS Kodları

TABLE T(j, l) "intermediate2 matrix"

	T1	T2
DMU1	77.6700	22.5295
DMU2	75.9433	36.1737
DMU3	72.8533	33.0074
⋮	⋮	⋮
DMU30	68.0967	24.6532;

TABLE thetaall(j, m) "efficiency score matrix"

	thetaall
DMU1	0.0538
DMU2	0.0426
DMU3	0.0445
⋮	⋮
DMU30	0.0504;

parameters

Xo(i) "input vector of DMUo"
Yo(r) "output vector of DMUo"
Zo(p) "intermediate1 vector of DMUo"
To(l) "intermediate2 vector of DMUo"
thetaallo(m) "efficiency score vector of DMUj";

variables

theta3 "efficiency score of subprocess 3"
v(i) "input weights"
u(r) "output weights"
w(p) "intermediate1 weights"
q(l) "intermediate2 weights";

free variables

theta3;

positive variables

v(i)
u(r)
w(p)
q(l);

equations

EQA
EQB
EQC
EQD
EQE
EQF


```

EQG
EQH
OBJ;

EQA      ..  SUM (p, w(p) * Zo(p)) =E= 1;
EQB (m)  ..  SUM (r, u(r) * Yo(r)) - (thetaallo(m) * SUM (i, v(i) * Xo(i))) =E= 0;
EQC (j)  ..  SUM (r, u(r) * Y(j, r)) - SUM (i, v(i) * X(j, i)) =L= 0;
EQD (j)  ..  SUM (l, q(l) * T(j, l)) - SUM (i, v(i) * X(j, i)) =L= 0;

EQE (j)   SUM (p, w(p) * Z(j, p)) - SUM (i, v(i) * X(j, i)) =L= 0;
EQF (j)   SUM (r, u(r) * Y(j, r)) - SUM (l, q(l) * T(j, l)) =L= 0;
EQG (j)   SUM (r, u(r) * Y(j, r)) - SUM (p, w(p) * Z(j, p)) =L= 0;
OBJ       ..  theta3 =E= SUM (r, u(r) * Yo(r));
*-----
* subprocess3 efficiency score
*-----

model subprocess3 /
EQA
EQB
EQC
EQD
EQE
EQF
EQG
EQH
OBJ /;

ALIAS (j,o);
LOOP (o,
    LOOP (i, Xo(i) = X(o, i));
    LOOP (r, Yo(r) = Y(o, r));
    LOOP (p, Zo(p) = Z(o, p));
    LOOP (l, To(l) = T(o, l));
    LOOP (m, thetaallo(m) = thetaall(o, m));
    SOLVE subprocess2 USING LP maximizing theta3;
);

```

Çizelge 4.6. Devamı II

Ülkelerin ikinci alt-süreçteki etkinlik değerlerinin (θ_2) elde edilmesinde ise Çizelge 4.5’deki amaç fonksiyonunun $\theta_2 = E = \text{SUM}(l, q(l) * T_o(l))$ şeklinde revize edilmesi ve bu modele $\text{SUM}(r, u(r) * Y_o(r)) - (\theta_{allo}(m) * \text{SUM}(i, v(i) * X_o(i))) = E = 0$ ilave kısıtının eklenmesi gerekmektedir. Diğer taraftan ülkelerin birinci alt-süreçteki etkinlik değerleri (θ_1) de amaç fonksiyonunun $\theta_1 = E = \text{SUM}(p, w(p) * Z_o(p))$ şeklinde revize edilmesi ve $\text{SUM}(r, u(r) * Y_o(r)) - (\theta_{allo}(m) * \text{SUM}(i, v(i) * X_o(i))) = E = 0$ ilave kısıtının

eklenmesiyle hesaplanabileceği gibi $\theta_1 = \theta_{all} / (\theta_3 * \theta_2)$ eşitliği kullanılarak da hesaplanabilmektedir.

4.1.5. Ülkelerin Toplam ve Alt Süreç Etkinlik Değerlerinin Belirlenmesi

Ülkelerin toplam etkinlik ve alt-süreç etkinlik değerlerinin hesaplanması amacıyla geliştirilmiş olan GAMS kodlarının çalıştırılması sonucunda elde edilen etkinlik değerleri Çizelge 4.7’de verilmektedir. Bu çizelgede *KVB*’ler olarak karakterize edilen ülkelerin, toplam etkinlik değerleri E_k sütununda, birinci alt-süreçteki etkinlik değerleri E_k^1 sütununda, ikinci alt-süreçteki etkinlik değerleri E_k^2 sütununda ve üçüncü alt-süreçteki etkinlik değerleri ise E_k^3 sütununda gösterilmektedir.

Ülkelerin birinci alt-süreçteki etkinlik değerleri olan göz önünde bulundurulduğunda, bu alt-süreçte İsveç, İzlanda, Birleşik Krallık ve Portekiz gibi ülkelerin en yüksek etkinlik değerlerine (sırasıyla 1.0000, 1.0000, 0.9927 ve 0.9925) sahip oldukları ve bu durumun bir sonucu olarak etkinlik değerleri sıralamasında bu ülkelerin üst sıralarda yer aldıkları Çizelge 4.7’den görülmektedir. Diğer taraftan Türkiye ve Polonya’nın sırasıyla 0.8534 ve 0.8096 etkinlik değerleriyle sıralamanın sonlarında yer aldıkları aynı çizelgeden görülebilmektedir.

Ülkelerin birinci alt-süreçteki etkinlik değerleri olan göz önünde bulundurulduğunda, bu alt-süreçte İsveç, İzlanda, Birleşik Krallık ve Portekiz gibi ülkelerin en yüksek etkinlik değerlerine (sırasıyla 1.0000, 1.0000, 0.9927 ve 0.9925) sahip oldukları ve bu durumun bir sonucu olarak etkinlik değerleri sıralamasında bu ülkelerin üst sıralarda yer aldıkları çizelgeden görülmektedir. Diğer taraftan Türkiye ve Polonya’nın sırasıyla 0.8534 ve 0.8096 etkinlik değerleriyle sıralamanın sonlarında yer aldıkları aynı çizelgeden görülebilmektedir. Bu alt-süreçte kullanılan göstergelerden olan PISA puanları göstergesinin ya da öğrenci başına yapılan eğitim harcamaları göstergesinin artış göstermesi, kuşkusuz ele alınan ilişki network VZA modelindeki *KVB*’lerin etkinlik değerlerini artırıcı unsurlar arasında gösterilmektedir. Nitekim PISA’ya katılan ve etkinlik değerleri sıralamasında üçüncü sırada yer alan bir ülke olarak Portekiz’in, eğitimsel kazanımlarını iyileştirmede en hızlı ilerleme kaydeden ülkeler arasında yer alması bu durumu doğrulamaktadır.

<i>KVB</i>	Ülke	E_k	E_k^1	E_k^2	E_k^3
<i>KVB</i> ₁	Avustralya	0.5305 (22)	0.9720 (7)	0.7274 (26)	0.7503 (17)
<i>KVB</i> ₂	Avusturya	0.6532 (9)	0.9401 (14)	0.8988 (11)	0.7731 (14)
<i>KVB</i> ₃	Belçika	0.6307 (13)	0.9123 (20)	0.9137 (10)	0.7566 (16)
<i>KVB</i> ₄	Şili	0.4269 (29)	0.8875 (23)	0.7157 (27)	0.6721 (21)
<i>KVB</i> ₅	Çekya	0.4358 (28)	0.9542 (10)	0.8441 (14)	0.5411 (30)
<i>KVB</i> ₆	Danimarka	0.7074 (5)	0.9799 (4)	0.8651 (13)	0.8345 (9)
<i>KVB</i> ₇	Estonya	0.6087 (14)	0.9494 (12)	0.8266 (15)	0.7756 (13)
<i>KVB</i> ₈	Finlandiya	0.5996 (15)	0.9294 (17)	0.9610 (4)	0.6713 (22)
<i>KVB</i> ₉	Fransa	0.5100 (23)	0.9214 (18)	0.9252 (9)	0.5983 (29)
<i>KVB</i> ₁₀	Almanya	0.4859 (26)	0.9594 (9)	0.8103 (19)	0.6250 (27)
<i>KVB</i> ₁₁	Macaristan	0.5353 (20)	0.9150 (19)	0.8194 (16)	0.7140 (18)
<i>KVB</i> ₁₂	İzlanda	0.6397 (12)	1.0000 (1)	0.6577 (30)	0.9726 (3)
<i>KVB</i> ₁₃	İrlanda	0.4917 (25)	0.8758 (25)	0.9256 (8)	0.6066 (28)
<i>KVB</i> ₁₄	İsrail	0.5920 (16)	0.8758 (26)	0.7649 (25)	0.8837 (6)
<i>KVB</i> ₁₅	İtalya	0.6491 (10)	0.9433 (13)	0.8926 (12)	0.7709 (15)
<i>KVB</i> ₁₆	Kore	0.7357 (3)	0.9519 (11)	0.9514 (5)	0.8124 (10)
<i>KVB</i> ₁₇	Letonya	0.8770 (1)	0.8778 (24)	0.9991 (2)	1.0000 (1)
<i>KVB</i> ₁₈	Meksika	0.4382 (27)	0.9298 (16)	0.7049 (28)	0.6686 (23)
<i>KVB</i> ₁₉	Yeni Zelanda	0.5093 (24)	0.9751 (5)	0.8125 (18)	0.6428 (24)
<i>KVB</i> ₂₀	Norveç	0.5327 (21)	0.9653 (8)	0.8032 (20)	0.6871 (20)
<i>KVB</i> ₂₁	Polonya	0.7279 (4)	0.8096 (29)	0.9476 (6)	0.9488 (4)
<i>KVB</i> ₂₂	Portekiz	0.6843 (6)	0.9925 (3)	0.6896 (29)	0.9998 (2)
<i>KVB</i> ₂₃	Slovakya	0.5784 (18)	0.9330 (15)	0.7885 (22)	0.7862 (12)
<i>KVB</i> ₂₄	Slovenya	0.8180 (2)	0.8650 (27)	1.0000 (1)	0.9457 (5)
<i>KVB</i> ₂₅	İspanya	0.5449 (19)	0.8978 (21)	0.9632 (3)	0.6301 (25)
<i>KVB</i> ₂₆	İsveç	0.6744 (8)	1.0000 (1)	0.7784 (23)	0.8664 (7)
<i>KVB</i> ₂₇	İsviçre	0.6804 (7)	0.9740 (6)	0.8160 (17)	0.8561 (8)
<i>KVB</i> ₂₈	Türkiye	0.4154 (30)	0.8534 (28)	0.7737 (24)	0.6291 (26)
<i>KVB</i> ₂₉	Birleşik Krallık	0.6407 (11)	0.9927 (2)	0.8001 (21)	0.8067 (11)
<i>KVB</i> ₃₀	ABD	0.5851 (17)	0.8880 (22)	0.9379 (7)	0.7025 (19)

