

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
İŞLETME PROGRAMI
DOKTORA TEZİ

ÜLKELERİN İNOVASYON PERFORMANSININ
ÖLÇÜLMESİNDE YAPAY SİNİR AĞLARI, BULANIK
DEMATEL TABANLI ANALİTİK AĞ SÜRECİ VE
AĞIRLIK KISITLI VERİ ZARFLAMA ANALİZİ
YAKLAŞIMLARININ BÜTÜNLEŞİK OLARAK
KULLANILMASI VE BİR UYGULAMA

Enver ÇAKIN

Danışman
Doç. Dr. Aslı ÖZDEMİR

İZMİR-2017

DOKTORA
TEZ ONAY SAYFASI

2013800685

Üniversite : Dokuz Eylül Üniversitesi
Enstitü : Sosyal Bilimler Enstitüsü
Adı ve Soyadı : ENVER ÇAKIN
Tez Başlığı : Ülkelerin İnovasyon Performansının Ölçülmesinde Yapay Sinir Ağları, Bulanık Dematel Tabanlı Analitik Ağ Süreci ve Ağırlık Kısıtlı Veri Zarflama Analizi Yaklaşımlarının Bütünleşik Olarak Kullanılması; Bir Uygulama
Savunma Tarihi : 28.04.2017
Danışmanı : Doç.Dr.Aslı ÖZDEMİR

JÜRİ ÜYELERİ

<u>Ünvanı, Adı, Soyadı</u>	<u>Üniversitesi</u>	<u>İmza</u>
Doç.Dr.Aslı ÖZDEMİR	DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ	
Prof.Dr.Onur ÖZVERİ	DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ	
Doç.Dr.Güzin ÖZDAĞOĞLU	DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ	
Doç.Dr.Emre GÜLER	İZMİR KATİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ	
Doç.Dr.İrfan ERTUĞRUL	PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ	

Oybirliği (X)

Oy Çokluğu ()

ENVER ÇAKIN tarafından hazırlanmış ve sunulmuş "Ülkelerin İnovasyon Performansının Ölçülmesinde Yapay Sinir Ağları, Bulanık Dematel Tabanlı Analitik Ağ Süreci ve Ağırlık Kısıtlı Veri Zarflama Analizi Yaklaşımlarının Bütünleşik Olarak Kullanılması; Bir Uygulama" başlıklı tezi kabul edilmiştir.

Prof. Dr. M. Banu DURUKAN SALI
Müdür

YEMİN METNİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “**Ülkelerin İnovasyon Performansının Ölçülmesinde Yapay Sinir Ağları, Bulanık Dematel Tabanlı Analitik Ağ Süreci ve Ağırlık Kısıtlı Veri Zarflama Analizi Yaklaşımlarının Bütünleşik Olarak Kullanılması ve Bir Uygulama**” adlı çalışmanın, tarafımdan, akademik kurallara ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

...../...../.....

Enver ÇAKIN

ÖZET

Doktora Tezi

Ülkelerin İnovasyon Performansının Ölçülmesinde Yapay Sinir Ağları, Bulanık Dematel Tabanlı Analitik Ağ Süreci ve Ağırlık Kısıtlı Veri Zarflama Analizi Yaklaşımlarının Bütünleşik Olarak Kullanılması ve Bir Uygulama

Enver ÇAKIN

Dokuz Eylül Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

İşletme Anabilim Dalı

İşletme Programı

Çevresel değişimlerin hız kazandığı günümüz koşullarında rekabet ortamı uluslararası seviyeye taşınmış ve ülkeler de birbirleriyle rekabet eder konuma gelmeye başlamıştır. Ülkelerin diğer ülkelere göre güçlü bir ekonomik sisteme sahip olması ve sürdürülebilir bir büyüme elde etmesi için son yıllarda önem verdikleri ve stratejik bir kaynak olarak kullandıkları önemli rekabet araçlarından biri Ar-Ge ve inovasyona yönelik faaliyetlerdir. Tüm ülkeler Ar-Ge ve inovasyon konusunda sürekli yatırımlar yapmakta, konu ile ilgili farkındalık çalışmaları düzenlemekte ve inovasyonu teşvik edici politikalar geliştirmektedirler.

