

**ÜNİVERSİTELERDE BÖLÜMLERİN
PERFORMANSLARININ
DEĞERLENDİRİLMESİNDE BULANIK DEMATEL
VE VERİ ZARFLAMA ANALİZİ (VZA)
YÖNTEMLERİNİN KULLANIMI**

2012

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**

Turgay TÜRKER

**ÜNİVERSİTELERDE BÖLÜMLERİN PERFORMANSLARININ
DEĞERLENDİRİLMESİNDE BULANIK DEMATEL VE VERİ ZARFLAMA
ANALİZİ (VZA) YÖNTEMLERİNİN KULLANIMI**

Turgay TÜRKER

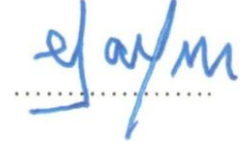
**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Mayıs 2012**

Turgay TÜRKER tarafından hazırlanan “ÜNİVERSİTELERDE BÖLÜMLERİN PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİNDE BULANIK DEMATEL VE VERİ ZARFLAMA ANALİZİ (VZA) YÖNTEMLERİNİN KULLANIMI” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Erol Rıfat SAYIN

Tez Danışmanı, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı



Yrd. Doç. Dr. Murat ETÖZ

Tez Danışmanı, Akdeniz Üniversitesi



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 19/06/2012

Unvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Erol R. SAYIN (KBÜ)



Üye : Doç. Dr. Cevdet GÖLOĞLU (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Muharrem DÜĞENCİ (KBÜ)

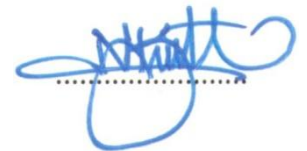


...../...../2012

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu bu tez ile Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nizamettin KAHRAMAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Turgay TÜRKER

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÜNİVERSİTELERDE BÖLÜMLERİN PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİNDE BULANIK DEMATEL VE VERİ ZARFLAMA ANALİZİ (VZA) YÖNTEMLERİNİN KULLANIMI

Turgay TÜRKER

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Erol R. SAYIN

Mayıs 2012, 120 sayfa

Misyonlarının özünde nitelikli insan yetiştirerek nitelikli insan sermayesinin oluşmasına katkı sağlama düşüncesi yer alan yüksek öğretim kurumlarının günümüz rekabet dünyası koşullarına uyum sağlama zorunda oldukları da bir gerçektir. Bu açıdan özellikle rekabetin ve daha etkin kaynak kullanma isteğinin hâkim olduğu günümüz dünyasında, aynı alanlarda çalışan benzer organizasyonların etkinliklerinin ölçülmesi önemli bir konu haline gelmiştir.

Bu çalışmada Bulanık DEMATEL metodu ile Veri Zarflama Analizi yöntemi entegre edilerek Türkiye’de 14 Endüstri Mühendisliği bölümünde etkinlik analizi yapılmıştır. Öncelikle üniversite etkinliklerinin değerlendirilmesinde kullanılan girdi ve çıktı faktörleri ortaya konulmuş olup, bu faktörler arasından Bulanık DEMATEL metodu

ile Veri Zarflama Analizi'nde kullanacağımız uygun girdi ve çıktı faktörleri bulunmuştur.

Elde edilen uygun girdi ve çıktı faktörleri ile Veri Zarflama Analizi uygulaması yapılmış olup; etkin olan ve olmayan bölümler tespit edilmiştir. Etkin olmayan bölümlerin referans kümeleri belirlenerek bu bölümlere yönelik stratejiler ortaya konulmuştur.

Anahtar Sözcükler : Performans, etkinlik, veri zarflama analizi, DEMATEL, bulanık küme teorisi, bulanık mantık, bulanık DEMATEL

Bilim Kodu : 906.1.148

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

USING FUZZY DEMATEL AND DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA) METHODS IN ASSESSING THE PERFORMANCES OF DEPARTMENTS AT UNIVERSITIES

Turgay TÜRKER

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Thesis Advisor:

Prof. Dr. Erol R. SAYIN

May 2012, 120 pages

It is a fact that higher education institutions have the idea of contributing to creation of qualified human capital by training qualified human in the core missions qualified have to adapt to the today's competitive world conditions. In this respect, measurement of efficiency of similar organizations in the same working areas has become an important issue.

In this study, an integrated fuzzy DEMATEL method and Data Envelopment Analysis is used to evaluate the efficiency of 14 Industrial Engineering departments in Turkey. Firstly, input and output factors used in evaluating the efficiency of university are determined, after that, among these factors, appropriate input and output factors for use in Data Envelopment Analysis are found with fuzzy DEMATEL method.

An application of Data Envelopment Analysis is performed with appropriate input and output factors obtained from fuzzy DEMATEL method. Efficient and inefficient industrial engineering departments of university are evaluated. By determining reference sets of inefficient departments, strategies for these sections are defined.

Key Word : Performance, efficiency, data envelopment analysis, DEMATEL, fuzzy set theory, fuzzy logic, fuzzy DEMATEL

Science Code : 906.1.148

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren sayın hocalarım Prof. Dr. Erol SAYIN'a ve Yrd. Doç. Dr. Murat ETÖZ'e sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmasının yürütülmesinde gerekli olan verilerin sağlanmasında yardımcı olan akademik ve idari personellere teşekkür ederim.

Tezimi maddi ve manevi desteğini esirgemedi yanımnda olan sevgili eőim Yasemin ALTUN TÜRKER'e ve ailemize tezi yazdığım süreç içerisinde katılan dünyalar tatlısı Selma Ahsen'ime ithaf ediyorum.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
BÖLÜM 1.....	1
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.....	6
PERFORMANS KAVRAMI VE BİLEŞENLERİ.....	6
2.1. PERFORMANS	6
2.2. ETKİNLİK VE ETKİLİLİK.....	7
2.2.1. Teknik Etkinlik.....	8
2.2.2. Ölçek Etkinliği	8
2.2.3. Üretim İmkânları Kümesi.....	10
2.2.4. Etkinlik Sınırı	10
2.2.4.1. Tek Girdi ve Tek Çıktı Durumu.....	10
2.2.4.2. İki Girdi ve Tek Çıktı Durumu.....	12
2.2.4.3. Tek Girdi ve İki Çıktı Durumu.....	14
2.3. VERİM VE VERİMLİLİK.....	15
2.4. PERFORMANS YÖNETİMİ VE ÖLÇÜMÜ	16
2.5. PERFORMANS ÖLÇME YÖNTEMLERİ.....	18

	<u>Sayfa</u>
2.5.1. Oran Analizi	18
2.5.2. Parametrel Yöntemler	19
2.5.3. Parametresiz Yöntemler	19
BÖLÜM 3.....	21
VERİ ZARFLAMA ANALİZİ.....	21
3.1. GİRİŞ	21
3.2. VZA’NIN TARİHÇESİ.....	24
3.3. VZA’NIN KULLANIM ALANLARI	25
3.4. VZA’NIN UYGULAMA AŞAMALARI.....	26
3.4.1. Karar Birimlerinin Seçilmesi	26
3.4.2. Girdi ve Çıktıların Seçilmesi.....	27
3.4.3. Verilere Ulaşma ve Veri Güvenilirliği	28
3.4.4. VZA Modelinin Belirlenmesi ve Etkinliğin Ölçülmesi	28
3.4.5. Etkinlik Değerleri	29
3.4.6. Referans Gruplarının Belirlenmesi.....	30
3.4.7. Etkin Olmayan KVB’ler İçin Stratejilerin Belirlenmesi	30
3.4.8. Sonuçların Yorumlanması.....	30
3.5. VZA MODELLERİ.....	31
3.5.1. CCR Modelleri	31
3.5.1.1. Girdiye Yönelik CCR Modeli	31
3.5.1.2. Çıktıya Yönelik CCR Modeli	37
3.5.2. Alternatif Model - BCC Modeli	42
3.5.2.1. Girdiye Yönelik BCC Modeli	42
3.5.2.2. Çıktıya Yönelik BCC Modeli	45
BÖLÜM 4.....	48
DEMATEL METODU.....	48
4.1. GİRİŞ	48
4.2. UYGULAMADA DEMATEL.....	49

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 5.....	53
BULANIK DEMATEL METODU.....	53
5.1. GİRİŞ	53
5.2. BULANIK MANTIK VE BULANIK KÜMELER	54
5.2.1. Bulanık Mantık.....	54
5.2.2. Bulanık Kümeler	56
5.2.2.1. Bulanık Kümeler İle İlgili Temel Kavramlar.....	60
5.2.2.2. Bulanık Kümeler İle İlgili Temel İşlemler.....	61
5.2.3. Bulanık Sayılar.....	63
5.2.4. Netleştirme (Durulaştırma)	65
5.3. UYGULAMADA BULANIK DEMATEL METODU	66
BÖLÜM 6.....	71
UYGULAMA.....	71
6.1. GİRİŞ	71
6.2. BULANIK DEMATEL UYGULAMASI	72
6.3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ UYGULAMASI	90
6.3.1. Giriş.....	90
6.3.2. Yöntem.....	92
6.3.2.1. Karar Birimlerinin Seçilmesi	92
6.3.2.2. Girdi ve Çıktıların Seçilmesi.....	94
6.3.2.3. Verilere Ulaşma ve Veri Güvenilirliği.....	95
6.3.2.4. VZA Modelinin Belirlenmesi ve Etkinliğin Ölçülmesi	96
6.3.2.5. Etkinlik Değerleri.....	99
6.3.2.6. Referans Gruplarının Belirlenmesi	105
6.3.2.7. Etkin Olmayan KVB'ler İçin Stratejilerin Belirlenmesi.....	106
BÖLÜM 7.....	109
SONUÇLAR.....	109
KAYNAKLAR	113
ÖZGEÇMİŞ	120

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Ölçek etkinliğinin grafik gösterimi.....	9
Şekil 2.2. Tek girdi tek çıktı durumu etkinlik sınırı.....	11
Şekil 2.3. İki girdi tek çıktı durumu etkinlik sınırı.....	13
Şekil 2.4. Etkinlik durumu.....	14
Şekil 2.5. Tek girdi iki çıktı durumu etkinlik sınırı.....	15
Şekil 5.1. Bulanık alt küme.....	57
Şekil 5.2. Hız değerlerine ait sözel değişkenlerin bulanık kümedeki gösterimi.....	59
Şekil 5.3. Bulanık kümelerin birleşimi.....	61
Şekil 5.4. Bulanık kümelerin kesişimi.....	62
Şekil 5.5. Üçgensel bulanık sayı.....	64
Şekil 5.6. Dilsel terimler ve üçgensel bulanık sayılar.....	67
Şekil 6.1. Girdiler için ikili karşılaştırma matrisi.....	74
Şekil 6.2. Çıktılar için ikili karşılaştırma matrisi.....	75
Şekil 6.3. Girdi faktörleri için etkileyen-etkilenen ilişki diyagramı.....	88
Şekil 6.4. Çıktı faktörleri için etkileyen-etkilenen ilişki diyagramı.....	88
Şekil 6.5. Girdi odaklı CCR için EMS programı sonuçları.....	100
Şekil 6.6. Girdi odaklı BCC için EMS programı sonuçları.....	100
Şekil 6.7. Çıktı odaklı CCR için EMS programı sonuçları.....	103
Şekil 6.8. Çıktı odaklı BCC için EMS programı sonuçları.....	103

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Etkinlik ve etkililik	7
Çizelge 2.2. Tek girdi ve tek çıktı durumu veri seti.....	10
Çizelge 2.3. İki girdi ve tek çıktı durumu veri seti.....	12
Çizelge 2.4. Tek girdi ve iki çıktı durumu veri seti.	14
Çizelge 4.1. DEMATEL metodu karşılaştırma skalası.....	50
Çizelge 5.1. Dilsel terimler ve üçgensel bulanık sayılar.....	67
Çizelge 6.1. Kodları ile birlikte literatürde sık kullanılan girdi ve çıktılar.	73
Çizelge 6.2. Dilsel skalada bir uzman değerlendirme örneği.....	75
Çizelge 6.3. Üçgensel bulanık sayı formunda bir uzman değerlendirme örneği.	76
Çizelge 6.4. Çıktı faktörleri için normalize edilmiş direk ilişki matrisi.....	78
Çizelge 6.5. Girdi faktörleri için normalize edilmiş direk ilişki matrisi.	79
Çizelge 6.6. Çıktılar için normalize edilmiş birleştirilmiş direk ilişki matrisi.....	81
Çizelge 6.7. Girdiler için normalize edilmiş birleştirilmiş direk ilişki matrisi.	82
Çizelge 6.8. Çıktı faktörleri için toplam ilişki matrisi.	84
Çizelge 6.9. Girdi faktörleri için toplam ilişki matrisi.	85
Çizelge 6.10. Girdi faktörlerine ait sonuç değerleri.....	87
Çizelge 6.11. Çıktı faktörlerine ait sonuç değerleri.	87
Çizelge 6.12. Analiz yapılan bölümler ve bağlı oldukları üniversiteler ve kodları. ..	93
Çizelge 6.13. Analizde kullanılan uygun girdi ve çıktı faktörleri.....	95
Çizelge 6.14. Analiz yapılan KVB'lere ait girdi verileri.	96
Çizelge 6.15. Analiz yapılan KVB'lere ait çıktı verileri.....	97
Çizelge 6.16. Modellere ait referans grupları.....	105
Çizelge 6.17. KVB'lerin referans gösterilme sayıları.....	106
Çizelge 6.18. B4'e ait mevcut ve olması gereken değerler.....	107
Çizelge 6.19. B6 ve B11'e ait mevcut ve olması gereken değerler.	108
Çizelge 7.1. Model bazlı ortalama etkinlik ve ölçek etkinliği değerleri.....	111

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

A	: Direkt-İlişki Matrisi
\tilde{A}	: A Bulanık Kümesi
\tilde{A}_α	: \tilde{A} Bulanık Kümesinin α Kesen Kümesi
D	: Satırlar Toplamı
E_k	: Göreli etkinlik ölçütü
F_1	: 1 Numaralı Faktör
$hgt(\tilde{A})$: \tilde{A} Bulanık Kümesinin Yüksekliği
k	: Normalleştirme Değeri
l	: En Düşük Olasılık
m	: Net Değer
M	: Normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisi
\tilde{M}	: Üçgensel Bulanık Sayı
m	: Girdi sayısı
p	: Çıktı sayısı
R	: Sütunlar Toplamı
S	: Toplam İlişki Matrisi
s_i^-	: k . karar biriminin i . değerine ait atıl değer,
s_r^+	: k . karar biriminin r . değerine ait atıl değer
sup	: En Küçük Üst Sınır
u	: En Yüksek Olasılık
u_r	: k . karar birimi tarafından r .çığıtıya verilen ağırlık
u_0	: Ölçeğe göre getirinin yönü ile ilgili değişken,
v_i	: k . karar birimi tarafından i .girdiye verilen ağırlık

- v_0 : Ölçeğe göre getirinin yönü ile ilgili değişken,
 X_{ij} : j . karar birimi tarafından kullanılan i . girdi
 X_{ik} : k . karar birimi tarafından kullanılan i . girdi
 X^{KB} : Girdilere Ait Kuramsal Birim
 Y^{KB} : Çıktılara Ait Kuramsal Birim
 Y_{rj} : j . karar birimi tarafından üretilen r . çıktı
 Y_{rk} : k . karar birimi tarafından üretilen r . çıktı
 $\tilde{Z}^{(k)}$: k . Uzmana Ait İkili Karşılaştırma Matrisi
 α : Bulanık Kümenin Keseni
 α : Girdilerin ne kadar azaltılabileceğini belirleyen büzülme katsayısı
 β : Çıktıların ne kadar arttırılabileceğini belirleyen genişleme katsayısı
 ε : Yeterince küçük pozitif bir sayı ($\varepsilon \leq 10^{-6}$)
 λ_j : j . karar biriminin aldığı yoğunluk değeri
 $\mu_{\tilde{A}}(x)$: x 'in \tilde{A} 'ya ait olma veya üyelik derecesi

KISALTMALAR

ARGE	: Araştırma ve Geliştirme
BCC	: Banker, Charnes, Cooper
BNP	: Best Nonfuzzy Performance Value
CCR	: Charnes, Cooper, Rhodes
DEA	: Data Envelopment Analysis
DEMATEL	: Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
DMU	: Decision Making Unit
KVB	: Karar Verme Birimi
PYS	: Performans Yönetim Sistemi
RK	: Referans Kümesi
SCI	: Science Citation Index
SSCI	: Social Sciences Citation Index
TBK	: Tüketilmesi Beklenen Kaynaklar
TK	: Tüketilen Kaynaklar
VZA	: Veri Zarflama Analizi
YÖK	: Yüksek Öğretim Kurulu

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Son yıllarda, kamu sektörü harcamalarının artması ile ekonomik krizler birçok ülkede kamu mali yönetim anlayışının sorgulanmasına neden olmuştur. Bu kapsamda kamu hizmetlerinin kalitesinin yükseltilmesi, kaynak kullanım kapasitesinin artırılması, kaynak kullanımında etkililik, verimlilik ve tutumluluğun sağlanmasına ve geliştirilmesine yönelik uygulamalar hız kazanmıştır [1].

Yükseköğretim bir ülkenin gerek duyduğu nitelikli insan gücünün yetiştirilmesinde, bilginin üretilmesinde ve topluma hizmette önemli bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Yirminci yüzyılın son çeyreğinden itibaren bilgi toplumuna geçiş süreci başlamış ve bilgi ekonomisi adı verilen küresel bir ekonomik yapı oluşmuştur. Bu yeni yapıda; bireylerin ekonomik gücü bilgi ve öğrenim düzeyleri, ülkelerin rekabet gücü ise beşeri ve sosyal sermayeleri ile ölçülmeye başlanmıştır. Bu süreç, bilginin üretilmesi ve paylaşılmasından birinci derecede sorumlu olan üniversitelerden beklentileri arttırmıştır ve üniversiteler arası artan rekabet yol açmıştır. Beklentilerin yanında, özellikle genç nüfus oranı yüksek olan gelişmekte olan ülkelere yükseköğretime olan talebin artması üniversiteleri kaynaklarını etkin kullanmaya itmektedir [2].

Bu sebeple özellikle gelişmekte olan ülkelere üniversitelerin sayısı artarken, üniversiteler, kaynaklarını etkin şekilde kullanmak zorunda kalmaktadırlar. Örneğin, Türkiye’de 2003 yılında, üniversite sayısı 76 idi. Bu sayı 2011 yılında 156 olmuştur. Yükseköğretim’e yapılan kayıtlar 2003 yılında 1 223 230 iken, bu sayı 2011 yılında 2 087 890’e ulaşmıştır. Bu nedenle üniversitelerde etkinlik ve verimlilik analizleri, önemli bir yönetim aracı haline gelmiştir.

Eğitim kalitesi, üniversitelerin rekabet avantajı sürekliliği için ön koşuldur. Kalitesinin sürdürülebilirliği verimlilik ölçümlerine bağlıdır. Üniversite ve bölümlerinin verimliliği birçok farklı açılardan pek çok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Bu araştırmalar temel olarak aşağıdaki sorulara cevap almak için yapılmıştır: Sistemde kullanılan girdiler çıktıları maksimize ediyor mu? Girdi ve çıktı türleri ve miktarları, üniversiteler veya üniversite bölümlerini eğitim hedeflerine ulaştırmak için uygun mu? Mevcut bütçe kısıtları altında akademik hedefler gerçekleştirilebilir mi? Bütçe kesintileri yapılabilir mi? Yapılabilirse eğitim kalitesini düşürmeden ne dereceye kadar izin verilir? Bu sorulara uygun yanıtlar bulma temel konusu, pek çok araştırmacının ilgisini çekmiştir. Akademik birimler için verimlilik değerlendirmesi girdi ve çıktıların ölçülmesindeki zorluklar, bölümler arası böylesi ölçümlerin geniş çaplı olması, veri toplamada yaşanan problemler ve bölümler arası kaynak dağıtımının tahmin edilememesinden dolayı yaşanan güçlüklerden ötürü zor bir görevdir. Farklı üniversitelerin bölümleri verimlilik açısından karşılaştırıldığında bu sorun daha da karmaşık hale gelmektedir [3].

Etkinlik ve verimliliğin önemli olması pek çok ölçüm yöntemleri geliştirilmesine neden olmuştur. Metodolojik olarak bunları oran analizi, parametrelili yöntemler ve parametresiz yöntemler olarak üç grupta toplamak mümkündür. Oran analizi, verimliliğin ölçülmesinde kullanılan yöntemlerden en basitidir. Bu yaklaşımda, her bir oran verimlilikle ilgili boyutlardan sadece bir tanesini göz önüne alırken diğerlerini göz ardı etmektedir. Bu yöntemle, verimliliği incelenen birimin bazı oranlarla iyi bir durumda olduğu görülürken bazı oranlarla da oldukça zayıf olduğu görülebilmektedir. Parametrelili yöntemlerle verimlilik ölçümünde, genel olarak regresyon teknikleri kullanılır. Parametresiz yöntemlerle performans ölçümünde matematik programlama çözüm tekniği olarak benimsenmiştir [4].

Veri Zarflama Analizi (VZA), kuruluşların verimliliğini ölçmede yaygın olarak kullanılan parametrik olmayan bir yöntemdir. Diğer ölçüm metotları ile karşılaştırıldığında bu yöntemin avantajı, birden çok girdi ve çıktının kullanılabilirdiği uzaklık fonksiyonu yaklaşımını kullanmasıdır [5].

Üniversite ve üniversite bölümlerinin etkinliğinin değerlendirilmesinde Veri Zarflama Analizi yönteminin kullanıldığı çalışmalar literatürde önemli miktarda yer almaktadır [6-14].

VZA, birden çok girdi-çıkıtının olduğu ve girdi-çıkıtların farklı ölçü birimlerine sahip olduğu durumlarda, karar verme birimlerinin (KVB) görelî performansını ölçmeyi amaçlayan doğrusal programlama tabanlı bir tekniktir. VZA' da temel varsayım, tüm işletmelerin benzer stratejik hedeflere sahip olması ve aynı tür girdi kullanıp aynı tür çıktı üretmesidir. VZA, aynı amaç ve hedeflere sahip işletmelerin etkinliğini görelî olarak ölçmektedir. VZA ile etkin olmayan şubeler belirlenerek düzeltici önlemler alınabilir. Yöneticiler için, birçok girdi ve çıkıtının aynı anda değerlendirilmesiyle "hangi birimlerin etkinliğinin düşük olduğunu tespit etmek" oldukça güçtür. Bu noktada VZA, yöneticilere "görelî etkinlikleri belirlemede" önemli bir yardımcı araç sunmaktadır [15].

Veri Zarflama Analizinin en önemli parçası, uygun girdi ve çıktı faktörlerinin seçilmesi ve tanımlanmasıdır. Literatürde üniversite ve bölümlerinin etkinliğinin değerlendirilmesinde çeşitli girdi ve çıkıtların kullanıldığı göze çarpmaktadır. Bununla birlikte, literatürde girdi ve çıkıtları tanımlamak için sistematik bir yöntem kullanımı göze çarpmamaktadır. Bunun yerine, araştırmacılar, sezgisel ya da kavramsal olarak bu faktörleri belirlemeye çalışmışlardır. Bu şekilde yapılan bir belirleme işleminin başlıca dezavantajı faktörlerin birbirlerine etkilerinin göz ardı edilmesidir. Diğer faktörlerden etkilenmiş faktörler karar verme birimlerinin etkinliğinin ölçümünde sağlıklı sonuçlar ortaya çıkmasına neden olur. Bu nedenle, etkinlik ölçümü için kritik faktörler (etkileyen) tespit edilmelidir.

Faktörlerin etkileyen kriterler (Diğer kriterler üstünde daha çok etkisi olan ve yüksek önceliği olduğu farz edilen kriterler) ve etkilenen kriterler (Daha çok etki altında kalan ve düşük önceliği olduğu farz edilen kriterler) şeklinde ayrılmasında, temel olarak karmaşık neden sonuç ilişkilerini görselleştirerek anlamlı sonuçlar çıkarmayı amaçlayan bir Çok Kriterli Karar Verme (Multiple Criteria Decision Making) yöntemi olan DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) metodu kullanılabilir.

DEMATEL metodu, Gabus and Fontela tarafından geliştirilmiştir [16,17]. Bu yöntem, matrisler ve ikili graflar üzerinde faktörlerin karmaşık nedensel ilişkileri görüntüler. Kriterleri de etkileyen ve etkilenen faktörler şeklinde gruplandırarak karar vermeyi kolaylaştırır [18].

Belirsiz bir ortamda keskin değerler ile karar vermek genellikle zordur. Karar verme sürecinde yaşanabilecek bu belirsizlik ortamı bulanık mantık kullanımını gerektirir. Bulanık mantık, genellikle karar verme sürecindeki belirsizliği ve muğlaklığı işlemek için kullanılmaktadır [19, 20]. Bulanık mantık ile birlikte DEMATEL yöntemi bulanık ortamlarda daha gerçekçi kararlar almak için kullanılmaktadır. Literatürde, DEMATEL ve bulanık mantık kavramını birleştiren bazı çalışmalar bulunmaktadır [18, 21-23].

Bu çalışmada amaç Veri Zarflama Analizi için geliştirilmiş olan modelleri inceleyerek, üniversite bölümlerinin etkinlik ölçümünün nasıl yapılacağını araştırmak ve Türkiye'deki 14 Endüstri Mühendisliği bölümü için bir uygulama yapmaktır. Üniversite bölümlerinin etkinlik ölçümü için, Bulanık DEMATEL yöntemi kullanılarak kritik girdi ve çıktı faktörlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır, literatürde üniversite bölümlerinin etkinliğinin ölçümünde kullanılan faktörler ortaya konulmuştur. Daha sonra Bulanık DEMATEL yöntemi ile girdi ve çıktı faktörlerine ilişkin etkileyen ve etkilenen kriterler ortaya konularak girdi ve çıktı faktörlerine ait etkileyen kriterler Veri Zarflama Analizinde kullanılmıştır.

Çalışma yedi bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde; tez çalışmasının konusu, önemi, amaçları ve içeriğine ilişkin genel bilgiler verilmiştir.

İkinci bölümde, performans kavramı ve performansın bileşenleri üzerinde durulmuştur. Ayrıca etkinlik ölçmede kullanılan temel yöntemler ele alınmaya çalışılmıştır.

Üçüncü bölümde, Veri Zarflama Analizinin tanımı, tarihçesi, kullanım alanları, avantajları ve dezavantajları, uygulama aşamaları, temel modeller detaylarıyla anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde DEMATEL metodunun ne olduğu, tarihçesi ve uygulama alanları üzerinde durulmuştur. Ayrıca uygulama adımlarına değinilmiştir.

Beşinci bölümde, Bulanık DEMATEL metodu incelenmiştir. Literatür çalışmalarına değinildikten sonra konunun 'Bulanıklılığı' detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Bulanık Mantık, Bulanık Kümeler ve Bulanık Sayılar konusu yüzeysel bir şekilde anlatılmış ve metodun uygulama adımları açıklanmıştır.

Çalışmanın altıncı bölümü olan uygulama bölümünde, Bulanık DEMATEL uygulaması yapıp çıkan sonuçlar ile Türkiye'de 14 Endüstri Mühendisliği bölümünde etkinlik skorunun Veri Zarflama Analizi ile belirlenmesinde kullanımı anlatılmıştır.

Çalışmaların nihai sonuçlarının açıklandığı yedinci ve son bölümde, analiz sonucu elde edilen bulgular, çalışmanın amacına uygun bir biçimde yorumlanarak sonuçlandırılmıştır.

BÖLÜM 2

PERFORMANS KAVRAMI VE BİLEŞENLERİ

Günümüz dünyasında rekabet, işletmelerin (kurumların) varlığını uzun süre devam ettirmesi açısından içsel kaynaklarını etkin olarak kullanmalarını gerektirmektedir. İşletmeler (kurumlar), etkin üretim yapmak-hizmet vermek olan temel hedefine ulaşmak için planlama ve kontrol süreçlerinin birbirleriyle uyumlu ve doğru bir şekilde yürütülmesi gerekir ki bu da işletmenin (kurumun) etkin çalışmasını sağlamada en büyük etkidir.

İşletmelerde, çıktılar ve girdiler doğru bir şekilde tanımlanıp aralarındaki ilişkiler doğru kurulduğunda, verimlilik düzeyini ölçmede başarılı olunacak ve işletmenin etkin üretim düzeyine geçmesi sağlanabilecektir [24].

Bu bölümde bazı kavramlar üzerinde durulacaktır. Bunlar;

- Performans
- Etkinlik ve Etkililik
- Verim ve Verimlilik
- Performans Yönetimi ve Ölçümü
- Performans Ölçme Yöntemleri

2.1. PERFORMANS

Türk Dil Kurumunca “başarım” olarak Türk diline yerleştirilen performans, çok yönlü olması bakımından kullanıldığı yere göre tanımlanması uygun olacaktır [25].

Performans, genel anlamda, amaçlı ve planlanmış bir etkinlik sonucunda elde edilenin, nicel (miktar) ya da nitel (kalite) olarak tanımlanmasıdır. Başka bir ifade ile

bir işi yapan bireyin, bir grubun ya da bir teşebbüsün o işte amaçlanan hedefe yönelik olarak, nereye varabildiğinin, neyi sağlayabildiğinin nicel ve nitel olarak anlatılmasıdır [24].

Yönetim biliminde ise performans, bir işi yapan bireyin ya da grubun amaçlanan hedefe yönelik neyi sağlayabileceğinin nicel ve nitel olarak ifade edilmesidir [26].

Etkinlik, etkililik, verim ve verimlilik gibi kavramlar birer performans boyutudur.

2.2. ETKİNLİK VE ETKİLİLİK

Etkinlik, yararlı çıktı sağlamak için kaynakların ne şekilde kullanıldığının bir ifadesidir. Yani girdi unsurlarının standartlara kıyaslanması ile bulunan bir değerdir. Etkililik ise amaçları gerçekleştirme derecesi olarak tanımlanır ve gerçekleşen çıktıların planlanan çıktılara oranlanmasıyla ifade edilir [27]. Etkinlik ve Etkililik ile ilgili Çizelge 2.1 konuyu özetlemektedir.

Çizelge 2.1. Etkinlik ve etkililik [28].

ETKİLİLİK	ETKİNLİK	
	KÖTÜ	İYİ
YÜKSEK	Etkili fakat etkin değil, bazı kaynaklar boşa gidiyor.	Hem etkili hem etkin, kaynaklar iyi kullanılıyor, performansı yüksek.
DÜŞÜK	Ne etkili ne etkin, hem hedeflere ulaşamıyor hem de kaynaklar boşa gidiyor.	Etkin fakat etkili değil, kaynak kullanımı iyi fakat hedeflere ulaşamıyor.

$$\text{Etkililik} = \frac{\text{Gerçekleşen Çıktı}}{\text{Planlanan Çıktı}} \quad (2.1)$$

$$\text{Etkinlik} = \frac{\text{Fiili Miktar}}{\text{Standart Miktar}} \quad (2.2)$$

Etkinlik oranının 1 olması istenir. Bu oranın 1 olması demek karar verme biriminin etkin olduğunu yani diğer karar verme birimlerine göre daha performanslı olduğu söylenir ve “Etkin Karar Verme Birimi” olarak adlandırılır.

2.2.1. Teknik Etkinlik

Üretim, girdilerin çıktılara dönüştürülme sürecidir. Bu sürecin etkin olabilmesi mevcut teknoloji ve teknolojik değişme çerçevesinde, belirli bir girdi birleşiminin kullanılarak maksimum çıktının elde edilmesine veya belirli bir çıktı bileşiminin en az girdi kullanılarak üretilmesine bağlıdır. Teknik etkinlik girdi birleşiminin en verimli şekilde kullanılarak mümkün olan maksimum çıktıyı üretme başarısıdır. Bu açıdan teknik etkinlik, çıktı/girdi ilişkisini tanımlaması nedeniyle bir verimlilik göstergesi özelliği taşımaktadır [24].

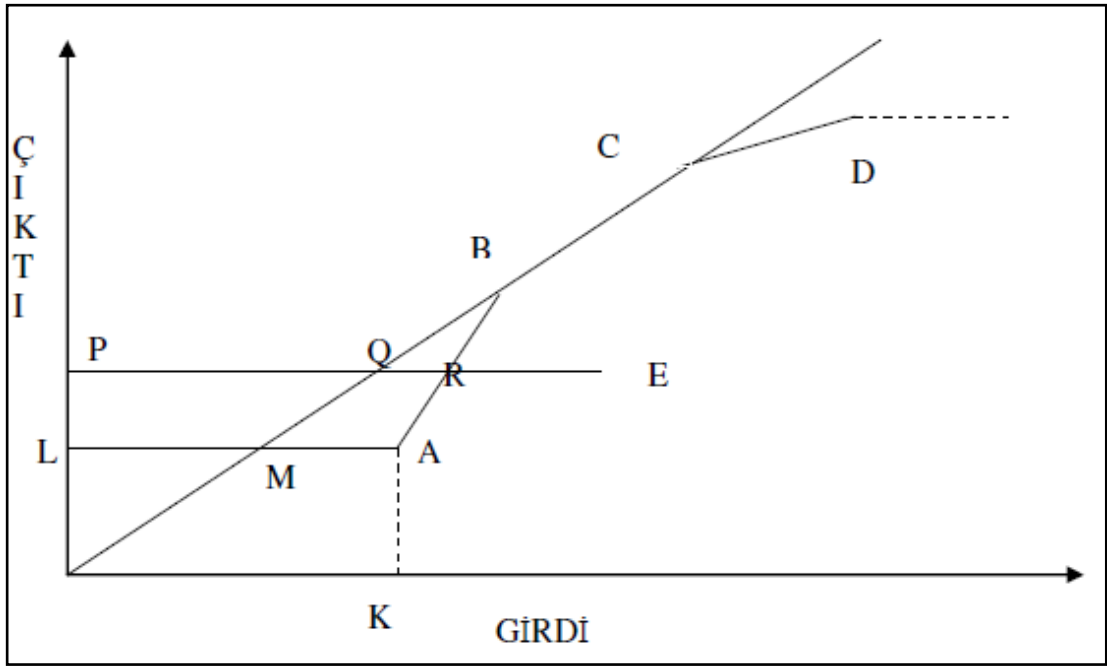
2.2.2. Ölçek Etkinliği

Teknik etkinliğin yanı sıra bir başka performans ölçüm kriteri olarak, en verimli ölçek büyüklüğüne yakınlık alınmaktadır. Bu kavram ölçek etkinliği olarak adlandırılmaktadır. Bir üretim sürecinde girdiler belli bir miktar arttırıldığında çıktı seviyesindeki artış girdilerdeki artış oranından fazla ise ölçeğe göre artan getiri, çıktılardaki artış girdilerdeki artıştan az ise ölçeğe göre azalan getiri ve son olarak çıktılardaki artış miktarı ile girdilerdeki artış miktarı aynı olduğunda ölçeğe göre sabit getiriden bahsedilir [24].