Çizelge 4.7. Ülkelerin Toplam ve Alt-Süreç Etkinlik Değerleri²¹³

²¹³ Parantez içinde verilen değerler, ülkelerin ilgili etkinlik değerlerine göre elde edilen sıra değerleridir.

Çizelge 4.7’den görülebileceği üzere, etkinlik değerleri sıralamasında altıncı sırada yer alan bir ülke olarak İsviçre’nin öğrenci başına yapılan eğitim harcamalarının en yüksek olduğu ülkeler arasında yer alması da ilgili durumu doğrulamaktadır.^{214, 215} Aynı zamanda sıralamada yine üst sıralarda yer alan Danimarka, İsviçre ve Norveç gibi ülkelerin PISA’nın beceri testleri ile ölçülen öğrenme çıktılarına dair iyileştirmeler görülmeden önceki yıllarda öğrenci başına yapılan eğitim harcamalarını artırması da bu durumu desteklemektedir. Ancak ülkelerin öğrenme çıktıları kalitesini yansıtan PISA puanlarının artırılması, sadece ilgili eğitim seviyesindeki harcamaların artırılmasına bağlı olarak değerlendirilmemelidir. Çünkü OECD ülkeleri arasında temel eğitim ve ortaöğretim seviyelerinde öğrenci başına yapılan eğitim harcaması 2005 ve 2013 yılları arasında yaklaşık %20 artış göstermesine rağmen, OECD ülkeleri ortalaması genelinde öğrenme çıktıları 2000 yılından günümüze ya durmaktadır ya da azalma göstermektedir.²¹⁶ Bu kapsamda bu alt-süreçte kullanılan göstergeler genelinde ülkelerin durumlarının tespit edilmesi ve etkinlik değerlerinin elde edilmesi, ülkelerin finansal kaynaklarını ilgili eğitim seviyelerine nasıl tahsis etmeleri ve eğitim politikalarını ülkeler arasındaki ve içindeki performans farklılıklarını dikkate alarak nasıl revize etmeleri konusunda yardımcı bir unsur olarak değerlendirilmelidir.

İlişkisel network VZA modelinin ikinci alt-süreci göz önünde bulundurulduğunda, Slovenya’nın 1.0000 etkinlik değeri ile eğitim ekonomisi performans değerlendirmesinde etkin bir ülke olarak nitelendirildiği görülmektedir. Slovenya’yı takiben Letonya, İspanya ve Finlandiya gibi ülkelerin de 1.0000’e çok yakın olan etkinlik değerleri Çizelge 3.7’den görülebilmektedir. Ülkemiz ise bu alt-süreçte 0.7737 etkinlik değeri ile yirmi dördüncü sırada yer almaktadır. Diğer taraftan ikinci alt-süreçte kullanılan öğrenci başına yapılan eğitim harcaması ile istihdam oranı göstergeleri kapsamında düşünüldüğünde, eğitime yapılan yüksek yatırımların ülkelerin sürdürülebilir ekonomik kalkınmalarını hızlandırdıkları ve dolayısıyla toplumda istihdam edilebilirlik oranlarını artırdığını söylenebilmektedir.^{217, 218} Bu göstergeler tek başına bir ülkenin eğitim ekonomisi

²¹⁴ OECD (2018). “Education at a Glance 2018: OECD Indicators, Country Note: Portugal”. Paris: OECD Publishing.

²¹⁵ OECD (2018). “Education at a Glance 2018: OECD Indicators, Country Note: Switzerland”. Paris: OECD Publishing.

²¹⁶ [OECD, 2016, p. 265]

²¹⁷ Domar, E. D. (1946). “Capital Expansion, Rate of Growth, and Employment”. *Econometrica*, 14 (2), 137-147.

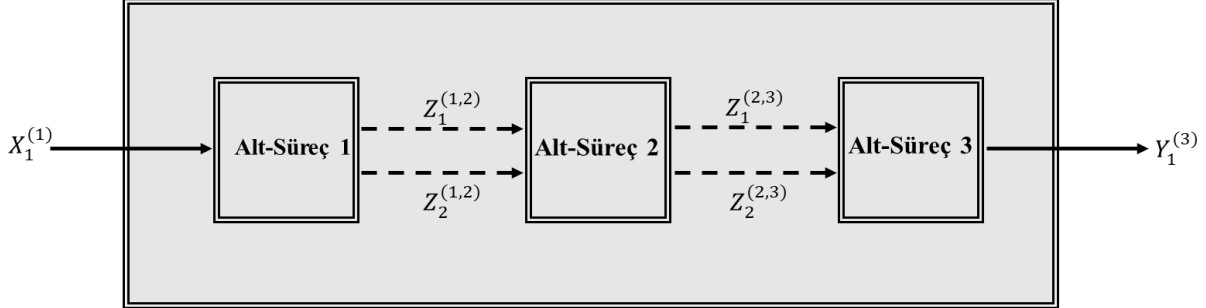
²¹⁸ Landau, D. (1983). “Government Expenditure and Economic Growth: A Cross-Country Study”. *Southern Economic Journal*, 49 (3), 783-792.

performansını tam olarak ölçmese de bu ilişkisel network VZA modelinde olduğu gibi birlikte ele alındıklarında ülkelere eğitim ekonomisine dair yararlı referans noktaları sağlamaktadır. Bu referans noktaları ise ilgili seviyede eğitim program ve niteliklerine daha fazla bütçe ayıran ve bireylerine daha fazla istihdam edilebilirlik sağlayan ülkeleri temsil etmektedir. Dolayısıyla bu ülkelerin yüksek etkinlik değerlerine sahip olmaları beklenen bir durumdur. Sosyo-ekonomik eşitsizliklerin bulunduğu ya da eğitime yeterli bütçe ayıramayan ülkelerde ise bireylerin gerek eğitimden yararlanma olasılıkları gerekse istihdam edilebilirlikleri düşük olduğundan bu ülkelerin de düşük etkinlik değerlerine sahip olmaları beklenen bir durumdur. Sonuç olarak bu alt-süreçte eğitim harcamaları, PISA puanları ve istihdam oranları göstergeleri kapsamında yapılan karşılaştırmalı değerlendirmeler, ülkelerin eğitim ekonomisi performanslarını iyileştirme çabalarına destek olmaktadır.

Ülkelerin üçüncü alt-süreçteki etkinlik değerleri olan göz önünde bulundurulduğunda ise Letonya'nın 1.0000 etkinlik değeri ile eğitim ekonomisi performans değerlendirmesinde etkin bir ülke olarak nitelendirildiği görülmektedir. Letonya'yı takiben Portekiz ve İzlanda, sırasıyla 0.9998 ve 0.9726 etkinlik değerleriyle sıralamada ikinci ve üçüncü olmuşlardır. Bu ülkelerin ilgili eğitim seviyelerine göre istihdam oranları göstergesinde ya da bu seviyelerde öğrenci başına yaptıkları eğitim harcamaları göstergesinde yüksek değerlere sahip olması, ilgili ülkelerin etkinlik değerleri sıralamasında üst sıralarda yer almalarını sağlamaktadır. Ülkemiz ise bu alt-süreçte 0.6291 etkinlik değeri ile yirmi altıncı sırada yer almaktadır. Diğer taraftan Çekya, Fransa ve İrlanda gibi ülkeler ise sırasıyla 0.5411, 0.5983 ve 0.6066 etkinlik değerleri ile bu alt-süreçte ülkemizden daha geri sıralarda yer almaktadır.