Bu çalışmada, Yapay Sinir Ağları (YSA), Bulanık DEMATEL Tabanlı Analitik Ağ Süreci (BDANP) ve Ağırlık Kısıtlı Veri Zarflama Analizi (AKVZA) yaklaşımlarını bütünleşik olarak kullanarak ülkelerin inovasyon performansını ölçen bir model geliştirilmiştir. Küresel İnovasyon Endeksi raporları kapsamında ele alınan 21 adet inovasyon performans göstergesi dikkate alınarak öncelikle YSA ile bu kriterler arasındaki ilişkiler belirlenmiştir. Daha sonra bu ilişkiler BDANP yönteminde kullanılarak kriterlerin önem dereceleri hesaplanmış ve son olarak da bu önem dereceleri ağırlık kısıtı olarak AKVZA yönteminde kullanılarak toplam 104 ülkenin 2012, 2013, 2014 ve 2015

yıllarındaki inovasyon performansları ölçülmüştür. Çalışmadan elde edilen sonuçlar hem Küresel İnovasyon Endeksi hem de klasik VZA sonuçları ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Önerilen modelin klasik yöntemlere göre daha gerçekçi, daha objektif çözümler sunduğu ve performansı daha yüksek olan ülkeleri daha iyi ayırt ettiği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yapay Sinir Ağları, Bulanık DEMATEL Tabanlı Analitik Ağ Süreci, Ağırlık Kısıtlı Veri Zarflama Analizi, Güven Bölgesi, İnovasyon Performansı



ABSTRACT

Doctoral Thesis

Doctor of Philosophy (PhD)

**Hybrid Usage of Artificial Neural Network, Fuzzy DANP and Assurance Region
DEA Model for Measuring Innovation Performance of Country**

Enver ÇAKIN

Dokuz Eylöl University

Graduate School of Social Sciences

Department of Business Administration

Business Administration Program

In today's conditions where environmental changes accelerate, the competitive environment has moved to international level and countries have begun to compete with each other. One of the important competitive tools that countries have given importance in recent years and used as a strategic resource in order to have a stronger economic system than other countries and to achieve sustainable growth are R&D and innovation oriented activities. All countries invest in R&D and innovation continuously, organize awareness studies about it and develop policies that encourage innovation.

In this study, a model is developed to measure the innovation performance of countries using Artificial Neural Networks (ANN), Fuzzy DEMATEL Based Analytical Network Process (FDANP) and Assurance Region Data Envelopment Analysis (DEA/AR). Taking into account the 21 innovation performance indicators studied in the Global Innovation Index reports, the relationship between these criteria is determined with YSA firstly. Then these relations are used in the FDANP method and the importance ratings of the criteria are calculated and finally, these importance scores are used as a weight constraint in the DEA/AR method to measure the innovation performances of 104 countries in 2012, 2013, 2014 and 2015. The results obtained from the study

are examined comparatively with both the Global Innovation Index and the classical DEA results. It is concluded that the proposed model offers more realistic, more objective solutions than classical methods and even better distinguishes countries that have a higher performance.

Keywords: Artificial Neural Networks, Fuzzy DEMATEL Based Analytic Network Process, Weighted Constrained Data Envelopment Analysis, Assurance Region, Innovation Performance



**ÜLKELERİN İNOVASYON PERFORMANSININ ÖLÇÜLMESİNDE YAPAY
SİNİR AĞLARI, BULANIK DEMATEL TABANLI ANALİTİK AĞ SÜRECİ
VE AĞIRLIK KISITLI VERİ ZARFLAMA ANALİZİ YAKLAŞIMLARININ
BÜTÜNLEŞİK OLARAK KULLANILMASI VE BİR UYGULAMA**

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	ii
YEMİN METNİ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR	xv
TABLolar LİSTESİ	xvi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xx
EKLER LİSTESİ	xxvi
 GİRİŞ	 1