Bir KVB'nin etkinsizliğinin kaynağı araştırılırsa, bunun nedenlerinden biri KVB'nin kendisinin etkinsiz bir şekilde işletilmesidir. Diğer ise KVB'nin çalışması şartları içerisinde dezavantajlı bir durum altında olmasından kaynaklanır [25].

Bu amaçla, ileriki bölümlerde üzerinde duracağımız girdiye yönelik CCR ve BCC modellerinin skorlarının karşılaştırılması dikkate değerdir. CCR modeli ölçeğe göre sabit getiri üzerine kurulu olan bir üretim imkân kümesi varsayımını kabul eder. CCR modelinden elde edilen etkinlik skor; global teknik etkinlik olarak adlandırılır. BCC modelinden elde edilen skor ise lokal (saf) teknik etkinlik olarak adlandırılır.

BCC ve CCR skorlarının her ikisi de %100 ise KVB'ler tam etkindir. Bu KVB'ler en verimli ölçek büyüklüğüdür denir. Eğer BCC skoru tam ve CCR skoru %100'den düşük ise KVB ölçek büyüklüğüne göre lokal etkin ama global etkin değildir. Bu iki skorun oranı ile KVB'nin ölçek etkinliği karakterize edilebilir. Yani ölçek etkinliği CCR skorunun BCC skoruna bölünmesiyle elde edilir. Anlatılan ölçek etkinliği girdi yönelimli olmasına rağmen çıktı yönelimli ölçek etkinliği de çıktı yönelimli skorlar kullanılarak tanımlanabilir [25].



Şekil 2.1. Ölçek etkinliğinin grafik gösterimi [25].

Yukarıda anlatılanları bir grafik üzerinde inceleyecek olursak; Şekil 2.1'de orijinden uzanan doğru CCR etkin üretim sınırını, A, B, C ve D noktalarını birleştiren doğru parçaları ise BBC etkin üretim sınırını oluşturmaktadır. A noktası lokal olarak etkindir ancak toplamda teknik etkinsizlik içindedir. Ayrıca A noktasından uzanan doğru yatay eksene negatif bir noktada keseceğinden ölçeğe göre azalan getiri durumundadır. D noktası da lokal olarak etkindir ancak toplamda teknik etkinsizlik içindedir. D noktasından uzanan doğru yatay eksene pozitif bir noktada keseceğinden ölçeğe göre artan getiri durumundadır. B ve C noktaları tam ölçek etkinliğine sahiptirler ve ölçeğe göre sabit getiri durumundadırlar. E noktası hem lokal etkinsiz hem de toplamda teknik etkinsizdir [25].

2.2.3. Üretim İmkânları Kümesi

Üretim sürecinde kullanılan girdi sayısı m ve üretilen çıktı sayısı p olmak üzere, üretim imkânları kümesi tüm mümkün girdilerin ve karşılık gelen tüm mümkün çıktıların kümesi olarak tanımlanır. Böylelikle üretim imkânları kümesi tüm k karar birimi için tüm mümkün girdi-çıkıtı bileşimlerinin kümesidir [24].

2.2.4. Etkinlik Sınırı

Etkinlik sınırı, en iyi performansı temsil eden ve girdi ve çıktıların en verimli şekilde birbirine dönüştüren veri kümesindeki ünitelerden oluşan sınırdır. Sınırı belirleyen üniteler %100 verimliliğe sahiptir. Sınırdan olmayan herhangi bir ünite %100 verimliliğin altında bir verimliliğe sahiptir [24]. Bu kavram aşağıda örneklerle anlatılmıştır.

2.2.4.1. Tek Girdi ve Tek Çıkıtı Durumu

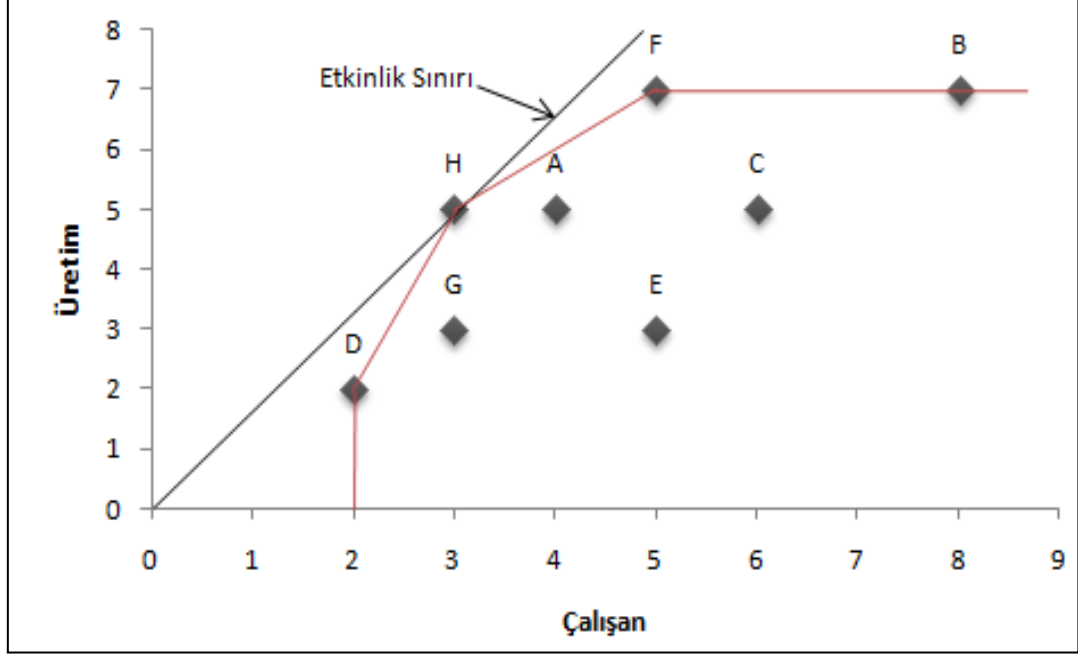
Bir örnek ile açıklayacak olursak, firmamıza ait 8 adet tesisimiz olduğunu düşünelim ve bu tesislerin isimleri A, B, C, D, E, F, G ve H olsun.

Çizelge 2.2. Tek girdi ve tek çıkıtı durumu veri seti.

Tesis	Tip	A	B	C	D	E	F	G	H
Çalışan (x10)	Girdi	4	8	6	2	5	5	3	3
Üretim (100 000 m)	Çıkıtı	5	7	5	2	3	7	3	5
Üretim/Çalışan	-	1,25	0,88	0,83	1,00	0,60	1,40	1,00	1,67

Çizelge 2.2'deki son satır çalışan başına üretimleri göstermektedir. Yukarıdaki tanımlamamıza baktığımızda bu verimliliği bize verecektir. Fakat aynı zamanda genel kullanımda etkinlik olarak ta tanımlanabilmektedir. Bu son satıra baktığımızda yukarıda da açıkladığımız üzere en etkin karar verme birimi H (Üretim/Çalışan:1,67) iken etkinlik düzeyi en düşük olan karar verme birimi ise E'dir. Çizelge 2.2'yi,

üretim y eksenine ve çalışanlar x eksenine gelecek şekilde bir grafikte gösterirsek Şekil 2.2’de gösterilen şekli elde ederiz.



Şekil 2.2. Tek girdi tek çıktı durumu etkinlik sınırı.

Şekil 2.2’deki grafik üzerindeki her nokta o tesisteki çalışan sayısını ve üretim rakamını göstermektedir ve üretim / çalışan oranı (eğim) en büyük olan karar verme birimi en etkin karar verme birimidir.

Bu oranın en büyük olduğu karar verme birimi H’dir ve oranın daha büyük olduğu bir karar verme birimi olmadığından dolayı orijin ve H’den geçen doğru bize etkinlik sınırını vermektedir. Etkinlik sınırı en az bir noktadan geçer ve diğer noktalar ya o sınırın tam üzerindedir ya da altındadır. Kırmızı Çizgi (D, H, F, B) bize üretim sınırını göstermektedir.

Biraz daha detaylı anlatmak gerekirse, örneğin H ve G aynı çalışan sayısına sahip olduğu halde H, G’ye göre daha fazla üretim yapmıştır, G teknik olarak etkin değildir. Keza H, A ve C aynı üretim rakamına ulaştığı halde H en az çalışanla bu rakama ulaşmış, C ise bu 3 karar verme birimi arasında en fazla çalışan sayısı ile aynı üretim rakamına ulaşmıştır. Aynı şekilde E ve F’de yorumlanabilir.

Üretim sınırı üzerinde olan birimler teknik olarak etkin olan ve eğimi en büyük olan karar verme birimi ise hem etkin hem de verimli olarak tanımlanmaktadır. Bu durumda D karar verme birimi H'ye doğru giderse verimliliğini arttırabilir.

Örneğin üretim sınırının altında olan G karar verme birimi ise H'ye doğru giderse hem etkinliğini hem de verimliliğini arttıracaktır. Çünkü üretim sınırına yaklaştıkça etkinliği artacak, H'ye yaklaştıkça da eğimi artacağından verimliliği artacaktır. Son olarak eğer C karar verme birimi F'ye yaklaşırsa etkin bir karar verme birimi olacak fakat verimli olmayacak, verimlilik için de H'ye yaklaşması gerekecektir.

2.2.4.2. İki Girdi ve Tek Çıktı Durumu

Bu durumu da bir örnekle açıklamaya çalışalım. Bu sefer girdi olarak Tesis Alanını da ekleyelim. Veri setimiz Çizelge 2.3'deki gibi olsun.

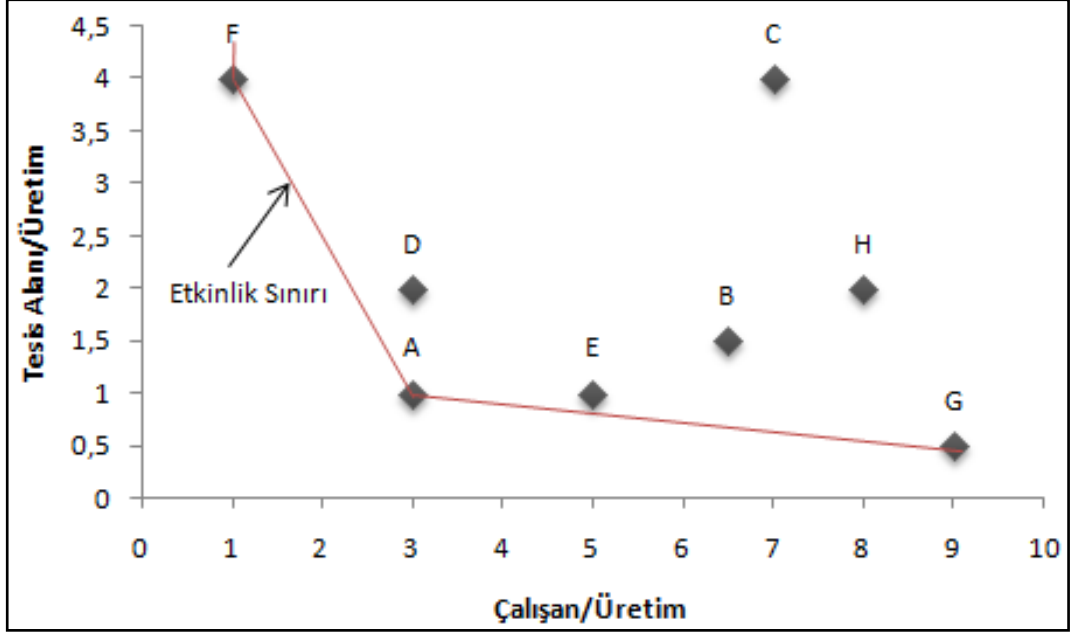
Çizelge 2.3. İki girdi ve tek çıktı durumu veri seti.

Tesis	Tip	A	B	C	D	E	F	G	H
Çalışan (x10)	Girdi 1	3	6,5	7	3	5	1	9	8
Tesis Alanı (1 000m²)	Girdi 2	1	1,5	4	2	1	4	0,5	2
Üretim (100 000 m)	Çıktı	1	1	1	1	1	1	1	1

Çizelge 2.3'de de görüldüğü üzere 8 adet tesis olduğunu, girdi olarak çalışan sayısı ve tesis alanı, çıktı olarak ta üretim miktarı belirlenmiştir. Burada çıktıların hepsi sabit getiri varsayımı sebebiyle 1 olarak alınmıştır. Böylece girdiler 1 birimlik üretimin getirisi olarak normalize edilmiştir.

Çizelge 2.3'den “Girdi 1/Çıktı” x ekseninde ve “Girdi 2/Çıktı” da y ekseninde olmak üzere Şekil 2.3'de gösterilmiştir.

Her karar verme birimi eşit miktarda çıktı ürettiğine göre en az girdi kullanan karar verme birimi en etkin karar verme birimi olacaktır. Bu sebepten dolayı üretim imkânları kümesi Şekil 2.3'deki gibi olmuştur. Buradaki durumda karar verme birimi ne kadar orijine yakın olursa etkinliği de o kadar yüksek olacaktır.

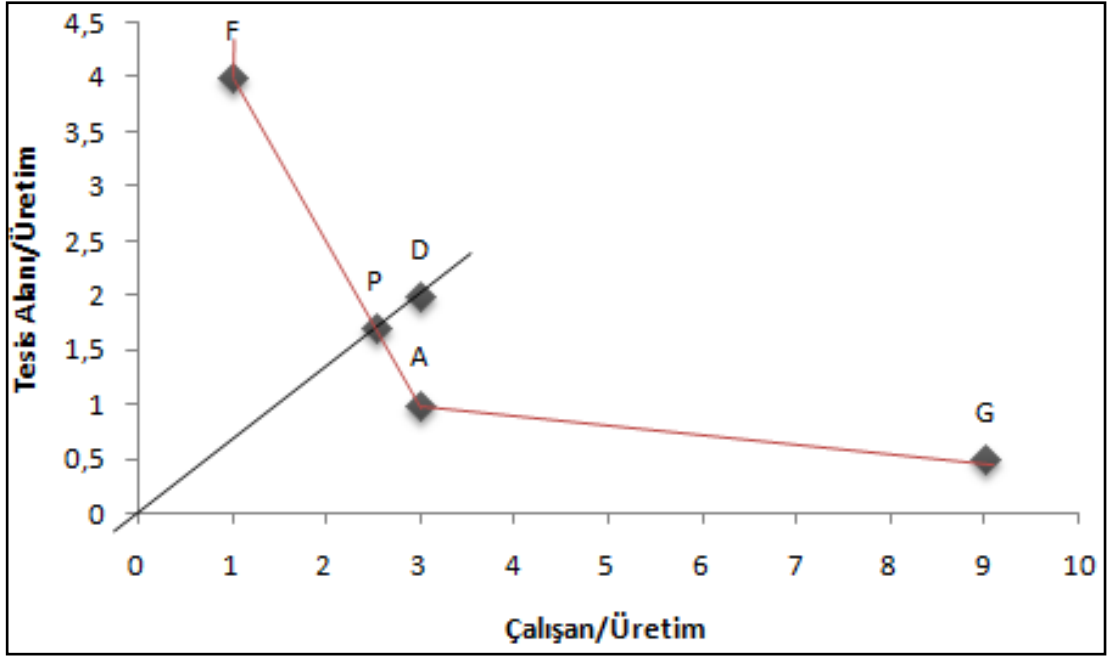


Şekil 2.3. İki girdi tek çıktı durumu etkinlik sınırı.

Örnek olarak D karar verme birimi etkin değildir. Çünkü orijinden D'ye bir doğru çizdiğimizde bu doğru üretim imkânları kümesini P noktasında kesmektedir. Bunun anlamı da Şekil 2.4'te görüldüğü üzere P Üretim imkânları kümesi üzerinde olduğundan P noktasındaki karar verme birimi etkin olacaktır bu sebeple D noktası etkin değildir.

P noktası da F ve A noktasının kombinasyonu olarak ifade edilebileceğinden F ve A noktaları D noktasının referans kümesi olarak isimlendirilir. Bu referans kümeleri her karar verme birimi için farklı olabilir.

Burada D karar verme biriminin etkin ve verimli olabilmesi için kendisini A'ya yakınlaştırması gerekmektedir. Bunu da D karar verme birimi, diğer girdisini ve çıktısını sabit tutmak koşulu ile tesis alanının azaltılmasıyla elde edebilir.



Şekil 2.4. Etkinlik durumu.

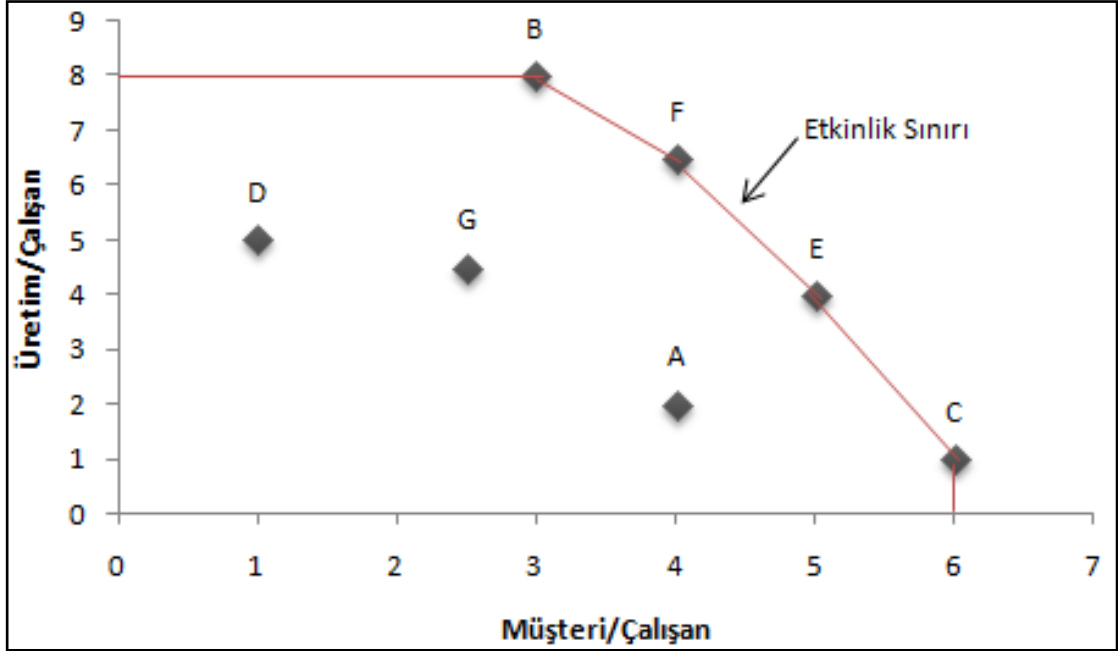
2.2.4.3. Tek Girdi ve İki Çıktı Durumu

Veri setimiz Çizelge 2.4’teki gibi olsun.

Çizelge 2.4. Tek girdi ve iki çıktı durumu veri seti.

Tesis	Tip	A	B	C	D	E	F	G
Çalışan	Girdi	1	1	1	1	1	1	1
Müşteri (x10)	Çıktı 1	4	3	6	1	5	4	2,5
Üretim (100 000 m)	Çıktı 2	2	8	1	5	4	6,5	4,5

Daha önce yaptığımız gibi “Çıktı 2/Girdi” y eksenine ve “Çıktı 1/Girdi” de x eksenine yerleştirilip grafikte gösterdiğimizde Şekil 2.5’teki gibi bir üretim imkânları kümesi ve etkinlik sınırı elde ederiz



Şekil 2.5. Tek girdi iki çıktı durumu etkinlik sınırı.

Burada A, G ve D mağazaları etkin olmayan mağazalardır. A'nın referans kümesi E ve C'dir.

2.3. VERİM VE VERİMLİLİK

Verim gerçekleşen kâr ya da kaynakların kullanımı ile ilgili bir kavramdır. Mal ya da hizmet üreten bir organizasyonun üretim kaynaklarından yararlanma derecesini gösteren bir performans boyutudur. Verim işlerin doğru olarak yapılması olarak da tanımlanmaktadır. Verim, bir organizasyonda elde bulunan potansiyel kaynaklardan kısıtlar altında yararlanma derecesinin nasıl ve ne düzeyde olduğunu gösteren performans boyutudur. İşgücü, makine, bina v.b kullanım oranı gibi. Verim (2.3)'deki gibi ölçülmektedir [25].

$$\text{Verim} = \frac{\text{TBK}}{\text{TK}} \times 100 \quad (2.3)$$

Eş.2.3'de, 'TBK' tüketilmesi beklenen kaynakları yani yararlı girdileri ve 'TK' ise tüketilen kaynakları göstermektedir.

Verimliliğin çok farklı tanımları olmakla birlikte, bir verimlilik modeli tasarlanmasında en genel yaklaşım işletme, sektör ve ülkenin uzun, orta ve kısa dönemli kalkınma amaçlarına uygun, doğru girdi ve çıktı bileşenlerini belirlemektir.

Genel bir tanım yapıldığında, verimlilik, bir üretim ya da hizmet sisteminin ürettiği çıktı ile bu çıktıyı elde etmek için kullanılan girdi arasındaki ilişkidir. Bu nedenle verimlilik, "çeşitli mal ve hizmetlerin üretimindeki kaynakların (emek, sermaye, arazi, malzeme, enerji, bilgi) etkin kullanımını" diye tanımlanır ve Eş.2.4'deki gibi formülize edilebilir [27].

$$\text{Verimlilik} = \frac{\text{Çıktı}}{\text{Girdi}} \quad (2.4)$$

2.4. PERFORMANS YÖNETİMİ VE ÖLÇÜMÜ

Performans yönetim sistemleri, performansı geliştirmek veya gelişen performansı değerlendirebilmek için toplam prosesin devam etmesi, uygulanması ve geliştirilmesi süreci içinde açık ve objektif bir şekilde değerlendirilebileceği ve uygun bir iletişimin sağlanmış olduğu bir ortama ihtiyaç duyar. Performans yönetimi anlayışında yönetim görevleri üç ana başlıkta özetlenebilir [26]:

- Örgütün ortak amacını, örgütü oluşturan en alt sistemlere kadar, bu sistemlerin özel amaçlarını da içerecek şekilde tüm örgüte yaymak ve benimsetmek,
- Örgüt içinde yukarıdan aşağıya ve aşağıdan yukarıya bilgi akışını sağlayacak bir iletişimi gerçekleştirmek,
- Yönetilen birimlerin performansını sürekli geliştirmek, bu amaçla işletmenin tümü ya da istenen birimleri için ve özellikle çalışanlar için bir performans ölçüm ve denetim sistemi uygulamak.

Planlar, performans yönetiminin temel bilgi kaynaklarıdır. Performans yönetimi; planlardan yola çıkarak işletmenin amaçlarına uygun olarak, örgütün performansını sürekli maksimize etmek için planlanan etkinliklerin gerçekleştirilmesini izler,

sistemde ve çevresel koşullarda oluşan değişimler nedeniyle planlardan sapmalara ya da planlarda yapılması gereken değişikliklere yönetimin dikkatini çeker [26].

Ölçme; geçerli ve kabul görmüş ölçekler kullanarak bir nesne hakkında bilgi sağlama yöntemidir. Ölçmede dikkat edilecek önemli noktalardan biri, ölçüm biriminin kıyaslanabilir olmasıdır. Ölçümlerin kapsamı ölçüm yapılan konunun önemi, bilgi sayısı ve kesinliğine/hassaslığına göre farklılık gösterebilir [25].

Performans ölçümü; ürünlerin, hizmetlerin veya işlemlerin yerine getirilmesinde, görevlerin nasıl gerçekleştiğinin bir program dâhilinde tarafsız olarak ölçülmesi yöntemidir. Bu ölçütlerin seçimindeki temel etmenleri aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür [24]:

- İşletmenin stratejik hedefleri,
- Stratejik hedef ve amaçlara yönelik olarak belirlenen anahtar performans alanları,
- Performans ölçümlerinde öncelik alan performans boyutları,
- Performans ölçüm sisteminin uygulanacağı analiz birimlerinin yapı ve nitelikleri,
- Belli bir yaklaşım modellerini savunan seçilmiş performans ölçüm modelleri,
- Performans ölçüm ve denetim sistemlerinin hedeflediği kullanıcılar grubu.

Performans ölçümleri, faaliyetlerin amaçlar ve hedefler aracılığıyla izlenmesini, bunların ölçülmesini ve gerçekleştirilip gerçekleştirilmediğini ortaya koymak bakımından gereklidir [29].

Performans ölçümlerinin temel nedenleri aşağıda sıralanmıştır [30]:

- Hedeflerin ne ölçüde başarıldığını belirlemek,
- Sürekli gelişim sürecini gözlemlemek ve denetlemek,
- Birey, takım ve işletme performansının nasıl geliştirileceğine yardımcı olmak,

- Yapılmakta olan işlerin doğru yapılıp yapılmadığını izlemek ve değerlendirmek,
- Değişimi yönetmek ve değişikliklere uyum göstermek,
- Hesap verme sorumluluğunu kurumsallaştırmak,
- Mal ve hizmetlerin tedarikini geliştirmek.

2.5. PERFORMANS ÖLÇME YÖNTEMLERİ

İşletmeler birbirleriyle ilişkili ve çok değişken içeren karmaşık bir sisteme sahiptir. Bundan dolayı performans ölçümünde birçok model kullanılmaktadır. Bu modeller, işletme bazında, her işletmenin özel durumlarına uygun olarak ayrıntılı ayarlama ve geliştirmelerle uygulanır hale getirilmektedir.

Ölçüm modelleri iki yönden ele alınabilir. Birincisi, çeşitli kurumlar ya da yazarlar tarafından geliştirilmiş modelleri işletmenin ihtiyaçlarına tam cevap verecek şekilde ekleme ya da düzeltmeler yaparak işletme ihtiyaçlarına uydurma yoludur. İkinci yaklaşım, tamamıyla çalışma grubunun bilgi, deneyimlerine ve işletmenin gereksinimlerine göre bir dizi göstergenin geliştirilmesi ve bu göstergeler içinde istenen yönde bağlantılar kurularak çok yönlü bütünleşik ya da bireysel sistemlerin hazırlanmasıdır [27].

Ölçüm modelleri olarak; çok faktörlü verimlilik modelleri, toplam faktör verimlilik modelleri, objektif matris yöntemi, amaçlara göre yönetim modelleri, finansal analiz modelleri, maliyet analiz modelleri gibi çok çeşitli modeller vardır. Ancak tek bir model tam olarak sonuca yaklaştırmayabilir. Bu nedenle iyi bir uygulama sürecine tabi tutulması gerekmektedir. İşletmelerin performans ölçümüne ilişkin yaptıkları çalışmalarda izledikleri analiz yöntemleri genel olarak üç başlık altında toplanabilir.

2.5.1. Oran Analizi

Örgütsel performansın ölçümünde en çok kullanılan yöntemdir. Oran analizinin yaygın olarak kullanılmasının nedeni, oldukça kolay bir yöntem olması ve çok az bilgi gerektirmesidir. Tek girdinin tek çıktıya oranı olarak tanımlanan oran analizinde

her oran, etkinlikle ilgili boyutlardan sadece bir tanesini göz önüne alırken diğer boyutları göz ardı etmektedir. Oranlarla yapılan değerlendirmelerin bir başka zayıf yönü de, mutlaka bir şeylerle karşılaştırmaya gerek duymalarıdır. Oran analizi ile yapılan ölçümlerde, bazı oranlar işletmeyi son derece etkin gösterirken bazı oranlar da oldukça başarısız gösterebilmektedir. Bu nedenle, etkinlik ölçüm çalışmalarında değişik oranların anlamlı bir şekilde ağırlıklandırılarak tek bir ölçütün türetilmesine fazlasıyla ihtiyaç duyulmaktadır [15].

2.5.2. Parametrelî Yöntemler

Parametrelî yöntemlerle etkinlik ölçümünde genel olarak regresyon teknikleri ile tahmin yapılır. Üretim fonksiyonu çoğunlukla bir çıktı birçok girdi ile ilişkilendirilerek tanımlanır. Regresyon analizinde, aralarında neden-sonuç ilişkisi olduğu bilinen bağımlı (açıklanan) ve bağımsız (açıklayan) değişkenler arasındaki ilişkinin nedensel yapısı belirlenmeye çalışılır. Bu nedensel ilişkinin kuramsal olarak var olması ve değişkenler arasındaki ilişkinin fonksiyonel yapısının bilinmesi gerekmektedir. Fonksiyonel yapıyı öğrenmek için de değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren nokta grafiklerinden yararlanılır. Ancak oran analizine göre daha kapsamlı olan regresyon analizinin de bazı yetersizlikleri vardır. İlk olarak; regresyon analizinde tek çıktı tanımlamasına bağlı olarak, çıktıların ortak bir birim temelinde tek bir değere indirilmesi zorunluluğu vardır. Ayrıca regresyon analizinde, etkinliğin değerlendirilmesi ortalama değerlerle tanımlanmaktadır ve buna bağlı olarak etkin sınırdan uzak kalan birimler dahi etkin çıkabilmektedir [15].

2.5.3. Parametresiz Yöntemler

Girdi ve çıktılardaki niteliksel farklılıklar etkinlik ve verimlilik hesaplamalarını zorlaştırmaktadır. Özellikle günümüzde kullanılan birbirinden farklı kaynaklar ve bunların sonucunda elde edilen birçok farklı ürün etkinliğin hesaplanmasını güçleştirmekte, bunun yanı sıra girdi ve çıktıların birimlerinin farklı olması da karşılaşılan zorluğu artırmaktadır. Parametresiz yöntemler, doğrusal programlama kökenli teknikler kullanarak hesaplama sonucunda elde edilen etkinlik değerinin etkinlik sınırına olan uzaklığını ölçer. Bu yöntemler, parametrelî yöntemlerde olduğu

gibi üretim biriminin yapısı ile ilgili davranışsal varsayımlara girmek zorunda olmadıkları için görece avantajlıdırlar. Ayrıca, söz konusu yöntemlerin birden fazla açıklayan ve açıklanan değişken kullanabilme gibi bir üstünlükleri daha vardır. Buna karşın rassal hata terimi içermedikleri için; veri, ölçme ya da diğer nedenlerle oluşan hataları modele aktarır ve etkinlik sınırını yanlış tespit edebilirler. Bu yöntemlerden en yaygın olarak kullanılanı VZA yöntemidir [15].

BÖLÜM 3

VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

3.1. GİRİŞ

VZA, birden çok girdi-çıkıtının olduğu ve girdi-çıkıtların farklı ölçü birimlerine sahip olduğu durumlarda, karar birimlerinin görelî performansını ölçmeyi amaçlayan doğrusal programlama tabanlı bir tekniktir [31].

İngilizce literatürdeki adı “Data Envelopment Analysis (DEA)” olan Veri Zarflama Analizi, doğrusal programlama teorisinin prensiplerine dayanan parametrik olmayan bir yöntemdir [24].

Bu teknik, literatürde "Karar Verme Birimleri" (KVB) olarak isimlendirilen, birbiri ile eşleştirilebilen, çoklu girdileri çoklu çıkıtlara dönüştüren, birbirinden bağımsız organizasyonların görelî etkinliğini ölçmek için tasarlanmış olan bir tekniktir [25].

Veri zarflama analizi yöntemi ilk olarak 1978’de Charnes, Cooper and Rhodes tarafından kamu yararına çalışan, kâr amacı gütmeyen kuruluşların teknik etkinliğini ölçmek amacıyla geliştirilmiştir. Bu işletmelerde fiyatlar bilinmediğinden görelî performansın ölçülebilmesi için ağırlıkların belirlenmesi gereklidir. Yöntem, klasik regresyon analizinin doğrudan doğruya uygulanamadığı çok girdi ve çok çıktı içeren üretim ilişkilerinde performans karşılaştırması için kullanılmaktadır [32].

VZA’nın en karakteristik özellikleri aşağıda listelenmiştir [33]:

- Doğrusal programlama prensibine dayanıyor olması,
- Birden çok girdi ve çıktıyı birlikte dikkate alıyor olması,

- Girdi ve çıktıların farklı birimlere sahip de olabilir olması,
- Her bir karar birimini yalnızca en iyi karar birimi ile karşılaştırıyor olması diye sıralanabilmektedir.

Bu yöntemin sahip olduğu en önemli özellik, her karar alma birimindeki etkinsizlik miktarını ve kaynaklarını tanımlayabilmesidir. Bu özelliği ile yöntem, etkin olmayan birimlerde ne kadarlık bir girdi azaltma ve/veya çıktı miktarını artırmak gerektiğine ilişkin olarak yöneticilere yol gösterebilir. İlk başta kâr amacı gütmeyen kurumların (hastane, silahlı kuvvetler, üniversite vb.) karşılaştırmalı etkinliğinin ölçülmesini hedefleyen bu yöntem, daha sonraları ARGE projelerinde, çok uluslu ya da çok şubeli şirketlerin görece performanslarının ölçümünde ve nihayet kâr amaçlı üretim ve hizmet sektörlerinde de işletmeler arası görece etkinliğin ölçümünde yaygınca kullanılmaya başlanmıştır [27].

VZA analizinin sonuçları yönetsel açıdan son derece önemli bilgiler içerir. VZA analizi incelenen setteki her karar biriminin diğerine göre etkinliğini ölçer. Böylece, etkinliği düşük olan karar birimleri belirlenir ve bunların etkinliklerinin, hangi girdileri gereğinden fazla kullandığı, hangi çıktılar açısından ne ölçüde yetersiz üretim yaptığı ve etkin olması için ne yapması gerektiği hakkında değerlendirme yapılabilir [32].

Yöntemin getirdiği en önemli yenilik ise, birçok girdinin kullanılarak birçok çıktının elde edildiği ortamlarda, parametrik yöntemlerde olduğu gibi önceden belirlenmiş herhangi bir analitik üretim fonksiyonu varlığının öngörülmesine gereksinim duymadan ölçüm yapabilmesidir. Ayrıca girdi ve çıktılar, ölçüm birimlerinden bağımsızdırlar. Bu nedenle işletmenin değişik boyutlarının aynı zamanda ölçülebilmesi imkânı vardır [27].