Son olarak Çizelge 4.7'nin E_k sütununda sunulan ve ülkelerin toplam etkinlik değerleri göz önünde bulundurulduğunda, Letonya'nın 1.0000 etkinlik değeri ile eğitim ekonomisi performans değerlendirmesinde etkin bir ülke olarak nitelendirildiği görülmektedir. Letonya'yı takiben Portekiz ve İzlanda'nın da yüksek etkinlik değerlerine sahip oldukları görülebilmektedir. Genel değerlendirmede ise ülkemiz, 0.4154 etkinlik değeri ile son sırada yer almaktadır. İlişkisel network VZA modelinde ülkelerin genel performanslarını yansıtan toplam etkinlik değerlerine yönelik değerlendirmeler yapılmadan önce, bu modeldeki alt-süreçler ve bu alt-süreçleri birbirlerine bağlayan ara ürün göstergeleri ihmal edilerek ülkeler klasik VZA modeli içerisinde değerlendirilmiştir. Bu sayede ilişkisel network VZA modelinin çözümü sonucunda elde edilen toplam etkinlik değerlerinin ve klasik VZA modelinin çözümü sonucunda elde edilen genel etkinlik değerlerinin birlikte değerlendirilmesi mümkün kılınmıştır. Alt-süreçleri birbirlerine bağlayan

$Z_1^{(1,2)}$, $Z_2^{(1,2)}$, $Z_1^{(2,3)}$ ve $Z_2^{(2,3)}$ ara ürünlerinin ihmal edilerek, yalnızca $X_1^{(1)}$ göstergesinin girdi ve $Y_1^{(3)}$ göstergesinin çıktı olarak ele alındığı klasik VZA modeli Şekil 4.2’de sunulmuştur.



Şekil 4.2. Ülkelerin Eğitim Ekonomisi Performanslarının Değerlendirilmesinde Kullanılan Kara Kutu Modeli

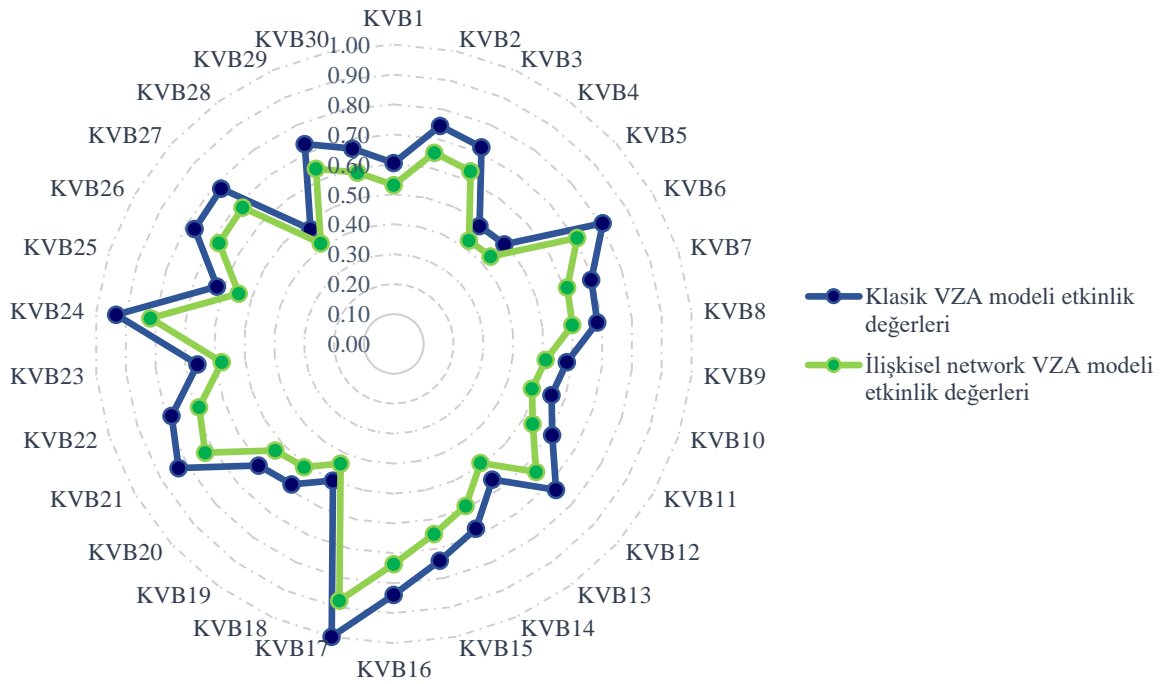
Şekil 4.2’de sunulan ve kara kutu modeli olarak da nitelendirilen bu klasik VZA modelinin çözümü için çalışmada geliştirilen GAMS kodları, ara ürün göstergeleri, *KVB*’lerin bu göstergelere ait değerleri ve ilgili eşitlikler dışlanarak tekrar çalıştırılmıştır. *KVB* olarak karakterize edilen ülkeler için elde edilen etkinlik değerleri ise Çizelge 4.8’de sunulmaktadır.

<i>KVB</i>	E_k	<i>KVB</i>	E_k
<i>KVB</i> ₁	0.6049 (22)	<i>KVB</i> ₁₆	0.8389 (3)
<i>KVB</i> ₂	0.7448 (9)	<i>KVB</i> ₁₇	1.0000 (1)
<i>KVB</i> ₃	0.7191 (13)	<i>KVB</i> ₁₈	0.4997 (27)
<i>KVB</i> ₄	0.4867 (29)	<i>KVB</i> ₁₉	0.5808 (24)
<i>KVB</i> ₅	0.4969 (28)	<i>KVB</i> ₂₀	0.6075 (21)
<i>KVB</i> ₆	0.8066 (5)	<i>KVB</i> ₂₁	0.8300 (4)
<i>KVB</i> ₇	0.6940 (14)	<i>KVB</i> ₂₂	0.7803 (6)
<i>KVB</i> ₈	0.6837 (15)	<i>KVB</i> ₂₃	0.6595 (18)
<i>KVB</i> ₉	0.5815 (23)	<i>KVB</i> ₂₄	0.9327 (2)
<i>KVB</i> ₁₀	0.5540 (26)	<i>KVB</i> ₂₅	0.6214 (19)
<i>KVB</i> ₁₁	0.6104 (20)	<i>KVB</i> ₂₆	0.7689 (8)
<i>KVB</i> ₁₂	0.7294 (12)	<i>KVB</i> ₂₇	0.7758 (7)
<i>KVB</i> ₁₃	0.5606 (25)	<i>KVB</i> ₂₈	0.4737 (30)
<i>KVB</i> ₁₄	0.6751 (16)	<i>KVB</i> ₂₉	0.7306 (11)
<i>KVB</i> ₁₅	0.7401 (10)	<i>KVB</i> ₃₀	0.6672 (17)

Çizelge 4.8. Klasik VZA Modeli Kullanılarak Elde Edilen Ülkelerin Etkinlik Değerleri²¹⁹

²¹⁹ Parantez içinde verilen değerler, ülkelerin ilgili etkinlik değerlerine göre elde edilen sıra değerleridir.

İlişkisel network VZA modeli kullanılarak elde edilmiş olan Çizelge 4.7'deki etkinlik değerleri ile, klasik VZA modeli kullanılarak elde edilmiş olan Çizelge 4.8'deki etkinlik değerlerinin ne kadar örtüştükleri ise Şekil 4.3'de sunulmaktadır. Şekle göre farklı modeller kullanılarak elde edilen etkinlik değerleri arasında tam bir örtüşme olmasa da, *KVB*'ler için yapılan etkinlik değerleri sıralamasının benzer olduğu görülmektedir. Aynı zamanda ilişkisel network VZA modelinin ayırt edicilik özelliğinin daha yüksek olmasının bir sonucu olarak, her bir *KVB* için bu model kullanılarak elde edilen etkinlik değerinin klasik VZA modeli kullanılarak elde edilen etkinlik değerinden küçük olduğu da şekilden görülebilmektedir.



Şekil 4.3. Klasik VZA Modeli ve İlişkisel Network VZA Modeli Kullanılarak Elde Edilen Toplam Etkinlik Değerleri

Klasik modelde $Z_1^{(1,2)}$, $Z_2^{(1,2)}$, $Z_1^{(2,3)}$ ve $Z_2^{(2,3)}$ ara ürünlerinin ihmal edilmesi ise sistem içindeki alt-süreçler tarafından yürütülen işlemlerin tanımlanmamasına ve dolayısıyla alt-süreç performanslarının sistemin genel performansı üzerindeki etkisinin göz ardı edilmesine neden olmaktadır.²²⁰ Bu kapsamda ilişkisel network VZA modeli kullanılarak yapılan eğitim ekonomisi değerlendirmesinin, klasik VZA modelindeki eksiklikleri gidererek daha gerçekçi bir performans değerlendirmesi yapılmasına olanak tanıdığı söylenebilmektedir. Çünkü klasik VZA modelinde her bir *KVB* için genel performansları yansıtan salt etkinlik

²²⁰ [Tone and Tsutsui, 2014, p.37].

değerleri elde edilmekte iken, ilişkisel network VZA modelinde her bir *KVB* için genel performanslarını yansıtan toplam etkinlik değerlerinin yanı sıra network sisteminin farklı alt-süreçlerindeki performanslarını yansıtan alt-süreç etkinlik değerleri elde edilmektedir. Bu sayede eğitim ekonomisi performans değerlendirmesine ilişkin olarak ele alınan ilişkisel network VZA modelinde her bir ülke için hem genel performansı hem de bu performansı etkileyen alt-süreç performansları için kapsamlı bir hesaplama ve etkin bir ölçme yapılmış olmaktadır.