**BİRİNCİ BÖLÜM
YAPAY SİNİR AĞLARI**

1.1. YAPAY ZEKA VE YAPAY ZEKA TEKNOLOJİLERİ	4
1.2. YAPAY SİNİR AĞLARI TANIMI VE ÖZELLİKLERİ	8
1.3. YAPAY SİNİR AĞLARININ TARİHSEL GELİŞİMİ	13
1.4. YAPAY SİNİR AĞLARININ GÜÇLÜ VE ZAYIF YÖNLERİ	17
1.5. YAPAY SİNİR AĞLARININ TEMEL BİLEŞENLERİ	19
1.5.1. Biyolojik Sinir Hücresi	20
1.5.2. Yapay Sinir Hücresi	21
1.6. YAPAY SİNİR AĞLARININ SINIFLANDIRILMASI	25
1.6.1. Mimari Yapılarına Göre YSA'lar	25

1.6.2. Öğrenme Metotlarına Göre YSA'lar	27
1.6.3. Kullanım Amaçlarına Göre YSA'lar	29
1.6.4. Öğrenme Zamanına Göre YSA'lar	30
1.7. YAPAY SİNİR AĞLARINDA ÖĞRENME VE TEMEL ÖĞRENME KURALLARI	30
1.8. YAPAY SİNİR AĞLARI MODELLERİ	33
1.8.1. Tek Katmanlı Yapay Sinir Ağları	33
1.8.1.1. Basit Algılayıcı Model (Perceptron)	34
1.8.1.2. ADALINE	36
1.8.1.3. MADALINE	38
1.8.2. Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA)	39
1.8.2.1. ÇKA Yapısı ve Temel Elemanları	39
1.8.2.2. Geri Yayılım Algoritması	40
1.8.2.3. Örnek XOR Problemi Çözümü	43
1.8.2.4. ÇKA Tasarımında Önemli Unsurlar	46
1.8.2.4.1. Değişkenlerin Seçimi ve Örneklerin Belirlenmesi	46
1.8.2.4.2. Veri Normalizasyonu	47
1.8.2.4.3. Katman ve Nöron Sayılarının Belirlenmesi	47
1.8.2.4.4. Aktivasyon Fonksiyonu Seçimi	48
1.8.2.4.5. Başlangıç Ağırlıklarının Belirlenmesi	49
1.8.2.4.6. Eğitim Algoritması	50
1.8.2.4.7. Öğrenme Oranı ve Momentum Katsayısı	50
1.8.2.4.8. Ağırlıkları Güncelleme Sıklığı	51
1.8.2.4.9. Eğitimi Durdurma	51
1.8.2.4.10. Ağ Performansının Belirlenmesi	52
1.8.2.4.11. Ağın Genelleme Yeteneği	52
1.8.3. LVQ (Learning Vektor Quantization) Ağları	53
1.8.4. ART (Adaptive Resonance Theory) Ağları	54
1.8.5. Diğer Yapay Sinir Ağları	55
1.8.5.1. SOM (Self-Organizing Map) Ağı	55
1.8.5.2. Hopfield Ağı	55
1.8.5.3. Elman ve Jordan Ağları	56

1.9. YAPAY SİNİR AĞLARINDA AĞIN DAVRANIŞININ AÇIKLANMASI	56
1.9.1. Yapay Sinir Ağları Kara Kutu Benzetmesi	57
1.9.2. Girdilerin Önem Düzeyini Belirleyen Yöntemler	57
1.9.2.1. Sinir Yorumlama Şeması (Neural Interpretation Diagram)	58
1.9.2.2. Garson Algoritması	59
1.9.2.3. İlişkili Ağırlıklar Yöntemi (Connections Weights)	60
1.9.2.4. Kısmi Türevler Yöntemi (Partial Derivates)	62
1.9.2.5. Perturb Yöntemi	63
1.9.2.6. Profile Yöntemi	63
1.9.2.7. Stepwise Yöntemi	64
1.10. YAPAY SİNİR AĞLARI UYGULAMALARINA İLİŞKİN LİTERATÜR TARAMASI	65