Çok çıktı ve çok girdi olmadığı durumlarda (girdi ve çıktı miktarlarının ikiden az olduğu durumlar) KVB'lerin etkinliğinin hesaplanması oldukça kolay olmasına rağmen çoklu girdi ve çıktı bulunan sistemlerde girdiler ve çıktılar arasındaki ilişkilerin formüle edilip matematiksel işlemler yapmak ancak doğrusal programlama ile gerçekleştirilebilir. Doğrusal programlama problemi olarak ifade edilebilen bir

probleme gerçekleşmesi arzu edilen amacın açık ve ölçülebilir bir Şekilde bir doğrusal fonksiyon olarak tanımlanması, bu amacın gerçekleşme derecesini kısıtlayan sınırlı kaynakların sınırlılık derecelerinin bilinmesi ve doğrusal eşitlik ya da eşitsizlik olarak ifade edilmesi gerekmektedir [24].

VZA, herhangi bir gözlem kümesi içinde en az girdi bileşimini kullanarak en çok çıktı bileşimini üreten “en iyi” gözlemleri, diğer bir ifadeyle etkinlik sınırını oluşturan KVB’leri belirler. Söz konusu sınırı “referans” olarak kabul edip, etkin olmayan KVB’lerin bu sınıra olan etkinlik düzeylerini radyal olarak ler. VZA oklu girdi ve çıktı değişkenlerinin bir doğrusal programlama modelinde kullanılarak her bir gözlem için bir tek etkinlik skorunun elde edilmesini sağlar [24].

VZA yaklaşımı, referans guruplarının bütün birimlerine dayanarak bir kuramsal etkinlik sınırı oluşurmada doğrusal programlamadan faydalanmaktadır. Kuramsal birime ait çıktı, referans grubundaki bütün çıktıların ağırlıklı ortalamaları yardımıyla hesaplanmaktadır. Kuramsal birime ait girdi ise, yine bütün referans grubundaki girdilerin ağırlıklı ortalamalarıyla belirlenmektedir. Doğrusal programlama modelindeki kısıtlar, kuramsal birim çıktılarının, incelenen birim çıktılarından büyük veya eşit olmasını gerektirmektedir. Kuramsal birimin girdilerinin, incelenen birimden daha düşük olması, kuramsal birimin, aynı veya daha fazla çıktıyı daha düşük girdi kullanarak elde ettiğini göstermektedir [27].

VZA yaklaşımının performans ölçmede elde ettiği sonuçlar Şunlardır [24]:

- Etkin karar verme birimleri
- Etkin olmayan karar verme birimleri
- Etkin olmayan karar verme birimleri tarafından kullanılan fazla kaynak miktarları
- Etkin olmayan karar verme birimlerinin Şu anki girdi düzeyleri ile üretmeleri gereken çıktı düzeyleri
- Etkin olmayan karar verme birimlerinin etkin referans setini oluşturan birimler

3.2. VZA’NIN TARİHÇESİ

Veri Zarflama Analizi, Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından geliştirilmiş doğrusal programlama uygulaması olan bir yaklaşımdır. Yeni bir yaklaşım olmasına karşın çok yaygın uygulama alanları bulmuştur. Bazı örnekler aşağıda sıralanmıştır [34]:

- Banka şubelerinin etkinliklerinin ölçülmesi
- Kamu hizmetlerinin etkinliklerinin ölçülmesi
- Sağlık hizmetlerinin etkinliklerinin ölçülmesi
- Aracı kurum hizmetlerinin etkinliklerinin ölçülmesi
- Okul etkinliklerinin ölçülmesi
- Restaurant etkinliğinin ölçülmesi
- Hastane etkinliği ölçülmesi
- Üniversite bölümlerinin etkinliklerinin ölçülmesi
- Otellerin etkinliklerinin ölçülmesi

Çok boyutlu ve parametrik olmayan ölçüm tekniği olarak VZA, ilk kez literatürde bugünkü anlamı ile Charnes, Cooper and Rhodes tarafından kullanılmış (CCR modeli olarak ta adlandırılır) ve daha sonra yönetim biliminde, kamu sektörü karar alma birimlerinin karşılaştırılmalı teknik verimliliklerinin analizinde yeni bir araç olarak benimsenmiştir. CCR modeli uygulamaları kamu sektöründe ve özellikle eğitim üzerineydi ve amaç kâr değildi.

1985’ler ve sonrasında VZA’nın teorisi daha da geliştirildi. CCR modeli geliştirilerek, Banker, Charnes and Cooper tarafından BBC Modeli ortaya konuldu. Bu konuda yapılan bazı çalışmalardan bazıları ise aşağıda sıralanmıştır [34]:

- Tenis kortları
- Bankacılık
- Bakım
- Madencilik
- Hava ve Denizyolu Taşımacılığı

VZA'nın literatürde yer edinmesini takiben, yöntemin temel kavram ve prensipleri modelin çeşitlenmesini getirmiş, CCR oran modeli, BCC ölçeğe göre getiri modeli, toplamalı model ve çarpmalı model olmak üzere 4 ana model geliştirilmiş ve kullanılmıştır [35].

Gerek uluslararası gerekse ulusal literatür incelendiğinde performans ölçümünde VZA'nın oldukça yaygın olarak kullanılan bir teknik olduğu görülmektedir.

3.3. VZA'NIN KULLANIM ALANLARI

Son yıllarda VZA modelleri yönetim biçiminde ve yöneylem araştırması uygulamalarında çok geniş bir uygulama alanı bulmuştur. VZA'nın kullanılabileceği bazı konular şunlardır [27]:

- Eş Grupların Kullanımı: VZA, her etkin olmayan birim için ona karşılık gelen bir küme etkin birim tanımlar ve bu birimler etkin olmayan birimler ile eş grup oluştururlar. Eş gruptaki her birim etkin olmayan birimin girdi-çıkıtı yönlendirmesini alır ve etkin olmayan birimle aynı ağırlıkları kullanarak etkin hale gelir.
- Etkin Çalışma Uygulamalarının Belirlenmesi: İyi çalışma uygulamalarının belirlenmesi ve dökümünün yapılması sadece görelî etkin olmayan birimler için değil, aynı zamanda görelî etkin birimler için de etkinliğin artırılmasına imkân sağlayabilir. Görelî etkin birimler, iyi çalışma uygulamalarının kaynağıdır. Bununla beraber etkin birimler arasında bazıları diğerlerinden daha iyi örnektir.
- Hedef Belirleme: Pratikteki uygulamalarda sıklıkla görelî etkin olmayan birimlerin performanslarının iyileştirilmesinde rehber olmak üzere hedeflerin belirlenmesi arzu edilir. VZA ile girdi ve çıkıtı seviyelerinde hedefler belirlemek mümkündür.
- Etkin Stratejilerin Belirlenmesi: VZA, kolaylıkla birimlerin içinde çalıştıkları politikaları ve programları karşılaştırmada kullanılabilir. Ayrıca modelin uygun çözümü ile yönetsel ve program etkinliklerini değerlendirebilir.

- Zaman Boyunca Etkinlik Değişimlerinin Gözlenmesi: VZA ile etkinliği saptanmış bir firma daha sonraki dönemlerde etkinliğini yitirebilir ve referans olma özelliğini kaybeder.
- Kaynak Ataması: VZA, görelî etkin ve etkin olmayan birimleri belirlediği gibi etkin olmayan birimler için kaynak koruma ve/veya çıktı artırma potansiyelleri için tahminler verir. Bunların ikisi de yöntemi, kaynakların birimlere atanması için uygun kılar. Görelî etkin ve etkin olmayan birimlerin belirlenmesi kaynakların prensipte hangi yönde transfer edilmeleri hakkında ilk işareti verir.

3.4. VZA’NIN UYGULAMA AŞAMALARI

VZA uygulama süreci 8 ana aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar belirli prensipleri ve VZA sonucunu etkileyecek önemli basamakları göstermektedir. Uygulama aşamaları aşağıda listelenmiştir:

- Karar Birimlerinin Seçilmesi
- Girdi ve Çıktıların Seçilmesi
- Verilere Ulaşma ve Veri Güvenilirliği
- VZA Modelinin Belirlenmesi ve Etkinliğin Ölçülmesi
- Etkinlik Değerleri
- Referans Gruplarının Belirlenmesi
- Etkin Olmayan Karar Verme Birimleri İçin Stratejilerin Belirlenmesi
- Sonuçların Yorumlanması

3.4.1. Karar Birimlerinin Seçilmesi

VZA, yukarıda da anlatıldığı üzere karar verme birimlerinin görelî etkinlik değerlerini hesaplamaktadır. Etkinlik değerlerini yorumlayabilmek için, öncelikle amaçlanan çalışma için uygun KVB’nin ne olduğunu saptamak gerekir.

KVB'lerin seçiminde aşağıdaki hususlara dikkat etmek gerekir [36]:

- Göz önüne alınan birimler aynı görevleri benzer amaçlarla yerine getirmelidir.
- Tüm birimler aynı pazar şartlarında çalışmalıdır.
- Gruptaki tüm birimlerin performansını karakterize eden faktörler (hem girdi, hem çıktı) yoğunluk ve büyüklükteki farklar dışında aynı olmalıdır.

Hangi karar biriminin uygun olduğu sorusu tamamen yapılacak çalışmanın amacına, ya da ana temayı hangi konunun oluşturduğuna bağlıdır. Karar birimleri girdileri çıktılarına dönüştürmekle sorumlu herhangi bir ekonomik birim olabilir. Ancak, analize konu olacak karar birimlerinin aynı hedefe yönelik benzer işlevleri görmesi, aynı pazar şartlarında çalışması ve gruptaki bütün birimlerin verimliliklerini nitelendiren etmenlerin, yoğunluk ve büyüklüklerindeki farklılıklar hariç aynı olması şartları aranır [35].

VZA ile verimlilikleri ölçülüp karşılaştırılacak olan KVB'nin sayısının, anlamlı ve doğru sonuçlar elde edilebilmesi bakımından belirli bir değerin üzerinde olması gerekmektedir. Literatürde genel olarak girdi sayısı m , çıktı sayısı da p ise en az $m+p+1$ tane karar biriminin araştırma sonuçlarının güvenilirliği açısından gerekli bir kısıt olduğu belirtilmiştir.

3.4.2. Girdi ve Çıktıların Seçilmesi

VZA'da kullanılan girdi ve çıktılar çalışmadaki karar birimlerinin karşılaştırılmasının temelini oluşturduklarından, büyük bir dikkatle seçilmelidir. Her ne kadar fonksiyonel bir varsayım bulunmasa da üretim prosesine nedensel olarak bağlı girdi ve çıktıların belirlenmesi gereklidir [35].

VZA oluşturulurken hangi faktörlerin girdi hangi faktörlerin çıktı olduğunun açıklığa kavuşturulması gerekmektedir. Bu seçim VZA'nın ayırıcı gücünü belirleyen temel etmenlerden biridir. Çıktılar, birimlerin yürüttükleri çalışmaların açıkça görülen

maddi sonuçları olduğundan, karar birimlerinin amaçlarını yansıtmalı ve desteklemelidir [35].

Bir VZA çalışmasına dâhil edilecek girdi ve çıktı sayısı olabildiğince küçük olmalı, ancak çalışmada incelenen karar birimlerinin gerçekleştirdiği üretimi de doğru olarak yansıtabilmelidir.

Modele çok fazla girdi ve çıktı eklenmesinin VZA'nın ayrıştırma yeteneğini düşürdüğü gözlenmiştir. Ayrıca girdi ve çıktı sayılarının artışı karar birimlerinin sayısında da artış gerektirmektedir [37].

Aynı karar verme birimi için farklı girdi-çıkıtı grupları birimin etkinliğinin değişmesine sebep olabilir. Eğer modelde önemli bir değişken göz ardı edilir ise o değişkeni fazlaca kullanan birim etkin çıkmayabilir veya tam tersi bir durum söz konusu olabilir. Modelimizi kurarken girdi odaklı veya çıktı odaklı olup olmaması da birimlerin etkinlik değerleri üzerinde etkili olacaktır ki bu sebeple girdi ve çıktıların amaca yönelik seçilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde çalışmanın güvenilirliği düşük olacaktır [24].

3.4.3. Verilere Ulaşma ve Veri Güvenilirliği

VZA için girdi ve çıktılar tanımlandıktan sonra, tüm karar birimleri için bu girdi ve çıktı verilerinin elde edilmesi gereklidir. Herhangi bir birim için güvenilir verilerin elde edilememesi durumunda, hem söz konusu birimin verimlilik değeri, hem de görel verimlilik hesaplaması nedeniyle tüm birimlerin verimlilik değerleri tartışmalı hale geleceğinden, söz konusu birim çalışmadan çıkarılır [27].

3.4.4. VZA Modelinin Belirlenmesi ve Etkinliğin Ölçülmesi

Karar verme birimleri ile girdi ve çıktılar belirlendikten sonra sıra uygulamanın etkinlik değerlerinin hesaplanması aşamasına gelir. Uygulamacı, incelediği üretim teknolojisi için en uygun VZA modelini, hesaplamada kullanır [27].

VZA modelleri, girdiye yönelik ve çıktıya yönelik olmak üzere iki grupta incelenebilir. Girdi yönlü model, en fazla çıktıyı elde etmek için kullanılabilir en uygun girdi bileşimini oluşturmaya çalışır. Yani, belirli bir çıktı düzeyini ölçmek için etkinliği ölçülen karar birimine ait girdilerin ne kadar azaltılabileceği araştırılmaktadır. Çıktı yönlü model ise, belirli bir girdi bileşimini kullanarak, en fazla ne kadar çıktı bileşimi elde edilebileceğini araştırır modellerdir [35].

Görelî verimlilik ölçümü doğrusal programlamaya dayandığından, optimizasyon programlarından (GAMS, LINDO, WINQSB, vb.) ya da Windows altında çalışabilen özel VZA programlarından (Frontier Analyst, EMS, DEAP, Warwick DEA software, vs.) yararlanılabilir.

3.4.5. Etkinlik Değerleri

Herhangi bir karar verme birimi için %100 etkinliğin ancak aşağıdaki durumlarda söz konusu olacağı belirtilmiştir [38]:

- Hiçbir çıktısı bir ya da birden fazla girdisinin artırılması veya diğer çıktılarından bazılarının azaltılması haricinde artırılamaz.
- Hiçbir girdisi çıktılarından bazılarının azaltılması veya diğer bazı girdilerinin artırılması haricinde azaltılamaz.
- Herhangi bir KVB % 100 görelî etkinliğe yalnızca, diğer ilgili karar birimleri herhangi bir girdi ya da çıktının kullanımında etkinsizliğe dair bir kanıt getirmiyorlarsa ulaşılmış sayılır.

Etkinlik hesaplamaları sonucunda her bir karar verme birimi için 0 ve 1 arasında (ya da % cinsinden 0 ile 100 arasında) bir etkinlik değeri bulunur. Etkinlik değeri 1'e (%100) eşit olan birimler "en iyi gözlem" kümesini oluştururlar. Etkinlik değeri 1'den küçük olan karar birimleri ise göreceli olarak verimsizdir. Göreceli olarak etkinsiz karar birimlerinin birden sapma oranı görelî etkinsizlik ölçüsünü verir [27].

3.4.6. Referans Gruplarının Belirlenmesi

Etkin KVB'ler tarafından (etkinlik değeri 1'e eşit olan) oluşturulan kümeye referans kümesi denir. Etkin olmayan KVB'ler referans kümesindeki etkin birimler kullanılarak etkin hale getirilir [15].

Bir referans grubunda bulunan karar verme biriminin referans gücü, bu birimin toplam referans kümesi içindeki etkin olmayan birimlere ne kadar fazla sayıda referans olarak gösterildiğidir. Bu şekilde en iyi gözlemi oluşturan birimlerin kaç tane etkin olmayan birimin referans grubunda yer aldığı bir dökümü yapılarak yoğunluk araştırılabilir [24].

Burada dikkat edilmesi gereken husus, bu yoğunluğun, gözlem grubunda yer alan birimlerin performans dağılımlarıyla yakın ilişkili olduğudur. Birimler bir bölgede yoğunlaşıyorsa, etkin olmayan birimlerin referans gruplarının aynı birimlerden oluşması doğaldır. Ve genelde gözlem grubunun grafik üzerinde homojen bir dağılımı olmadığı sürece, elde edilen bilginin çok fazla ağırlığı olduğu söylenemeyebilir [24].

3.4.7. Etkin Olmayan KVB'ler İçin Stratejilerin Belirlenmesi

VZA'nin uygulanmasından elde edilen en büyük fayda, etkin olmayan karar birimlerine performanslarını iyileştirebilmeleri için ulaşılabilir hedefler koymasındır. Çünkü hesaplamalarla, etkin birimlerin elde edilebilir bir teknoloji kullandıkları varsayımı yapıldığından, etkin birimlerin teknolojisi etkisiz birim için de ulaşılabilir kabul edilmektedir [27].

3.4.8. Sonuçların Yorumlanması

Karar verme birimleri detaylı olarak incelendikten sonra, her bir karar verme birimi için bütün girdi ve çıktılar dikkate alındığı genel bir değerlendirmeye geçilir. Tahminlenen etkinlik sınırının ait olduğu üretim organizasyonuna yönelik yorumlar yapılabilir. VZA ile belirlenen hedeflere ulaşılmasa bile, elde edilen bilginin daha

sonra değerlendirilebilmesi ve iyileştirmelere açık olunması anlayışı önemli kazanımlardır [35].

3.5. VZA MODELLERİ

İlk olarak CCR modeli ile ortaya çıkan VZA sonraki yıllarda BCC modeli, Toplamsal Model (Additive Model), Boş Değişkenler Modeli (Slack Based Model), Çarpımsal Model (Multiplication Model) vb. ile farklılaşmalar göstermiştir.

Modelleri anlatmaya başlamadan önce, yapmak istediğimiz şeyleri kısaca özetleyelim. Veri setinde x_i 'ler girdileri ve v_i 'ler girdi ağırlıklarını, y_i 'ler çıktıları ve u_i 'lerde çıktı ağırlıklarını göstermek üzere, sanal (virtual) girdi: $v_1x_{10} + \dots + v_mx_{m0}$ ve sanal (virtual) çıktı: $u_1y_{10} + \dots + u_sy_{s0}$ şeklindedir. Bu durumda, lineer programlama kullanılarak *Sanal Çıktı / Sanal Girdi* oranını maksimum kılacak ağırlıkları belirlenmeye çalışılır [24].

Literatürde kamu alanında yapılan tüm VZA uygulamalarında en çok tercih edilen yöntemin daha gerçekçi olan ve fazla iyimser olmayan sonuçlar verdiği kabul edilen girdi-odaklı CCR yöntemi olduğu tespit edilmiştir [33].

Bu sebeple bu bölümde öncelikle CCR modeli üzerinde durulacak ve daha sonra alternatif sunmak isteğiyle BCC modeli açıklanacaktır. Her iki model girdiye yönelik ve çıktıya yönelik olmak üzere iki yönlü olarak kullanılabilir [39]. Aşağıda bu modeller ele alınmıştır.

3.5.1. CCR Modelleri

3.5.1.1. Girdiye Yönelik CCR Modeli

Çıktı seviyesini değiştirmeden, en etkin şekilde bu çıktı düzeyini elde etmek için, girdi bileşiminin ne kadar azaltılması gerektiğini araştıran modeldir [15]. Girdiye yönelik CCR modelleri aşağıda incelenecektir.

Girdiye Yönelik Oransal CCR Modeli

Bu model veri zarflama analizinin temelini oluşturmakta olup ağırlıklı ve zarflama modelleri bu modelin eksik yönlerini gidermek için bu modeli esas alarak geliştirilmiş modellerdir [24].

Bu temel modelin açıklanması diğer modellerin de daha iyi anlaşılabilmesini sağlayacaktır. Buna göre gözlem kümesindeki her bir karar alma birimi, diğer gözlemlerle karşılaştırılır ve etkinlik düzeyleri belirlenir. Göreli etkinlik ölçütü (E_k), k karar birimi için ağırlıklı girdilerin ağırlıklı çıktılara oranı şeklinde tanımlanır [27].

Modelin matematiksel formülasyonu Eş.3.1'deki gibidir [24].

$$E_k = \max \left(\frac{\sum_{r=1}^p u_r Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ik}} \right)$$
$$\left(\frac{\sum_{r=1}^p u_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}} \right) \leq 1$$
$$u_r \geq \varepsilon$$
$$v_i \geq \varepsilon$$
$$j = 1, \dots, n$$
$$r = 1, \dots, p$$
$$i = 1, \dots, m$$
(3.1)

Burada;

u_r : k . karar birimi tarafından r . çıktıya verilen ağırlık,

v_i : k . karar birimi tarafından i . girdiye verilen ağırlık,

Y_{rk} : k . karar birimi tarafından üretilen r . çıktı,

X_{ik} : k . karar birimi tarafından kullanılan i . girdi,

Y_{rj} : j . karar birimi tarafından üretilen r . çıktı,

X_{ij} : j . karar birimi tarafından kullanılan i . girdi,

p : Çıktı sayısı,

m : Girdi sayısı,

ε : Yeterince küçük pozitif bir sayı (örneğin 0,00001) olarak tanımlanmaktadır.

Eş.3.1'deki modelin çözülmesi sonucu ortaya çıkan değerler göreceli etkinlik ölçüleridir. Oranın 1 olması durumunda analizi yapılan KVB'nin etkin olduğu söylenebilir. 1'den küçük olması durumunda da etkin olmadığını söyleyebiliriz. Fakat bu modelle ilgili en büyük problem doğrusal bir program olmaması sonucu çözümünün oldukça zor olmasıdır [27].

Girdiye Yönelik Ağırlıklı CCR Modeli

Doğrusal programlamanın amaç fonksiyonunun paydalı şekilde olması mümkün olmamaktadır. Eş.3.1'de matematiksel olarak ifade edilen modelin doğrusal olabilmesi için amaç fonksiyonunun paydasının 1'e eşitlenmesi (normalizasyon) ve bu eşitliğin kısıt olarak yazılması gerekmektedir. Bu sayede hesaplamalarda kolaylık sağlanmış olmaktadır. Bu nedenle ağırlıklı VZA modeline oransal VZA modelinin doğrusal programa dönüştürülmüş şekli denilebilir.

Modelin matematiksel formülasyonu Eş.3.2'deki gibidir [24].

$$E_k = \max \left(\sum_{r=1}^p u_r Y_{rk} \right)$$

$$\left(\sum_{i=1}^m v_i X_{ik} \right) = 1$$

$$\left(\sum_{r=1}^p u_r Y_{rj} \right) - \left(\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \right) \leq 0$$

$$u_r \geq \varepsilon \tag{3.2}$$

$$v_i \geq \varepsilon$$

$$j = 1, \dots, n$$

$$r = 1, \dots, p$$

$$i = 1, \dots, m$$

Burada;

u_r : k . karar birimi tarafından r . çıktıya verilen ağırlık,

v_i : k . karar birimi tarafından i . girdiye verilen ağırlık,

Y_{rk} : k . karar birimi tarafından üretilen r . çıktı,

X_{ik} : k . karar birimi tarafından kullanılan i . girdi,

Y_{rj} : j . karar birimi tarafından üretilen r . çıktı,

X_{ij} : j . karar birimi tarafından kullanılan i . girdi,

p : Çıktı sayısı,

m : Girdi sayısı,

ε : Yeterince küçük pozitif bir sayı (örneğin 0,00001) olarak tanımlanmaktadır.

Bu modele göre, amaç fonksiyonunda k karar birimi için ağırlıklandırılmış çıktı ençoklanmaya çalışılırken, ağırlıklandırılmış girdi normalize edilmiştir. Eğer k karar birimi etkin ise amaç fonksiyonunun değeri 1'e eşit olur ve bu karar birimiyle ilgili kısıt 0'a eşitlenir. Eğer etkinliği ölçülen karar birimi etkin değilse, bu durumda amaç fonksiyonunun değeri 1'den küçük olacaktır. Bu karar birimlerinin etkin hale getirilebilmesi için, hangi referans kümelerinin kullanılacağı tespit edilir. Bunun için de etkin olmayan karar biriminin çözümünde ortaya çıkan çıktıya ve girdiye verilen ağırlık değerleri (u_r ve v_i) tüm kısıtlarda yerine konarak sıfıra eşitlenen kısıt karar birimi, kendi referans kümesine girer. Etkin olmayan karar birimi, kendi referans kümelerini oluşturan karar birimlerinin değerleriyle oluşturulan kuramsal birime benzetilmek suretiyle etkin hale getirilir. Bu modelde referans kümelerini oluşturmak zaman almaktadır. Zarflama modelinde ise bu işlem çok daha kolay yapılabilmektedir [27].

Girdiye Yönelik Zarflama (Dual) CCR Modeli

Her doğrusal programlama probleminin ilişkili olduğu bir ikiz problemi vardır. Herhangi bir doğrusal programlama problemi primal olarak isimlendirilirken ikizine dual adı verilir. Bazı doğrusal programlama modellerinde bazen primal model yerine dual modeli kullanmak daha az hesaplama gerektirir [40].

VZA modelleri için de bu geçerlidir. Ayrıca VZA'da dual model sonuçları etkin olmayan birimlerin etkin hale getirilebilmesi için ne yapılması gerektiği konusunda yol gösterici rol oynar [24].

Modelin matematiksel formülasyonu Eş.3.3'deki gibidir [24].

$$\begin{aligned} E_k = \min \quad & \alpha - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- \right) - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^p s_r^+ \right) \\ \left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + s_i^- - \alpha X_{ik} \right) &= 0 \\ \left(\sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - s_r^+ - Y_{rk} \right) &= 0 \\ \lambda_j &\geq 0 \\ s_i^- &\geq 0 \\ s_r^+ &\geq 0 \\ j &= 1, \dots, n \\ r &= 1, \dots, p \\ i &= 1, \dots, m \end{aligned} \tag{3.3}$$

Burada;

α : Göreli etkinliği ölçülen k karar biriminin girdilerinin ne kadar azaltılabileceğini belirleyen büzülme katsayısı,

Y_{rk} : k . karar birimi tarafından üretilen r . çıktı,

X_{ik} : k . karar birimi tarafından kullanılan i . girdi,

Y_{rj} : j . karar birimi tarafından üretilen r . çıktı,

X_{ij} : j . karar birimi tarafından kullanılan i . girdi,

p : Çıktı sayısı,

m : Girdi sayısı,

λ_j : j . karar biriminin aldığı yoğunluk değeri,

s_i^- : k . karar biriminin i . değerine ait atıl değer,

s_r^+ : k . karar biriminin r . değerine ait atıl değer,

ε : Yeterince küçük pozitif bir sayı (örneğin 0,00001) olarak tanımlanmaktadır.

Amaç fonksiyonunda, belirli bir çıktı düzeyi için etkinliği ölçülen k karar birimine ait girdilerin “radyal” olarak ne kadar azaltılabileceği araştırılmaktadır. Eğer söz konusu karar birimi etkin ise girdi vektöründe herhangi bir azalma yapılamaz. Bu durumda görelî etkinlik ölçütü $E_k = 1$ 'e eşit olur ($\alpha : 1, s_i^- : 0, s_r^+ : 0$). Ayrıca, kendi referans kümesindeki (RK) yine kendisi bulunur ve $\lambda_k : 1$ 'e eşit olur. Eğer ölçülen karar birimi etkin değilse etkinlik ölçütünün belirleyen α büzülme katsayısı 1'den küçük olur. Bu durum, girdi vektöründe radyal olarak azaltma yapılabileceği anlamına gelmektedir. Öte yandan, bu karar biriminin görelî etkinliğinin ölçülmesine yarayacak olan ve etkinlik sınırı üzerinde yer alan kuramsal karar birimini oluşturan referans birimlerin λ 'ları 0'dan büyük olur. Söz konusu kuramsal birim, gözlem kümesi içinde ölçümü yapılan k karar biriminin teknolojik yapısına en çok benzeyen en iyi gözlemlerin doğrusal bileşimi şeklinde oluşturulur. Bu karar birimi gerçek bir gözlem olmamasına karşın VZA'nın bir varsayımı olarak etkinlik ölçümünü gerçekleştirebilmek amacıyla etkin bir gözlemlenmiş gibi kabul edilmektedir [27].

Etkin olmayan karar biriminin referans kümesinde bulunan karar birimlerinin oluşturduğu kuramsal birim Eş.3.4 ve Eş.3.5'deki gibi hesaplanmaktadır [24].

$$X^{KB} = \left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j \right) \quad (3.4)$$

$$Y^{KB} = \left(\sum_{j=1}^n Y_{ij} \lambda_j \right) \quad (3.5)$$

Kuramsal birim zarflama modelinin çözüm kümesindeki diğer değişkenlerden yararlanılarak daha başka şekilde de hesaplanabilir [24]:

$$X^{KB} = \alpha X^K - s_i^- \quad (3.6)$$

$$Y^{KB} = Y^K + s_r^+ \quad (3.7)$$

3.5.1.2. Çıktıya Yönelik CCR Modeli

Girdi seviyesini değiştirmeden, bu girdi düzeyi ile işletmeyi etkin hale getirebilmek için çıktı bileşiminin ne kadar artırılması gerektiğini araştıran modeldir. Çıktıya yönelik VZA modelinin girdiye yönelik olandan farkı, ağırlıklandırılmış girdinin ağırlıklandırılmış çıktıya oranının minimize edilmesidir [15]. Diğer bir deyişle, belirli bir girdi bileşimi ile en fazla ne kadar çıktı bileşimi elde edilebileceği araştırılmaktadır [27].

Çıktıya yönelik CCR Modelleri de girdiye yönelik CCR Modelleri gibi üç grupta incelenebilmektedir.

Çıktıya Yönelik Oransal CCR Modeli

Ağırlıklı Girdi/Ağırlıklı Çıktı oranının minimize edilmeye çalışılması aslında girdiye yönelik oransal CCR Modelinin tam tersidir. Girdiye yönelik modelin tersi düşünüldüğünde formülasyon Eş.3.8'deki gibi olmaktadır [24].

Amaç fonksiyonunda, E_k 'nin alacağı en küçük değer 1'dir. Çünkü aynı oran kısıtlarda da mevcuttur. E_k 'nin 1'e eşit olması, k karar biriminin etkin olduğu anlamına gelirken 1'den büyük olması da etkin olmadığını göstermektedir [27].

$$E_k = \min \left(\sum_{i=1}^m v_i X_{ik} \right) / \left(\sum_{r=1}^p u_r Y_{rk} \right)$$

$$\left(\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \right) / \left(\sum_{r=1}^p u_r Y_{rj} \right) \geq 1$$

$$u_r \geq \varepsilon \tag{3.8}$$

$$v_i \geq \varepsilon$$

$$j = 1, \dots, n$$

$$r = 1, \dots, p$$

$$i = 1, \dots, m$$

Burada;

u_r : k . karar birimi tarafından r . çıktıya verilen ağırlık,

v_i : k . karar birimi tarafından i . girdiye verilen ağırlık,

Y_{rk} : k . karar birimi tarafından üretilen r . çıktı,

X_{ik} : k . karar birimi tarafından kullanılan i . girdi,

Y_{rj} : j . karar birimi tarafından üretilen r . çıktı,

X_{ij} : j . karar birimi tarafından kullanılan i . girdi,

p : Çıktı sayısı,

m : Girdi sayısı,

ε : Yeterince küçük pozitif bir sayı (örneğin 0,00001) olarak tanımlanmaktadır.

Çıktıya Yönelik Ağırlıklı CCR Modeli

Çıktıya yönelik ağırlıklı VZA modeli, çıktıya yönelik oransal modelin doğrusal programlamaya dönüştürülmüş şeklidir. Bu model girdiye yönelik ağırlıklı VZA'nın tersi şeklindedir. Amaç belli bir çıktıyı daha az girdi kullanarak elde etmek olduğundan bu modelde ağırlıklı çıktılar minimize edilmeye çalışılmaktadır. Çıktılar ise normalizasyon kısıtı olarak yazılmaktadır [27].

Modelin matematiksel formülasyonu Eş.3.9'deki gibidir [24].

$$\begin{aligned}
 E_k &= \min \left(\sum_{i=1}^m v_i X_{ik} \right) \\
 \left(\sum_{r=1}^p u_r Y_{rk} \right) &= 1 \\
 \left(\sum_{r=1}^p u_r Y_{rj} \right) - \left(\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \right) &\leq 0 \\
 u_r &\geq \varepsilon \\
 v_i &\geq \varepsilon \\
 j &= 1, \dots, n \\
 r &= 1, \dots, p \\
 i &= 1, \dots, m
 \end{aligned} \tag{3.9}$$

Burada;

u_r : k . karar birimi tarafından r . çıktıya verilen ağırlık,

v_i : k . karar birimi tarafından i . girdiye verilen ağırlık,

Y_{rk} : k . karar birimi tarafından üretilen r . çıktı,

X_{ik} : k . karar birimi tarafından kullanılan i . girdi,

Y_{rj} : j . karar birimi tarafından üretilen r . çıktı,

X_{ij} : j . karar birimi tarafından kullanılan i . girdi,

p : Çıktı sayısı,

m : Girdi sayısı,

ε : Yeterince küçük pozitif bir sayı (örneğin 0,00001) olarak tanımlanmaktadır.

Aynı oransal modeldeki gibi burada da amaç fonksiyonu E_k 'nin alacağı en küçük değer 1'dir ve bu değer 1'e eşit olması halinde k karar verme biriminin etkin olduğu, 1'den büyük olması halinde de k karar verme biriminin etkin olmadığı sonucuna varılır. Girdiye yönelik CCR modelindeki gibi bu modelde de etkin

olmayan karar birimleri için referans kümelerinin bulunması zaman alıcıdır. Bu sebeple zarflama modeli geliştirilmiştir [24].

Çıktıya Yönelik Zarflama (Dual) CCR Modeli

Bu model de çıktıya yönelik ağırlıklı VZA modelinin duali alınarak elde edilir. Etkin olan karar birimlerin etkinlik değerleri (E_k) 1'e eşit olacaktır, etkin olmayan karar birimlerinin etkinlik değerleri ise 1'den büyük olacaktır.

Ancak bu modelde etkin olmayan karar birimlerinin etkin hale getirmek için aynı girdi miktarları kullanılarak çıktı miktarlarının ne kadar arttırılması gerektiği elde edilir. Çıktıya ait genişleme katsayısı (β) değeri bize çıktı miktarlarının (girdiler sabit kalmak koşulu ile) ne oranda arttırılabileceğini verir.