5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ekonomik rekabet edebilirliğin, sosyal bütünlüğün ve çevresel sürdürülebilirliğin merkezinde bir kavram olarak eğitim, her zaman gündemde olan bir konu olmuştur. Eğitimin niteliğinin artırılması ise ekonomik, sosyal ya da çevresel herhangi bir alanda ülkelerin kalkınmaları için gerekli olan koşulların optimize edilmesini sağlamaktadır. Bu doğrultuda SKH gündeminin de odağında bulunan ve “her yerde ve herkes için kapsayıcı ve nitelikli bir eğitimin sağlanması ve yaşam boyu öğrenme fırsatlarının teşvik edilmesi” şeklinde ifade edilen nitelikli eğitim hedefinin bir gerçekliğe dönüşmesi, kalkınmaya yönelik olumlu değişim süreçlerinin başlatılmasını sağlamaktadır. Ancak bu süreçlerin değerlendirilmesi ile ülke performanslarının ölçülmesi, süreç içerisinde önem verilmesi gereken noktaların tespit edilmesi ya da iyileştirme gereken noktalarda ne tür eylemler yapılması gerektiğinin planlanması her zaman kolay olmamaktadır. Bu sorunun üstesinden gelmek amacıyla, çalışmada ülkelerin eğitim ekonomisi performansları, yeni geliştirilmiş bir etkinlik ölçümü yöntemi olan ilişkisel network VZA kullanılarak değerlendirilmiştir. Ülke performanslarını, eğitim ekonomisi ile ilişkili makroekonomik göstergelerin bir fonksiyonu olarak network yapısına sahip bir sistem içerisinde değerlendiren bu yöntem sayesinde, uluslararası karşılaştırmaların yapılması mümkün kılınarak ulusal performans beklentisinin de ne derecede karşılandığı tespit edilmeye çalışılmıştır.

Network VZA modelleri, bilimsel olarak objektif bir analiz sağlaması ve doğası gereği performans karmaşıklıklarına sahip olan karar verme birimlerini yakalayabilmesi açısından, farklı birçok konuda uluslararası karşılaştırmalar yapılmasında önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. Network VZA modelinin bir alt dalı olan ilişkisel network VZA modeli ise etkileşimli alt-süreçlere sahip sistemlerin toplam etkinliklerinin ve alt-süreç etkinliklerinin eş zamanlı olarak tahmin edilmesine olanak sağlaması bakımından ülke performanslarının değerlendirilmesine analitik bir model sunmaktadır. Nitekim her ülke için birincil derecede bir kamu politikası sorunu olan nitelikli eğitimin sağlanamaması konusunda, ülkelerin eğitim ekonomisi performanslarının uygun bir model içerisinde değerlendirilmesi oldukça önemli bir konudur. Bu değerlendirmede ilişkisel network VZA modelinin kullanılması ise ülkelerin eğitim ekonomisi performanslarının karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesine olanak tanıyan toplam etkinlik değerlerinin hesaplanmasını ve aynı zamanda, eğitim ekonomisi performansını etkileyen makroekonomik göstergelerin

ayrıştırılmış bir düzeyde değerlendirilmesine olanak tanıyan alt-süreç etkinlik değerlerinin hesaplanmasını sağlamaktadır.

Çalışmada, 30 OECD ülkesinin eğitim ekonomisi performansları, bilimsel literatürün önerdiği eğitime ayrılan bütçe, eğitim seviyelerine göre istihdam oranları ve PISA gibi farklı tematik göstergelere dayalı olarak tanımlanmaktadır. Bu tematik göstergeleri girdi, ara ürün ve çıktı göstergesi şeklinde değerlendirmekte olan ilişkisel network VZA modeli, basit bir yapıya sahip olan tek boyutlu modellerin ötesinde kapsamlı bir analiz sunmaktadır. Örneğin eğitim seviyelerine göre istihdam oranları göstergesi, bir ülkenin ekonomik kalkınmasının ve iktisadi büyümesinin değerlendirilmesinde sağlam bir ölçüt olarak kullanılabilir. Benzer şekilde eğitime ayrılan bütçe göstergesi, öğrenme sürecinde kullanılan kaynakların kalitesini temsil etmesi ve eğitimsel kazanım oranlarını etkilemesi bakımından; PISA göstergesi, öğrencilerin bilgi ve becerileri ile ulusal eğitim ve öğretim sistemlerinin kalitesinin uluslararası standartlara göre değerlendirilmesi bakımından oldukça önemli bilgiler sağlayan ölçütlerdendir. Ancak tek başlarına birer gösterge olarak bir ülkenin eğitim ekonomisi performansının ölçülmesinde, ülkeler arası eşitsizliklerin belirlenmesinde ya da uluslararası rekabet edebilirliğinin analiz edilmesinde bu göstergeler yeterli olmayabilir. Bu noktada mikro düzeyde ülkelerin farklı ekonomik, sosyal ve kültürel koşulları ile ilişkili olan durumlarını dikkate alan, makro düzeyde ise ülkelerin eğitim ekonomisi ile ilişkili olan resmi istatistiklerini işleme alan ilişkisel network VZA modeli, ülkelerin eğitim ekonomisi performanslarının çok boyutlu bir şekilde değerlendirilmesini sağlamaktadır. Bu çok boyutlu performans değerlendirmesi ise kamu politika ve finansmanın eğitime yönelik etkileri konusunda ülkeler için tamamlayıcı bir kılavuz niteliğindedir.

İlişkisel network VZA modeline girdi, ara ürün ve çıktı göstergesi şeklinde dâhil edilerek eğitim ekonomisi performans değerlendirmesinde kullanılmakta olan toplam altı gösterge, ülkelerin eğitim istatistiklerinin karşılaştırılabilirliğine olanak sağlaması bakımından ISCED 2011 seviyelerine dayalı olarak ele alınmaktadır. Bu farklı seviyelerde tanımlanan göstergelerin ilişkisel network VZA modelinin farklı alt-süreçlerinde değerlendirilmesi neticesinde, çalışmada ülkelerin eğitim ekonomisi performansı üç alt-sürece sahip bir sistem şeklinde karakterize edilmektedir. Üç alt-süreçli bu network VZA modelinin çözüm aşamasında, yani ülkelerin alt-süreç etkinlik değerlerinin ve toplam etkinlik değerlerinin hesaplanması aşamasında GAMS yazılımı kullanılmaktadır. GAMS, doğrusal programlama, tam sayılı programlama ve doğrusal-olmayan programlama gibi çok çeşitli optimizasyon problemlerini uygulama esnekliğine sahip olan bir yazılımdır. Kendine has bir programlama

dilinin kullanıldığı bu yazılımda, finans, ekonomi, çevre, enerji veya matematik gibi farklı disiplinlerdeki farklı optimizasyon problemleri cebirsel olarak kolay bir şekilde ifade edilerek modellenebilmekte ve çözülebilmektedir. Günümüzde özellikle büyük ölçekli ekonomi ve işletme araştırması çalışmaları tarafından kullanılmakta olan bu yazılım, çalışmada ülkelerin eğitim ekonomisi performans değerlendirmesi yapılırken kullanılmaktadır. Bu noktadan hareketle ülkelerin eğitim ekonomisi etkinliklerinin, network VZA modeli içerisinde karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi ve bu değerlendirmenin objektif bir şekilde yapılması amacıyla geliştirilmiş olan GAMS kodlarının sunulması bakımından, çalışmanın literatürde ilk olma özelliği taşıdığı söylenebilmektedir. Nitekim çalışma kapsamında geliştirilen ve sunulan GAMS kodları sayesinde ülkelerin ilgili etkinlik değerlerinin kompakt, doğru ve son derece hızlı bir şekilde hesaplanması mümkün kılınmakla birlikte, ilişkisel network VZA'yı çalışmalarında kullanmak isteyen araştırmacılar için de erişilebilir bir kod imkânı sunulmaktadır. Bu sayede yüksek maliyetli ticari programları satın almak yerine, çalışmada geliştirilen kodlar ele alınan konuya göre revize edilerek farklı disiplinlerde uygulanabilmektedir.