İKİNCİ BÖLÜM

BULANIK DEMATEL TABANLI ANALİTİK AĞ SÜRECİ

2.1. BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI	74
2.1.1. Bulanık Küme Teorisi	75
2.1.1.1. Üyelik Fonksiyonları	76
2.1.1.2. Bulanık Kümelerde İşlemler	77
2.1.1.3. Bulanık Sayılar ve Çeşitleri	79
2.1.1.4. Dilsel Değişkenler ve Belirsizlik	81
2.1.2. Bulanık Çıkarım Sistemi	82
2.1.2.1. Bulanıklaştırma	83
2.1.2.2. Kural Tabanlı Çıkarım	84
2.1.2.3. Durulaştırma	85
2.1.3. Bulanık Mantık Uygulamalarına İlişkin Literatür Taraması	86
2.2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ	88
2.2.1. Analitik Ağ Süreci (ANP)	90
2.2.2. DEMATEL Yöntemi	92
2.2.3. DEMATEL Tabanlı Analitik Ağ Süreci Yöntemi (DANP)	95
2.2.4. Bulanık DEMATEL Yöntemi	98

2.2.5. Bulanık DEMATEL Tabanlı Analitik Ağ Süreci Yöntemi (Bulanık DANP)	100
2.2.6. DANP ve Bulanık DANP Yöntemlerinin Uygulamalarına İlişkin Literatür Taraması	101

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

AĞIRLIK KISITLI VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

3.1. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ GENEL YAPISI VE ÖZELLİKLERİ	107
3.2. VERİ ZARFLAMA ANALİZİNDE KULLANILAN TEMEL KAVRAMLAR	110
3.3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ TARİHSEL GELİŞİMİ	112
3.4. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ UYGULAMA AŞAMALARI	114
3.4.1. Karar Verme Birimlerinin Belirlenmesi	115
3.4.2. Girdi ve Çıktıların Belirlenmesi	115
3.4.3. Model Seçimi ve Sonuçların Yorumlanması	116
3.4.4. Referans Grupları	117
3.5. VERİ ZARFLAMA ANALİZİNDE KULLANILAN MODELLER	117
3.5.1. CCR Modeli	118
3.5.2. BCC Modeli	121
3.5.3. Süperetkinlik (Reduced CCR) Modeli-RCCR	123
3.5.4. Güven Bölgesi (Assurance Region) Modeli-CCR/AR	124
3.6. AĞIRLIK KISITLI VERİ ZARFLAMA ANALİZİ UYGULAMALARINA İLİŞKİN LİTERATÜR TARAMASI	127

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ÜLKELERİN İNOVASYON PERFORMANSININ ÖLÇÜLMESİNE YÖNELİK UYGULAMA

4.1. İNOVASYON VE ÜLKELER AÇISINDAN ÖNEMİ	134
4.2. İNOVASYON PERFORMANSININ ÖLÇÜLMESİNE YÖNELİK GELİŞTİRİLEN MODELLER	137

4.2.1. Makro Düzeyde İnovasyon Performansını Ölçen Modeller	138
4.2.2. Mikro Düzeyde İnovasyon Performansını Ölçen Modeller	140
4.3. YAPAY SİNİR AĞLARI, BULANIK DANP VE AĞIRLIK KISITLI VERİ ZARFLAMA ANALİZİ YÖNTEMLERİ İLE İNOVASYON PERFORMANSININ ÖLÇÜLMESİ	142
4.3.1. Araştırmanın Amacı ve Yöntemi	142
4.3.2. Yapay Sinir Ağları İle Değişkenler Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi	147
4.3.2.1. Politik Çevre Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi	149
4.3.2.2. Düzenleyici Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi	153
4.3.2.3. İş Çevresi Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi	157
4.3.2.4. Eğitim Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi	161
4.3.2.5. Yükseköğretim Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi	165
4.3.2.6. Araştırma & Geliştirme Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi	169
4.3.2.7. Bilgi ve İletişim Teknolojileri Altyapısı Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi	173
4.3.2.8. Genel Altyapı Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi	177
4.3.2.9. Ekolojik Sürdürülebilirlik Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi	181
4.3.2.10. Kredi Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi	185
4.3.2.11. Yatırım Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi	189
4.3.2.12. Ticaret & Rekabet Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi	193