Çıktıya yönelik ağırlıklı doğrusal programlama modelinin duali alındığında çıktıya yönelik zarflama modeli oluşur. Modelin matematiksel formülasyonu Eş.3.10'daki gibidir [24].

$$\begin{aligned}
 E_k = \max \quad & \beta + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- \right) + \varepsilon \left(\sum_{r=1}^p s_r^+ \right) \\
 \left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + s_i^- - X_{ik} \right) = & 0 \\
 \left(\sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - s_r^+ - \beta Y_{rk} \right) = & 0 \\
 \lambda_j \geq & 0 \\
 s_i^- \geq & 0 \\
 s_r^+ \geq & 0 \\
 j = & 1, \dots, n \\
 r = & 1, \dots, p \\
 i = & 1, \dots, m
 \end{aligned} \tag{3.10}$$

Burada;

β : Göreli etkinliği ölçülen k karar biriminin çıktılarının ne kadar arttırılabileceğini belirleyen genişleme katsayısı,

Y_{rk} : k . karar birimi tarafından üretilen r . çıktı,

X_{ik} : k . karar birimi tarafından kullanılan i . girdi,

Y_{rj} : j . karar birimi tarafından üretilen r . çıktı,

X_{ij} : j . karar birimi tarafından kullanılan i . girdi,

p : Çıktı sayısı,

m : Girdi sayısı,

λ_j : j . karar biriminin aldığı yoğunluk değeri,

s_i^- : k . karar biriminin i . değerine ait atıl değer,

s_r^+ : k . karar biriminin r . değerine ait atıl değer,

ϵ : Yeterince küçük pozitif bir sayı (örneğin 0,00001) olarak tanımlanmaktadır.

Eğer incelenen karar birimi etkin ise göreli etkinlik ölçütü E_k 1'e eşit olacaktır, etkin olmayan karar birimlerinin etkinlik değeri ise 1'den büyük olacaktır. Ayrıca, etkin olan karar birimlerinin referans kümesinde yine kendileri bulunur. Eğer ölçülen karar birimi etkin değilse etkinlik ölçütünü belirleyen Beta genişleme katsayısı 1'den büyük olur. Bu durum, çıktı vektöründe radyal olarak arttırma yapılabileceği anlamına gelmektedir. Etkin olmayan karar biriminin referans kümesinde yer alan karar birimlerinin oluşturduğu kuramsal birim girdiye yönelik VZA modeline benzer olarak Eş.3.11 ve Eş.3.12'deki gibi hesaplanabilir [24].

$$X^{KB} = \left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j \right) \quad (3.11)$$

$$Y^{KB} = \left(\sum_{j=1}^n Y_{ij} \lambda_j \right) \quad (3.12)$$

Kuramsal birim zarflama modelinin çözüm kümesindeki diğer değişkenlerden yararlanılarak daha başka şekilde de hesaplanabilir [24]:

$$X^{KB} = X^K - s_i^- \quad (3.13)$$

$$Y^{KB} = \beta Y^K + s_r^+ \quad (3.14)$$

3.5.2. Alternatif Model - BCC Modeli

BCC Modeli aynı CCR Modeli gibi girdiye yönelik ve çıktıya yönelik olarak iki farklı şekilde yorumlanmaktadır. Girdiye yönelik BCC Modeli, girdilerin oransal azalması boyunca, sınır doğrusunda maksimum hareketi, çıktıya yönelik BCC Modeli ise çıktıların oransal artırımı ile sınır doğrusunda maksimum hareketi amaçlamaktadır [24]. Modellerin matematiksel işlemler sonuçları CCR modellerindeki gibi yorumlanmaktadır.

3.5.2.1. Girdiye Yönelik BCC Modeli

CCR modeli ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında karar verme birimlerinin toplam etkinlik değerlerini hesaplamaktadır. BCC modelinin CCR modelinden farklı bir yönü, BCC modelinin teknik etkinlik skorlarını (değerlerini) elde etmek istemesidir. BCC oransal formunun CCR modelinden farklı bir diğer yönü ise, girdi yönlü BCC modeline u_0 değişkeninin ve dual modelde ise $\lambda=1$ kısıtının eklenmesidir. Bu kısıt, $\lambda_j \geq 0$ şartı ile birlikte, b adet karar verme biriminin çeşitli şekillerdeki kombinasyonlarının, içbükey bir verimlilik üst sınır çizgisi dâhilinde gerçekleşebilmesini sağlamaktadır. BCC modelinde ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında karar verme birimlerinin oluşturduğu olası çözüm bölgesi konveks (dışbükey) bir yapı oluştururken, CCR modelinde sabit ölçek getirisi varsayımı ile konik bir yapı oluşmaktadır [24].

Girdiye Yönelik Ağırlıklı BCC Modeli

Modelin matematiksel gösterimi Eş.3.15'deki gibidir [24]:

$$\begin{aligned} E_k = & \max \left(\sum_{r=1}^p u_r Y_{rk} \right) - u_0 \\ & \left(\sum_{i=1}^m v_i X_{ik} \right) = 1 \\ & \left(\sum_{r=1}^p u_r Y_{rj} \right) - \left(\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \right) - u_0 \leq 0 \\ & u_r \geq \varepsilon \\ & v_i \geq \varepsilon \\ & j = 1, \dots, n \\ & r = 1, \dots, p \\ & i = 1, \dots, m \end{aligned} \tag{3.15}$$

Burada;

u_r : k . karar birimi tarafından r . çıktıya verilen ağırlık,

u_0 : Ölçeğe göre getirinin yönü ile ilgili değişken,

v_i : k . karar birimi tarafından i . girdiye verilen ağırlık,

Y_{rk} : k . karar birimi tarafından üretilen r . çıktı,

X_{ik} : k . karar birimi tarafından kullanılan i . girdi,

Y_{rj} : j . karar birimi tarafından üretilen r . çıktı,

X_{ij} : j . karar birimi tarafından kullanılan i . girdi,

p : Çıktı sayısı,

m : Girdi sayısı,

ε : Yeterince küçük pozitif bir sayı (örneğin 0,00001) olarak tanımlanmaktadır.

Girdiye Yönelik Zarflama(Dual) BCC Modeli

Modelin matematiksel gösterimi Eş.3.16'deki gibidir [24]:

$$\begin{aligned} E_k = \min \quad & \alpha - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- \right) - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^p s_r^+ \right) \\ \left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + s_i^- - \alpha X_{ik} \right) &= 0 \\ \left(\sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - s_r^+ - Y_{rk} \right) &= 0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1 \\ \lambda_j &\geq 0 \\ s_i^- &\geq 0 \\ s_r^+ &\geq 0 \\ j &= 1, \dots, n \\ r &= 1, \dots, p \\ i &= 1, \dots, m \end{aligned} \tag{3.16}$$

Burada;

α : Görelî etkinliği ölçülen k karar biriminin girdilerinin ne kadar azaltılabileceğini belirleyen büzölme katsayısı,

Y_{rk} : k . karar birimi tarafından üretilen r . çıktı,

X_{ik} : k . karar birimi tarafından kullanılan i . girdi,

Y_{rj} : j . karar birimi tarafından üretilen r . çıktı,

X_{ij} : j . karar birimi tarafından kullanılan i . girdi,

p : Çıktı sayısı,

m : Girdi sayısı,

λ_j : j . karar biriminin aldığı yoğunluk değeri,

s_i^- : k. karar biriminin i. değerine ait atıl değer,

s_r^+ : k. karar biriminin r. değerine ait atıl değer,

ε : Yeterince küçük pozitif bir sayı (örneğin 0,00001) olarak tanımlanmaktadır.

3.5.2.2. Çıktıya Yönelik BCC Modeli

Amaç çıktıya yönelik CCR modellerindeki gibidir; yani belli bir girdi bileşimi ile en fazla ne kadar çıktı bileşimi elde edilebileceği araştırılmaktadır [24].

Çıktıya Yönelik Ağırlıklı BCC Modeli

Modelin matematiksel formülasyonu Eş.3.17'deki gibidir [24].

$$\begin{aligned} E_k &= \min \left(\sum_{i=1}^m v_i X_{ik} \right) - v_0 \\ \left(\sum_{r=1}^p u_r Y_{rk} \right) &= 1 \\ \left(\sum_{r=1}^p u_r Y_{rj} \right) - \left(\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \right) - v_0 &\leq 0 \\ u_r &\geq \varepsilon \\ v_i &\geq \varepsilon \\ j &= 1, \dots, n \\ r &= 1, \dots, p \\ i &= 1, \dots, m \end{aligned} \tag{3.17}$$

Burada;

u_r : k. karar birimi tarafından r. çıktıya verilen ağırlık,

v_i : k. karar birimi tarafından i. girdiye verilen ağırlık,

v_0 : Ölçeğe göre getirinin yönü ile ilgili değişken,

Y_{rk} : k . karar birimi tarafından üretilen r . çıktı,

X_{ik} : k . karar birimi tarafından kullanılan i . girdi,

Y_{rj} : j . karar birimi tarafından üretilen r . çıktı,

X_{ij} : j . karar birimi tarafından kullanılan i . girdi,

p : Çıktı sayısı,

m : Girdi sayısı,

ε : Yeterince küçük pozitif bir sayı (örneğin 0,00001) olarak tanımlanmaktadır.

Çıktıya Yönelik Zarflama (Dual) BCC Modeli

Modelin matematiksel formülasyonu Eş.3.18'deki gibidir [24].

$$E_k = \max \beta + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- \right) + \varepsilon \left(\sum_{r=1}^p s_r^+ \right)$$

$$\left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + s_i^- - X_{ik} \right) = 0$$

$$\left(\sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - s_r^+ - \beta Y_{rk} \right) = 0$$

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

$$\lambda_j \geq 0$$

(3.18)

$$s_i^- \geq 0$$

$$s_r^+ \geq 0$$

$$j = 1, \dots, n$$

$$r = 1, \dots, p$$

$$i = 1, \dots, m$$

Burada;

β : Göreli etkinliği ölçülen k karar biriminin çıktılarının ne kadar arttırılabileceğini belirleyen genişleme katsayısı,

Y_{rk} : k . karar birimi tarafından üretilen r . çıktı,

X_{ik} : k . karar birimi tarafından kullanılan i . girdi,

Y_{rj} : j . karar birimi tarafından üretilen r . çıktı,

X_{ij} : j . karar birimi tarafından kullanılan i . girdi,

p : Çıktı sayısı,

m : Girdi sayısı,

λ_j : j . karar biriminin aldığı yoğunluk değeri,

s_i^- : k . karar biriminin i . değerine ait atıl değeri,

s_r^+ : k . karar biriminin r . değerine ait atıl değeri,

ϵ : Yeterince küçük pozitif bir sayı (örneğin 0,00001) olarak tanımlanmaktadır.

BÖLÜM 4

DEMATEL METODU

4.1. GİRİŞ

The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) yöntemi Cenevre Battelle Memorial Enstitüsü, Bilim ve İnsan İlişkileri programı orijinli bir yöntemdir [17,41]. DEMATEL, kompleks faktörler arasında gelişmiş ilişkileri içeren bir yapısal model kurulması ve analiz edilmesi konusunda çok başarılı sonuçlar vermektedir [42]. Özellikle bu yapısal modellerin matris ya da diyagramlarla görselleştirilmesinde oldukça pratik ve kullanışlıdır [43]. Bu matris ve diyagramlar sistemin elemanları arasındaki bağlamsal ilişkiyi resmederler [44].

DEMATEL, özel problematiklerin kavrayışını geliştirmek, birbirine geçmiş problem kümelerini ve hiyerarşik yapıda uygulanabilir çözümlerin tanımlanmasına katkıda bulunmak için uygun bilimsel araştırma yöntemlerinin kullanılmasına öncülük etme umidiyle geliştirilmiştir [45].

Yukarıdaki bilgiler ışığında DEMATEL yönteminin en önemli özelliği için faktörler arasındaki etkileme durumunu ve etkileme tesir derecesini (gücünü) araştırmak ve bir sistemi açık bir yapısal modele dönüştürmektir denilebilir [46,47]. DEMATEL etkileyen-etkilenen matrisi içinde faktörlerin birbirleriyle ne kadar etkileşimli olduğunu göstermektedir [42].

Graf teori temelli DEMATEL metodu nedensel ilişkiyi daha iyi anlamamızı sağlayacak ilgili faktörleri etkileyen ve etkilenen gruplarına bölerek, problemleri taslak olarak planlamaya ve çözmeye imkânı verir [48].

DEMATEL metodu sistem bileşenleri arasındaki yapı ve ilişkileri veya geçerli sayıda alternatifleri inceleyen etkili bir yöntemdir. DEMATEL kriterleri ilişkilerin cinsi ve birbirleri üzerindeki etkilerinin önemi yönünden öncelik sırasına göre düzenleyebilir. Diğer kriterler üstünde daha çok etkisi olan ve yüksek önceliği olduğu farz edilen kriterler, etkileyen kriterler, daha çok etki altında kalan ve düşük önceliği olduğu farz edilen kriterler ise etkilenen kriterler olarak adlandırılır [45].

DEMATEL yöntemi birçok alanda başarıyla uygulanmaktadır. Bu alanlara örnekler aşağıda listelenmiştir [43]:

- Ar-Ge Proje Seçimi
- Emlakçı Hizmet Kalitesi Beklentisi
- Bilgi Yönetim Stratejilerinin Değerlendirilmesi ve Seçimi
- E-Öğrenme Programlarının Değerlendirilmesi
- Katı Atık Yönetimi
- Bölgesel Kalkınma
- Yer Seçimi

4.2. UYGULAMADA DEMATEL

DEMATEL metodu birbirini takip eden 5 adımdan oluşmaktadır. 5. Adım sonunda elde edilen etki-yönlü graf diyagramı ile çözüme ulaşılır [49]. Bu adımlar aşağıda gösterilmiştir [45]:

- Adım 1: Kriterlerin Belirlenmesi ve Direk İlişki Matrisinin Oluşturulması

Bu adımda değerlendirme yapabilmek için faktörlerin belirlenmesi gerekmektedir. Belirlenen kriterler yatayda ve düşeyde yazılır. Daha sonra tüm kriterler arasındaki ilişkinin derecesine göre 0-4 arasında puanlandırarak direk ilişki matrisi (A) oluşturulur [42]. Direk ilişki matrisinin oluşturulması için öncelikle Çizelge 4.1.'de gösterildiği gibi 5 seviyeden oluşan ikili karşılaştırma skalası kullanılmıştır.

Çizelge 4.1. DEMATEL metodu karşılaştırma skalası [49].

Sayısal Değer	Tanım
0	Etkisiz
1	Düşük Etki
2	Orta Etki
3	Yüksek Etki
4	Çok Yüksek Etki

Kriterler arasındaki ilişkiler, ikili karşılaştırma skalası kullanılarak uzman grup tarafından belirlenir. Karşılaştırmaların sonucunda direkt-ilişki matrisi elde edilir [45].

- Adım 2: Normalleştirilmiş Direkt-İlişki Matrisi Belirlenmesi

Direkt-ilişki matrisine bağlı olarak Eş.4.1 ve Eş.4.2 formülleri kullanılarak normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisi M elde edilir. A matrisinde esas köşegen değerleri 0'dır [49].

$$M = k.A \quad (4.1)$$

$$k = \min \left(\frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n |a_{ij}|}, \frac{1}{\max_{1 \leq j \leq n} \sum_{i=1}^n |a_{ij}|} \right) \quad (4.2)$$

Burada $i, j \in \{1, 2, 3, \dots, n\}$ durumu söz konusudur.

- Adım 3: Toplam İlişki Matrisinin Elde Edilmesi

Normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisi elde edildikten sonra toplam ilişki matrisi olan S , Eş.4.3 kullanılarak türetilir. Bu formülde I birim matrisi temsil etmektedir [43].

$$\begin{aligned}
S &= M + M^2 + M^3 + \dots = \sum_{I=1}^{\infty} M^I \\
&= M(I - M)^{-1}
\end{aligned} \tag{4.3}$$

- Adım 4: Gönderici Grubu ve Alıcı Grubu Hesaplanması

S matrisindeki sütunlar toplamı (R), S matrisindeki satırlar toplamı (D) olmakla beraber Eş.4.4 eşitliğinin hesaplamasının ardından Eş.4.5 ve Eş.4.6 hesaplamaları ile $D-R$ ve $D+R$ değerlerini kullanarak, her bir kriterin diğerlerine olan etki seviyesi ve diğerleriyle ilişki seviyesi belirlenir [19,50].

Bazı kriterler $D-R$ değeri için pozitif değerlere sahiptir. Bu kriterler diğerleri üzerinde daha yüksek etkiye sahiptirler ve daha yüksek önceliğe sahip oldukları kabul edilir. Bu tip kriterler gönderici olarak adlandırılır. $D-R$ değeri için negatif değere sahip olan kriterler ise diğer kriterlerden daha fazla etkilenirler. Daha düşük önceliğe sahip olduğu kabul edilen bu kriterler alıcı olarak adlandırılır. Diğer taraftan $D+R$ değerleri her bir kriterin diğer kriterlerle arasındaki ilişkiyi gösterir ve $D+R$ değeri yüksek olan kriterler diğer kriterler ile daha çok ilişkilidir, düşük olanların ise diğerleriyle ilişkisi azdır [50].

$$S = [s_{i,j}]_{n \times n} \tag{4.4}$$

$$D = \sum_{j=1}^n s_{i,j} \tag{4.5}$$

$$R = \sum_{i=1}^n s_{i,j} \tag{4.6}$$

Burada da $i, j \in \{1, 2, 3, \dots, n\}$ durumu söz konusudur.

- Adım 5: Eşik Değerinin Ayarlanması ve Etki-Yönlü Graf Diyagramının Elde Edilmesi

Uygun bir etki-yönlü graf elde etmek için karar vericilerin etki seviyesi için bir eşik değeri ayarlamaları gerekir. S matrisinde eşik değerinden daha büyük etki değerlerine sahip olan bazı elemanlar seçilir ve etki-yönlü graf diyagramına dönüştürülür. Eşik değeri karar verici ya da uzmanlar tarafından belirlenir [47, 50]. Etki-yönlü graf diyagramı yatay eksenini $D+R$, düşey eksenini $D-R$ olan bir koordinat düzleminde $(D+R, D-R)$ noktalarının gösterilmesiyle elde edilir [18, 50].

BÖLÜM 5

BULANIK DEMATEL METODU

5.1. GİRİŞ

Önceki bölümde de ele alındığı üzere DEMATEL yöntemi herhangi bir karar alma problemine uygun bir çözüm bulmak için geliştirilen tekniklerden biridir. DEMATEL metodu karmaşık etkileyen-etkilenen ilişkilerini görselleştirerek anlamlı sonuçlar çıkarmak amacıyla ele alınan bir problemle ilgili bilgi toplamakta, probleme ait kriterleri ortaya koymakta, matris ve diyagramlar kullanarak kriterler arasındaki nedensel ilişkiyi ortaya koyup yapısal bir model sunmaktadır.

Ancak karmaşık bir problem incelendiğinde, bu probleme neden olan birden çok faktörün ve bu faktörlerden etkilenen birden çok faktörün var olduğu bilinmektedir. Faktörlerin hangilerinin etkileyen ve hangilerinin etkilenen olduğunun bulunması, ele alınan karmaşık problemlerin çözümünde önemli bir aşamadır. Bu nedenle DEMATEL yöntemi gelişen olaylarda karmaşık bir yapıda olan etkilenen ve etkileyen etmenleri belirlemek için kullanılan bir yöntemdir [51].

Genellikle belirsiz bir ortamda gerçekleşen karar alma süreçlerinde keskin (crisp) değerlerin kullanılmasının önemli sakıncaları olduğu görülmektedir. Aslında, insanların tercihler hakkındaki kararları genellikle belirsizlik içerir ve kesin değerlendirme yaparak bu belirsizlik durumunu açıklamaları oldukça zordur. Ayrıca karmaşık etkileyen-etkilenen ilişkilerinde faktörler arasındaki etkileşimin ne derece olduğunun belirlenmesi de oldukça güçtür.

Ayrıca uzmanların faktörler arasındaki etkileşimi de kesin olarak ifade etmeleri oldukça zordur [51].

Bu nedenle DEMATEL yöntemi bulanık ortamlarda daha gerçekçi kararlar almak için Bulanık Mantık ile birleştirilmiştir, diğer bir ifadeyle DEMATEL yöntemi bulanık ortama genişletilmiştir. Zira bulanık mantık, karar alma süreçlerinin belirsizliğini ve muğlaklığını ele almak için kullanılan yararlı bir araçtır.

5.2. BULANIK MANTIK VE BULANIK KÜMELER

5.2.1. Bulanık Mantık

Bulanıklık, genel olarak, bir araştırmacının incelediği konunun kendisi tarafından tam kesinlikle bilinmemesi durumunda sahip olduğu eksik ve belirsiz bilgilerin tümüdür. Diğer bir deyişle, bulanıklık bir kelimenin anlamında veya bir kavramın tanımlanmasında bulunan belirsizliktir. İncelenen sistemlerin karmaşıklığı ve az veya yetersiz miktarda veri bulunması durumlarında, bulanıklık etkili olmaktadır [52].

Karar vericiler tercihlerini yaparken, karar verirken ve gelecekle ilgili tahminlerde bulunurken belirsizlik altında bulduklarından, kesinlik ifade eden nicel ifadelerin yerine genellikle nitel ifadeler kullanırlar. Böylelikle, karar vericiler bazen karmaşık, belirsiz, geniş sistemleri bir insani özellik olan yaklaşık değerlendirme yapabilme yeteneklerini kullanarak yapmak durumunda kalırlar [53].

Belirsizlik, karar verme sürecini karmaşıklaştıran nedenlerin başında gelmektedir. Belirsizlik hakkında kullanılabilir pek çok yöntem bulunmaktadır. İşte bulanık mantık da belirsizliği ifade etmenin matematiksel yollarından biridir [54].

Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) kavramı ilk kez 1965 yılında California Berkeley Üniversitesinden Prof. Lotfi A.Zadeh'in bu konu üzerinde ilk makalelerini yayınlamasıyla duyuldu. O tarihten sonra önemi gittikçe artarak günümüze kadar gelen bulanık mantık, belirsizliklerin anlatımı ve belirsizliklerle çalışılabilmesi için kurulmuş katı bir matematik düzen olarak tanımlanabilir. Bilindiği gibi istatistikte ve olasılık kuramında, belirsizliklerle değil kesinliklerle çalışılır ama insanın yaşadığı ortam daha çok belirsizliklerle doludur. Bu yüzden insanoğlunun sonuç çıkarabilme yeteneğini anlayabilmek için belirsizliklerle çalışmak gereklidir [55].

Klasik mantıkta, sonuç çıkarma veya karar verme 0 (Sıfır) veya 1 (Bir) ile ifade edilen kesin yanlış ve doğru önermeler veya var-yok gibi kesin gerçeklerle yapılır. Fakat bu şekildeki ikili mantık gerçek dünyanın belirsizliği gibi ifade etmede yetersizdir. Örnek olarak "1+"1"=2" kesin bir gerçektir ve doğruluk değeri birdir. Fakat "otlar yeşildir" ifadesi tam doğru olmamakla birlikte yanlış da değildir ve biz bunu klasik mantıkta tam olarak ifade edemeyiz. İnsan beyni ise "açık yeşil", "serin hava" veya "yüksek hız" gibi matematiksel olarak kesin olmayan belirsiz ya da değer yargıları içeren "bulanık dilsel niteleyicileri" kullanarak sağduyulu kararlar verebilir ve sonuç çıkartabilir [56].

Bulanık mantıkta ise, insan düşüncesine özdeş işlemlerin gerçekleşmesi sağlanmakta, gerçek dünyada sık sık meydana gelen belirsiz ve kesin olmayan verileri modellenmesi gerçekleşmektedir. Yukarıda da belirtildiği üzere klasik mantıkta bir önerme "doğru" veya "yanlıştır". Fakat gerçek dünyadaki olayların ne derece doğru veya yanlış olduğunun belirlenmesi gerekmektedir. Örneğin 100 °C suyun sıcaklığı "sıcak" olarak ifade edilirse 95 °C, 80 °C'lerdeki su için "sıcak değildir" ifadesi bu anlamda doğru olmadığı gibi yanlış da değildir. Bu nedenle önermelerin doğru (1) ve yanlış (0) değerleri arasındaki değerler (az sıcak, ılık, az soğuk, vs.) kullanılarak bulanık küme kavramı ortaya atılmıştır [57].

Bulanık mantık, esas itibariyle yaklaşıklık ve kesin olmama gibi insan düşüncesindeki belirsizliği kullanmaktadır ve kesin doğru veya kesin yanlış yerine doğal derecede doğru ya da yanlışlık belirten tanımlar kullanır. Böylece bulanık mantıkta, günlük konuşmalarda kullanılan muğlâk ifadeler tanımlanabilmekte ve bunlar dilsel niteleyiciler kullanılarak insan benzeri sonuç çıkarma işlemleri gerçekleştirilebilmektedir. Bu sayede bulanık mantık, kontrol sistemlerine düşünme ve karar verebilme yeteneğinin kazandırılmasına destek verebilmektedir.

Bulanık mantıkta önemli bir kavram dilsel değişken kavramıdır. Dilsel değişken "sıcak" veya "soğuk" gibi sözcükler ve ifadelerle tanımlanabilen değişkenlerdir. Bir dilsel değişkenin değerleri bulanık kümeler ile ifade edilir. Örneğin oda sıcaklığı dilsel değişkeni için "sıcak", "soğuk" ve "çok sıcak" ifadeleri kullanılabilir. Bu üç ifadenin her biri ayrı ayrı bulanık kümeler ile modellenir [56].

5.2.2. Bulanık Kümeler

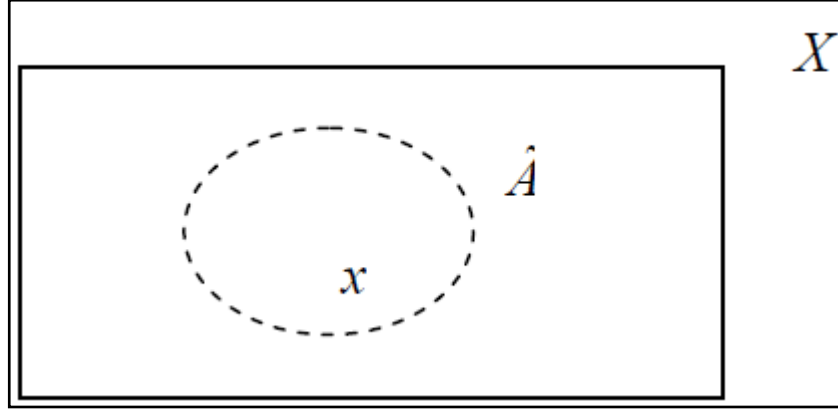
Bulanık kuramının merkez kavramı yukarıda da adı geçen bulanık (fuzzy) kümelerdir. Küme kavramı kulağa biraz matematiksel gelebilir ama anlaşılması kolaydır. Örneğin "orta yaş" kavramını inceleyerek olursak, bu kavramın sınırlarının kişiden kişiye değişiklik gösterdiğini görürüz. Kesin sınırlar söz konusu olmadığı için kavramı matematiksel olarak da kolayca formüle edemeyiz. Ama genel olarak 35 ile 55 yaşları orta yaşlılık sınırları olarak düşünülebilir. Bu kavramı grafik olarak ifade etmek istediğimizde karşımıza çan eğrisi gibi bir eğri çıkacaktır. Bu eğriye "aitlik eğrisi" adı verilir ve kavram içinde hangi değer hangi ağırlıkta olduğunu gösterir [58].

Matematiksel açıdan bakıldığında; klasik kümelerde bir eleman bir kümeye aittir veya ait değildir. Bir başka deyişle elemanın uzaya ait olması ile ait olmaması arasındaki geçiş birdenbire ve kesindir. Fakat bulanık kümelerde üyelik sadece ait olma ve ait olmama durumlarından ibaret değildir. Bulanık bir kümenin sınırları belirsiz olduğu için, bir elemanın o kümeye ait olması $[0,1]$ aralığındaki herhangi bir değerle ifade edilir [53].

Bulanık mantığın kullanıldığı "bulanık" ya da başka bir deyişle "çok değerli" kümelerde, nesnelere bulanık bir kümeye ve bu kümenin tümleyeni olan kümeye aynı anda sonsuz farklı derecelerde ait olabilir. Buradaki tek sınırlama bu iki üyelik derecesinin toplamının bir olması gerektiğidir. Örneğin eğer hava, %20 serin ise %80 serin-değil olmalıdır. Bulanık mantık bu yolla, klasik mantığı geçersizleştiren "havanın %100 serin iken %100 serin-değil" ifadesinde olduğu gibi, çift çelişkiden kaçınır. Bunun yerine nesnelere birbirlerinin tamamlayıcısı olan iki bulanık kümeye, hava %20 serin iken %80 serin-değil olması gibi aynı anda kısmen aittir. Ve bu da dilsel (linguistik) niteleyicilerde olduğu gibi kısmi çelişkilere sebep olur. Bulanık kümeler nesnelere %100 üye olup-olmadığı özel durumlar için klasik kümenin özelliklerini taşır ve klasik küme teorisi işlemleri uygulanabilir [56].

Şekil 5.1.'de X kümesinin bulanık alt kümesi \tilde{A} gösterilmiştir. Bulanık kümelerin standart kümelerin uzantıları olmaları nedeniyle, bir bulanık küme temsili sembolün

üstünün “~” ile çizilmesi ile ifade edilmektedir. Tanımlanan bütün bulanık kümelerin kümesi X ile gösterilmektedir. Kesikli çizgilere sahip daire, bulanık alt küme \tilde{A} ’nın içinde veya dışındakileri ayıran belirsiz sınırı göstermektedir. Bulanık küme teorisi, X kümesinin x elemanının \tilde{A} alt kümesine ait olma derecesini üyelik fonksiyonu ile tanımlamaktadır. Ait olma derecesi bazen mertebe olarak ifade edilmektedir [52].



Şekil 5.1. Bulanık alt küme [52].

Dilsel değişkenlerin dilsel olgusunu açıklayan teknik sayı değerine üyelik derecesi denir. Üyelik derecesi sübjektif olarak belirlenir. Üyelik derecesi, elemanın bulanık kümeyle temsil edilen kavrama ne derece uygun olduğu veya bu kümenin temsil ettiği özellikleri ne dereceye kadar taşıdığını gösterir. Sürekli bir değişken için üyelik derecesi üyelik fonksiyonuyla ifade edilir. Bulanık küme teorisinin temelini oluşturan üyelik fonksiyonları 0 ile 1 arasında bir üyelik derecesine sahiptir. Üyelik fonksiyonları dilsel değişkenlerin karşılığı olan sayı değerlerinden oluşur. Bu değişkenler fonksiyon olarak tanımlandıklarında karar verme sürecinde çok faydalı olabilirler [59].

\tilde{A} bulanık kümesi, Eş.5.1’de gösterilen düzenli ikililer kümesi ile karakterize edilmiştir [60]:

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) \mid x \in X\} \quad (5.1)$$

Bu ifadenin anlamı şöyle ifade edilir; bulanık bir kümenin, \tilde{A} sıralı ikililerden oluşan elemanlarından birincisi kümenin elemanını, ikincisi ise bu elemanın üyelik derecesini belirten değerdir. x 'in \tilde{A} 'ya ait olma veya üyelik derecesi $\mu_{\tilde{A}}(x)$ ile gösterilir [61].

Bir bulanık küme, her bir elemanı 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecesine sahip bir fonksiyon ile tanımlanır. Burada bir üyelik fonksiyonu yargı aralığındaki elemanların tercih kümesine ait olma derecesini ifade etmektedir [52].

$x \in X$ ve $\tilde{A} \subseteq X$ için, üyelik derecesi Eş.5.2'deki gibi ifade edilir [52].

$$\mu_{\tilde{A}}(x): X \longrightarrow [0,1] \quad (5.2)$$

$\mu_{\tilde{A}}(x)$ üyelik fonksiyonu 0 ile 1 arasında değer almaktadır. Kümeye dâhil olmayan elemanların üyelik değerleri 0, kümeye tam dâhil olanların üyelik değerleri de 1 olarak atanmaktadır. Kümeye dâhil olup olmadıkları belirsiz olan elemanlara ise belirsizlik durumuna göre 0 ile 1 arasında değerler atanmaktadır. Dolayısıyla her elemanın bir üyelik derecesi vardır [59].

Örneğin bir emlakçı müşterilerine tanıtacağı evleri sınıflandırmak amacıyla yatak odası sayısını konfor göstergesi olarak almaktadır. Kiralık evlerin kümesi $X=\{1,2,3,\dots,10\}$ ve x ise evdeki yatak odası sayısını göstermek üzere, A kümesi “dört kişilik bir aile için konforlu ev” şu şekilde tanımlanacaktır [61]:

$$A = \{(1,0.2), (2,0.5), (3,0.8), (4,1.0), (5,0.7), (6,0.3)\} \quad (5.3)$$

Bulanık üyelik kavramı ile sözel terimler tanımlanabilir. Değişken değeri olarak, bir dildeki değişkenleri alabilen değişkene sözel değişken denir. Bazı kelimelerin anlamı karmaşıklık, subjektiflik veya belirsizlik gösterir ve klasik küme teorisinde istenen sınır koşulu net olarak ifade edemezler. Bu gibi durumlarda sözel değişkenin bulanık kümelere dayanarak tanımlanması gerekir. Zadeh 1973 yılında yayınladığı

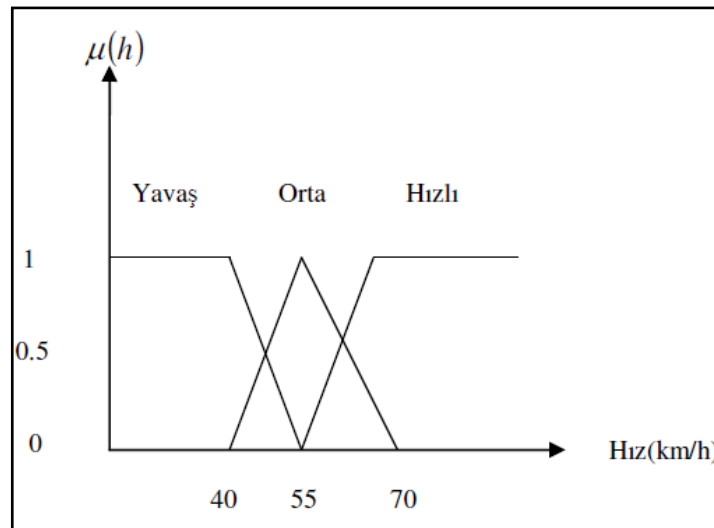
makalesinde; “Aşırı karmaşıklıktan kaçınmak için sözel değişkenler kullanılır. Sözel değişkenlerin değeri doğal veya yapay dillerde sayı değil kelimeler veya cümlelerdir. Kelimelere veya cümlelere sözel karakter atamak, sayılara atamaktan daha kolaydır.” demektedir [62].