Network VZA modelinin çözümü için geliştirilen GAMS kodlarının çalıştırılması sonucunda toplam ve alt-süreçler düzeylerinde her bir ülkeye etkinlik değerleri atanmaktadır. Etkin olan ülkelere yüksek değerlerin ve etkin olmayan ülkelere de düşük değerlerin atanmış olduğu bu performans değerlendirmesi neticesinde, ülkelerin nitelikli eğitim alanındaki standartlarını iyileştirebilecek potansiyel politikaları belirlemelerine ve uygulamalarına yardımcı olunmaya çalışılmaktadır. Ayrıca Türkiye'nin de içerisinde bulunduğu düşük etkinlik değerime sahip olan ülkelerin, ihtiyaç duydukları alt-süreçlerinde istihdam oranlarını güçlendirmeye ya da eğitime ayırdıkları bütçelerini artırmaya yönelik eğitim ekonomisi politikaları tasarlamaları, bu ülkelerin etkinlik değerlerini yükseltmelerine yardımcı olacaktır. Eğitim ekonomisi alanında yüksek etkinlik değerlerine sahip olan ülkelerin tespit edilmesi ise bu ülkelere neler öğrenilebileceğini ortaya koymakla birlikte, bu ülkelerde izlenen politika ve stratejilerin diğer ülkeler tarafından benimsenmesi noktasında yaşanan olumsuzlukların da aşılmasını bakımından oldukça faydalı olacaktır. Çalışmanın bulguları ise genel olarak eğitim ekonomisi performans değerlendirmesine dâhil edilen göstergeler düzeyinde yüksek değerlere sahip olan ülkelerin etkinlik değerleri sıralamasında üst sıralarda ya da düşük değerlere sahip olan ülkelerin etkinlik değerleri sıralamasında alt sıralarda yer almasını doğrulaması bakımından ülkelerin mevcut konumlarını desteklemektedir. Diğer taraftan nitelikli eğitim hedefi kapsamında yapılan

performans değerlendirmesi neticesinde ülkelere atanmış olan farklı etkinlik değerleri, ilgili kalkınma hedefinin kavramlaştırılması gibi bir amaca sahip olmamakla birlikte, ülkelerin sürdürülebilir kalkınmalarını teşvik edecek temel eğitim ekonomisi göstergelerinin göreceli önemlerinin belirlenmesine yardımcı olmaya çalışmaktadır. Bu sayede her bir ülkenin eğitim ekonomisi performans değerlendirmesinde etkin olarak nitelendirilmesi için yerine getirmesi gereken girdi ve çıktı hedefleri spesifik olarak belirlenebilmekte iken, ülkelerin bu hedeflere ulaşmak için girdi ve çıktılarını ne ölçüde değiştirmeleri gerektiği de tespit edilebilmektedir.

Tüm bu açıklamalar göstermektedir ki, küresel bilgi tabanlı bir ekonominin var olduğu günümüzde, bireylerin sosyo-ekonomik statülerini geliştirmenin, toplumların işgücü verimliliklerini artırmanın, ülkelerin ekonomik istikrarlarını sağlamanın bir önkoşulu olarak, eğitim ekonomisi ile ilgili olarak yapılan çalışmalar ulusal düzeyde önemli olduğu kadar, uluslararası kurum ve kuruluşlar açısından da oldukça önemlidir. Bu kapsamda bir üretim etkinliği olarak ülkelerin nitelikli insan sermayesini optimize etmeye çalışan bu çalışmanın, ülkelerin eğitim ekonomisi etkinliklerini artıracak reformların tasarlanması aşamasında veya onların mevcut durumlarını iyileştirecek olan politika ve stratejilerin belirlenmesi aşamasında politika yapıcılara, uluslararası eğitim istatistikleri kullanıcılarına ve akademik çalışmalara destek olacağına inanılmaktadır. Bu Şekilde oluşturularak uygulanacak olan reformların, politikaların ya da stratejilerin ise emeğin niteliğini artırarak toplumların iktisadi büyümelerini ve ekonomik kalkınmalarını hızlandıracağına inanılmaktadır.

KAYNAKLAR

- Adler, N., and Golany, B. (2001). "Evaluation of Deregulated Airline Networks Using Data Envelopment Analysis Combined with Principal Component Analysis with an Application to Western Europe". *European Journal of Operational Research*, 132, 260-273.
- Afonso, A., and Aubyn, M. St. (2006). "Cross-Country Efficiency of Secondary Education Provision: A Semi-Parametric Analysis with Non-Discretionary Inputs". *Economic Modelling*, 23 (3), 476-491.
- Andersen, P., and Petersen, N. C. (1993). "A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis". *Management Science*, 39 (10), 1261-1264.
- Arabacı, İ. B. (2014). "Türkiye'de ve OECD Ülkelerinde Eğitim Harcamaları". *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 10 (35), 100-112.
- Atan, M. (2002). *Risk Yönetimi ve Türk Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Baker, M. J., and Balmer, M. T. (1997). "Visual Identity: Trappings or Substance?". *European Journal of Marketing*, 31 (5/6), 366-382.
- Banker, R. D., Charnes, A., and Cooper, W. W. (1984). "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis". *Management Science*, 30 (9), 1078-1092.
- Banker R. D., Charnes, A., Cooper, W. W., Swarts, J., and Thomas, D. (1989). "An Introduction to Data Envelopment Analysis with Some of Its Models and Their Uses". *Research in Government and Nonprofit Accounting*, 5, 125-163.
- Barr, R. S. (2004). "DEA Software Tools and Technology". In: Cooper, W. W., Seiford, L. M., Zhu, J. (Eds) *Handbook on Data Envelopment Analysis. International Series in Operations Research & Management Science*. Boston: Springer.
- Barr, R. S., Killgo, K. A., Siems, T. F., and Zimmel, S. (2002). "Evaluating the Productive Efficiency and Performance of US Commercial Banks". *Managerial Finance*, 28 (8), 3-25.
- Barro, R. J. (2001). "Human Capital and Growth". *American Economic Review*, 91 (2), 12-17.
- Belout, A. (1998). "Effects of Human Resource Management on Project Effectiveness and Success: Toward a New Conceptual Framework". *International Journal of Project Management*, 16 (1), 21-26.
- Billorou, N., Pacheco, M., and Vargas, F. (Eds.). (2011). *Skills Development Impact Evaluation. A Practical Guide* (First Edition). Montevideo, ILO/Cinterfor: International Labour Organization.
- Bowlin, W. F. (1998). "Measuring Performance: An Introduction to Data Envelopment Analysis (DEA)". *The Journal of Cost Analysis*, 15 (2), 3-27.
- Çakmak, E., ve Gümüş, S. (2002). "Türkiye'de Beşeri Sermaye ve Ekonomik Büyüme: Ekonometrik Bir Analiz (1960-2002)". *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 60 (1), 59-72.

- Carpentier, V. (2003). "Public Expenditure on Education and Economic Growth in the UK, 1833-2000". *History of Education*, 32 (1), 1-15.
- Castelló, A., and Doménech, R. (2002). "Human Capital Inequality and Economic Growth: Some New Evidence". *The Economic Journal*, 112 (478), C187-C200.
- Chandra, A. (2010). "Does Government Expenditure on Education Promote Economic Growth? An Econometric Analysis". University Library of Munich, Germany.
- Charnes, A., Cooper, W. W., and Rhodes, E. (1978). "Measuring the Efficiency of Decision Making Units". *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
- Charnes, A., Cooper, W. W., and Rhodes, E. (1981). "Evaluating Program and Managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through". *Management Science*, 27 (6), 607-730.
- Charnes, A., Cooper, W. W., Golany, B., Seiford, L., and Stutz, J. (1985). "Foundations of Data Envelopment Analysis for Pareto-Koopmans Efficient Empirical Production Functions". *Journal of Econometrics*, 30, 91-107.
- Charnes, A., Cooper, W. W., Seiford, L., and Stutz, J. (1982). "A Multiplicative Model for Efficiency Analysis". *Socio-Economic Planning Sciences*, 16 (5), 223-224.
- Charnes, A., Cooper, W. W., Seiford, L., and Stutz, J. (1983). "Invariant Multiplicative Efficiency and Piecewise Cobb-Douglas Envelopments". *Operations Research Letters*, 2 (3), 101-103.
- Charnes, A., Cooper, W., Lewin, A. Y., and Seiford L. M. (1994). *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Application*. New York: Kluwer Academic Publishers.
- Charnes, A., Gallegos, A., and Li, H. (1996). "Robustly Efficient Parametric Frontiers via Multiplicative DEA for Domestic and International Operations of the Latin American Airline Industry". *European Journal of Operational Research*, 88 (3), 525-536.
- Charnes, A., Haag, S., Jaska, P., and Semple, J. (1992). "Sensitivity of Efficiency Classifications in the Additive Model of Data Envelopment Analysis". *International Journal of Systems Science*, 23 (5), 789-798.
- Chen, C.-M. (2009). "A Network-DEA Model with New Efficiency Measures to Incorporate the Dynamic Effect in Production Networks". *European Journal of Operational Research*, 194, 687-699.
- Chen, P.-C., Chang, C.-C., Yu, M.-M., and Hsu, S.-H. (2012). "Performance Measurement for Incineration Plants Using Multi-Activity Network Data Envelopment Analysis: The Case of Taiwan". *Journal of Environmental Management*, 93, 95-103.
- Chen, Y., Cook, W. D., Li, N., and Zhu, J. (2009). "Additive Efficiency Decomposition in Two-Stage DEA". *European Journal of Operational Research*, 196, 1170-1176.
- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., and Battese, G. E. (2005). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis* (Second Edition). New York: Springer.
- Coelli, T., Rahman, S., and Thirtle, C. (2002). "Technical, Allocative, Cost and Scale Efficiencies in Bangladesh Rice Cultivation: A Non-parametric Approach". *Journal of Agricultural Economics*, 53 (3), 607-626.