4.3.2.13. Bilgi İşçileri Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi	197
4.3.2.14. İnovasyon Bağlantıları Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi	201
4.3.2.15. Bilginin Özümsemesi Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi	205
4.3.2.16. Bilginin Üretimi Değişkeni Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi	209
4.3.2.17. Bilginin Etkisi Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi	213
4.3.2.18. Bilginin Yayılımı Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi	217
4.3.2.19. Maddi Olmayan Duran Varlıklar Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi	221
4.3.2.20. Yaratıcı Mallar ve Hizmetler Değişkeni Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi	225
4.3.2.21. Çevrimiçi Yaratıcılık Değişkeni Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi	229
4.3.2.22. Kurumlar Ana Değişkenini Etkileyen Ana Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi	233
4.3.2.23. İnsan Kaynağı ve Araştırma Ana Değişkenini Etkileyen Ana Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi	237
4.3.2.24. Altyapı Ana Değişkenini Etkileyen Ana Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi	241
4.3.2.25. Pazar Gelişmişliği Ana Değişkenini Etkileyen Ana Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi	245
4.3.2.26. İş Çevresi Gelişmişliği Ana Değişkeni Etkileyen Ana Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi	249
4.3.2.27. Bilgi ve Teknoloji Ana Değişkeni Etkileyen Ana Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi	253
4.3.2.28. Yaratıcılık Ana Değişkeni Etkileyen Ana Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi	257

4.3.3. Bulanık DANP ile Değişkenlerin Ağırlıklandırılması	261
4.3.4. Ağırlık Kısıtlı Veri Zarflama Analizi ile İnovasyon Performansının Ölçülmesi	267
4.3.5. Araştırma Bulguları	268
4.3.5.1. Araştırma Sonuçların Küresel İnovasyon Endeksi Sonuçları ile Karşılaştırılması	270
4.3.5.2. Yıllara Göre İnovasyon Performansının Karşılaştırılması	271
4.3.5.3. Bölgelere Göre Ülkelerin İnovasyon Performansının Karşılaştırılması	272
4.3.5.4. Gelir Sınıfına Göre Ülkelerin İnovasyon Performansının Karşılaştırılması	274
4.3.5.5. Girişimcilik Endeksine Göre Ülkelerin İnovasyon Performansının Karşılaştırılması	275
SONUÇ	278
KAYNAKÇA	284
EKLER	

KISALTMALAR

ADALINE	Adaptif Doğrusal Eleman (Adaptive Linear Element)
AHP	Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytic Hierarchy Process)
ANP	Analitik Ağ Süreci (Analytic Network Process)
AR	Güven Bölgesi (Assurance Region)
ART	Adaptif Rezonans Teori
ÇAKV	Çok Amaçlı Karar Verme
ÇKA	Çok Katmanlı Algılayıcı
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
ÇNKV	Çok Nitelikli Karar Verme
DANP	DEMATEL Tabanlı Analitik Ağ Süreci
DEMATEL	Karar Verme ve Değerlendirme Laboratuar Metodu (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory Method)
ELECTRE	Gerçeği Yansıtan Eleme ve Seçim Yöntemi (Elimination Et Choix Traduisant la Realité)
GII	Küresel İnovasyon Endeksi (Global Innovation Index)
GSYH	Gayrisafi Yurtiçi Hasıla
HKO	Hata Kareleri Ortalaması
KVB	Karar Verme Birimi
LVQ	Öğrenen Vektör Ayırıcısı (Learning Vektor Quantization)
MADALINE	Çok Katmanlı ADALINE (Multilayer ADALINE)
NID	Sinir Yorumlama Şeması (Neural Interpretation Diagram)
PROMETHEE	Zenginleştirme Değerlendirmesi için Tercih Sıralama Organizasyon Yöntemi (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation)
SOM	Özörgütlemeli Harita Ağları (Self-Organizing Map)
TOPSIS	İdeal Çözüme Benzerliklere Göre Tercih Sıralama Tekniği (The Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
VZA	Veri Zarflama Analizi
YSA	Yapay Sinir Ağları