Örneğin, “hız” sözel değişkeninin terim kümesi şöyle gösterilebilir [61];

$$T(\text{hız}) = \{\text{yavaş, orta, hızlı çok yavaş, çok veya az hızlı, ...}\} \quad (5.4)$$

$T(\text{hız})$ 'daki her terim $U=[0,100]$ örnek uzayındaki bulanık küme ile karakterize edilir. Burada “yavaş” 40 km/h' in altında bir hız , “orta” terimi 55km/h'e yakın bir hız, “hızlı” ise 70 km/h'den fazla bir hız olarak tanımlanabilir. Bu terimlerin üyelik fonksiyonu Şekil 5.2.'de gösterilen bulanık küme olarak karakterize edebilir [61].

Sonuç olarak; bulanık kümeler, dildeki belirsiz ve bulanık kavramların matematiksel olarak modellenmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca bulanık kümelere kullanılan semboller ve ifadeler ile klasik kümelere kullanılan ifadelerin büyük bir kısmı birbirine benzemektedir.



Şekil 5.2. Hız değerlerine ait sözel değişkenlerin bulanık kümedeki gösterimi [61].

5.2.2.1. Bulanık Kümeler İle İlgili Temel Kavramlar

- Bulanık Kümenin Desteği: Bir \tilde{A} kümesinin desteği $\mu_{\tilde{A}}(x) > 0$ olacak şekilde bütün $x \in X$ 'lerin oluşturduğu kesin kümedir ve Eş.5.5'deki gibi gösterilir [60].

$$S(\tilde{A}) = \{x \in X \mid \mu_{\tilde{A}}(x) > 0\} \quad (5.5)$$

- Bulanık Kümenin α Keseni: \tilde{A} bulanık kümesinin, üyelik fonksiyon derecesi en az α seviyesinde olan elemanlarının kesin kümesi α seviye kümesi olarak adlandırılır ve Eş.5.6'daki gibi gösterilir [60].

$$\tilde{A}_{\alpha} = \{x \in X \mid \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha\} \quad (5.6)$$

- Bulanık Kümenin Konveksliği: Konvekslik bulanık küme teorisinde önemli bir rol oynar. Bir \tilde{A} bulanık kümesi her $\forall x_1, x_2 \in X$ ve $\lambda \in [0,1]$ için Eş.5.7 koşulunu sağlıyorsa konvektir denir. Ayrıca, bir bulanık küme bütün α seviye kümeleri konveks ise konvektir [60].

$$\mu_{\tilde{A}}(\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2) \geq \min(\mu_{\tilde{A}}(x_1), \mu_{\tilde{A}}(x_2)) \quad (5.7)$$

- Bulanık Kümenin Yüksekliği: X üzerinde tanımlı bir \tilde{A} bulanık kümesinin yüksekliği, $\mu_{\tilde{A}}(x)$ 'in en küçük üst sınırıdır ve Eş.5.8'deki gibi gösterilir [60].

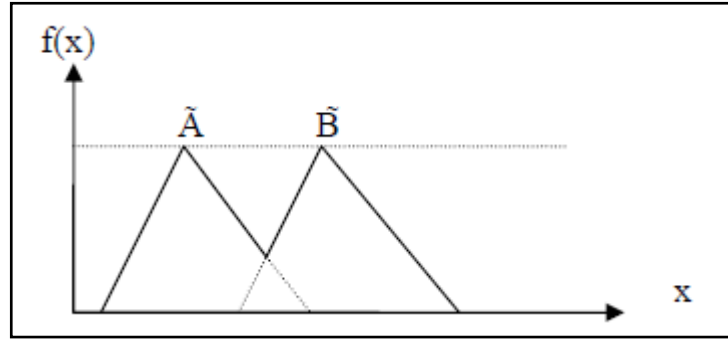
$$hgt(\tilde{A}) = \sup_{x \in X} \mu_{\tilde{A}}(x) \quad (5.8)$$

- Bulanık Kümenin Normallliği: X üzerinde tanımlı bir \tilde{A} bulanık kümesi, $\mu_{\tilde{A}}(x) = 1$ olacak şekilde en az bir $x \in X$ varsa normal bulanık küme olarak adlandırılır. \tilde{A} bulanık kümesinin yüksekliği 1'e eşit ise, \tilde{A} bulanık

kümesine normal bulanık küme, aksi takdirde normal olmayan bulanık küme adı verilir [60].

5.2.2.2. Bulanık Kümeler İle İlgili Temel İşlemler

- Birleşim: Bulanık kümelerin özelliklerini belirtmek için üyelik fonksiyonları kullanılmaktadır. Bulanık kümeler \tilde{A} ve \tilde{B} 'nin birleşimi, $\tilde{A} \cup \tilde{B}$ (5.9)'da gösterilen üyelik fonksiyonu ile tanımlanmaktadır. Birleşimden, iki veya daha fazla alt kümenin bir temel küme içinde ortak noktalarının bulunması durumunda kümelerin birbirleri ile “veya” mantığı ile bağlanması sonucunda temel kümenin alt kümelerin en az biri tarafından işgal edilen yerleri anlaşılmaktadır (Şekil 5.3) [52].



Şekil 5.3. Bulanık kümelerin birleşimi [19].

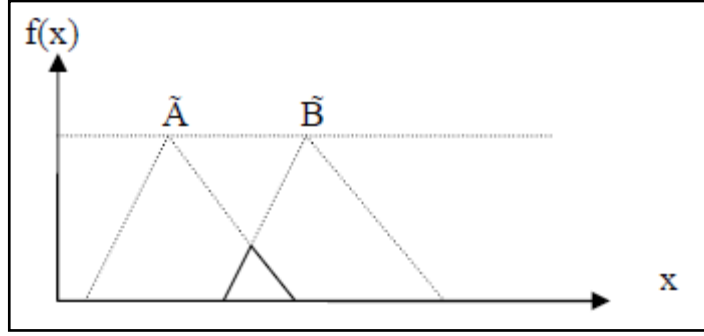
İki bulanık kümenin birleşiminin üyelik fonksiyonu, bireysel üyelik fonksiyonlarının en büyüğü olarak tanımlanır [52].

$$\begin{aligned} \mu_{\tilde{A} \cup \tilde{B}}(x) &= \mu_{\tilde{A}}(x) \vee \mu_{\tilde{B}}(x) \\ &= \max(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)) \quad \forall x \in X \end{aligned} \quad (5.9)$$

- Kesişim: \tilde{A} ve \tilde{B} bulanık kümelerinin kesişimi, bireysel üyelik fonksiyonlarının minimumu olarak tanımlanır. Kesişimden “ve” ifadesi ile iki veya daha fazla alt kümede bulunan ortak öğelerin teşkil ettikleri küme

anlaşılmaktadır (Şekil 5.4). \tilde{A} ve \tilde{B} 'nin kesişimi, $\tilde{A} \cap \tilde{B}$ Eş.5.10'daki gibi ifade edilebilir [52].

$$\begin{aligned}\mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) &= \mu_{\tilde{A}}(x) \wedge \mu_{\tilde{B}}(x) \\ &= \min(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)) \quad \forall x \in X\end{aligned}\quad (5.10)$$



Şekil 5.4. Bulanık kümelerin kesişimi [19].

- Tümleneyen: \tilde{A} bulanık kümesinin \tilde{A} tümleneyeni $\forall x \in X$ için üyelik fonksiyonu Eş.5.11 ile tanımlanmıştır [60].

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = 1 - \mu_{\tilde{A}}(x) \quad (5.11)$$

- Cebirsel Çarpım: $\tilde{A} \cdot \tilde{B}$ 'ye \tilde{A} ve \tilde{B} 'nin cebirsel çarpımı denir ve Eş.5.12'deki üyelik fonksiyonu ile tanımlanmaktadır [52].

$$\mu_{\tilde{A} \cdot \tilde{B}}(x) = \mu_{\tilde{A}}(x) \cdot \mu_{\tilde{B}}(x) \quad \forall x \in X \quad (5.12)$$

- Cebirsel Toplam: $\tilde{A} \oplus \tilde{B}$ 'ye \tilde{A} ve \tilde{B} 'nin cebirsel toplamı denir ve Eş.5.13'deki üyelik fonksiyonu ile tanımlanmaktadır [52].

$$\mu_{\tilde{A} \oplus \tilde{B}}(x) = \mu_{\tilde{A}}(x) + \mu_{\tilde{B}}(x) - \mu_{\tilde{A}}(x) \cdot \mu_{\tilde{B}}(x) \quad \forall x \in X \quad (5.13)$$

5.2.3. Bulanık Sayılar

Çoğu durumda sayısal bilgileri hassas bir şekilde tanımlayamayız. Örneğin; “yaklaşık olarak 15”, “0’a yakın”, “60’dan büyük”, gibi kesin olmayan yaklaşık sayısal miktarlara, bulanık sayılar denir. Bulanık sayılar, bulanık kümelerin özel bir alt kümesidir [61].

Bir normal ve konveks bulanık küme için, eğer bir α kesim-küme kapalı aralık ise, bu bir bulanık sayı olarak adlandırılmaktadır [52].

Bulanık sayılar üyelik fonksiyonları kullanılarak tanımlanır. $\mu_{\tilde{A}}(x)$ ile gösterilen üyelik fonksiyonu $[0,1]$ aralığında değer alır. $\mu_{\tilde{A}}(x) = 0$ ise x sayısı kümenin elemanı değildir. $\mu_{\tilde{A}}(x) = 1$ ise x sayısı kesinlikle kümenin elemanıdır.

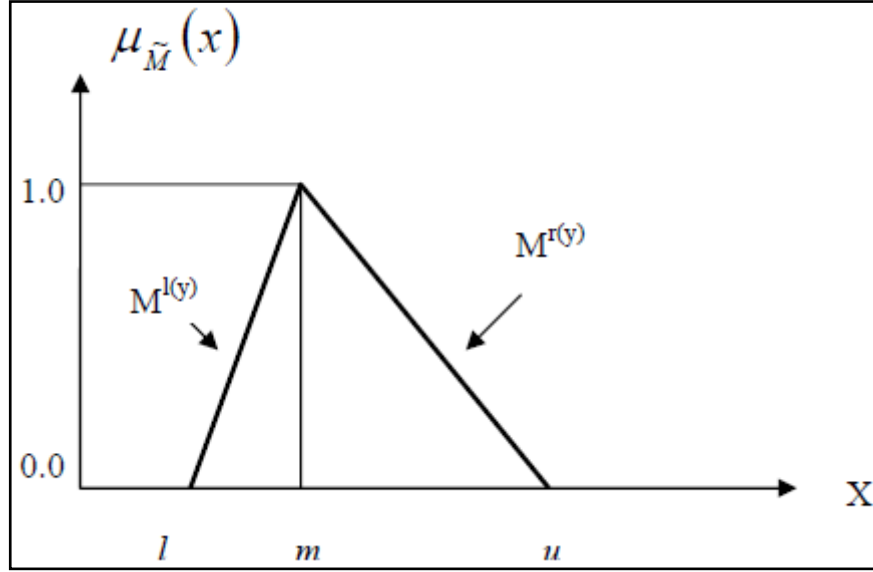
Diğer durumlarda x 'in kümede olması bulanık olarak tanımlanmıştır. $\mu_{\tilde{A}}(x)$ değeri 1'e yaklaştıkça x elemanının kümedeki üyeliği artar [60].

Bulanık sayılar üçgensel ve yamuksal gibi farklı biçimlerde ifade edilebilirler. Bu kısımda sadece üçgensel bulanık sayılara yer verilecektir.

Üçgensel bir bulanık sayı \tilde{M} , Şekil 5.5'de gösterilmektedir. Bir bulanık üçgensel sayı, (l, m, u) şeklinde gösterilir. l , m , u ifadeleri sırasıyla bulanık bir olayda en düşük olasılığı, net değeri ve en yüksek olasılığı ifade etmektedir [52].

Bir bulanık sayı, sağ ve sol üyelik dereceleri ile her zaman için Eş.5.14'deki gibi ifade edilebilmektedir [52].

$$\tilde{M} = (M^{l(y)}, M^{r(y)}) = (1 + (m-l)y, u + (m-u)y), \quad y \in [0,1] \quad (5.14)$$



Şekil 5.5. Üçgensel bulanık sayı [52].

Bir üçgensel bulanık sayının sağ ve sol üyelik derecesi değerlerine göre doğrusal gösterimi Eş.5.15'deki gibidir [52].

$$\mu(x|\tilde{M}) = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & x < l, \\ (x-l)/(m-l) & l \leq x \leq m, \\ (u-x)/(u-m) & m \leq x \leq u, \\ 0 & x > u, \end{array} \right\} \quad (5.15)$$

Üçgensel bulanık sayılarla farklı işlemler gerçekleştirilebilmektedir. İki üçgensel bulanık sayı olarak $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ şeklinde tanımlanmış olsun. Üçgensel sayılarla gerçekleştirilen işlemlere Eş.5.16 ile Eş.5.20 arasında yer verilmiştir [52].

Toplama

$$\tilde{M}_1 (+) \tilde{M}_2 = (l_1, m_1, u_1) (+) (l_2, m_2, u_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (5.16)$$

Çıkarma

$$\tilde{M}_1 (-) \tilde{M}_2 = (l_1, m_1, u_1) (-) (l_2, m_2, u_2) = (l_1 - l_2, m_1 - m_2, u_1 - u_2) \quad (5.17)$$

Çarpma

$$\tilde{M}_1(\cdot)\tilde{M}_2 = (l_1, m_1, u_1)(\cdot)(l_2, m_2, u_2) = (l_1l_2, m_1m_2, u_1u_2) \quad (5.18)$$

Bir reel sayı K ile çarpılırsa

$$K(\cdot)\tilde{M}_1 = (K, K, K)(\cdot)(l_1, m_1, u_1) = (Kl_1, Km_1, Ku_1) \quad (5.19)$$

Tersi

$$(\tilde{M}_1)^{-1} = (l_1, m_1, u_1)^{-1} \approx (1/u_1, 1/m_1, 1/l_1) \quad (5.20)$$

5.2.4. Netleştirme (Durulaştırma)

Bulanık olan bilgilerin kesin sonuçlar haline dönüştürülmesi için yapılan işlemlerin tümüne “netleştirme (defuzification)” denilmektedir. Örnek olarak uygulama alanlarına göre hangisinin kullanılacağına, kullanıcının karar verdiği üç farklı netleştirme işlemi aşağıda ana hatları ile açıklanmaktadır [53]:

- En Büyük Üyelik İlkesi: Diğer adı yükseklik yöntemidir. Kullanımı için tepeleri olan çıkarım bulanık kümelerine gerek vardır. Cebirsel olarak $z \in Z$ olmak üzere Eş.5.21’deki gibi ifade edilir [53]:

$$\mu_C(z^*) \geq \mu_C(z) \quad (5.21)$$

- Sentroid Yöntemi: Diğer adı ağırlık merkezi yöntemi olan bu yöntem netleştirme işlemlerinde en sık kullanılan yöntemdir ve cebirsel olarak Eş.5.22’deki gibi ifade edilir [53]:

$$z^* = \frac{\int \mu_C(z).zdz}{\int \mu_C(z).dz} \quad (5.22)$$

- Ağırlıklı Ortalama Yöntemi: Birinci netleştirme ilkesine çok benzeyen bir yapısı vardır ve cebirsel olarak Eş.5.23’deki gibi ifade edilir [53]:

$$z^* = \frac{\sum \mu_c(z) \cdot z}{\sum \mu_c(z)} \quad (5.23)$$

5.3. UYGULAMADA BULANIK DEMATEL METODU

Bulanık DEMATEL tekniği 7 temel adımdan oluşmaktadır.

Adım 1. Ele Alınan Problemin Amacının Belirlenmesi ve Karar Grubunun Oluşturulması

İlk olarak ele alınacak olan problemin belirlenmesi gerekmektedir. Ele alınacak problem belirlendikten sonra bu problemle ilgili olarak gerekli bilgilerin toplanması ve daha sonrada ele alınan problem hakkında alanında uzman olan kişilerden oluşan bir karar grubunun oluşturulması gerekmektedir.

Adım 2. Faktörlerin Belirlenmesi ve Bulanık Skalanın Oluşturulması

Bu adımda değerlendirme yapabilmek için faktörlerin belirlenmesi gerekmektedir. Etkilenen ve etkileyen faktörlerin belirlenmesi için ise bu faktörler arasında anlamlı ilişkilerin uzmanlar tarafından oluşturulması gerekmektedir.

Bu ilişkiler oluşturulduktan sonra faktörler arasındaki ikili karşılaştırmaların yapılması gerekmektedir. Ancak bu karşılaştırma yapılırken bir faktörün diğer bir faktörü ne derece etkilediğini belirlemek oldukça zordur. Bu nedenle Li tarafından önerilen bulanık skala kullanılmıştır [63].

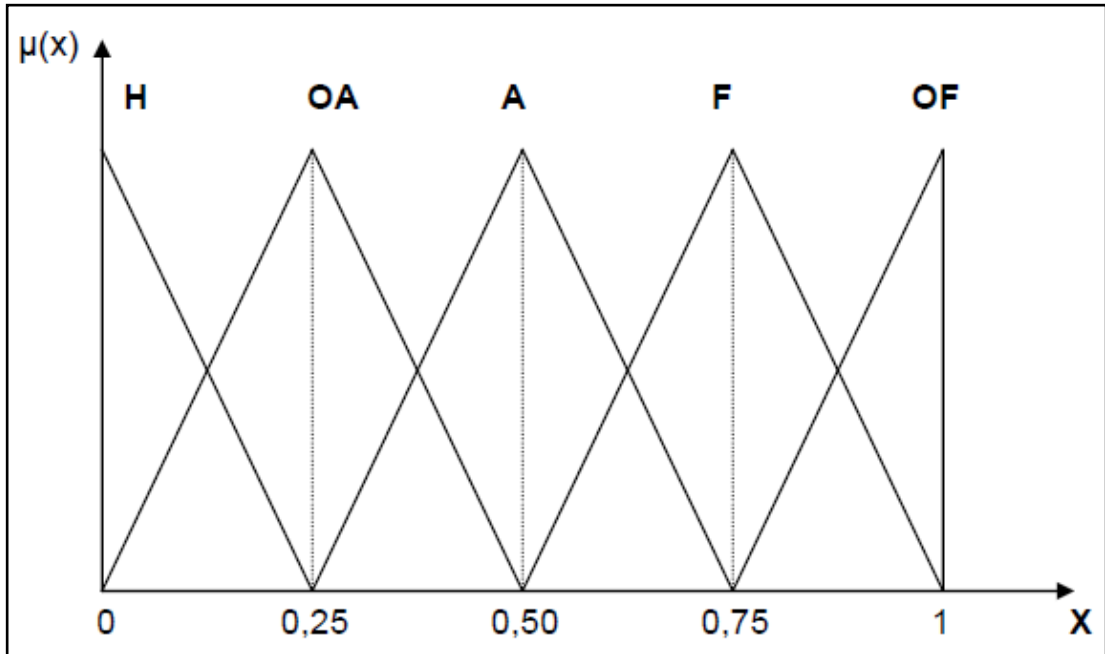
Bu skalaya göre bir faktörün diğer bir faktörü etkilemesi dilsel değişken olarak düşünölmüş ve “oldukça fazla”, “fazla”, “az”, “oldukça az” ve “hiç” olmak üzere tanımlanmış olan beş dilsel terimle ifade edilmiştir. Dilsel terimler de üçgensel bulanık sayılarla ifade edilmiştir. Bu bulanık skala Çizelge 5.1 ve Şekil 5.6’da verilmiştir.

Adım 3. Karar Vericilerin Faktörler Arasındaki İkili İlişkileri Değerlendirmesi

Faktörler $\{F_1, F_2, \dots, F_n\}$ arasındaki ilişkilerin düzeylerini ölçmek için her bir uzman tarafından ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Bir faktörün diğer bir faktörü etkilemesi dilsel terimlerle ifade edilmiştir. Karar grubunun p tane uzmandan oluştuğu farz edilirse p tane karar matrisi $\tilde{Z}^{(1)}, \tilde{Z}^{(2)}, \dots, \tilde{Z}^{(p)}$ elde edilir. $\tilde{Z}^{(k)}$ k . uzmana ait ikili karşılaştırma matrisi olup Eş.5.24'de gösterilmiştir [51].

Çizelge 5.1. Dilsel terimler ve üçgensel bulanık sayılar [18].

Dilsel Terimler	Üçgensel Bulanık Sayılar
Hiç Etkisi Yok (H)	(0, 0, 0.25)
Oldukça Az Etkili (OA)	(0, 0.25, 0.50)
Az Etkili (A)	(0.25, 0.50, 0.75)
Fazla Etkili (F)	(0.5, 0.75, 1.0)
Oldukça Fazla Etkili (OF)	(0.75, 1.0, 1.0)



Şekil 5.6. Dilsel terimler ve üçgensel bulanık sayılar [51].

$$\tilde{Z}^{(k)} = \begin{bmatrix} 0 & \tilde{z}_{12}^{(k)} & \cdots & \tilde{z}_{1n}^{(k)} \\ \tilde{z}_{21}^{(k)} & 0 & \cdots & \tilde{z}_{2n}^{(k)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{z}_{n1}^{(k)} & \tilde{z}_{n2}^{(k)} & \cdots & 0 \end{bmatrix}, \quad k = 1, 2, \dots, p \quad (5.24)$$

$\tilde{Z}^{(k)}$ matrisi k . uzman tarafından oluşturulan başlangıç direk ilişki matrisi olarak adlandırılmaktadır. $\tilde{z}_{ij}^{(k)} = (l_{ij}^{(k)}, m_{ij}^{(k)}, u_{ij}^{(k)})$ üçgensel bulanık sayısı bir dilsel terimin ifadesi olup i . faktörün j . faktörü etkileme düzeyini göstermektedir. $\tilde{z}_{ii}^{(k)} = (l_{ii}^{(k)}, m_{ii}^{(k)}, u_{ii}^{(k)})$, $(i = 1, 2, \dots, n)$ üçgensel bulanık sayısı $(0, 0, 0)$ olarak verilmektedir [64].

Adım 4. Normalize Edilmiş Direk İlişki Matrisinin Oluşturulması

Doğrusal skala transformasyon yöntemi kullanılarak başlangıç direk ilişki matrisi normalize edilir. $\tilde{X}^{(k)}$ matrisi k . uzmana ait olan normalize edilmiş direk ilişki matrisidir [64].

$$\tilde{X}^{(k)} = \begin{bmatrix} 0 & \tilde{x}_{12}^{(k)} & \cdots & \tilde{x}_{1n}^{(k)} \\ \tilde{x}_{21}^{(k)} & 0 & \cdots & \tilde{x}_{2n}^{(k)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{n1}^{(k)} & \tilde{x}_{n2}^{(k)} & \cdots & 0 \end{bmatrix}, \quad k = 1, 2, \dots, p \quad (5.25)$$

$$r^{(k)} = \max_{1 \leq i \leq n} \left(\sum_{j=1}^n u_{ij}^{(k)} \right) \quad (5.26)$$

$$\tilde{x}_{ij}^{(k)} = \frac{\tilde{z}_{ij}^{(k)}}{r^{(k)}} = \left(\frac{l_{ij}^{(k)}}{r^{(k)}}, \frac{m_{ij}^{(k)}}{r^{(k)}}, \frac{u_{ij}^{(k)}}{r^{(k)}} \right) \quad (5.27)$$

\tilde{X} matrisi normalize edilmiş direk ilişki matrisi olarak adlandırılmaktadır. Bulanık ortalama operatörü kullanılarak, $\tilde{X}^{(1)}, \tilde{X}^{(2)}, \dots, \tilde{X}^{(p)}$ p tane uzman tarafından

oluşturulan normalize edilmiş direk ilişki matrisleri birleştirilerek \tilde{X} matrisi elde edilmiştir [64].

$$\tilde{X} = \frac{\tilde{X}^{(1)} \oplus \tilde{X}^{(2)} \oplus \dots \oplus \tilde{X}^{(p)}}{p} \quad (5.28)$$

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{n1} & \tilde{x}_{n2} & \dots & \tilde{x}_{nm} \end{bmatrix}; \quad \tilde{x}_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^p \tilde{x}_{ij}^{(k)}}{p} \quad (5.29)$$

Adım 5. Toplam İlişki Matrisinin Oluşturulması

Etkileyen-etkilenen modelinin kurulması için ilk olarak toplam ilişki matrisi \tilde{T} 'nin hesaplanması gerekmektedir. Eş.5.30'de I birim matrisi temsil etmektedir [64].

$$\tilde{T} = \tilde{X} \cdot (I - \tilde{X})^{-1} \quad (5.30)$$

Adım 6. \tilde{D}_i ve \tilde{R}_i Değerlerinin Hesaplanması ve Netleştirme

Öncelikle \tilde{D}_i ve \tilde{R}_i değerlerinin hesaplanması gerekmektedir. \tilde{D}_i , \tilde{T} matrisinde i . satırın elemanlarının toplamı, \tilde{R}_i ise \tilde{T} matrisinde i . sütunun elemanlarının toplamıdır. Bu değerler hesaplandıktan durulaştırma işlemi yapılması gerekmektedir. Literatürde farklı durulaştırma prosedürleri önerilmiştir. Bu çalışmada bu aşamada literatürde sıklıkla kullanılan BNP (Best Nonfuzzy Performance Value) yöntemi kullanılmıştır. Eş.5.31'de gösterilen denklem yardımıyla \tilde{D}_i ve \tilde{R}_i için ayrı ayrı durulaştırma (netleştirme) işlemi uygulanır [65].

$$BNP_{ij} = \frac{(U_{ij} - L_{ij}) + (M_{ij} - L_{ij})}{3 + L_{ij}} \quad (5.31)$$

BNP_{ij} , \tilde{D}_i ve \tilde{R}_i değerlerinin durulaştırılmış değerini göstermektedir ve sırasıyla D_i ve R_i ile ifade edilmektedir.

Adım 7. $D_i + R_i$ ve $D_i - R_i$ Değerlerini Hesaplanması ve Etkileyen-Etkilenen İlişki Diyagramını izilmesi

Durulaştırma neticesinde elde edilen değerler ile $D_i + R_i$ ve $D_i - R_i$ değerleri hesaplanarak etkileyen-etkilenen ilişki diyagramının çizilmesi gerekmektedir. $D_i + R_i$ değeri merkezi bir rol derecesini (kriter ne kadar önemli) temsil ederken, $D_i - R_i$ ise ilişkinin derecesini göstermektedir [64].

Diyagramda $D_i + R_i$ yatay ekseninde, $D_i - R_i$ ise dikey ekseninde gösterilmektedir. Yatay eksenin üstünde kalan değerler etkileyen kriterler, altında kalanlar ise etkilenen kriterler olarak adlandırılmaktadır. Yani belirleyici olan husus $D_i - R_i$ 'nin negatif veya pozitif olmasıdır [64].

BÖLÜM 6

UYGULAMA

6.1. GİRİŞ

Bir toplumun geleceğini bugünün gençleri inşa edeceklerdir. Gençlerin bilgi düzeyleri de bir yandan yaşadıkları toplumun gelişmişlik düzeyini belirlerken bir yandan gelecek için gelişmiş ve kültürlü bir toplumun temellerini de oluşturmaktadır. İşte bu sebeple eğitim kurumlarının etkinliğinin ölçülmesi toplumun bugünü ve geleceği açısından oldukça önemli bir hal almaktadır.

Diğer alanlarda da olduğu gibi eğitim sektöründe de etkinlik ve verimlilik kavramları zamanla daha fazla sorgulanır ve incelenir bir hal almıştır. Eğitimin her kademesinde olduğu gibi yüksek öğretim düzeyinde de her dönem belirli verimlilik ile çalışarak bilgi düzeyinin artırılması, toplumun genel bilgi düzeyinin artırılması gibi amaçlar hedeflenmektedir. Bu açıdan bakıldığında eğitim için kullanılan kaynakların etkin ve doğru şekilde kullanılıp kullanılmadığı ancak sürecin analiz edilmesi ile mümkün olacaktır [32].

Gelişmenin en önemli bileşenlerinden biri etkin kaynak kullanımudur. Türkiye’de kamu sektörü, ülke düzeyinde sürdürülebilir bir kalkınma amacıyla her ülkede olduğu gibi yüksek öğrenime verilen önem seviyesinde üniversiteler kurmakta ve kurulu üniversitelere kaynak aktarımında bulunmaktadır [25].

İşte bu çalışmanın amacı üniversitelere aktarılan bu kaynakları kullanarak bir yandan eğitim faaliyetlerinde bulunan, bir yandan da akademik çalışmalar yapan üniversite bölümlerinin etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi yöntemi ile değerlendirilmesinde kullanılan girdi ve çıktı faktörlerinin Bulanık DEMATEL yöntemi ile belirlenmesi ve

Türkiye’deki bazı endüstri mühendisliği bölümleri için bu göstergeler yolu ile Veri Zarflama Analizi yardımıyla karşılaştırmalı olarak etkinlik çözümlemesi yapmaktır.

6.2. BULANIK DEMATEL UYGULAMASI

VZA’da kullanılacak girdi ve çıktıların seçimi, üniversite bölümlerinin etkinlik analizi sonuçlarının temeli olduğundan oldukça önemlidir. Eğer, üniversite bölümlerinin karşılaştırılmasında farklı bir girdi ve çıktı kümesi seçilirse, oldukça farklı bir etkinlik skoru elde edilmektedir [25].

Literatürde yapılan analizlerde bu değişkenlerin belirlenmesine yönelik sistematik bir yöntemin kullanılmadığı göze çarpmaktadır. Bu çalışmada literatürde sık kullanılan girdi ve çıktı değişkenlerini (Çizelge 6.1.) kullanarak uzman görüşleri ışığında Bulanık DEMATEL yöntemini yardımıyla uygun girdi ve çıktı değişkenlerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

Adım 1. Ele Alınan Problemden Amacın Belirlenmesi ve Karar Grubunun Kurulması

Bu adımda üniversite bölümlerinin etkinliklerini belirleyen girdi ve çıktı faktörlerinin bulunması amaçlanmaktadır. Uzmanlar grubu özellikle idari görevde bulunan (Dekanlık, bölüm başkanlığı vb.) akademisyenlerden oluşan 8 kişiden oluşmaktadır.

Adım 2. Girdi ve Çıktıların Belirlenmesi

Çalışmamızda girdi ve çıktı faktörleri için ayrı ayrı süreç işletilmiştir. Yani girdi faktörleri kendi aralarında ve çıktı faktörleri kendi aralarında işleme tabi tutularak uygun girdi ve çıktı değişkenlerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Değerlendirmede kullanılacak girdi ve çıktılar kodları ile birlikte Çizelge 6.1.’de gösterilmektedir. Kodlandırılmada girdiler için “GİR” değişkeni, çıktılar için “CIK” değişkeni kullanılmıştır.

Çizelge 6.1. Kodları ile birlikte literatürde sık kullanılan girdi ve çıktılar.

GİRDİLER		ÇIKTILAR	
GIR1	Öğretim Üyesi Sayısı	CIK1	İndekslere Girmiş Yayın Sayısı (SCI-SSCI)
GIR2	Öğretim Elemanı Sayısı	CIK2	Hakemli Dergilerde Yayınlanan Yayın Sayısı (SCI-SSCI Hariç)
GIR3	İdari Personel Sayısı	CIK3	Basılan Bildiri Sayısı
GIR4	Öğrenci Sayısı (Lisans)	CIK4	Araştırma Projeleri Sayısı
GIR5	Öğrenci Sayısı (Yüksek Lisans)	CIK5	Mezun Öğrenci Sayısı (Lisans)
GIR6	Öğrenci Sayısı (Doktora)	CIK6	Mezun Öğrenci Sayısı (Yüksek Lisans)
GIR7	Toplam Bölüm Harcamaları	CIK7	Mezun Öğrenci Sayısı (Doktora)
GIR8	Araştırma Ödeneği	CIK8	Araştırma Gelirleri
GIR9	Bölüm Bütçesi		
GIR10	Laboratuar Sayısı		
GIR11	Bilgisayar Sayısı		
GIR12	Derslik Sayısı		
GIR13	Kapalı Kullanım Alanı		
GIR14	Verilen Ders Sayısı		
GIR15	ÖSS Taban Puanı		

Adım 3. Karar Vericilerin Faktörler Arasındaki İkili İlişkileri Değerlendirmesi

Faktörler arasındaki ilişkilerin düzeylerini ölçmek için her bir uzman tarafından ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. Matrisler Şekil 6.1 ve Şekil 6.2’de gösterilen anket formları yardımıyla oluşturulmaktadır. Anketler uzmanlar tarafından doldurulurken Çizelge 5.1.’deki bulanık skala kullanılmıştır. Karar grubu 8 tane uzmandan oluştuğu için 8 tane karar matrisi $\tilde{Z}^{(1)}, \tilde{Z}^{(2)}, \dots, \tilde{Z}^{(8)}$ elde edilmiştir. Örnek olması hasebiyle dilsel skalada bir uzman değerlendirme örneği (çıktılara ait) Çizelge 6.2.’de ve bu örneğe ait üçgensel bulanık sayı formunda bir uzman değerlendirme örneği (çıktılara ait) Çizelge 6.3.’de verilmiştir.

		E T K İ L E N E N														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Üniversite Bölümlerinin Etkinliklerine Etki Eden Faktörlerin (Girdi-Input) Birbirlerine Etkilerinin Analizi		Öğretim Üyesi Sayısı	Öğretim Elemanı Sayısı	İdari Personel Sayısı	Öğrenci Sayısı (Lisans)	Öğrenci Sayısı (Yüksek Lisans)	Öğrenci Sayısı (Doktora)	Toplam Bölüm Harcamaları	Araştırma Ödeneği	Bölüm Bütçesi	Laboratuvar Sayısı	Bilgisayar Sayısı	Derslik Sayısı	Kapalı Kullanım Alanı	Verilen Ders Sayısı	ÖSS Taban Puanı
E T K İ L E Y E N	1	Öğretim Üyesi Sayısı														
	2	Öğretim Elemanı Sayısı														
	3	İdari Personel Sayısı														
	4	Öğrenci Sayısı (Lisans)														
	5	Öğrenci Sayısı (Yüksek Lisans)														
	6	Öğrenci Sayısı (Doktora)														
	7	Toplam Bölüm Harcamaları														
	8	Araştırma Ödeneği														
	9	Bölüm Bütçesi														
	10	Laboratuvar Sayısı														
	11	Bilgisayar Sayısı														
	12	Derslik Sayısı														
	13	Kapalı Kullanım Alanı														
	14	Verilen Ders Sayısı														
	15	ÖSS Taban Puanı														

Şekil 6.1. Girdiler için ikili karşılaştırma matrisi.