- Cook, W. D., Liang, L., & Zhu, J. (2010). "Measuring Performance of Two-Stage Network Structures by DEA: a Review and Future Perspective". *Omega*, 38 (6), 423-430.
- Cook, W. D., Tone, K. and Zhu, J. (2014). "Data Envelopment Analysis: Prior to Choosing a Model". *Omega*, 44, 1-4.
- Cooper, W. W., Seiford L. M., and Tone, K. (2006). *Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses: With DEA-Solver Software and References*. Springer Science & Business Media.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., and Tone, K. (2007). *Data Envelopment Analysis*. (Second Edition). New York: Springer.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., and Zhu, J. (2011). *Handbook on Data Envelopment Analysis*. (Second Edition). New York: Springer Science & Business Media.
- Cooper, W.W., Seiford, L. M., Zhu, J. (2004). *Handbook on Data Envelopment Analysis*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Demirci, A. (2018). *Teori ve Uygulamalarla Veri Zarflama Analizi* (Birinci Baskı). Ankara: Gazi Kitabevi.
- Dinçer, S. E. (2016). *Stratejik Planlama ve Veri Zarflama Analizinde Etkinlik Ölçümü* (Birinci Baskı). İstanbul: DER Yayınları.
- Domar, E. D. (1946). "Capital Expansion, Rate of Growth, and Employment". *Econometrica*, 14 (2), 137-147.
- Du, J., Liang, L., Chen, Y., Cook, W. D., and Zhu, J. (2011). "A Bargaining Game Model for Measuring Performance of Two-Stage Network Structures". *European Journal of Operational Research*, 210, 390-397.
- Dyson, R. G., Allen, R., Camanho, A. S., Podinovski, V. V., Sarrico, C. S., and Shale, E. A. (2001). "Pitfalls and Protocols in DEA". *European Journal of Operational Research*, 132, 245-259.
- Eurostat (2015). *Composite Indicators, Synthetic Indicators and Scoreboards: How Far Can We Go?*. DGINS Conference, Lisbon, 24 September 2015.
- Färe, R., and Grosskopf, S. (2000). "Network DEA". *Socio-Economic Planning Sciences*, 34, 35-49.
- Färe, R., and Grosskopf, S. (1996). "Productivity and Intermediate Products: A Frontier Approach". *Economics Letters*, 50, 65-70.
- Färe, R., Grosskopf, S., and Whittaker, G. (2007). "Network DEA". In Zhu, J., and Cook, W. D. (Eds.), *Modeling Data Irregularities and Structural Complexities in Data Envelopment Analysis*. Boston: Springer.
- Farrell, M. J. (1957). "The Measurement of Productive Efficiency". *Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General)*, 120 (3), 253-290.
- Freudenberg, M. (2003). *Composite Indicators of Country Performance*. OECD Science, Technology and Industry Working Papers 2003/16.
- Fukuyama, H., and Mirdehghan, S. M. (2012). "Identifying the Efficiency Status in Network DEA". *European Journal of Operational Research*, 220, 85-92.
- Fukuyama, H., and Weber, W. L. (2010). "A Slacks-Based Inefficiency Measure for a Two-Stage System with Bad Outputs". *Omega*, 38 (5), 398-409.

- Golany, B., and Roll, Y. (1989). "An Application Procedure for DEA". *Omega*, 17 (3), 23-250.
- Grek, S. (2009). "Governing by Numbers: the PISA 'Effect' in Europe". *Journal of Education Policy*, 24 (1), 23-37.
- Griggs, D., Stafford-Smith, M., Gaffney, O., Rockström, J., Öhman, M. C., Shyamsundar, P., Steffen, W., Glaser, G., Kanie, N., and Noble, I. (2013). "Sustainable Development Goals for People and Planet". *Nature*, 495, 305-307.
- Gür, B. S., Çelik, Z., Bozgeyikli, H., ve Yurdakul, S. (2018). *Eğitime Bakış 2018: İzleme ve Değerlendirme Raporu*. Ankara: Eğitim-Bir-Sen Stratejik Araştırmalar Merkezi.
- Güran, M., ve Tosun, U. (2005). "Türkiye Ekonomisinin Makro Ekonomik Performansı: 1951-2003 Dönemi için Parametrik Olmayan Bir Ölçüm". *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 60 (4), 89-115.
- Guterres, A. (2018). "The Sustainable Development Goals Reports 2018". United Nations, New York.
- Gylfason, T. (2001). "Natural Resources, Education, and Economic Development". *European Economic Review*, 45 (4-6), 847-859.
- Hanushek, E. A. (1996). "The Economics of Schooling: Production and Efficiency in Public Schools". *Journal of Economic Literature*, 24 (3), 1141-1177.
- Hanushek, E. A., and Kimko, D. D. (2000). "Schooling, Labor-Force Quality, and the Growth of Nations". *American Economic Review*, 90 (5), 1184-1208.
- Hanushek, E. A., and Wößmann, L. (2010). "Education and Economic Growth". *Economics of Education*, 60-67.
- Hill, T. (1993). *Manufacturing Strategy: The Strategic Management of the Manufacturing Function* (Second edition). London: The Macmillan Press, Open University.
- Hsieh, L.-F., and Lin, L.-H. (2010). "A Performance Evaluation Model for International Tourist Hotels in Taiwan-An Application of the Relational Network DEA". *International Journal of Hospitality Management*, 29, 14-24.
- İnternet: http://2023vizyonu.meb.gov.tr/doc/2023_EGITIM_VIZYONU.pdf adresinden 27.02.2019'da alınmıştır. Milli Eğitim Bakanlığı (2018). *Mutlu Çocuklar için Güçlü Türkiye 2023 Eğitim Vizyonu*. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.
- İnternet: <http://data.uis.unesco.org/> adresinden 21.3.2019'da alınmıştır.
- İnternet: <http://www.kureselhedefler.org/hedefler/nitelikli-egitim/> adresinden 18.02.2019'da alınmıştır.
- İnternet: [http://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/MDG%202015%20rev%20\(July%201\).pdf](http://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/MDG%202015%20rev%20(July%201).pdf) adresinden 7.9.2018'de alınmıştır. United Nations (2015). 2015 The Millennium Development Goals Report 2015.
- İnternet: http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E adresinden 9.5.2018'de alınmıştır. United Nations (2015). Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolution Adopted by the General Assembly on 25 September 2015.

- İnternet: <http://www.un.org/millenniumgoals/pdf/MDG%20Report%202012.pdf> adresinden 10.9.2018’de alınmıştır. United Nations (2012). ***The Millennium Development Goals Report 2012.***
- İnternet: [http://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/MDG%202015%20rev%20\(July%201\).pdf](http://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/MDG%202015%20rev%20(July%201).pdf) adresinden 13.9.2018’de alınmıştır. United Nations (2015). ***The Millennium Development Goals Report 2015.***
- İnternet: <https://biruni.tuik.gov.tr/DIESS/SiniflamaSatirListeAction.do?surumId=237&seviye=1&detay=H&turId=39&turAdi=null> adresinden 28.12.2018’de alınmıştır.
- İnternet: <https://data.oecd.org/emp/employment-by-education-level.htm> adresinden 06.03.2019’da alınmıştır. OECD (2019). Employment by Education Level (indicator). doi: 10.1787/26f676c7-en.
- İnternet: <https://data.oecd.org/emp/employment-by-education-level.htm> adresinden 5.3.2019’da alınmıştır.
- İnternet: <https://sustainabledevelopment.un.org/sdgs> adresinden 18.5.2018’de alınmıştır.
- İnternet: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000246300> adresinden 18.02.2019’de alınmıştır. UNESCO (2016). “Unpacking Sustainable Development Goal 4 Education 2030 Guide”.
- İnternet: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2018> adresinden 21.7.2018’de alınmıştır.
- İnternet: https://www.oecd-ilibrary.org/education/pisa-2015-results-volume-i_9789264266490-en adresinden 17.2.2019’da alınmıştır.
- Kao, C. (2009). “Efficiency Decomposition in Network Data Envelopment Analysis: A Relational Model”. ***European Journal of Operational Research***, 192, 949-962.
- Kao, C. (2014). “Network Data Envelopment Analysis: A Review”. ***European Journal of Operational Research***, 239, 1-16.
- Kao, C. (2017). ***Network Data Envelopment Analysis, Foundations and Extensions*** (First Edition). Switzerland: International Series in Operations Research & Management Science, Springer.
- Kao, C., and Hwang, S.-N. (2008). “Efficiency Decomposition in Two-Stage Data Envelopment Analysis: An Application to Non-Life Insurance Companies in Taiwan”. ***European Journal of Operational Research***, 185, 418-429.
- Kao, C., and Hwang, S.-N. (2010). “Efficiency Measurement for Network Systems: IT Impact on Firm Performance”. ***Decision Support Systems***, 48, 437-446.
- Karaarslan, E. (2001). “Kamu Kesimi Eğitim Harcamalarının Analizi”. ***Maliye Dergisi***, 149 (42), 36-73.
- Kates, R. W., Parris, T. M., and Leiserowitz, A. A., (2012). “What is Sustainable Development? Goals, Indicators, Values, and Practice”. ***Environment: Science and Policy for Sustainable Development***, 4 (3), 8-21.
- Keh, H. T., Chu, S., and Xu, J. (2006). “Efficiency, Effectiveness and Productivity of Marketing in Services”. ***European Journal of Operational Research***, 170, 265-276.
- Klasen, S., and Lamanna, F. (2009). “The Impact of Gender Inequality in Education and Employment on Economic Growth: New Evidence for a Panel of Countries”. ***Feminist Economics***, 15 (3), 91-132.