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: Geleneksel Bilgi İşleme ve YSA Yöntemlerinin Karşılaştırılması	s. 10
Tablo 2: Kullanım Amaçlarına Göre Yapay Sinir Ağları	s. 29
Tablo 3: XOR Tablosu	s. 43
Tablo 4: XOR Probleminin Çözümü	s. 46
Tablo 5: Girdi Katmanı ile Gizli Katmanı Arasındaki Ağırlıklar	s. 61
Tablo 6: Gizli Katman ile Çıktı Katmanı Arasındaki Ağırlıklar	s. 61
Tablo 7: Ağırlıkların Çarpım Değerleri	s. 61
Tablo 8: İlişkili Ağırlıklar Yöntemi	s. 62
Tablo 9: Garson Algoritması	s. 62
Tablo 10: Yaygın Olarak Kullanılan Üyelik Fonksiyonları	s. 77
Tablo 11: Bulanık Kümeler	s. 78
Tablo 12: Örnek Bulanık Kurallar	s. 84
Tablo 13: ANP Sürecinde Kullanılan Temel Ölçekler	s. 91
Tablo 14: Değerlendirme Puanları	s. 93
Tablo 15: Bulanık Karşılaştırma Skalası	s. 98
Tablo 16: CCR Dual Modeller	s. 120
Tablo 17: BCC Primal Modeller	s. 123
Tablo 18: Çalışma Kapsamında Dikkate Alınan Kriterler	s. 143
Tablo 19: Alt Kriterlere İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler	s. 146
Tablo 20: Ana Kriterlere İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler	s. 147
Tablo 21: Politik Çevre Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler	s. 149
Tablo 22: Politik Çevre Değişkeninin Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri	s. 152
Tablo 23: Düzenleyici Çevre Değişkeni İlişkin Yapılan Denemeler	s. 153
Tablo 24: Düzenleyici Çevre Değişkeninin Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri	s. 156
Tablo 25: İş Çevresi Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler	s. 157
Tablo 26: İş Çevresi Değişkeninin Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri	s. 160
Tablo 27: Eğitim Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler	s. 161
Tablo 28: Eğitim Değişkeninin Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri	s. 164

Tablo 29: Yükseköğretim Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler	s. 165
Tablo 30: Yükseköğretim Değişkeninin Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri	s. 168
Tablo 31: Araştırma & Geliştirme Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler	s. 169
Tablo 32: Araştırma & Geliştirme Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri	s. 172
Tablo 33: BİT Altyapısı Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler	s. 173
Tablo 34: BİT Altyapısı Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri	s. 176
Tablo 35: Genel Altyapı Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler	s. 177
Tablo 36: Genel Altyapı Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri	s. 180
Tablo 37: Ekolojik Sürdürülebilirlik Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler	s. 181
Tablo 38: Ekolojik Sürdürülebilirlik Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri	s. 184
Tablo 39: Kredi Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler	s. 185
Tablo 40: Kredi Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri	s. 188
Tablo 41: Yatırım Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler	s. 189
Tablo 42: Yatırım Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri	s. 192
Tablo 43: Ticaret & Rekabet Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler	s. 193
Tablo 44: Ticaret & Rekabet Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri	s. 196
Tablo 45: Bilgi İşçileri Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler	s. 197
Tablo 46: Bilgi İşçileri Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri	s. 200
Tablo 47: İnovasyon Bağlantıları Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler	s. 201
Tablo 48: İnovasyon Bağlantıları Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri	s. 204
Tablo 49: Bilginin Özümzenmesi Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler	s. 205
Tablo 50: Bilginin Özümzenmesi Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri	s. 208
Tablo 51: Bilginin Üretimi Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler	s. 209

Tablo 52: Bilginin Üretimi Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri	s. 212
Tablo 53: Bilginin Etkisi Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler	s. 213
Tablo 54: Bilginin Etkisi Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri	s. 216
Tablo 55: Bilginin Yayılımı Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler	s. 217
Tablo 56: Bilginin Yayılımı Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri	s. 220
Tablo 57: Maddi Olmayan Duran Varlıklar Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler	s. 221
Tablo 58: Maddi Olmayan Duran Varlıklar Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri	s. 224
Tablo 59: Yaratıcı Mallar ve Hizmetler Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler	s. 225
Tablo 60: Yaratıcı Mallar ve Hizmetler Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri	s. 228
Tablo 61: Çevrimiçi Yaratıcılık Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler	s. 229
Tablo 62: Çevrimiçi Yaratıcılık Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri	s. 232
Tablo 63: Kurumlar Ana Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler	s. 233
Tablo 64: Kurumlar Ana Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri	s. 236
Tablo 65: İnsan Kaynağı ve Araştırma Ana Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler	s. 237
Tablo 66: İnsan Kaynağı ve Araştırma Ana Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri	s. 240
Tablo 67: Altyapı Ana Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler	s. 241
Tablo 68: Altyapı Ana Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri	s. 244
Tablo 69: Pazar Gelişmişliği Ana Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler	s. 245
Tablo 70: Pazar Gelişmişliği Ana Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri	s. 248
Tablo 71: İş Çevresi Gelişmişliği Ana Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler	s. 249