		ETKİLENER									
		1	2	3	4	5	6	7	8		
Üniversite Bölümlerinin Etkinliklerine Etki Eden Faktörlerin (Çıktı-Output) Birbirlerine Etkilerinin Analizi		1	İndekslerle Girmiş Yayın Sayısı (SCI-SSCI)								
		2	Hakemli Dergilerde Yayınlanan Yayın Sayısı (SCI-SSCI Hariç)								
ETKİLEYEN	3	Basılan Bildiri Sayısı									
	4	Araştırma Projeleri Sayısı									
	5	Mezun Öğrenci Sayısı (Lisans)									
	6	Mezun Öğrenci Sayısı (Yüksek Lisans)									
	7	Mezun Öğrenci Sayısı (Doktora)									
	8	Araştırma Gelirleri									

Şekil 6.2. Çıktılar için ikili karşılaştırma matrisi.

Çizelge 6.2. Dilsel skalada bir uzman değerlendirme örneği.

	CIK1	CIK2	CIK3	CIK4	CIK5	CIK6	CIK7	CIK8
CIK1	-	F	A	OA	H	H	H	H
CIK2	A	-	OA	A	A	H	H	H
CIK3	OA	H	-	H	H	H	H	H
CIK4	A	A	F	-	H	A	A	F
CIK5	OA	H	OA	OA	-	F	A	H
CIK6	A	A	F	A	H	-	F	A
CIK7	A	F	H	OA	H	H	-	A
CIK8	H	OA	H	A	OA	H	H	-

Çizelge 6.3. Üçgensel bulanık sayı formunda bir uzman değerlendirme örneği.

	CIK1			CIK2			CIK3			CIK4			CIK5			CIK6			CIK7			CIK8		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
CIK1	0,000	0,000	0,000	0,500	0,750	1,000	0,250	0,500	0,750	0,000	0,250	0,500	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250
CIK2	0,250	0,500	0,750	0,000	0,000	0,000	0,000	0,250	0,500	0,250	0,500	0,750	0,250	0,500	0,750	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250
CIK3	0,000	0,250	0,500	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250
CIK4	0,250	0,500	0,750	0,250	0,500	0,750	0,500	0,750	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,250	0,250	0,500	0,750	0,250	0,500	0,750	0,500	0,750	1,000
CIK5	0,000	0,250	0,500	0,000	0,000	0,250	0,000	0,250	0,500	0,000	0,250	0,500	0,000	0,000	0,000	0,500	0,750	1,000	0,250	0,500	0,750	0,000	0,000	0,250
CIK6	0,250	0,500	0,750	0,250	0,500	0,750	0,500	0,750	1,000	0,250	0,500	0,750	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,000	0,500	0,750	1,000	0,250	0,500	0,750
CIK7	0,250	0,500	0,750	0,500	0,750	1,000	0,000	0,000	0,250	0,000	0,250	0,500	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,000	0,250	0,500	0,750
CIK8	0,000	0,000	0,250	0,000	0,250	0,500	0,000	0,000	0,250	0,250	0,500	0,750	0,000	0,250	0,500	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,000

Adım 4. Normalize Edilmiş Direk İlişki Matrisinin Oluşturulması

Doğrusal skala transformasyon yöntemi kullanılarak her bir uzman tarafından oluşturulan karar matrisi normalize edilmiştir. Bu matrislerden çıktılarına ait olanlarından bir tanesi Çizelge 6.4'te ve girdilere ait olanlarından bir tanesi Çizelge 6.5'te verilmiştir.

Normalize işlemi yapıldıktan sonra bu matrisler Eş.5.28'de verilen denklem kullanılarak birleştirilmiştir. Çıktılara ait normalize edilmiş birleştirilmiş direk ilişki matrisi Çizelge 6.6'da ve girdilere ait normalize edilmiş birleştirilmiş direk ilişki matrisi Çizelge 6.7'de verilmiştir.

Adım 5. Toplam İlişki Matrisinin Oluşturulması

Normalize edilmiş birleştirilmiş direk ilişki matrisleri elde edildikten sonra Eş.5.30. kullanılarak toplam ilişki matrisleri Çizelge 6.8 ve Çizelge 6.9'daki gibi elde edilmiştir.

Adım 6. \tilde{D}_i , \tilde{R}_i , D_i , R_i , $D_i + R_i$ ve $D_i - R_i$ Değerlerinin Hesaplanması ve Etkileyen-Etkilenen İlişki Diyagramını Çizilmesi

Toplam ilişki matrisleri kullanılarak \tilde{D}_i ve \tilde{R}_i değerleri bulunmaktadır. Eş.5.31. kullanılarak netleştirme işlemi yapılmış ve D_i ile R_i elde edilmiştir. Bulunan değerler yardımıyla $D_i + R_i$ ve $D_i - R_i$ değerleri hesaplanıp Etkileyen-Etkilenen İlişki Diyagramları çizilmiştir. Bulunan değerler Çizelge 6.10 ve Çizelge 6.11'de gösterilmektedir. Etkileyen-Etkilenen İlişki Diyagramları ise Şekil 6.1 ve Şekil 6.2'de yer almaktadır.

Çizelge 6.4. Çıktı faktörleri için normalize edilmiş direk ilişki matrisi.

	CIK1			CIK2			CIK3			CIK4			CIK5			CIK6			CIK7			CIK8		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
CIK1	0,000	0,000	0,000	0,095	0,143	0,190	0,048	0,095	0,143	0,000	0,048	0,095	0,000	0,000	0,048	0,000	0,000	0,048	0,000	0,000	0,048	0,000	0,000	0,048
CIK2	0,048	0,095	0,143	0,000	0,000	0,000	0,000	0,048	0,095	0,048	0,095	0,143	0,048	0,095	0,143	0,000	0,000	0,048	0,000	0,000	0,048	0,000	0,000	0,048
CIK3	0,000	0,048	0,095	0,000	0,000	0,048	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,048	0,000	0,000	0,048	0,000	0,000	0,048	0,000	0,000	0,048	0,000	0,000	0,048
CIK4	0,048	0,095	0,143	0,048	0,095	0,143	0,095	0,143	0,190	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,048	0,048	0,095	0,143	0,048	0,095	0,143	0,095	0,143	0,190
CIK5	0,000	0,048	0,095	0,000	0,000	0,048	0,000	0,048	0,095	0,000	0,048	0,095	0,000	0,000	0,000	0,095	0,143	0,190	0,048	0,095	0,143	0,000	0,000	0,048
CIK6	0,048	0,095	0,143	0,048	0,095	0,143	0,095	0,143	0,190	0,048	0,095	0,143	0,000	0,000	0,048	0,000	0,000	0,000	0,095	0,143	0,190	0,048	0,095	0,143
CIK7	0,048	0,095	0,143	0,095	0,143	0,190	0,000	0,000	0,048	0,000	0,048	0,095	0,000	0,000	0,048	0,000	0,000	0,048	0,000	0,000	0,000	0,048	0,095	0,143
CIK8	0,000	0,000	0,048	0,000	0,048	0,095	0,000	0,000	0,048	0,048	0,095	0,143	0,000	0,048	0,095	0,000	0,000	0,048	0,000	0,000	0,048	0,000	0,000	0,000

Çizelge 6.5. Girdi faktörleri için normalize edilmiş direk ilişki matrisi.

	GIR1			GIR2			GIR3			GIR4			GIR5			GIR6			GIR7			GIR8		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
GIR1	0,000	0,000	0,000	0,021	0,043	0,064	0,000	0,021	0,043	0,000	0,021	0,043	0,000	0,021	0,043	0,000	0,021	0,043	0,000	0,021	0,043	0,000	0,021	0,043
GIR2	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,043	0,000	0,000	0,021	0,000	0,021	0,043	0,000	0,021	0,043	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021
GIR3	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,021	0,043	0,000	0,000	0,021
GIR4	0,043	0,064	0,085	0,043	0,064	0,085	0,021	0,043	0,064	0,000	0,000	0,000	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,000	0,021	0,043
GIR5	0,043	0,064	0,085	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,000	0,043	0,064	0,085	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064
GIR6	0,021	0,043	0,064	0,000	0,021	0,043	0,000	0,021	0,043	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,043	0,021	0,043	0,064
GIR7	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,000	0,000	0,021	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,000	0,000	0,000	0,021	0,043	0,064
GIR8	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,043	0,064	0,085	0,000	0,000	0,000
GIR9	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,043	0,064	0,085	0,043	0,064	0,085
GIR10	0,000	0,021	0,043	0,000	0,021	0,043	0,000	0,000	0,021	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,043	0,064	0,085	0,043	0,064	0,085
GIR11	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,000	0,000	0,021
GIR12	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,021	0,043	0,000	0,000	0,021
GIR13	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021
GIR14	0,021	0,043	0,064	0,000	0,021	0,043	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,021	0,043	0,000	0,000	0,021
GIR15	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021

Çizelge 6.5. (devam ediyor).

	GIR9			GIR10			GIR11			GIR12			GIR13			GIR14			GIR15		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
GIR1	0,000	0,021	0,043	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,043	0,064	0,085	0,000	0,000	0,021
GIR2	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021
GIR3	0,000	0,021	0,043	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,021	0,043	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021
GIR4	0,043	0,064	0,085	0,043	0,064	0,085	0,043	0,064	0,085	0,043	0,064	0,085	0,043	0,064	0,085	0,021	0,043	0,064	0,000	0,021	0,043
GIR5	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,043	0,064	0,085	0,000	0,000	0,021
GIR6	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,000	0,000	0,021
GIR7	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021
GIR8	0,043	0,064	0,085	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021
GIR9	0,000	0,000	0,000	0,043	0,064	0,085	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,000	0,021	0,043	0,043	0,064	0,085
GIR10	0,043	0,064	0,085	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064
GIR11	0,043	0,064	0,085	0,000	0,021	0,043	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,043	0,021	0,043	0,064	0,021	0,043	0,064	0,000	0,021	0,043
GIR12	0,000	0,021	0,043	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,000	0,021	0,043	0,064	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021
GIR13	0,000	0,021	0,043	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,021	0,043	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021
GIR14	0,000	0,021	0,043	0,000	0,021	0,043	0,000	0,021	0,043	0,021	0,043	0,064	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,043
GIR15	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,000

Çizelge 6.6. Çıktılar için normalize edilmiş birleştirilmiş direk ilişki matrisi.

	CIK1			CIK2			CIK3			CIK4			CIK5			CIK6			CIK7			CIK8		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
CIK1	0,000	0,000	0,000	0,077	0,115	0,154	0,077	0,115	0,154	0,077	0,115	0,154	0,000	0,000	0,038	0,000	0,000	0,038	0,000	0,000	0,038	0,038	0,077	0,115
CIK2	0,038	0,077	0,115	0,000	0,000	0,000	0,077	0,115	0,154	0,077	0,115	0,154	0,000	0,000	0,038	0,000	0,000	0,038	0,000	0,000	0,038	0,000	0,000	0,038
CIK3	0,038	0,077	0,115	0,038	0,077	0,115	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,038	0,000	0,000	0,038	0,000	0,000	0,038	0,000	0,000	0,038	0,000	0,000	0,038
CIK4	0,115	0,154	0,154	0,115	0,154	0,154	0,115	0,154	0,154	0,000	0,000	0,000	0,000	0,038	0,077	0,077	0,115	0,154	0,077	0,115	0,154	0,115	0,154	0,154
CIK5	0,038	0,077	0,115	0,038	0,077	0,115	0,038	0,077	0,115	0,038	0,077	0,115	0,000	0,000	0,000	0,115	0,154	0,154	0,115	0,154	0,154	0,038	0,077	0,115
CIK6	0,077	0,115	0,154	0,077	0,115	0,154	0,077	0,115	0,154	0,077	0,115	0,154	0,000	0,000	0,038	0,000	0,000	0,000	0,115	0,154	0,154	0,077	0,115	0,154
CIK7	0,077	0,115	0,154	0,077	0,115	0,154	0,077	0,115	0,154	0,077	0,115	0,154	0,000	0,000	0,038	0,000	0,000	0,038	0,000	0,000	0,000	0,077	0,115	0,154
CIK8	0,000	0,038	0,077	0,000	0,038	0,077	0,000	0,038	0,077	0,115	0,154	0,154	0,000	0,038	0,077	0,000	0,038	0,077	0,000	0,038	0,077	0,000	0,000	0,000

Çizelge 6.7. Girdiler için normalize edilmiş birleştirilmiş direk ilişki matrisi.

	GIR1			GIR2			GIR3			GIR4			GIR5			GIR6			GIR7			GIR8		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
GIR1	0,000	0,000	0,000	0,055	0,073	0,073	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073
GIR2	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,000	0,036	0,055	0,073	0,018	0,036	0,055	0,000	0,018	0,036	0,000	0,018	0,036	0,018	0,036	0,055	0,018	0,036	0,055
GIR3	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018	0,018	0,036	0,055	0,000	0,000	0,018
GIR4	0,055	0,073	0,073	0,055	0,073	0,073	0,036	0,055	0,073	0,000	0,000	0,000	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,018	0,036	0,055
GIR5	0,036	0,055	0,073	0,018	0,036	0,055	0,018	0,036	0,055	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,000	0,036	0,055	0,073	0,018	0,036	0,055	0,036	0,055	0,073
GIR6	0,036	0,055	0,073	0,018	0,036	0,055	0,018	0,036	0,055	0,000	0,018	0,036	0,000	0,018	0,036	0,000	0,000	0,000	0,018	0,036	0,055	0,036	0,055	0,073
GIR7	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,000	0,000	0,018	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,000	0,000	0,000	0,036	0,055	0,073
GIR8	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,055	0,073	0,073	0,000	0,000	0,000
GIR9	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,055	0,073	0,073	0,055	0,073	0,073
GIR10	0,018	0,036	0,055	0,018	0,036	0,055	0,000	0,000	0,018	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,055	0,073	0,073	0,055	0,073	0,073
GIR11	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018	0,018	0,036	0,055	0,018	0,036	0,055	0,018	0,036	0,055	0,018	0,036	0,055	0,000	0,000	0,018
GIR12	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018	0,000	0,018	0,036	0,000	0,018	0,036	0,000	0,018	0,036	0,018	0,036	0,055	0,000	0,000	0,018
GIR13	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,000	0,018	0,036	0,000	0,000	0,018
GIR14	0,018	0,036	0,055	0,018	0,036	0,055	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018	0,018	0,036	0,055	0,000	0,000	0,018
GIR15	0,000	0,018	0,036	0,000	0,018	0,036	0,000	0,000	0,018	0,000	0,018	0,036	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018

Çizelge 6.7. (devam ediyor).

	GIR9			GIR10			GIR11			GIR12			GIR13			GIR14			GIR15		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
GIR1	0,036	0,055	0,073	0,000	0,000	0,018	0,018	0,036	0,055	0,000	0,000	0,018	0,018	0,036	0,055	0,036	0,055	0,073	0,018	0,036	0,055
GIR2	0,018	0,036	0,055	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018	0,000	0,018	0,036	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018
GIR3	0,018	0,036	0,055	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018	0,018	0,036	0,055	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018
GIR4	0,055	0,073	0,073	0,055	0,073	0,073	0,055	0,073	0,073	0,055	0,073	0,073	0,055	0,073	0,073	0,036	0,055	0,073	0,018	0,036	0,055
GIR5	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,000	0,000	0,018
GIR6	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,000	0,000	0,018
GIR7	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,000	0,000	0,018	0,018	0,036	0,055
GIR8	0,055	0,073	0,073	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,000	0,018	0,036	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018
GIR9	0,000	0,000	0,000	0,055	0,073	0,073	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,018	0,036	0,055	0,036	0,055	0,073
GIR10	0,055	0,073	0,073	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,036	0,000	0,018	0,036	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073
GIR11	0,036	0,055	0,073	0,036	0,055	0,073	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,036	0,036	0,055	0,073	0,018	0,036	0,055	0,018	0,036	0,055
GIR12	0,018	0,036	0,055	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,000	0,036	0,055	0,073	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018
GIR13	0,018	0,036	0,055	0,000	0,018	0,036	0,000	0,018	0,036	0,018	0,036	0,055	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018
GIR14	0,018	0,036	0,055	0,018	0,036	0,055	0,018	0,036	0,055	0,036	0,055	0,073	0,000	0,018	0,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,036
GIR15	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,000

Çizelge 6.8. Çıktı faktörleri için toplam ilişki matrisi.

	CIK1			CIK2			CIK3			CIK4			CIK5			CIK6			CIK7			CIK8		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
CIK1	0,019	0,065	0,269	0,094	0,174	0,416	0,097	0,180	0,431	0,093	0,168	0,409	0,000	0,011	0,154	0,007	0,025	0,202	0,008	0,029	0,224	0,051	0,115	0,325
CIK2	0,054	0,124	0,338	0,019	0,057	0,246	0,093	0,166	0,392	0,085	0,147	0,368	0,000	0,007	0,137	0,007	0,020	0,179	0,007	0,023	0,199	0,013	0,038	0,233
CIK3	0,041	0,091	0,274	0,043	0,095	0,283	0,007	0,027	0,189	0,007	0,024	0,216	0,000	0,001	0,109	0,001	0,003	0,137	0,001	0,004	0,152	0,002	0,012	0,178
CIK4	0,146	0,269	0,526	0,152	0,279	0,544	0,158	0,289	0,563	0,052	0,141	0,404	0,000	0,053	0,236	0,081	0,149	0,367	0,090	0,172	0,407	0,140	0,237	0,466
CIK5	0,073	0,191	0,466	0,076	0,198	0,482	0,079	0,205	0,498	0,078	0,195	0,476	0,000	0,014	0,153	0,121	0,185	0,353	0,135	0,213	0,392	0,070	0,169	0,412
CIK6	0,110	0,221	0,510	0,114	0,229	0,528	0,118	0,237	0,546	0,117	0,225	0,522	0,000	0,016	0,198	0,009	0,036	0,222	0,125	0,195	0,394	0,105	0,195	0,452
CIK7	0,098	0,192	0,459	0,102	0,199	0,475	0,106	0,206	0,492	0,104	0,195	0,470	0,000	0,014	0,178	0,008	0,031	0,233	0,009	0,036	0,222	0,094	0,169	0,407
CIK8	0,017	0,114	0,336	0,018	0,118	0,348	0,018	0,122	0,360	0,121	0,212	0,405	0,000	0,049	0,185	0,009	0,073	0,235	0,010	0,084	0,261	0,016	0,063	0,226

Çizelge 6.9. Girdi faktörleri için toplam ilişki matrisi.

	GIR1			GIR2			GIR3			GIR4			GIR5			GIR6			GIR7			GIR8		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
GIR1	0,012	0,038	0,137	0,066	0,110	0,208	0,044	0,080	0,181	0,044	0,085	0,199	0,046	0,091	0,214	0,048	0,095	0,221	0,050	0,101	0,226	0,048	0,090	0,202
GIR2	0,004	0,018	0,103	0,004	0,018	0,086	0,038	0,065	0,138	0,020	0,050	0,132	0,004	0,036	0,126	0,004	0,038	0,130	0,023	0,058	0,149	0,021	0,053	0,134
GIR3	0,002	0,008	0,079	0,002	0,008	0,080	0,001	0,005	0,049	0,002	0,009	0,079	0,003	0,010	0,085	0,003	0,010	0,088	0,020	0,045	0,122	0,002	0,009	0,078
GIR4	0,068	0,116	0,220	0,069	0,121	0,223	0,047	0,086	0,192	0,015	0,049	0,150	0,052	0,107	0,233	0,054	0,111	0,241	0,057	0,119	0,246	0,036	0,086	0,202
GIR5	0,046	0,086	0,202	0,029	0,072	0,188	0,024	0,058	0,160	0,010	0,035	0,152	0,011	0,040	0,147	0,048	0,095	0,222	0,033	0,085	0,210	0,047	0,090	0,201
GIR6	0,044	0,085	0,199	0,028	0,072	0,186	0,023	0,057	0,158	0,009	0,052	0,166	0,011	0,058	0,180	0,011	0,042	0,151	0,032	0,084	0,207	0,046	0,088	0,198
GIR7	0,048	0,092	0,212	0,049	0,095	0,215	0,009	0,029	0,137	0,046	0,091	0,211	0,049	0,098	0,226	0,051	0,102	0,234	0,017	0,054	0,168	0,050	0,095	0,211
GIR8	0,047	0,087	0,189	0,048	0,090	0,192	0,008	0,025	0,117	0,011	0,035	0,137	0,047	0,091	0,199	0,049	0,094	0,206	0,068	0,116	0,208	0,015	0,041	0,122
GIR9	0,051	0,099	0,222	0,052	0,103	0,225	0,045	0,082	0,194	0,048	0,096	0,220	0,051	0,105	0,236	0,053	0,108	0,244	0,073	0,132	0,248	0,070	0,118	0,220
GIR10	0,033	0,080	0,192	0,033	0,083	0,194	0,009	0,028	0,131	0,046	0,091	0,203	0,050	0,099	0,218	0,051	0,103	0,226	0,070	0,124	0,228	0,068	0,114	0,205
GIR11	0,007	0,028	0,127	0,007	0,027	0,127	0,004	0,016	0,104	0,025	0,061	0,158	0,026	0,064	0,169	0,027	0,066	0,175	0,027	0,068	0,175	0,009	0,028	0,124
GIR12	0,002	0,013	0,092	0,002	0,013	0,092	0,001	0,009	0,078	0,003	0,031	0,108	0,003	0,033	0,116	0,003	0,035	0,120	0,020	0,051	0,136	0,002	0,014	0,091
GIR13	0,007	0,023	0,113	0,006	0,022	0,113	0,004	0,016	0,095	0,039	0,071	0,159	0,040	0,076	0,170	0,042	0,078	0,176	0,006	0,045	0,143	0,006	0,024	0,111
GIR14	0,021	0,051	0,139	0,022	0,054	0,142	0,003	0,012	0,090	0,004	0,021	0,109	0,004	0,021	0,116	0,004	0,022	0,120	0,024	0,060	0,156	0,005	0,019	0,106
GIR15	0,000	0,021	0,085	0,000	0,023	0,087	0,000	0,004	0,061	0,000	0,022	0,085	0,000	0,004	0,073	0,000	0,004	0,075	0,000	0,005	0,077	0,000	0,004	0,068

Çizelge 6.9. (devam ediyor).

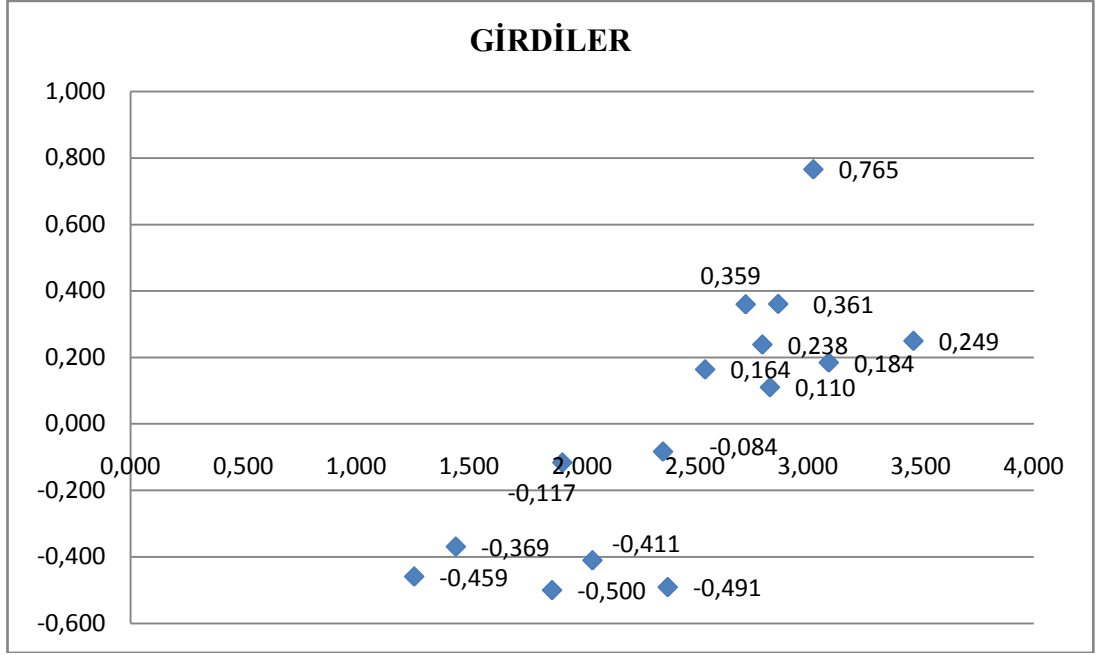
	GIR9			GIR10			GIR11			GIR12			GIR13			GIR14			GIR15		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
GIR1	0,052	0,106	0,240	0,014	0,043	0,160	0,030	0,075	0,193	0,012	0,039	0,156	0,031	0,080	0,210	0,044	0,080	0,188	0,023	0,057	0,157
GIR2	0,023	0,060	0,158	0,004	0,020	0,105	0,004	0,019	0,105	0,003	0,018	0,103	0,004	0,039	0,133	0,002	0,012	0,091	0,002	0,010	0,083
GIR3	0,020	0,045	0,128	0,002	0,009	0,081	0,002	0,009	0,081	0,002	0,009	0,080	0,020	0,045	0,124	0,001	0,005	0,070	0,001	0,006	0,066
GIR4	0,078	0,143	0,262	0,070	0,122	0,225	0,068	0,119	0,225	0,067	0,118	0,222	0,074	0,133	0,249	0,048	0,092	0,204	0,027	0,067	0,172
GIR5	0,052	0,106	0,241	0,047	0,091	0,208	0,045	0,089	0,207	0,045	0,088	0,204	0,048	0,098	0,228	0,044	0,081	0,189	0,006	0,023	0,124
GIR6	0,050	0,105	0,237	0,046	0,090	0,204	0,044	0,088	0,204	0,043	0,087	0,201	0,047	0,096	0,224	0,042	0,079	0,186	0,006	0,023	0,123
GIR7	0,055	0,112	0,251	0,050	0,097	0,217	0,048	0,095	0,217	0,046	0,092	0,212	0,051	0,103	0,238	0,011	0,034	0,148	0,025	0,060	0,165
GIR8	0,070	0,120	0,221	0,049	0,091	0,193	0,047	0,089	0,193	0,010	0,051	0,155	0,014	0,044	0,161	0,010	0,029	0,128	0,007	0,024	0,114
GIR9	0,025	0,071	0,197	0,070	0,120	0,227	0,050	0,101	0,227	0,048	0,098	0,223	0,054	0,111	0,250	0,029	0,071	0,189	0,044	0,082	0,189
GIR10	0,072	0,130	0,242	0,017	0,049	0,144	0,015	0,065	0,179	0,014	0,062	0,176	0,050	0,103	0,229	0,045	0,085	0,191	0,043	0,079	0,177
GIR11	0,046	0,089	0,203	0,044	0,083	0,181	0,007	0,028	0,111	0,008	0,047	0,146	0,045	0,086	0,196	0,024	0,057	0,149	0,023	0,054	0,138
GIR12	0,021	0,053	0,144	0,002	0,016	0,095	0,002	0,015	0,095	0,003	0,016	0,076	0,039	0,070	0,156	0,001	0,009	0,083	0,001	0,008	0,075
GIR13	0,026	0,066	0,170	0,007	0,044	0,134	0,007	0,042	0,133	0,025	0,060	0,149	0,008	0,030	0,113	0,005	0,020	0,104	0,002	0,013	0,091
GIR14	0,024	0,061	0,164	0,022	0,053	0,142	0,021	0,052	0,142	0,039	0,069	0,157	0,006	0,042	0,141	0,003	0,013	0,078	0,003	0,031	0,107
GIR15	0,000	0,006	0,082	0,000	0,003	0,069	0,000	0,004	0,070	0,000	0,003	0,068	0,000	0,005	0,077	0,000	0,003	0,063	0,000	0,002	0,040

Çizelge 6.10. Girdi faktörlerine ait sonuç değerleri.

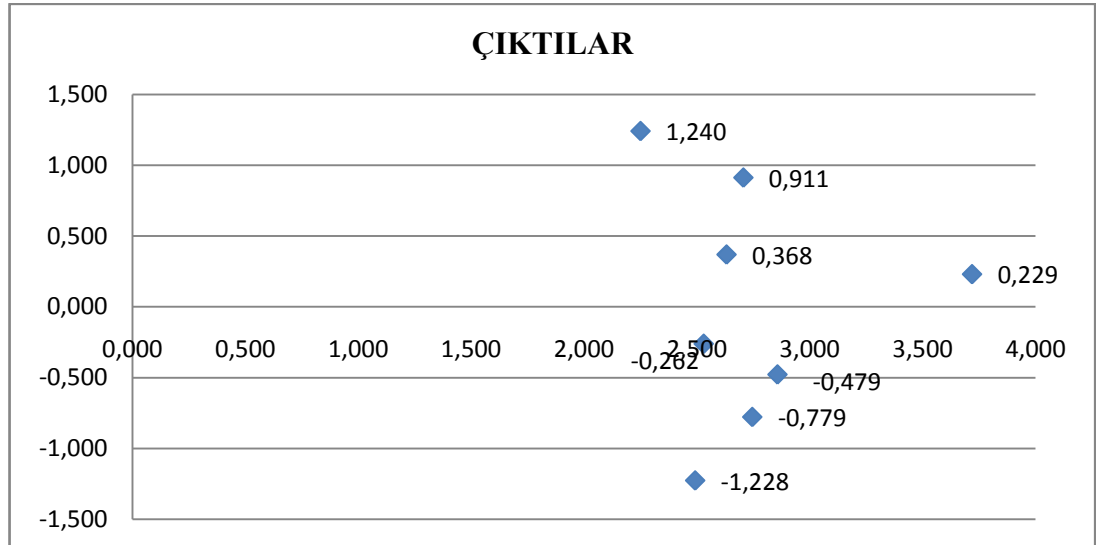
	\tilde{D}_i			\tilde{R}_i			D_i	R_i	$D_i + R_i$	$D_i - R_i$
	L	M	U	L	M	U				
GIR1	0,564	1,171	2,890	0,391	0,848	2,308	1,542	1,182	2,724	0,359
GIR2	0,161	0,514	1,776	0,415	0,911	2,358	0,817	1,228	2,045	-0,411
GIR3	0,084	0,232	1,290	0,260	0,570	1,883	0,535	0,905	1,440	-0,369
GIR4	0,829	1,589	3,266	0,322	0,797	2,268	1,895	1,129	3,024	0,765
GIR5	0,535	1,136	2,884	0,396	0,935	2,508	1,518	1,280	2,798	0,238
GIR6	0,481	1,107	2,824	0,447	1,004	2,631	1,471	1,361	2,832	0,110
GIR7	0,604	1,249	3,061	0,517	1,146	2,699	1,638	1,454	3,092	0,184
GIR8	0,499	1,027	2,536	0,426	0,873	2,272	1,354	1,190	2,544	0,164
GIR9	0,763	1,500	3,312	0,613	1,274	2,940	1,858	1,609	3,467	0,249
GIR10	0,616	1,293	2,934	0,445	0,932	2,384	1,614	1,254	2,868	0,361
GIR11	0,325	0,804	2,283	0,390	0,890	2,382	1,137	1,221	2,358	-0,084
GIR12	0,106	0,386	1,557	0,364	0,857	2,329	0,683	1,183	1,866	-0,500
GIR13	0,228	0,629	1,973	0,490	1,086	2,729	0,944	1,435	2,379	-0,491
GIR14	0,204	0,581	1,907	0,309	0,670	2,063	0,898	1,014	1,912	-0,117
GIR15	0,000	0,114	1,080	0,213	0,539	1,820	0,398	0,858	1,256	-0,459

Çizelge 6.11. Çıktı faktörlerine ait sonuç değerleri.

	\tilde{D}_i			\tilde{R}_i			D_i	R_i	$D_i + R_i$	$D_i - R_i$
	L	M	U	L	M	U				
CIK1	0,370	0,767	2,430	0,559	1,268	3,178	1,189	1,668	2,857	-0,479
CIK2	0,277	0,580	2,092	0,616	1,349	3,322	0,983	1,762	2,745	-0,779
CIK3	0,102	0,257	1,537	0,676	1,433	3,471	0,632	1,860	2,492	-1,228
CIK4	0,820	1,590	3,514	0,657	1,308	3,270	1,974	1,745	3,719	0,229
CIK5	0,632	1,371	3,232	0,000	0,166	1,350	1,745	0,505	2,250	1,240
CIK6	0,697	1,356	3,373	0,243	0,522	1,927	1,809	0,897	2,706	0,911
CIK7	0,521	1,042	2,935	0,386	0,757	2,252	1,500	1,132	2,631	0,368
CIK8	0,210	0,836	2,356	0,492	0,998	2,699	1,134	1,396	2,530	-0,262



Şekil 6.3. Girdi faktörleri için etkileyen-etkilenen ilişki diyagramı.



Şekil 6.4. Çıktı faktörleri için etkileyen-etkilenen ilişki diyagramı.

Bulanık DEMATEL yönteminde hangi kriterin etkileyen kriter, hangi kriterin etkilenen kriter olduğu Etkileyen-Etkilenen İlişki Diyagramına bakılarak anlaşılmaktadır. Diyagramda yatay eksenin üstünde kalan kriterler Etkileyen Kriterler ve yatay eksenin altında kalan kriterler ise Etkilenen Kriterler olarak adlandırılırlar. Ya da Çizelge 6.10 ve Çizelge 6.11’de negatif $D_i - R_i$ değerine sahip olan faktörler Etkilenen Kriterleri ve pozitif $D_i - R_i$ değerine sahip olan faktörler ise Etkileyen Kriterleri olarak adlandırılırlar.

Bu çalışmada, üniversite bölümlerinin etkinliğinin ölçümü için 15 giriş ve 8 çıkış faktörü üzerinden inceleme yapılmıştır. Değerlendirme sonuçlarına göre, etkinlik ölçüm faktörleri hakkında şu şekilde bazı çıkarımlarda bulunulabilir.