- Koçak, D. ve Türe, H. (2018). “Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri 4 Doğrultusunda Ülkelerin Değerlendirilmesi”. Türe, H. (Editör). *Nicel Karar Yöntemlerinde Güncel Konular: Teori & Uygulama* (Birinci Baskı). Ankara: Gazi Kitabevi.
- Koçak, D., Türe, H., and Atan, M. (2019). “Efficiency Measurement with Network DEA: An Application to Sustainable Development Goals 4”. *International Journal of Assessment Tools in Education*, 6 (3), 415-435.
- Kutlar, A., ve Bakırcı, F. (2018). *Veri Zarflama Analizi*. Ankara: Orion Kitabevi.
- Landau, D. (1983). “Government Expenditure and Economic Growth: A Cross-Country Study”. *Southern Economic Journal*, 49 (3), 783-792.
- Lewis, H. F., and Sexton, T. R. (2004). “Network DEA: Efficiency Analysis of Organizations with Complex Internal Structure.” *Computers & Operations Research*, 31 (9), 1365-1410.
- Lindsey, I., and Darby, P. (2018). “Sport and the Sustainable Development Goals: Where is the Policy Coherence?”. *International Review for the Sociology of Sport*, 1-20. .
- Liu, J. S., Lu, L. Y. Y., Lu, W.-M., and Lin, B. J. Y. (2013). “A Survey of DEA Applications”. *Omega*, 41, 893-902.
- Liu, S.-T., and Wang, R.-T. (2009). “Efficiency Measures of PCB Manufacturing Firms Using Relational Two-Stage Data Envelopment Analysis.” *Expert Systems with Applications*, 36, 4935-4939.
- Lozano, S. (2012). “Information Sharing in DEA: A Cooperative Game Theory Approach”. *European Journal of Operational Research*, 222, 558-565.
- Lozano, S., and Gutiérrez, E. (2014). “A Slacks-Based Network DEA Efficiency Analysis of European Airlines”. *Transportation Planning and Technology*, 37 (7), 623-637.
- Lu, M.-M. (2010). “Assessment of Airport Performance using SBM-NDEA Model”. *Omega*, 38, 440-452.
- Mandl, U., Dierx, A., and Ilzkovitz, F. (2008). *The Effectiveness and Efficiency of Public Spending (No 301)*. Directorate-General for Economic and Financial Affairs Publications, European Commission.
- Maqbool, R. (2018). “Efficiency and Effectiveness of Factors Affecting Renewable Energy Projects; An Empirical Perspective”. *Energy*, 158 (1), 944-956.
- Matthews, K. (2013). “Risk Management and Managerial Efficiency in Chinese Banks.” *Omega*, 41, 207-215.
- McQuaid, R. W., and Lindsay, C. (2005). “The Concept of Employability”. *Urban Studies*, 42 (2), 197-219.
- Meng, W., Zhang, D., Qi, L., and Liu, W. (2008). Two-Level DEA Approaches in Research Evaluation. *Omega*, 36 (6), 950-957.
- Moldan, B., Janousková, S., and Hák, T. (2012). “How to Understand and Measure Environmental Sustainability: Indicators and Targets”. *Ecological Indicators*, 17, 4-13.
- Murnane, R. J. (1987). “Improving Education Indicators and Economic Indicators: The Same Problems?”. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 9 (2), 101-116.

- Nadiri, M. I. (1970). "Approaches to the Theory and Measurement of Total Factor Productivity: A Survey". *Journal of Economic Literature*, 8 (4), 1137-1177.
- Nelson, R. R., and Phelps, E. S. (1966). Investment in Humans, Technological Diffusion, and Economic Growth. *The American Economic Review*, 56 (1/2), 69-75.
- Nilsson, M., Griggs, D., and Visbeck, M. (2016). "Map the Interactions between Sustainable Development Goals". *Nature News*, 534 (7607), 320-322.
- OECD (2012). *Better Skills, Better Jobs, Better Lives: A Strategic Approach to Skills Policies*. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2016). *PISA 2015 Results (Volume I): Excellence and Equity in Education*. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2018). "Education at a Glance 2018: OECD Indicators, Country Note: Portugal". Paris: OECD Publishing.
- OECD (2018). "Education at a Glance 2018: OECD Indicators, Country Note: Switzerland". Paris: OECD Publishing.
- OECD (2018). *Education at a Glance 2018: OECD Indicators*. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2018). *OECD Employment Outlook 2018*. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2018). *PISA 2015 Results in Focus*. Paris: OECD Publishing.
- OECD, European Union, UNESCO Institute for Statistics (2015). *ISCED 2011 Operational Manual: Guidelines for Classifying National Education Programmes and Related Qualifications*. OECD Publishing.
- Okpala, C. O., Okpala, A. O., and Smith, F. E. (2001). "Parental Involvement, Instructional Expenditures, Family Socioeconomic Attributes, and Student Achievement". *The Journal of Educational Research*, 95 (2), 110-115.
- Öztürk, N. (2005). "İktisadi Kalkınmada Eğitimin Rolü". *Sosyoekonomi*, 1 (1), 27-44.
- Podinovski, V. V. (2004). "Bridging the Gap between the Constant and Variable Returns-to-Scale Models: Selective Proportionality in Data Envelopment Analysis". *Journal of Operational Research Society*, 55, 265-276.
- Portela, M. C. A. S., Borges, P. C., and Thanassoulis, E. (2003). "Finding Closest Targets in Non-Oriented DEA Models: The Case of Convex and Non-Convex Technologies". *Journal of Productivity Analysis*, 19, 251-269.
- Pradhan, P., Costa, L., Rybski, D., Lucht, W., and Kropp, J. P. (2017). "A Systematic Study of Sustainable Development Goal (SDG) Interactions". *Earth's Future*, 5, 1169-1179.
- Quesnay, F. (1766). "Analyse de la Formule Arithmétique du Tableau Économique de la Distribution des dépenses Annuelles d'une Nation Agricole". *Journal de l'Agriculture, du Commerce, et des Finances*, Juin, 11-41.
- Rogers, A. (2014). "PISA, Power and Policy: The Emergence of Global Educational Governance". *International Review of Education*, 60 (4), 591-596.
- Rosenthal, R. E. (2017). *GAMS A User's Guide*. Washington: GAMS Development Corporation.

- Rutherford, T. F. (1995). "Extension of GAMS for Complementarity Problems Arising in Applied Economic Analysis". *Journal of Economic Dynamics and Control*, 19, 1299-1324.
- Sachs, J. D. (2012). "From Millennium Development Goals to Sustainable Development Goals". *Viewpoint*, 379, 2206-2211.
- Sauvé, L. (1996). "Environmental Education and Sustainable Development: A Further Appraisal". *Canadian Journal of Environmental Education*, 1, Spring, 7-34.
- Sayed, Y., and Ahmed, R. (2015). "Education Quality, and Teaching and Learning in the Post-2015 Education Agenda". *International Journal of Educational Development*, 40, 330-338.
- Schmidt-Traub, G., Kroll, C., Teksoz, K., Durand-Delacre, D., and Sachs, J. D. (2017). "National Baselines for the Sustainable Development Goals Assessed in the SDG Index and Dashboards". *Nature Geoscience*, 10 (8), 547-555.
- Schneider, S. L. (2015). "The International Standard Classification of Education 2011". *Class and Stratification Analysis*, 30, 365-379.
- Schwab, K., Samans, R., Zahidi, S., Leopold, T. A., Ratcheva, V., and Hausmann, R. (2017). "The Global Gender Gap Report 2017". Geneva: World Economic Forum.
- Seiford, L. M., and Thrall, R. M. (1990). "Recent Development in DEA, the Mathematical Programming Approach to Frontier Analysis". *Journal of Econometrics*, 46, 7-38.
- Sellar, S., and Lingard, B. (2013). "The OECD and the Expansion of PISA: New Global Modes of Governance in Education". *British Educational Research Journal*, 40 (6), 917-936.
- Sheth, J. N., and Sisodia, R. S. (2002). "Marketing Productivity Issues and Analysis". *Journal of Business Research*, 55, 349-362.
- Sink, D. S., and Tuttle, T. C. (1989). *Planning and Measurement in Your Organisation of the Future*. Norcross: Industrial Engineering and Management Press.
- Steers, R. M. (1975). "Problems in the Measurement of Organizational Effectiveness". *Administrative Science Quarterly*, 20 (4), 546-558.
- Stuart, E., and Woodroffe, J. (2016). "Leaving No-One Behind: Can the Sustainable Development Goals Succeed Where the Millennium Development Goals Lacked?". *Gender & Development*, 24 (1), 69-81.
- Stuart, E., Bird, K., Bhatkal, T., Greenhill, R., Lally, S., Rabinowitz, G., Samman, E., Sarwar, M. B., and Lynch, A. (2016). "Leaving No One Behind: A Critical Path for the First 1,000 Days of the Sustainable Development Goals". Overseas Development Institute, London.
- Taha, A. H. (2015). *Yöneylem Araştırması* (Çev. Baray, Ş. A., ve Esnaf, Ş.). Literatür Yayıncılık (Eserin orijinali 1996'de yayımlandı).
- Talley, W. K., and Anderson, P. P. (1981). "Effectiveness and Efficiency in Transit Performance: A Theoretical Perspective". *Transportation Research Part A: General*, 15 (6), 431-436.
- Tangen, S. (2004). *Evaluation and Revision of Performance Measurement Systems*, Doctoral Thesis, Woxén Centrum, Royal Institute of Technology, Stockholm.