Tablo 72: İş Çevresi Gelişmişliği Ana Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri	s. 252
Tablo 73: Bilgi ve Teknoloji Ana Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler	s. 253
Tablo 74: Bilgi ve Teknoloji Ana Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri	s. 256
Tablo 75: Yaratıcılık Ana Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler	s. 257
Tablo 76: Yaratıcılık Ana Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri	s. 260
Tablo 77: YSA-Bulanık DANP Dönüştürme Süreci	s. 262
Tablo 78: Ana Kriterlere İlişkin Bulanık Direkt İlişki Matrisi	s. 262
Tablo 79: Ana Kriterlere İlişkin Bulanık Normalize Direkt İlişki Matrisi	s. 263
Tablo 80: Ana Kriterlere İlişkin Bulanık Toplam Etki Matrisi	s. 263
Tablo 81: Ana Kriterlere İlişkin Etkileyen ve Etkilenen Değişkenler	s. 264
Tablo 82: Ana Kriterlere İlişkin Başlangıç Süpermatris	s. 265
Tablo 83: Ana Kriterlere İlişkin Limit Süpermatris	s. 265
Tablo 84: Kriterlerin Önem Dereceleri	s. 266
Tablo 85: AR Kısıtlarında Kullanılan Alt ve Üst Limitler	s. 268
Tablo 86: Etkinlik Değerlerine İlişkin Tanımlayıcı İstatistiksel Analizler	s. 269
Tablo 87: RCCR/AR Modeli ile GII Raporu Sonuçlarının Karşılaştırılması	s. 270
Tablo 88: CCR ve CCR/AR Modellerinin Yıllara Göre Karşılaştırılması	s. 271
Tablo 89: CCR ve CCR/AR Modellerinin Karşılaştırılması	s. 272
Tablo 90: ANOVA ve Robust Testi Sonuçları	s. 273
Tablo 91: Tamhane Testi Sonuçları	s. 273
Tablo 92: ANOVA Testi Sonuçları	s. 274
Tablo 93: Bonferroni ve Tamhane Testi Sonuçları	s. 275
Tablo 94: Korelasyon Analizi Sonuçları	s. 276

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Basit Bir YSA Yapısı	s. 9
Şekil 2: Biyolojik Sinir Yapısı	s. 20
Şekil 3: Yapay Sinir Hücresi Yapısı	s. 22
Şekil 4: Farklı Yapılardaki Transfer Fonksiyonları	s. 24
Şekil 5: Çok Katmanlı İleri Beslemeli Ağ Yapısı	s. 26
Şekil 6: Geri Beslemeli Ağ Yapısı	s. 26
Şekil 7: Danışmanlı Öğrenme Sistemi	s. 28
Şekil 8: Danışmansız Öğrenme Sistemi	s. 28
Şekil 9: Tek Katmanlı Ağ Yapısı	s. 33
Şekil 10: Perceptron Modeli	s. 35
Şekil 11: ADALINE Modeli	s. 36
Şekil 12: MADALINE Ağ Yapısı	s. 38
Şekil 13: ÇKA Yapısı	s. 40
Şekil 14: İleri Doğru Hesaplama	s. 44
Şekil 15: Başlangıç Ağırlıklarının Ağın Performansına Etkisi	s. 49
Şekil 16: Sinir Ağlarının Modellenmesinde Sinir Yorumlama Şeması	s. 59
Şekil 17: Klasik ve Bulanık Kümeler	s. 76
Şekil 18: Bulanık Kümelerde Birleşim, Kesişim ve Tümleme İşlemleri	s. 79
Şekil 19: Yaş Dilsel Değişkeninin Bulanık Kümeleri	s. 82
Şekil 20: Bulanık Çıkarım Sistemi	s. 83
Şekil 21: Çok Kriterli Karar Verme Süreci Adımları	s. 89
Şekil 22: Yıllara Göre Gerçekleştirilen Çalışma Sayısı	s. 114
Şekil 23: Bazı Ülkelerin Ar-Ge Harcamalarının GSYH'ya Oranı	s. 135
Şekil 24: Bazı Ülkelerdeki Ar-Ge Faaliyetlerinde Çalışan Personel Sayısı	s. 136
Şekil 25: Yıllara Göre Ar-Ge Harcamasının GSYH İçindeki Payı	s. 137
Şekil 26: Avrupa İnovasyon Skorbordu İnovasyon Göstergeleri	s. 138
Şekil 27: Çalışmanın Uygulama Süreci	s. 145
Şekil 28: Politik Çevre Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği	s. 150
Şekil 29: Politik Çevre Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri	s. 150