Girdi faktörleri için Etkileyen-Etkilenen İlişki Diyagramına bakıldığında (Şekil 6.3) değerlendirme başlangıcında ele aldığımız 15 girdi faktörü arasından 8 tanesinin etkileyen kriterler grubuna dâhil olduğu kolaylıkla anlaşılmaktadır. Bunlar GIR1 (Öğretim Üyesi Sayısı), GIR4 (Öğrenci Sayısı (Lisans)), GIR5 (Öğrenci Sayısı (Yüksek Lisans)), GIR6 (Öğrenci Sayısı (Doktora)), GIR7 (Toplam Bölüm Harcamaları), GIR8 (Araştırma Ödeneği), GIR9 (Bölüm Bütçesi) ve GIR10 (Laboratuar Sayısı) girdi faktörleridir. Bunlar dışında kalan girdi faktörleri etkilenen kriterler grubu içinde değerlendirilirler.

Yine aynı şekilde çıktı faktörleri için Etkileyen-Etkilenen İlişki Diyagramına bakıldığında (Şekil 6.4) değerlendirmede ele aldığımız 8 çıktı faktörü arasından 4 tanesinin etkileyen kriterler grubuna dâhil olduğu sonucuna varılmaktadır. Bunlar CIK4 (Araştırma Projeleri Sayısı), CIK5 (Mezun Öğrenci Sayısı (Lisans)), CIK6 (Mezun Öğrenci Sayısı (Yüksek Lisans)) ve CIK7 (Mezun Öğrenci Sayısı (Doktora)) çıktı faktörleridir. Bunlar dışında kalan çıktı faktörleri etkilenen kriterler olarak adlandırılırlar.

6.3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ UYGULAMASI

6.3.1. Giriş

Eğitim genel anlamıyla bireyde davranış değiştirme sürecidir. Diğer bir deyişle eğitim sürecinden geçen bireyin davranışlarında bir değişme olması ve içinde bulunduğu topluma yararlı hale gelmesi beklenmektedir. Eğitim, bilginin kavramların, becerilerin, tutumların veya alışkanlıkların düzenli ve sürekli olarak iletilmesi veya geliştirilmesi süreci olarak tanımlanmıştır [66].

Ülkelerin gelişmişlik düzeyleri ekonomik durumlarıyla yakından bağlantılıdır. Ancak, özellikle “Bilgi Çağı” teriminin hayatımıza girdiği günümüz dünyasında, ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin yalnızca, GSMH, Fert Başına Düşen Milli Gelir, enflasyon rakamları vb. gibi ekonomik değişkenler ile tespit etmenin çok da yeterli olmadığı göze çarpmaktadır. Zenginliğin ileri teknolojiyi üretebilen, bilimsel düşünceyi ve bilimsel yöntemleri kullanmayı bir yaşam biçimi haline getirebilmiş olan toplumlarda daha fazla olduğu anlaşılmıştır [67]. Ayrıca gelişmenin en önemli bileşenlerinden biride etkin kaynak kullanımımızdır [25].

Eğitim yoluyla insan kaynaklarının geliştirilmesinin kalkınma için yapılabilecek en iyi yatırım olduğunu söylemek mümkündür. Eğitim, hedeflenen yaşam düzeyine ulaşma, bireyleri ve toplumu bu düzeyin hedeflerine ulaştıracak davranışlarla donatma ve ulaşılmak istenen bu düzeye engel olabilecek değer ve davranışları değiştirmede etkili bir faktördür. Tüm dünya ülkelerinde olduğu gibi Türkiye'nin de geleceğini etkileyen en önemli faaliyet alanlarından biri olan eğitim, bireylere temel vatandaşlık bilgi ve becerilerini kazandırmak ve kalkınmanın gerektirdiği nitelikli insan gücünü yetiştirmek görevini üstlenmiştir [66]. Ayrıca yalnızca ülkemizde bulunan üniversiteleri göz önüne alacak olursak, yaklaşık 160 bin akademik personel ile 4 milyon öğrenciye eğitim hizmeti vermeleri onları bilimsellik yanında önemli bir ekonomik işletme durumuna geçirmiştir.

Eğitim sektöründe de etkinlik kavramının gün geçtikçe daha fazla sorgulanır ve incelenir bir hal aldığı günümüzde eğitimin her kademesinde olduğu gibi yüksek

öğretim düzeyinde de her dönem belirli bir etkinlik ile çalışarak bilgi düzeyinin artırılması gibi hedeflerin varlığı daha öncede vurgulanmıştır. Bu açıdan bakıldığında eğitim için kullanılan kaynakların etkin ve doğru şekilde kullanılıp kullanılmadığı ancak sürecin analiz edilmesi ile mümkün olacaktır [32].

Üniversiteler dolayısıyla onların bölümleri bilimsel düşünceyi ve bilimsel yöntemleri kullanarak teknoloji üretmek, aynı zamanda kalkınmanın gerektirdiği nitelikli insan gücünü yetiştirmek misyonu ile eğitim-öğretim faaliyetlerinde bulunmakta, akademik çalışmalara imza atmaktadırlar. Öte yandan eğitim hizmeti vermeleri suretiyle ekonomik birim olarak kabul edilmeleri suretiyle üniversiteler arasında rekabet edebilirliğin gündeme taşınıp ülke genelinde üniversite çalışmalarının daha iyi seviyelere çıkarılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Özellikle günümüz koşullarında artan rekabet ortamı, etkinliklerin dikkate alınarak değerlendirmelerde bulunulmasını gerekli kılmaktadır. Gerek ulusal gerekse uluslar arası alanda rekabet edebilmek ve başarılı olabilmek için üniversiteler ve bölümleri açısından etkinlik ölçümleri önemli olmaktadır. İşte bu noktada Veri Zarflama Analizi, çok sayıda girdi ve çıktı değişkenlerinin belirlenmesinden yola çıkılarak, karşılıklı etkinlik düzeylerinin hesaplanmasında kullanılan matematiksel programa dayalı, parametrik olmayan bir ölçüm tekniğidir [68].

Bu çalışmanın amacı Türkiye’de 14 Endüstri Mühendisliği Bölümü için ele alınan bazı göstergeler yolu ile karşılaştırmalı olarak etkinlik çözümlemesi yapmaktır. Her bir bölüm için etkinlik değeri bulunacak ve detay analizi ile etkin olmayan bölümün nasıl etkin duruma getirilebileceği ifade edilecektir.

Çalışmamızda Endüstri Mühendisliği bölümleri için etkinlik analizi belirlemesi özellikle çok girdili ve çok çıktılı hizmet sektörlerinde sorunsuz bir şekilde etkinlik ölçümlemesini gerçekleştirmesi nedeniyle Veri Zarflama Analizi yöntemi ile yapılacaktır. VZA için Holger Scheel tarafından geliştirilmiş EMS (Efficiency Measurement System) v1.3 programı kullanılacaktır.

6.3.2. Yöntem

Uygulama çalışmamız genel olarak aşağıdaki aşamaları kapsamaktadır:

- Karar Birimlerinin Seçilmesi
- Girdi ve Çıktıların Seçilmesi
- Verilere Ulaşma ve Veri Güvenilirliği
- VZA Modelinin Belirlenmesi ve Etkinliğin Ölçülmesi
- Etkinlik Değerleri
- Referans Gruplarının Belirlenmesi
- Etkin Olmayan Karar Verme Birimleri İçin Stratejilerin Belirlenmesi

6.3.2.1. Karar Birimlerinin Seçilmesi

Veri Zarflama Analizi için yapılacak ilk aşamanın karar verme birimlerinin yani gözlem kümesinin seçilmesi olduğu daha önce vurgulanmıştır. Bu birimlerin de homojen olmasına dikkat etmek gereklidir. Gözlem kümesinin homojen olması, karar birimlerinin benzer girdi-çıkıtı karmasına sahip olması ve karşı karşıya kaldıkları dışsal etkenlerin çok farklı olmaması anlamına gelmektedir.

Çalışmamızda örneğin girdi ve çıkıtı faktörlerinin her ikisinin açısından hem kayıtlı hem de mezun Lisansüstü (Yüksek Lisans, Doktora) öğrenci bilgileri yaptığımız Bulanık DEMATEL değerlendirmesi ile Veri Zarflama Analizinde kullanmayı uygun gördüğümüz girdi-çıkıtı değişkenleri arasına dâhil edilmesi gerektiği sonucu çıkmıştır. Bu nedenle Bulanık DEMATEL yöntemi ile belirlemiş olduğumuz uygun girdi ve çıkıtı faktörleri dikkate alınarak analiz yapıldığından ele alınacak bölümlerin benzer girdi ve çıkıtı bileşimi kullanmalarına dikkat edilmiştir.

Çizelge 6.12’de bu analize dâhil edilen Endüstri Mühendisliği bölümlerinin bağlı buldukları üniversiteler ile isimleri ve kolaylık olması açısından analizde kullanılacak kodları yer almaktadır. Kodlandırmada alfabetik sıralandırmadaki

konumsal durumlarına karşılık gelen rakamın önüne “Bölüm” kelimesinin baş harfi olan “B” harfi konulması tercih edilmiştir.

Çizelge 6.12. Analiz yapılan bölümler ve bağlı oldukları üniversiteler ve kodları.

KOD	ÜNİVERSİTE-BÖLÜM
B1	Boğaziçi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü
B2	Çukurova Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü
B3	Dokuz Eylül Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü
B4	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü
B5	Galatasaray Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü
B6	Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü
B7	Gaziantep Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü
B8	İstanbul Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü
B9	İstanbul Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü
B10	Kocaeli Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü
B11	Marmara Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü
B12	Orta Doğu Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü
B13	Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü
B14	Yıldız Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü

Analiz yapılan bölümler incelendiğinde bazı hususlar göze çarpmaktadır. Örneğin yeni kurulan üniversitelerdeki Endüstri Mühendisliği bölümlerinin hemen hemen hiçbiri analize dâhil edilmemiştir. Zira kullanılan girdi-çıkış kümelerini tam olarak karşılayamamaktadırlar. Yine analizde lisansüstü eğitime (Yüksek Lisans ve Doktora) ait bilgilere gereksinim duyulduğundan homojenliğin sağlanmasına adına lisansüstü eğitim veren ve bu düzeyde mezun öğrenciye sahip bölümler analize konu edilmiştir. Ayrıca vakıf üniversiteleri idari, mali ve finansal açıdan devlet üniversitelerinden farklı bir yapıya sahip olduklarından analize dâhil edilmemişlerdir. Bir de ülkemizde Uludağ Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü uygun girdi-çıkış kümelerini tam olarak karşılayabilecek verilere (lisansüstü kayıtlı öğrenciye ve

mezun öğrenciye sahip) sahip olmasına karşın bu verilere ulaşamadığından analize dâhil edilmemiştir.

6.3.2.2. Girdi ve Çıktıların Seçilmesi

VZA’da kullanılacak girdi ve çıktıların seçiminin, etkinlik analizi sonuçlarının esasını oluşturması açısından oldukça önemli olduğu, şayet yapılacak karşılaştırmada farklı bir girdi ve çıktı kümesinin seçilmesi durumunda oldukça farklı bir etkinlik skoru elde edilebileceği ve bu sebeple girdi-çıkıtı seçimine özen gösterilmesi gerektiği üzerinde daha önce durulmuştur.

Literatürde araştırmacıların girdi-çıkıtı seçiminde sezgisel ve kavramsal davranmaları, yani araştırmacılar tarafından analizin girdi ve çıkıtı seçimi aşaması ile ilgili olarak sistematik bir metodun kullanılmaması ele alınan girdi-çıkıtı faktörlerinin birbirleri üzerine etkisini göz ardı etmelerine neden olmaktadır. Bu nedenle çalışmamızda analizin bu aşaması ile ilgili olarak Bulanık DEMATEL metodunu kullanmayı ve bu metodun değerlendirmesi sonucu ortaya çıkan girdi-çıkıtı faktörlerinin analize dâhil edilmesini önermiş bulunmaktayız. Metodun uygulanması önceki bölümlerde anlatılmış olup değerlendirme sonucunda analizimizde kullandığımız girdi-çıkıtı faktörleri yeni kodları ile Çizelge 6.13’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.13 dikkatle incelendiğinde Bulanık DEMATEL uygulaması sonucunda ortaya çıkan bazı girdi değişkenleri Veri Zarflama Analizi için dikkate alınamamıştır. Bunlar Toplam Bölüm Harcamaları, Araştırma Ödeneği ve Bölüm Bütçesi’dir. Sebebi ise literatürde ele alınan girdi değişkenleri arasında bulunmalarına karşın ülkemiz yüksek öğretim sistemi içerisinde bölüm bazlı bütçe uygulamalarının pratiğe dökülememesidir. Örneğin üniversitelerde sadece dekanlık bünyesinde harcama kontrolleri yapılmaktadır. Bütçenin kullanımında dekanlıklar yetkilidir. Hangi bölüme ne kadar bütçe kullandırılmış? Bölüm tarafından ne kadar harcama yapılmış? ve Bölüme ne kadar araştırma ödeneği verilmiş? gibi sorulara maalesef cevap alınamamaktadır. Bu konularda uygun ve güvenli verilere ulaşmak mümkün değildir.

Çizelge 6.13. Analizde kullanılan uygun girdi ve çıktı faktörleri.

GİRDİLER			ÇIKTILAR		
YENİ KOD	ESKİ KOD	GİRDİ ADI	YENİ KOD	ESKİ KOD	ÇIKTI ADI
X1	GIR1	Öğretim Üyesi Sayısı	Y1	CIK4	Araştırma Projeleri Sayısı
X2	GIR4	Öğrenci Sayısı (Lisans)	Y2	CIK5	Mezun Öğrenci Sayısı (Lisans)
X3	GIR5	Öğrenci Sayısı (Yüksek Lisans)	Y3	CIK6	Mezun Öğrenci Sayısı (Yüksek Lisans)
X4	GIR6	Öğrenci Sayısı (Doktora)	Y4	CIK7	Mezun Öğrenci Sayısı (Doktora)
X5	GIR10	Laboratuvar Sayısı			

Burada bir değerlendirmede bulunmakta da yarar vardır. Beklenenin aksine, bu çalışmada akademik yayın sayıları (SCI, SSCI, hakemli dergi makaleleri ve de bildiriler) etkinlik ölçümü için kritik olmayan faktörler (etkilenen) arasında yer almıştır. Sonuçların analizi göstermektedir ki akademik yayınlar daha çok diğer çıktı faktörleri değerlerine göre değişkenlik göstermektedir.

6.3.2.3. Verilere Ulaşma ve Veri Güvenilirliği

Analiz için gözlem kümelerine ait veriler özellikle bağlı buldukları üniversitelerin yayınladıkları faaliyet raporlarından elde edilmeye çalışılmıştır. Özellikle öğrenci sayılarına üniversitelerin Öğrenci İşleri Daire Başkanlıkları ile irtibata geçilerek ulaşılmıştır. Ayrıca istenen verilere ilgili üniversite bölümlerinin internet sitelerinden ve Yükseköğretim Kurulu'nun (YÖK) yayın ve kataloglarından da ulaşılmaya çalışılmış, bu yollarla da elde edilemeyen veriler bölüm başkanlıkları ve/veya bölüm sekreterlikleri ile irtibata geçilerek elde edilmeye çalışılmıştır. Analizde kullanılan veriler 2010-2011 akademik yılına ait verilerdir. Ele alınan bölümlere ait girdi verileri Çizelge 6.14'te, çıktı verileri ise Çizelge 6.15'te yer almaktadır. KVB'lere ait

kodlar Çizelge 6.12’de ve girdi-çıkıtı faktörlerine ait kodlar ise Çizelge 6.13’te gösterilmiştir.

Çizelge 6.14. Analiz yapılan KVB’lere ait girdi verileri.

KOD	X1	X2	X3	X4	X5
B1	16	332	82	33	6
B2	5	215	44	20	7
B3	15	445	59	19	2
B4	17	683	107	22	4
B5	14	160	74	10	2
B6	19	795	140	47	5
B7	8	238	18	5	4
B8	22	574	66	62	9
B9	7	226	21	11	1
B10	9	1353	108	48	4
B11	9	298	32	18	3
B12	20	427	106	27	2
B13	28	849	83	42	4
B14	12	705	35	22	5

6.3.2.4. VZA Modelinin Belirlenmesi ve Etkinliğin Ölçülmesi

Bu aşamada analiz için uygun modelin seçilerek Veri Zarflama Analizinin matematiksel işlemlerinin yapılması söz konusudur. Literatürde kamu alanında yapılan hemen hemen tüm VZA uygulamalarında en çok tercih edilen yöntemin girdi-odaklı CCR yöntemi olduğu üzerinde önceki bölümlerde durulmuştur. Bu modeller ayrıntıları ile anlatılmıştır. Biz de bu çalışmamızda analizi bu model üzerine kurup sonuçları yorumlamaya çalıştık. Ayrıca CCR yöntemine alternatif bir model olan BCC modeline ait sonuçlarda ortaya konulmuştur.

Çizelge 6.15. Analiz yapılan KVB'lere ait çıktı verileri.

KOD	Y1	Y2	Y3	Y4
B1	3	66	18	2
B2	1	31	4	4
B3	2	67	13	7
B4	1	105	17	1
B5	1	26	31	2
B6	2	134	8	5
B7	1	28	3	1
B8	4	108	30	5
B9	1	49	3	1
B10	4	119	7	1
B11	1	54	5	2
B12	3	97	26	2
B13	5	152	32	4
B14	1	140	4	1

Modellerin çözümü EMS (v1.3) programı yardımıyla yapılmıştır. Sonuçlar bir sonraki aşamada gösterilecektir. Bu aşamada VZA formülasyonunun örneğe dökülmüş halini göstermek amacıyla bir KVB'ye ait model yazılacaktır. Zaten VZA yapabilen bilgisayar programları da bu doğrusal programlama mantığıyla işlem yapmaktadır.

Boğaziçi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü (B1) için CCR'nin ağırlıklı modeli şu şekilde yazılır:

$$E_k = \max(3u_1 + 66u_2 + 18u_3 + 2u_4)$$

Kısıtlar:

$$16v_1 + 332v_2 + 82v_3 + 33v_4 + 6v_5 = 1$$

$$3u_1 + 66u_2 + 18u_3 + 2u_4 - 16v_1 - 332v_2 - 82v_3 - 33v_4 - 6v_5 \leq 0$$

$$1u_1 + 31u_2 + 4u_3 + 4u_4 - 5v_1 - 215v_2 - 44v_3 - 20v_4 - 7v_5 \leq 0$$

$$\begin{aligned}
2u_1 + 67u_2 + 13u_3 + 7u_4 - 15v_1 - 445v_2 - 59v_3 - 19v_4 - 2v_5 &\leq 0 \\
1u_1 + 105u_2 + 17u_3 + 1u_4 - 17v_1 - 683v_2 - 107v_3 - 22v_4 - 4v_5 &\leq 0 \\
1u_1 + 26u_2 + 31u_3 + 2u_4 - 14v_1 - 160v_2 - 74v_3 - 10v_4 - 2v_5 &\leq 0 \\
2u_1 + 134u_2 + 8u_3 + 5u_4 - 19v_1 - 795v_2 - 140v_3 - 47v_4 - 5v_5 &\leq 0 \\
1u_1 + 28u_2 + 3u_3 + 1u_4 - 8v_1 - 238v_2 - 18v_3 - 5v_4 - 4v_5 &\leq 0 \\
4u_1 + 108u_2 + 30u_3 + 5u_4 - 22v_1 - 574v_2 - 66v_3 - 62v_4 - 9v_5 &\leq 0 \\
1u_1 + 49u_2 + 3u_3 + 1u_4 - 7v_1 - 226v_2 - 21v_3 - 11v_4 - 1v_5 &\leq 0 \\
4u_1 + 119u_2 + 7u_3 + 1u_4 - 9v_1 - 1353v_2 - 108v_3 - 48v_4 - 4v_5 &\leq 0 \\
1u_1 + 54u_2 + 5u_3 + 2u_4 - 9v_1 - 298v_2 - 32v_3 - 18v_4 - 3v_5 &\leq 0 \\
3u_1 + 97u_2 + 26u_3 + 2u_4 - 20v_1 - 427v_2 - 106v_3 - 27v_4 - 2v_5 &\leq 0 \\
5u_1 + 152u_2 + 32u_3 + 4u_4 - 28v_1 - 849v_2 - 83v_3 - 42v_4 - 4v_5 &\leq 0 \\
1u_1 + 140u_2 + 4u_3 + 1u_4 - 12v_1 - 705v_2 - 35v_3 - 22v_4 - 5v_5 &\leq 0 \\
u_r &\geq \varepsilon \\
v_i &\geq \varepsilon \\
j &= 1, \dots, n \\
r &= 1, \dots, p \\
i &= 1, \dots, m
\end{aligned} \tag{6.1}$$

Burada;

E_k : k . Karar birimine ait etkinlik skoru,

u_r : k . karar birimi tarafından r .çıktıya verilen ağırlık,

v_i : k . karar birimi tarafından i .girdiye verilen ağırlık,

Y_{rk} : k . karar birimi tarafından üretilen r . çıktı,

X_{ik} : k . karar birimi tarafından kullanılan i . girdi,

Y_{rj} : j . karar birimi tarafından üretilen r . çıktı,

X_{ij} : j . karar birimi tarafından kullanılan i . girdi,

p : Çıktı sayısı,

m : Girdi sayısı,

ε : Yeterince küçük pozitif bir sayı (örneğin 0,00001) olarak tanımlanmaktadır.

Eş.6.1’de gösterilen doğrusal programlama modelinin çözümü ile B1’e ait etkinlik skoru bulunabilir. Aynı şekilde tüm KVB için modeller kurularak karşılaştırmalı etkinlik skorlarına ulaşılmış olur. Bu işlem doğrusal programlama paket programları ile yapılabileceği gibi VZA için özel olarak geliştirilmiş ve doğrusal programlama temelli çalışan bilgisayar programları ile yapılabilir.

6.3.2.5. Etkinlik Değerleri

Öncelikle girdi odaklı CCR yöntemine ait etkinlik skorları verilip değerlendirmelerde bulunulacak ve daha sonra hem örnek olması hasebiyle hem de ölçek etkinliğinin hesaplanabilmesi için girdi odaklı BCC, çıktı odaklı CCR ve çıktı odaklı BCC modellerine ait sonuçlar ortaya konulacaktır.

Bilindiği üzere girdi odaklı CCR modeli belli bir çıktı bileşimini en etkin bir şekilde üretebilmek amacıyla kullanılacak en uygun girdi bileşiminin nasıl olması gerektiğini araştıran modeldir. Şekil 6.3’te girdi odaklı CCR modeline ait EMS programı çıktıları yer almaktadır.

Şekil 6.3’te “DMU” sütunu KVB’leri, “Score” sütunu etkinlik skorunu, $XI\{I\}\{W\}$ sütunları her bir girdiye ait ağırlık değerlerini (v_i), $YR\{O\}\{W\}$ sütunları her bir çıktıya ait ağırlık değerlerini (u_r), “Benchmarks” sütunu etkin okullar için kaç defa referans olarak gösterildiği, etkin olmayan okullar için ise hangi etkin okulları ne derece referans olarak alabileceklerini, $\{S\}XI\{I\}$ KVB’yi etkin hale getirmek için ilgili girdi değişkeninin ne oranda azaltılması gerektiğini gösteren değeri ve $\{S\}YR\{O\}$ ise ilgili girdilerde $\{S\}XI\{I\}$ kadar azaltma yapıldığında çıktı değişkeninin ne oranda artarak KVB’nin etkin hale geldiğini gösteren değeri ifade etmektedir.

DMU	Score	X1 (I)\{w}	X2 (I)\{w}	X3 (I)\{w}	X4 (I)\{w}	X5 (I)\{w}	Y1 (O)\{w}	Y2 (O)\{w}	Y3 (O)\{w}	Y4 (O)\{w}	Benchmarks	{S}X1 (I)	{S}X2 (I)	{S}X3 (I)	{S}X4 (I)	{S}X5 (I)	{S}Y1 (O)	{S}Y2 (O)	{S}Y3 (O)	{S}Y4 (O)	
B1	100.00%	0,0000	0,0030	0,0002	0,0000	0,0000	0,3333	0,0000	0,0000	0,0000		0									
B2	100.00%	0,2000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2500		2									
B3	100.00%	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1429		2									
B4	94.26%	0,0000	0,0000	0,0000	0,0289	0,0911	0,0000	0,0080	0,0094	0,0000	5 (0,303) 12 (0,208) 14 (0,550)	1,027	119,001	37,152	0,000	0,000	0,476	0,000	0,000	0,572	
B5	100.00%	0,0000	0,0000	0,0000	0,1000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0323	0,0000		1									
B6	92.33%	0,0168	0,0008	0,0000	0,0000	0,0087	0,0000	0,0060	0,0000	0,0395	2 (0,039) 3 (0,574) 9 (0,233) 14 (0,592)	0,000	0,000	68,055	16,115	0,000	0,012	0,000	2,687	0,000	
B7	100.00%	0,0000	0,0000	0,0000	0,2000	0,0000	0,9520	0,0000	0,0000	0,0480		0									
B8	100.00%	0,0000	0,0001	0,0147	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0242	0,0550		1									
B9	100.00%	0,0437	0,0000	0,0045	0,0000	0,5997	0,0000	0,0204	0,0000	0,0000		2									
B10	100.00%	0,1065	0,0000	0,0000	0,0000	0,0105	0,2268	0,0008	0,0000	0,0000		0									
B11	91.50%	0,0248	0,0021	0,0049	0,0000	0,0000	0,0000	0,0142	0,0079	0,0975	2 (0,122) 3 (0,077) 8 (0,037) 9 (0,762) 14 (0,026)	0,000	0,000	0,000	1,296	0,509	0,213	0,000	0,000	0,000	
B12	100.00%	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5000	0,0000	0,0054	0,0181	0,0000		1									
B13	100.00%	0,0000	0,0000	0,0080	0,0000	0,0839	0,1356	0,0000	0,0101	0,0000		0									
B14	100.00%	0,0000	0,0000	0,0286	0,0000	0,0000	0,0000	0,0071	0,0000	0,0000		3									

Şekil 6.5. Girdi odaklı CCR için EMS programı sonuçları.

DMU	Score	X1 (I)\{w}	X2 (I)\{w}	X3 (I)\{w}	X4 (I)\{w}	X5 (I)\{w}	Y1 (O)\{w}	Y2 (O)\{w}	Y3 (O)\{w}	Y4 (O)\{w}	Benchmarks	{S}X1 (I)	{S}X2 (I)	{S}X3 (I)	{S}X4 (I)	{S}X5 (I)	{S}Y1 (O)	{S}Y2 (O)	{S}Y3 (O)	{S}Y4 (O)	
B1	100.00%	0,0000	0,0028	0,0007	0,0000	0,0000	0,3333	0,0000	0,0000	0,0000		0									
B2	100.00%	0,2000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2500		1									
B3	100.00%	0,0034	0,0001	0,0029	0,0009	0,3530	0,0000	0,0000	0,0000	0,1429		1									
B4	96.43%	0,0000	0,0000	0,0000	0,0346	0,0596	0,0000	0,0073	0,0140	0,0000	5 (0,317) 12 (0,015) 13 (0,147) 14 (0,521)	1,287	109,302	47,685	0,000	0,000	0,618	0,000	0,000	0,773	
B5	100.00%	0,0000	0,0047	0,0000	0,0251	0,0000	0,0000	0,0000	0,0323	0,0000		1									
B6	100.00%	0,0428	0,0001	0,0002	0,0010	0,0080	0,0000	0,0036	0,0000	0,1028		0									
B7	100.00%	0,0000	0,0000	0,0035	0,1873	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0									
B8	100.00%	0,0007	0,0017	0,0003	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0162	0,1027		1									
B9	100.00%	0,0000	0,0000	0,0208	0,0000	0,5625	0,2506	0,0045	0,1472	0,0863		1									
B10	100.00%	0,1111	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2246	0,0009	0,0000	0,0000		0									
B11	91.71%	0,0154	0,0028	0,0013	0,0000	0,0000	0,0000	0,0155	0,0000	0,0821	2 (0,127) 3 (0,067) 8 (0,054) 9 (0,720) 14 (0,032)	0,000	0,000	0,000	0,719	0,364	0,230	0,000	0,293	0,000	
B12	100.00%	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5000	0,0000	0,0056	0,0175	0,0000		1									
B13	100.00%	0,0038	0,0002	0,0014	0,0018	0,1366	0,0376	0,0049	0,0023	0,0000		1									
B14	100.00%	0,0000	0,0000	0,0286	0,0000	0,0000	0,0000	0,0071	0,0000	0,0000		2									

Şekil 6.6. Girdi odaklı BCC için EMS programı sonuçları.

Girdi odaklı CCR modelimize ait sonuç değerleri (Şekil 6.5) incelendiğinde 14 KVB içinde 3 tanesinin etkin olmadığı ve geri kalan 11 tanesinin etkin olduğu göze çarpmaktadır. (Etkinlik skorunun %100 olması etkin olma durumunu, %100'den düşük olması etkin olmama durumunu yansıtmaktadır.)

Etkin olmayan KVB'ler %94,26 etkinlik skoru ile B4, %92,33 etkinlik skoru ile B6 ve %91,50 etkinlik skoru ile B11'dir. En fazla referans gösterilen KVB ise 3 kez ile B14'tür. B1, B7, B10 ve B13'ün referans sayılarının 0 olması etkin oldukları halde referans gösterilecek kadar iyi olmadıklarını göstermektedir.

Girdi odaklı CCR modeline göre etkin olan ve etkin olmayanlar KVB'lerden birer örneği açıklamaya çalışalım. Örneğin etkin olan KVB'lerden B8'i ele alalım. Bu KVB için etkinlik skoru %100 ($E_k:1$), $v_2:0,001$, $v_3:0,0147$, $u_3:0,0242$ ve $u_4:0,0550$ çıkmıştır. Ayrıca sadece bir KVB tarafından referans olarak (Benchmarks:1) alınmıştır. Etkin bir durumda olduğundan $\{S\}XI\{I\}$ ve $\{S\}YR\{O\}$ değerlerinin olmaması doğaldır.

Girdi odaklı CCR modeline göre etkin olmayan KVB'lerden B4'ü ele alalım. Bu KVB için etkinlik skoru %94,26 ($E_k<1$), $v_4:0,0289$, $v_5:0,0911$, $u_2:0,0080$ ve $u_3:0,0094$ çıkmıştır. Bu KVB'nin referans kümesinde B5 (0,303), B12 (0,208) ve B14 (0,550) KVB'ler bulunmaktadır.

Parantez içindeki değerler λ 'ları göstermektedir. Bu durum bu KVB için zarflama modelinin çözülerek $\lambda_{B5}: 0,303$, $\lambda_{B12}: 0,208$ ve $\lambda_{B14}: 0,550$ değerlerinin ortaya çıktığını göstermektedir. Yani $\lambda_{B5}: 0,303$ değeri B4'ün etkin olabilmesi için çıktı düzeyini değiştirmeden girdilerini B5'e göre yaklaşık %30,3 azaltması gerektiğini ifade etmektedir.

Bu KVB için X1 girdisinde 1,027, X2 girdisinde 119,001 ve X3 girdisinde 37,152 puanlık azaltma yapılması Y1 çıktısında 0,476 ve Y4 çıktısında 0,572 puanlık iyileştirme sağlayacak ve bu KVB etkin hale gelecektir. Benzer yorumlar diğer KVB'ler için de yapılabilir.

Girdi odaklı BCC modelimize ait sonuç değerleri (Şekil 6.6) incelendiğinde bu sefer 14 KVB içinde 2 tanesinin etkin olmadığı ve geri kalan 12 tanesinin etkin olduğu göze çarpmaktadır.

Etkin olmayan KVB'ler %96,43 etkinlik skoru ile B4 ve %91,71 etkinlik skoru ile B11'dir. En fazla referans gösterilen KVB ise 2 kez ile yine B14'tür. B1, B6, B7 ve B10 KVB'lerin referans sayılarının 0 olması etkin oldukları halde referans gösterilecek kadar iyi olmadıklarını göstermektedir.

Girdi odaklı BCC modeli için etkin olan ve olmayan tüm KVB'lerde girdi odaklı CCR modeline benzer yorumlar yapılabilir.

Çıktı odaklı CCR modelimize ait sonuç değerleri (Şekil 6.7) incelendiğinde girdiye yönelik modele benzer sonuçlarla karşılaştığı göze çarpmaktadır. Çünkü girdiye yönelik modelde etkin olan birimler çıktıya yönelik modelde de etkindir ve ayrıca girdiye yönelik modelde etkin olmayan birimler çıktıya yönelik modelde de etkin değildir. Aradaki farklılık referans kümeleri yoğunluk değerleri (λ) ve potansiyel iyileştirme oranlarındadır.

Modele göre 14 KVB içinde 3 tanesinin etkin olmadığı ve geri kalan 11 tanesinin etkin olduğu göze çarpmaktadır. (Etkinlik skorunun %100 olması etkin olma durumunu, %100'den büyük olması etkin olmama durumunu yansıtmaktadır.)

Etkin olmayan KVB'ler %106,09 etkinlik skoru ile B4, %108,31 etkinlik skoru ile B6 ve %109,28 etkinlik skoru ile B11'dir. Yine en fazla referans gösterilen KVB ise 3 kez ile B14'tür. Yine B1, B7, B10 ve B13 KVB'lerin referans sayılarının 0 olması etkin oldukları halde referans gösterilecek kadar iyi olmadıklarını göstermektedir.