- Tangen, S. (2005). "Demystifying Productivity and Performance". *International Journal of Productivity and Performance Management*, 54 (1), 34-46.
- Taş, U. E., Arıcı, Ö., Ozarkan, H. B., ve Özgürlük, B. (2016). *PISA 2015 Ulusal Raporu*. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.
- Thanassoulis, E. (2000). "DEA and Its Use in the Regulation of Water Companies". *European Journal of Operational Research*, 127, 1-13.
- Tone, K. (2001). "A Slacks-Based Measure of Efficiency in Data Envelopment Analysis". *European Journal of Operational Research*, 130, 498-509.
- Tone, K., and Tsutsui, M. (2009). "Network DEA: A Slacks-Based Measure Approach". *European Journal of Operational Research*, 197, 243-252.
- Tone, K., and Tsutsui, M. (2014). "Dynamic DEA with Network Structure: A Slacks-Based Measure Approach". *Omega*, 42, 124-131.
- Ulucan, A. (2002). "ISO500 Şirketlerinin Etkinliklerinin Ölçülmesinde Veri Zarflama Analizi Yaklaşımı: Farklı Girdi Çıktı Bileşenleri ve Ölçeğe Göre Getiri Yaklaşımları ile Değerlendirmeler". *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 57 (02), 185-202.
- UNESCO (1997). "International Standard Classification of Education-ISCED 1997: November 1997."
- UNESCO and UNICEF, (2013). *Making Education a Priority in the Post-2015 Development Agenda: Report of the Global Thematic Consultation on Education in the Post-2015 Development Agenda*. Paris: UNESCO.
- UNESCO Institute for Statistics (2012). "International Standard Classification of Education ISCED 2011". Montreal: UNESCO Institute for Statistics.
- United Nations General Assembly (2017). "Resolution Adopted by the General Assembly on 6 July 2017". Seventy-first Session Agenda Items 13 and 117.
- Unterhalter, E. (2017). Negative capability? Measuring the Unmeasurable in Education. *Comparative Education*, 53(1), 1-16.
- Velázquez, F. D. C., and Méndez, G. M. (2018). Augmented Reality and Mobile Devices: A Binominal Methodological Resource for Inclusive Education (SDG 4). An Example in Secondary Education. *Sustainability*, 10(10), 1-14.
- Webb, S., Holford, J., Hodge, S., Milana, M., and Waller, R. (2017). "Lifelong Learning for Quality Education: Exploring the Neglected Aspect of Sustainable Development Goal 4". *International Journal of Lifelong Education*, 36, 5, 509-511.
- World Health Organization (2016). *World Health Statistics, 2016: Monitoring Health for the SDGs, Sustainable Development Goals*. France: World Health Organization Library Cataloguing-in-Publication Data.
- Worthington, A. C. (2001). "An Empirical Survey of Frontier Efficiency Measurement Techniques in Education". *Education Economics*, 9 (3), 245-268.
- Yu, M.-M., and Lin, E. T. J. (2008). "Efficiency and Effectiveness in Railway Performance Using a Multi-Activity Network DEA Model". *Omega*, 36, 1005-1017.
- Zhu, J. (2003). *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking: Data Envelopment Analysis with Spreadsheets and DEA Excel Solver*. New York: Springer Science+Business Media.

Zhu, J. (2003). *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking Data Envelopment Analysis with Spreadsheets and DEA Excel Solver*. New York: Springer Science+Business Media.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KOÇAK ERTÜRK, Deniz
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 1990 Ankara
e-mail : deniz.kocak@hbv.edu.tr

Öğrenim Bilgisi

Derece	Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü / Ekonometri Anabilim Dalı	2016
Lisans	Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi Matematik Bölümü	2012

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2014-2018	Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi	Araştırma Görevlisi
2018-...	Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayımlanan Makaleler:

KOÇAK D., TÜRE, H., & ATAN, M. (2019). Efficiency measurement with network DEA: An application to sustainable development goals 4. *International Journal of Assessment Tools in Education*, 6(3), 415-435.

SÜLKÜ, S. N., & KOÇAK, D. (2019). Performance evaluation using the discrete Choquet integral: higher education sector. *International Journal of Assessment Tools in Education*, 6(1), 138-153.

TÜRE H., DOĞAN S., & KOÇAK, D. (2018). Assessing Euro 2020 strategy using multi-criteria decision making methods: VIKOR and TOPSIS. *Social Indicators Research*, 142, 645-665.

Ulusal Hakemli Dergilerde Yayımlanan Makaleler:

KOÇAK, D., & ATAN, M. (2017). Lise gençliğinde madde bağımlılığının çok kriterli karar modeli ile değerlendirilmesi. *Alphanumeric Journal*, 5(1), 55-70.

TÜRE H., KOÇAK, D., & DOĞAN, S. (2016). Multimoora yöntemi ile ülke riski değerlendirmesi. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 18(3), 824-844.

ATAN M., TÜRE H., & KOÇAK D. (2016). Analitik ağ süreci yöntemi ile gençlerde madde bağımlılığı ve erken uyarı sistemine ilişkin bir uygulama. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 24, 103-112.

KOÇAK, D., & ÇOĞURCU, Y. E. (2015). Network modeli ile ağ analizi için çok kriterli karar verme yöntemleriyle karşılaştırmalı çözüm. *Gazi İktisat ve İşletme Dergisi*, 1(1), 1-42.

Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitabında Özet Metin Basılan Bildiriler:

KOÇAK, D., & SÜLKÜ S. N. (2018). Choquet integral kullanılarak akademik performans değerlendirmesi. *International Science and Technology Conference*, Fransa/Paris.

TÜRE, H., KOÇAK, D., & DOĞAN, S. (2018). AB 2020 stratejisi kapsamında AB 28 ülkeleri ile Türkiye'nin performanslarının değerlendirilmesi. *III. Uluslararası Mesleki ve Teknik Bilimler Kongresi*, Gaziantep/Türkiye.

KOÇAK, D., & TÜRE, H. (2018). Sürdürülebilir kalkınma hedefleri 2030 gündemi doğrultusunda ülkelerin değerlendirilmesi: Gri ilişkisel analiz uygulaması. *III. Uluslararası Mesleki ve Teknik Bilimler Kongresi*, Gaziantep/Türkiye.

ATAN, S., DOĞAN, S., & KOÇAK, D. (2016). Veri zarflama analizi ile bankacılıkta üçer aylık bilanço dönemleri arasında mali etkinlik politikaların belirlenmesi. *17. Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması ve İstatistik Sempozyumu*, Sivas/Türkiye.

ÇOĞURCU, Y. E., ATAN, M., & KOÇAK, D. (2016). Klasik ve bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri ve uygulama. *17. Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması ve İstatistik Sempozyumu*, Sivas/Türkiye.

KOÇAK, D., ÇOĞURCU, Y. E., & ATAN, M. (2015). The use of the fuzzy analytic hierarchy process and fuzzy topsis method in youth substance abuse and early warning

system. *International Conference on Science, Social Science and Economics (IC3SE)*, New York, ABD.

KOÇAK, D., TÜRE, H., & ATAN, M. (2020). “Yeşil büyüme”: OECD ülkelerinin performanslarının değerlendirilmesi. 20. *Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması ve İstatistik Sempozyumu*, Ankara/Türkiye.

Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Tam Metin Basılan Bildiriler:

KOÇAK, D., & ATAN, M. (2019). İlişkisel network veri zarflama analizi ile finansal performans değerlendirilmesi. 23. *Finans Sempozyumu*, 176-189.

DOĞAN, S., KOÇAK, D., & ATAN, M. (2019). Support vector machines and logistic regression analysis on predicting financial distress model. *Data Science, Machine Learning and Statistics 2019 (DMS-2019)*.

Kitap:

TÜRE, H., DOĞAN, S., & KOÇAK, D. (2018). *Avrupa Birliği 2020 Stratejisi ve Türkiye* Ankara: Gazi Kitabevi, ISBN:978-605-344-766-5.

Kitap Bölümü:

TÜRE, H., & KOÇAK, D. (2019). Türkiye'nin Yönetişim Performansının Değerlendirilmesi: 1996-2017 Dönemi. TÜRE, H., & AĞASLAN, E. (Editörler). *Türkiye'nin Güncel İktisadi Sorunları*. Ankara: Gazi Kitabevi, ISBN:978-605-7805-83-6.

KOÇAK, D., & TÜRE, H. (2018). Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri 4 Doğrultusunda Ülkelerin Değerlendirilmesi. TÜRE, H. (Editör). *Nicel Karar Yöntemlerinde Güncel Konular: Teori ve Uygulama*. Ankara: Gazi Kitabevi, ISBN:978-605-344-767-2.