DMU	Score	X1 (I){w}	X2 (I){w}	X3 (I){w}	X4 (I){w}	X5 (I){w}	Y1 (O){w}	Y2 (O){w}	Y3 (O){w}	Y4 (O){w}	Benchmarks	{S}X1 (I)	{S}X2 (I)	{S}X3 (I)	{S}X4 (I)	{S}X5 (I)	{S}Y1 (O)	{S}Y2 (O)	{S}Y3 (O)	{S}Y4 (O)	
B1	100,00%	0,0000	0,0030	0,0002	0,0000	0,0000	0,3333	0,0000	0,0000	0,0000		0									
B2	100,00%	0,2000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2500		2									
B3	100,00%	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1429		2									
B4	106,09%	0,0000	0,0000	0,0000	0,0289	0,0911	0,0000	0,0080	0,0094	0,0000	5 (0,322) 12 (0,221) 14 (0,583)	1,089	126,250	39,415	0,000	0,000	0,505	0,000	0,000	0,606	
B5	100,00%	0,0000	0,0000	0,0000	0,1000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0323	0,0000		1									
B6	108,31%	0,0168	0,0008	0,0000	0,0000	0,0087	0,0000	0,0060	0,0000	0,0395	2 (0,042) 3 (0,622) 9 (0,252) 14 (0,642)	0,000	0,000	73,707	17,454	0,000	0,013	0,000	2,910	0,000	
B7	100,00%	0,0000	0,0000	0,0000	0,2000	0,0000	0,9520	0,0000	0,0000	0,0480		0									
B8	100,00%	0,0000	0,0001	0,0147	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0242	0,0550		1									
B9	100,00%	0,0437	0,0000	0,0045	0,0000	0,5997	0,0000	0,0204	0,0000	0,0000		2									
B10	100,00%	0,1065	0,0000	0,0000	0,0000	0,0105	0,2268	0,0008	0,0000	0,0000		0									
B11	109,28%	0,0248	0,0021	0,0049	0,0000	0,0000	0,0000	0,0142	0,0079	0,0975	2 (0,133) 3 (0,084) 8 (0,041) 9 (0,833) 14 (0,029)	0,000	0,000	0,000	1,416	0,557	0,233	0,000	0,000	0,000	
B12	100,00%	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5000	0,0000	0,0054	0,0181	0,0000		1									
B13	100,00%	0,0000	0,0000	0,0080	0,0000	0,0839	0,1356	0,0000	0,0101	0,0000		0									
B14	100,00%	0,0000	0,0000	0,0286	0,0000	0,0000	0,0000	0,0071	0,0000	0,0000		3									

Şekil 6.7. Çıktı odaklı CCR için EMS programı sonuçları.

DMU	Score	X1 (I){w}	X2 (I){w}	X3 (I){w}	X4 (I){w}	X5 (I){w}	Y1 (O){w}	Y2 (O){w}	Y3 (O){w}	Y4 (O){w}	Benchmarks	{S}X1 (I)	{S}X2 (I)	{S}X3 (I)	{S}X4 (I)	{S}X5 (I)	{S}Y1 (O)	{S}Y2 (O)	{S}Y3 (O)	{S}Y4 (O)	
B1	100,00%	0,0130	0,0023	0,0003	0,0000	0,0000	0,3333	0,0000	0,0000	0,0000		0									
B2	100,00%	0,2000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0117	0,0002	0,1029	0,1424		1									
B3	100,00%	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1429		1									
B4	102,25%	0,0000	0,0000	0,0000	0,0455	0,0000	0,0000	0,0068	0,0166	0,0000	5 (0,306) 13 (0,183) 14 (0,511)	1,456	118,127	51,284	0,000	0,100	0,711	0,000	0,000	0,833	
B5	100,00%	0,0000	0,0058	0,0000	0,0071	0,0000	0,0091	0,0002	0,0313	0,0074		1									
B6	100,00%	0,0526	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0049	0,0000	0,0681		0									
B7	100,00%	0,0000	0,0000	0,0035	0,1873	0,0000	0,0816	0,0009	0,0038	0,8822		0									
B8	100,00%	0,0000	0,0000	0,0151	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0250	0,0501		1									
B9	100,00%	0,0641	0,0000	0,0037	0,0000	0,4744	0,0941	0,0018	0,1602	0,3384		1									
B10	100,00%	0,0968	0,0000	0,0000	0,0000	0,0323	0,2500	0,0000	0,0000	0,0000		0									
B11	108,23%	0,0153	0,0028	0,0008	0,0002	0,0000	0,0000	0,0156	0,0000	0,0801	2 (0,129) 3 (0,068) 8 (0,090) 9 (0,651) 12 (0,007) 14 (0,054)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,215	0,270	0,000	1,051	0,000	
B12	100,00%	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5000	0,2045	0,0000	0,0149	0,0000		1									
B13	100,00%	0,0000	0,0000	0,0076	0,0000	0,0919	0,1781	0,0000	0,0032	0,0021		1									
B14	100,00%	0,0000	0,0000	0,0286	0,0000	0,0000	0,0000	0,0071	0,0000	0,0000		2									

Şekil 6.8. Çıktı odaklı BCC için EMS programı sonuçları.

Çıktı odaklı CCR modeline göre etkin olan ve etkin olmayanlar KVB'lerden birer örneği açıklamaya çalışalım. Örneğin yine etkin olan KVB'lerden B8'i ele alalım. Bu KVB için etkinlik skoru %100 ($E_k:1$), $v_2:0,001$, $v_3:0,0147$, $u_3:0,0242$ ve $u_4:0,0550$ çıkmıştır. Ayrıca bir KVB tarafından referans olarak (Benchmarks:1) alınmıştır. Etkin bir durumda olduğundan $\{S\}XI\{I\}$ ve $\{S\}YR\{O\}$ değerlerinin olmaması doğaldır. (Çıkan sonuçlar girdiye yönelik CCR ile aynıdır.)

Çıktı odaklı CCR modeline göre etkin olmayan KVB'lerden yine B4'ü ele alalım. Bu KVB için etkinlik skoru %106,09 ($E_k>1$), $v_4:0,0289$, $v_5:0,0911$, $u_2:0,0080$ ve $u_3:0,0094$ çıkmıştır. Bu KVB'nin referans kümesinde B5 (0,322), B12 (0,221) ve B14 (0,583) KVB'ler bulunmaktadır.

Parantez içindeki değerler λ 'ları göstermektedir. Bu durum bu KVB için zarflama modelinin çözülerek $\lambda_{B5}: 0,322$, $\lambda_{B12}: 0,221$ ve $\lambda_{B14}: 0,583$ değerlerinin ortaya çıktığını göstermektedir. Yani $\lambda_{B5}: 0,322$ değeri B4'ün etkin olabilmesi için girdi düzeyini değiştirmeden çıktılarını B5'e göre yaklaşık %32,2 artırması gerektiğini ifade etmektedir.

Bu KVB için Y1 çıktısında 0,505 ve Y4 çıktısında 0,606 puanlık artırma yapılması X1 girdisinde 1,089, X2 girdisinde 126,250 ve X3 girdisinde 39,415 puanlık iyileştirme sağlayacak ve bu KVB etkin hale gelecektir. Benzer yorumlar diğer KVB'ler için de yapılabilir.

Çıktı odaklı BCC modelimize ait sonuç değerleri (Şekil 6.8) incelendiğinde bu sefer girdi odaklı BCC'ye göre farklılıklar olduğu gözlenmektedir. 14 KVB içinde 2 tanesinin etkin olmadığı ve geri kalan 12 tanesinin etkin olduğu göze çarpmaktadır.

Etkin olmayan KVB'ler %102,25 etkinlik skoru ile B4 ve %108,23 etkinlik skoru ile B11'dir. En fazla referans gösterilen KVB ise 2 kez ile yine B14'tür. B1, B6, B7 ve B10 KVB'lerin referans sayılarının 0 olması etkin oldukları halde referans gösterilecek kadar iyi olmadıklarını göstermektedir.

Çıktı odaklı BCC modeli için etkin olan ve olmayan tüm KVB'lerde çıktı odaklı CCR modeline benzer yorumlar yapılabilir.

6.3.2.6. Referans Gruplarının Belirlenmesi

Referans kümeleri ile ilgili açıklamalar bir önceki başlıkta (Etkinlik Değerleri) verilmiştir. Çizelge 6.16'da model çözümlerinde ortaya çıkan etkin olmayan KVB'ler için referans kümeleri yer almaktadır. Çizelge 6.17'de de model model KVB'lerin kaç defa referans gösterildikleri sayısı büyükten küçüğe sıralı bir şekilde yer almaktadır.

Çizelge 6.16. Modellere ait referans grupları.

MODEL	KVB	REFERANS KÜMESİ (λ)
Girdiye Yönelik CCR	B4	B5 (0,303) B12 (0,208) B14 (0,550)
	B6	B2 (0,039) B3 (0,574) B9 (0,233) B14 (0,592)
	B11	B2 (0,122) B3 (0,077) B8 (0,037) B9 (0,762) B14 (0,026)
Çıktıya Yönelik CCR	B4	B5 (0,322) B12 (0,221) B14 (0,583)
	B6	B2 (0,042) B3 (0,622) B9 (0,252) B14 (0,642)
	B11	B2 (0,133) B3 (0,084) B8 (0,041) B9 (0,833) B14 (0,029)
Girdiye Yönelik BCC	B4	B5 (0,317) B12 (0,015) B13 (0,147) B14 (0,521)
	B11	B2 (0,127) B3 (0,067) B8 (0,054) B9 (0,720) B14 (0,032)
Çıktıya Yönelik BCC	B4	B5 (0,306) B13 (0,183) B14 (0,511)
	B11	B2 (0,129) B3 (0,068) B8 (0,090) B9 (0,651) B12 (0,007) B14 (0,054)

Çizelge 6.17. KVB'lerin referans gösterilme sayıları.

KVB	Girdi Odaklı CCR	Çıktı Odaklı CCR	Girdi Odaklı BCC	Çıktı Odaklı BCC	TOPLAM
B14	3	3	2	2	10
B2	2	2	1	1	6
B3	2	2	1	1	6
B9	2	2	1	1	6
B5	1	1	1	1	4
B8	1	1	1	1	4
B12	1	1	1	1	4
B13	0	0	1	1	2
B1	0	0	0	0	0
B7	0	0	0	0	0
B10	0	0	0	0	0
B6	-	-	0	0	0
B4	-	-	-	-	-
B11	-	-	-	-	-

6.3.2.7. Etkin Olmayan KVB'ler İçin Stratejilerin Belirlenmesi

VZA ile etkin olmayan KVB'lere, performanslarını iyileştirebilmeleri için ulaşılabilir hedefler belirlenir. Söz konusu hedefler, genel olarak, etkin olmayan KVB'lere ait $\{S\}YR\{O\}$ ve $\{S\}XI\{I\}$ değerlerinde modeline göre artırma ya da azaltma yapılarak belirlenir. B4'e ait değerler Çizelge 6.18'de, B6 ve B11'e ait değerler ise Çizelge 6.19'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.18. B4'e ait mevcut ve olması gereken değerler.

MODEL		Girdi Odaklı CCR			Çıktı Odaklı CCR		
KVB	Girdi/ Çıktı	Mevcut Değer	Artış- Azalış	Olması Gereken	Mevcut Değer	Artış- Azalış	Olması Gereken
B4	X1	17	-1,027	15,973	17	-1,089	15,911
	X2	683	-119,001	563,999	683	-126,250	556,750
	X3	107	-37,152	69,848	107	-39,415	67,585
	X4	22	0,000	22,000	22	0,000	22,000
	X5	4	0,000	4,000	4	0,000	4,000
	Y1	1	0,476	1,476	1	0,505	1,505
	Y2	105	0,000	105,000	105	0,000	105,000
	Y3	17	0,000	17,000	17	0,000	17,000
	Y4	1	0,572	1,572	1	0,606	1,606
MODEL		Girdi Odaklı BCC			Çıktı Odaklı BCC		
B4	X1	17	-1,287	15,713	17	-1,456	15,544
	X2	683	-109,302	573,698	683	-118,127	564,873
	X3	107	-47,685	59,315	107	-51,284	55,716
	X4	22	0,000	22,000	22	0,000	22,000
	X5	4	0,000	4,000	4	0,100	4,100
	Y1	1	0,618	1,618	1	0,711	1,711
	Y2	105	0,000	105,000	105	0,000	105,000
	Y3	17	0,000	17,000	17	0,000	17,000
	Y4	1	0,773	1,773	1	0,833	1,833

Çizelge 6.19. B6 ve B11'e ait mevcut ve olması gereken değerler.

MODEL		Girdi Odaklı CCR			Çıktı Odaklı CCR		
KVB	Girdi/Çıktı	Mevcut Değer	Artış-Azalış	Olmaması Gereken	Mevcut Değer	Artış-Azalış	Olmaması Gereken
B6	X1	19	0,000	19,000	19	0,000	19,000
	X2	795	0,000	795,000	795	0,000	795,000
	X3	140	-68,055	71,945	140	-73,707	66,293
	X4	47	-16,115	30,885	47	-17,454	29,546
	X5	5	0,000	5,000	5	0,000	5,000
	Y1	2	0,012	2,012	2	0,013	2,013
	Y2	134	0,000	134,000	134	0,000	134,000
	Y3	8	2,687	10,687	8	2,910	10,910
	Y4	5	0,000	5,000	5	0,000	5,000
B11	X1	9	0,000	9,000	9	0,000	9,000
	X2	298	0,000	298,000	298	0,000	298,000
	X3	32	0,000	32,000	32	0,000	32,000
	X4	18	-1,296	16,704	18	-1,416	16,584
	X5	3	-0,509	2,491	3	-0,557	2,443
	Y1	1	0,213	1,213	1	0,233	1,233
	Y2	54	0,000	54,000	54	0,000	54,000
	Y3	5	0,000	5,000	5	0,000	5,000
	Y4	2	0,000	2,000	2	0,000	2,000
MODEL		Girdi Odaklı BCC			Çıktı Odaklı BCC		
B11	X1	9	0,000	9,000	9	0,000	9,000
	X2	298	0,000	298,000	298	0,000	298,000
	X3	32	0,000	32,000	32	0,000	32,000
	X4	18	-0,719	17,281	18	0,000	18,000
	X5	3	-0,364	2,636	3	-0,215	2,785
	Y1	1	0,230	1,230	1	0,270	1,270
	Y2	54	0,000	54,000	54	0,000	54,000
	Y3	5	0,293	5,293	5	1,051	6,051
	Y4	2	0,000	2,000	2	0,000	2,000

BÖLÜM 7

SONUÇLAR

Değerlendirme işlemi doğrusal programlama prensiplerine dayanan ve belirli girdileri belirli çıktılara dönüştürmekten sorumlu birimlerin göreceli etkinliğini ölçmek için tasarlanmış bir teknik olan Veri Zarflama Analizi ile yapılmıştır. VZA'nın girdi-çıkıtı seçimi ile alakalı olarak literatürde herhangi bir tekniğin kullanılmamış olması nedeniyle bu aşamada Bulanık DEMATEL yöntemi kullanılmıştır.

Uygulama çalışmamızın ilk aşamasında Bulanık DEMATEL yöntemi ile VZA'da üniversite ve bölümlerinin etkinliklerinin ölçülmesinde sıklıkla kullanılan 15 girdi ile 8 çıktı faktörü ele alınmıştır. Uzman görüşleri ışığında bu faktörlerden 8 tane girdi ile 4 tane çıktı faktörünün üniversite ve bölümlerinin etkinliklerinin ölçülmesinde VZA'da kullanılmasının anlamlı olduğu sonucunda ulaşılmıştır.

Uygun görülmeyen girdi-çıkıtı faktörlerinin diğer faktörler etkisinde kaldıkları, bu nedenle analize alınmalarının sağlıklı sonuçlar vermeyeceğine kanaat getirilmiştir. Örneğin beklenenin aksine akademik yayınlar ele alınması uygun görülmeyen çıktı faktörleri arasında yer almıştır. Bu da demek oluyor ki akademik yayınlar daha çok diğer çıktı faktörlerinden etkilenmektedirler.

İkinci aşamada VZA uygulamasına geçilmiştir. Bu aşamada öncelikle karar verme birimlerinin belirlenmesi gerekmiştir. Burada ele alınması uygun görülen girdi-çıkıtı faktörlerini tam olarak karşılayabilecek KVB'lerin seçimine özen gösterilmiştir. Bunun için Türkiye'deki Endüstri Mühendisliği bölümleri arasından 14 tanesinin analize dâhil edilmesi gerektiği belirlenmiştir.

Daha sonra girdi ve çıktıların belirlenmesi gerekmiştir ki bu faktörler yapmış olduğumuz Bulanık DEMATEL uygulamasından elde edilmiştir. Ancak girdi faktörlerinden 3 tanesi ile ilgili verilere ülkemizde ulaşılmasının güç olması nedeniyle VZA'ya dâhil edilmemiştir. Girdi çıktı faktörleri de belirlendikten sonra sıra bu faktörlere ait KVB'ler bazında verilere ulaşmaya gelmiştir. Verilere de ilgili bölümde anlatılan yollarla ulaşıp VZA modelleri kurulmuştur.

Literatürde kamusal organizasyonların etkinliklerinin ölçülmesinde girdi odaklı CCR modelinin kullanılmasının uygun olduğu görüşünden hareketle öncelik bu modele verilmiş olup alternatif olarak çıktı odaklı CCR ile girdi-çıkıtı odaklı BBC'lere ait sonuçlar da ortaya konulmuştur. Bu sonuçlara bir VZA paket programı olan EMS (v1.3) ile ulaşılmıştır.

Program çıktıları ile toplam potansiyel iyileştirmeler olarak hangi girdi ya da çıktıda ne kadar etkinsizlik olduğu gösterilmiştir. Bununla birlikte etkin kaynak kullanan ve kullanmayan bölümler tespit edilmiştir. Etkin olmayan bölümlerde etkin kullanılmayan kaynaklar belirlenmiştir. Bu kaynakların etkin olabilmesi için yapılması gereken artış ya da azaltılmalar (potansiyel iyileştirmeler) hesaplanmıştır. Etkin olmayan bir bölümün etkin hale gelebilmesi için kendisine örnek alabileceği referans üniversiteler belirlenmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda Çizelge 7.1'de de görüldüğü üzere BCC modelleri CCR modellerine göre daha iyimser sonuçlar göstermiştir. Etkinlik konusunda daha ayırt edici olmak için CCR modeli tercih edilmiştir. Bu modeller hem girdiye yönelik hem de çıktıya yönelik olarak değerlendirilmiştir.

Model çözümlerine göre 14 bölüm arasından B4 ve B11 KVB'ler tüm modellerde etkin olmayan KVB'ler arasında yer almıştır. B6 ise sadece CCR modellerinde etkin olmayan KVB'ler arasında yer almıştır. Geri kalan KVB'ler tüm modeller için karşılaştırmalı etkinlik değerleri açısından etkin pozisyonda yer almıştır.. Ayrıca Çizelge 7.1'de de görüldüğü üzere model ortalamaları etkinlik skoru olan 1'den çok ta uzakta değildir. Yani uç derecede bir etkinsizlik durumu yoktur.

Etkin olmayan KVB'lere ait potansiyel iyileştirmelere bakıldığında özellikle girdi değişkenleri açısından Lisans Öğrenci Sayısı ve Yüksek Lisans Öğrenci Sayısı girdilerinde iyileştirmeler yapılması önerilmektedir. Bunun da yolu bölümler açısından mümkün olması halinde kontenjanların belirli bir süreliğine azaltılması ya da mezun duruma gelmiş ancak mezun olamamış öğrencilere yönelik bir çalışma yapılmasıdır. Ayrıca bazı bölümler için öğretim üyesi sayısının azaltılması önerilmektedir. Çıktılar incelediğinde bölümlere laboratuvar sayılarını artırmaya yönelik çalışmalar yapılması önerilebilir.

Çizelge 7.1. Model bazlı ortalama etkinlik ve ölçek etkinliği değerleri.

KVB	Etkinlik Değerleri					
	Gir. Oda. CCR	Gir. Oda. BCC	Ölçek Etkinliği	Çık. Oda. CCR	Çık. Oda. BCC	Ölçek Etkinliği
B1	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
B2	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
B3	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
B4	0,9426	0,9643	0,9775	1,0609	1,0225	1,0376
B5	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
B6	0,9233	1,0000	0,9233	1,0831	1,0000	1,0831
B7	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
B8	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
B9	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
B10	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
B11	0,9150	0,9171	0,9977	1,0928	1,0823	1,0097
B12	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
B13	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
B14	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Ortalama	0,9844	0,9915	0,9928	1,0169	1,0075	1,0093

Çizelge 7.1'e göre B4 ve B10 hem lokal etkinsizlik hem de toplam etkinsizlik durumundadır. Yani bu KVB için bu etkinsizliğin nedeni olarak kendisinin etkinsiz bir şekilde işletilmesi gösterilebilir. Ancak B6 lokal olarak etkin olmasına karşın toplam etkinsizlik durumundadır. Bu da B6'nın çalışması şartları içerisinde dezavantajlı bir durum altında olmasından kaynaklandığını sonucunu vermektedir. Her üç KVB'de ölçüğe göre azalan getiri durumundadır.

Şüphesiz ki çalışmadan elde edilen sonuçlar göreceli etkinlik esasına dayanmaktadır. Bu nedenle bir bölümün kendi başına etkin olup olmadığını söylemek bu çalışmanın konusu değildir. Etkinlik değerleri değerlendirme içine katılan, aynı girdileri kullanarak benzer çıktı üreten bölümler için göreceli olarak verilmektedir. Çalışma sonuçları mutlak değildir.

Bu çalışma çerçevesinde üzerinde durulan etkinlik ve bu kavramın üniversite bölümlerine uygulanması, çoğunluğu kamu bütçesinden alınan kısıtlı kaynaklarının dağıtımının planlandığı her türlü karar verme sürecinde dikkat edilmesi gereken önemli bir konudur. Yani benzer girdi ve çıktılara sahip organizasyonların göreceli etkinliklerinin karşılaştırılmasında örnek teşkil edilebilecek bir çalışma olduğunu düşünmekteyiz. Ayrıca belirli aralıklarla aynı çalışmanın tekrarlanması, bu ölçümde sürekliliğin devamı yönünden faydalı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Erüz, E., “Yeni mali yönetim yapısında performans esaslı bütçeleme”, **20. Türkiye Maliye Sempozyumu**, Denizli, 61-73 (2005).
2. Oruç, K. O., Güngör, İ. ve Demiral, F., “Bulanık veri zarflama analizi ve üniversitelerin etkinlik ölçümünde uygulama”, **Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 16 (22): 279-294 (2009).
3. Arcelus, F. J. and Coleman, D. F., “An efficiency review of university departments”, **International Journal of Systems Science**, 28 (7): 721-729 (1997).
4. Yeşilyurt, C., “Türkiye’deki iktisat bölümlerinin göreceli performanslarının veri zarflama analizi yöntemiyle ölçülmesi: Kpss 2007 verilerine dayalı bir uygulama”, **Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, 23 (4): 135-147 (2009).
5. Johnes, J. and Yu, L., “Measuring the research performance of chinese higher education institutions using data envelopment analysis”, **China Economic Review**, 19 (4): 679-696 (2008).
6. Abbott, M. and Doucouliagos, C., “The efficiency of australian universities: a data envelopment analysis”, **Economics of Education Review**, 22 (1): 89-97 (2003).
7. Athanassopoulos, A. D. and Shale, E., “Assessing the comparative efficiency of higher education institutions in the uk by means of data envelopment analysis”, **Education Economics**, 5 (2): 117-134 (1997).
8. Avkıran, N. K., “Investigating technical and scale efficiencies of australian universities through data envelopment analysis”, **Socio-Economic Planning Sciences**, 35 (1): 57-80 (2001).
9. Casu, B. and Thanassoulis, E., “Evaluating cost efficiency in central administrative services in UK universities”, **Omega**, 34 (5): 417-426 (2006).

10. Flegg, A. T., Allen, D. O., Field, K. and Thurlow, T. W., "Measuring the efficiency and productivity of british universities: an application of dea and the malmquist approach", *Education Economics*, 12 (3): 231-249 (2004).
11. Fox, K. J. and Milbourne, R., "What determines research output of academic economists?", *Economic Record*, 75 (3): 256-267 (1999).
12. Johnes, J., "Performance assessment in higher education in britain", *European Journal of Operational Research*, 89 (1): 18-33 (1996).
13. Salerno, C., "Using data envelopment analysis to improve estimates of higher education institution's per student education costs", *Education Economics*, 14 (3): 281-295 (2006).
14. Worthington, A. C. and Lee, B. L., "Efficiency, technology and productivity change in australian universities 1998–2003", *Economics of Education Review*, 27 (3): 285-298 (2008).
15. Oruç, K. O., "Veri zarflama analizi ile bulanık ortamda etkinlik ölçümleri ve üniversitelerde bir uygulama", Doktora Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Isparta, 7-11, 17, 23, 27 (2008).
16. Wu, W. W., "Segmenting critical factors for successful knowledge management implementation using the fuzzy DEMATEL method", *Applied Soft Computing*, 12 (1), 527-535 (2012).
17. Tseng, M. L., "A causal and effect decision making model of service quality expectation using grey-fuzzy DEMATEL approach", *Expert Systems with Applications*, 36 (4): 7738-7748 (2009).
18. Wu, W. W. and Lee, Y. T., "Developing global managers' competencies using the fuzzy DEMATEL method", *Expert Systems with Applications*, 32 (2): 499-507 (2007).
19. Zadeh, L.A., "Fuzzy sets", *Information and Control*, 8 (3): 338-353 (1965).
20. Bellman, R.E. and Zadeh, L.A., "Decision making in a fuzzy environment", *Management Science*, 17 (4): 141-164 (1970).
21. Chang, B., Chang, C. and Wu, C., "Fuzzy DEMATEL method for developing supplier selection criteria", *Expert Systems with Applications*, 38 (3): 1850-1858 (2011).

22. Mokhtarian, M. N., "Developing global manager's competencies using the fuzzy DEMATEL method", *Expert Systems with Applications*, 32 (7): 9050-9051 (2007).
23. Zhou, Q., Huang, W. and Zhang, Y., "Identifying critical success factors in emergency management using a fuzzy DEMATEL method", *Safety Science*, 49 (2): 243-252 (2011).
24. Depren, Ö., "Veri zarflama analizi ve bir uygulama", Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 3, 5-12, 17-18, 26, 28-29, 31-44, (2008).
25. Babacan, A., "Türkiyedeki üniversitelerde vza yöntemiyle verimlilik analizi", Doktora Tezi, *Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Sivas, 5, 9, 16-17, 29, 68-70, 75-78 (2006).
26. Akal, Z., "İşletmelerde performans ölçüm ve denetimi", *MPM Yayınları*, 473: 4-18 (1996).
27. Onaran, S., "Veri zarflama analizi kullanılarak üniversite kütüphanelerinin performanslarının değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 10, 20, 16-17, 21-24, 26-28, 32-48 (2006).
28. Baş, İ. M. ve Artar, A., "İşletmelerde verimlilik denetimi ölçme ve değerlendirme modelleri", *MPM Yayınları*, 435: 17 (1991).
29. Aral, C. S., "Performans ölçümü: performans denetimlerinde araştırılması gerekenler", *Sayıştay Başkanlığı Yayınları Araştırma/İnceleme/Çeviri Dizisi*, 19: 10 (2001).
30. Özeren, B. ve Aral, C. S., "Yönetim ve hesap verme sorumluluğu amaçları bakımından performans bilgisi", *Sayıştay Başkanlığı Yayınları Araştırma/İnceleme/Çeviri Dizisi*, 21: 3 (2002).
31. Yalçınar, K., Atan M., Kayacan M. ve Boztosun D., "İMKB 30 endeksinde etkinlik analizi (veri zarflama analizi-VZA) ile hisse senedi seçimi", *I.Uluslararası Manas Üniversitesi Ekonomi Konferansı*, Bişkek, Kırgızistan, 526-536 (2004).
32. Doğan Z., "1992 yılında kurulan devlet üniversitelerinin etkinliğinin veri zarflama analizi ile araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Bolu, 45-46, 58 (2010).

33. Kıran B., “Kalkınmada öncelikli illerin ekonomik etkinliklerinin veri zarflama analizi yöntemi ile değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**, Adana, 15, 51 (2008).
34. Gattoufi, S., Oral, M. and Reisman A., “Data envelopment analysis literature: a bibliography update (1951-2001)”, **Socio-Economic Planning Sciences**, 38 (2-3): 159-229 (2004).
35. Aslankaraoğlu, N., “Veri zarflama analizi ve temel bileşenler analizi ile avrupa birliği ülkelerinin sıralanması”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 6, 9-12, 16 (2006).
36. Baysal, M.E. ve Toklu B., “Veri zarflama analizi ile bazı orta öğretim kurumlarının performanslarının değerlendirilmesi”, **Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 6 (2): 203-220 (2001).
37. Sherman, H.D., “Data envelopment analysis as a new managerial audit methodology-test and evaluation”, **A Journal of Practice and Theory**, 4 (1): 35-52 (1984).
38. Kaygın, E., “Kars-Ardahan-Iğdır illeri orta öğretim kurumlarının etkinliklerinin veri zarflama analizi yöntemiyle belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Kafkas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**, Kars, 77 (2006).
39. Yolalan, R., “İşletmeler arası göreceli etkinlik ölçümü”, **Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları**, 483: 3-19 (1993).
40. Öztürk, A., “Yöneylem araştırması, 8. baskı”, **Ekin Kitapevi Yayınları**, Bursa, 127 (2002).
41. Suo, W. L., Feng, B. and Fan, Z. P., “Extension of the DEMATEL method in an uncertain linguistic environment”, **Soft Computing**, 16 (3): 471-483 (2012).
42. Pişkin, H., “Tedarikçi performansının değerlendirilmesinde bütünlük birçok kriterli karar verme modeli”, Yüksek Lisans Tezi, **Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kocaeli, 25 (2010).
43. Öztürkcan, D., “An analytic approach for six sigma project selection in the logistics industry”, Master Thesis, **Institute of Science and Engineering of Galatasaray University**, Istanbul, 22, 27-29 (2009).

44. Tseng, M.L. and Lin, Y.H., “Application of fuzzy DEMATEL to develop a cause and effect model of municipal solid waste management in metro manila”, *Environmental Monitoring and Assessment*, 158 (1-4): 519-533 (2009).
45. Aksakal E., “Bulanık aksiyomatik tasarım yönteminin personel seçim problemine uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 26-29 (2009).
46. Lin, C.J. and Wu, W.W., “A causal analytical method for group decision-making under fuzzy environment”, *Expert Systems with Applications*, 34 (1): 205 – 212 (2008).
47. Tzeng, G.H., Chiang, C.H. and Li, C.W., “Evaluating intertwined effects in e-learning programs: a novel hybrid MCDM model based on factor analysis and DEMATEL”, *Expert Systems with Applications*, 32 (4): 1028 – 1044 (2007).
48. Li, C.W. and Tzeng, G.H., “Identification of a threshold value for the DEMATEL method using the maximum mean de-entropy algorithm to find critical services provided by a semiconductor intellectual property mall”, *Expert Systems with Applications*, 36 (6): 9891–9898 (2009).
49. Aksakal, E. ve Dağdeviren M., “ANP ve DEMATEL yöntemleri ile personel seçimi problemine bütünleşik bir yaklaşım”, *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 25 (4): 905-913 (2010).
50. Tsai W.H. and Chou W.C., “Selecting management systems for sustainable development in smes:a novel hybrid model based on DEMATEL, ANP, and ZOGP”, *Expert Systems with Applications*, 36 (2): 1444–1458 (2009).
51. Öztürk O., “Türkiye karayollarında trafik kazalarının nedeni ve bu kazaların analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 78-84 (2009).
52. Kaplan, S., “Hava savunma sektörü tezgah yatırım projelerinin bulanık AHP ile değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 16-25 (2007).
53. Gültaş, İ., “Endüstri mühendisliği eğitiminde matematik ders içeriklerinin belirlenmesine bulanık AHP yöntemi ile çözüm önerisi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 24, 28-30 (2007).

54. Güner, H., “Bulanık AHP ve bir işletme için tedarikçi seçimi problemine uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli, 47 (2005).
55. Hocalar E., “An application of fuzzy balanced scorecard system in higher education organizations”, *Electronic Letters on Science & Engineering*, 4 (1): 20-28 (2008)
56. Erümit, A.K., “Bulanık AHS yöntemi ile fen bilimleri enstitüleri için master öğrencisi seçimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 8-11 (2007).
57. Durdudiler M., “Perakende sektöründe tedarikçi performans değerlemesinde AHP ve bulanık AHP uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 41 (2006).
58. İnternet: Başkent Üniversitesi, “Yapay Zekâ”, www.baskent.edu.tr/~eraslan/yapayzeka.doc, (2012).
59. Ecer, F., “Fuzzy TOPSIS yöntemiyle insan kaynağı seçiminde adayların değerlendirilmesi ve bir uygulama, Doktora Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Afyonkarahisar, 10-11 (2007).
60. Çitli, N., “Bulanık çok kriterli karar verme”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 4, 23-29 (2006).
61. Erdin, C., “Bulanık hedef programlama ve işletme yönetiminde bir uygulama”, Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul, 33-34, 51 (2007).
62. Zadeh L.A., “From computing with numbers to computing with words-from manipulation of measurements to manipulation of perceptions”, *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*, 12 (3): 308 (2002).
63. Li, R.J., “Fuzzy Method in group decision making”, *Computers and Mathematics with Applications*, 38 (1): 91-101 (1999).
64. Jassbi, J., Mohamadnejad F. and Nasrollahzadeh H., “A fuzzy DEMATEL framework for modeling cause and effect relationships of strategy map”, *Expert Systems with Applications*, 38 (5): 5967-5973 (2011).
65. Akyüz, G., “Bulanık VIKOR yöntemi ile tedarikçi seçimi”, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 26 (1): 197-215 (2012).

66. Erciş, M.S., “Halk eğitim merkezlerinde veri zarflama analiz yöntemiyle pazarlama odaklı hizmet performans ölçümü ve doğu anadolu bölgesinde bir uygulama”, *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13 (2): 321-329 (2009).
67. İnternet: İzmir Ticaret Odası, “Türkiye’de Eğitim Sektörünün Sorunları, Eğitimin Ekonomik Boyutu ve Çözümleri”, http://www.izto.org.tr/NR/rdonl yres/7475BDA1-95B7-4855-B351-9ADCE4362AFE/5399/nesrin_egitim.pdf, (2012).
68. Ata, H.A. ve Yakut E, “Finansal performansa dayalı etkinlik ölçümü: imalat sektörü uygulaması”, *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18 (2): 80-100 (2009).

ÖZGEÇMİŞ

Turgay TÜRKER 1985 yılında Samsun'da doğdu; ilköğrenimine Adilcevaz/BİTLİS şehrinde başladı. İlköğreniminin bir kısmına Terme/SAMSUN şehrinde devam ederek, ilk ve orta öğrenimini Çarşamba/SAMSUN şehrinde tamamladı. Çarşamba Lisesi'nden 2002 yılında mezun oldu. 2003 yılında Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde yüksek öğrenime başlayıp 2008 yılında iyi derece ile mezun oldu. 2009 yılında Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı ve halen aynı yerde görev yapmaya devam etmektedir. Evli ve 1 çocuk babasıdır.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Karabük Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
Balıklar kayası Mevkii / KARABÜK

Tel : (538) 558 24 62

E-posta : turgayturker55@hotmail.com