Şekil 30: Politik Çevre Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması	s. 151
Şekil 31: Düzenleyici Çevre Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği	s. 154
Şekil 32: Düzenleyici Çevre Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri	s. 154
Şekil 33: Düzenleyici Çevre Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması	s. 155
Şekil 34: İş Çevresi Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği	s. 158
Şekil 35: İş Çevresi Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri	s. 158
Şekil 36: İş Çevresi Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması	s. 159
Şekil 37: Eğitim Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği	s. 162
Şekil 38: Eğitim Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri	s. 162
Şekil 39: Eğitim Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması	s. 163
Şekil 40: Yükseköğretim Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği	s. 166
Şekil 41: Yükseköğretim Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri	s. 166
Şekil 42: Yükseköğretim Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması	s. 167
Şekil 43: Araştırma & Geliştirme Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği	s. 170
Şekil 44: Araştırma & Geliştirme Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri	s. 170
Şekil 45: Araştırma & Geliştirme Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması	s. 171
Şekil 46: BİT Altyapısı Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği	s. 174
Şekil 47: BİT Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri	s. 174
Şekil 48: BİT Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması	s. 175
Şekil 49: Genel Altyapı Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği	s. 178
Şekil 50: Genel Altyapı Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri	s. 178
Şekil 51: Genel Altyapı Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması	s. 179

Şekil 52: Ekolojik Sürdürülebilirlik Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği	s. 182
Şekil 53: Ekolojik Sürdürülebilirlik Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri	s. 182
Şekil 54: Ekolojik Sürdürülebilirlik Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması	s. 183
Şekil 55: Kredi Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği	s. 186
Şekil 56: Kredi Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri	s. 186
Şekil 57: Kredi Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması	s. 187
Şekil 58: Yatırım Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği	s. 190
Şekil 59: Yatırım Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri	s. 190
Şekil 60: Yatırım Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması	s. 191
Şekil 61: Ticaret & Rekabet Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği	s. 194
Şekil 62: Ticaret & Rekabet Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri	s. 194
Şekil 63: Ticaret & Rekabet Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması	s. 195
Şekil 64: Bilgi İşçileri Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği	s. 198
Şekil 65: Bilgi İşçileri Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri	s. 198
Şekil 66: Bilgi İşçileri Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması	s. 199
Şekil 67: İnovasyon Bağlantıları Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği	s. 202
Şekil 68: İnovasyon Bağlantıları Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri	s. 202
Şekil 69: İnovasyon Bağlantıları Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması	s. 203
Şekil 70: Bilginin ÖzümSENmesi Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği	s. 206
Şekil 71: Bilginin ÖzümSENmesi Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri	s. 206
Şekil 72: Bilginin ÖzümSENmesi Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması	s. 207

Şekil 73: Bilginin Üretimi Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği	s. 210
Şekil 74: Bilginin Üretimi Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri	s. 210
Şekil 75: Bilginin Üretimi Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması	s. 211
Şekil 76: Bilginin Etkisi Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği	s. 214
Şekil 77: Bilginin Etkisi Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri	s. 214
Şekil 78: Bilginin Etkisi Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması	s. 215
Şekil 79: Bilginin Yayılımı Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği	s. 218
Şekil 80: Bilginin Yayılımı Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri	s. 218
Şekil 81: Bilginin Yayılımı Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması	s. 219
Şekil 82: Maddi Olmayan Duran Varlıklar Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği	s. 222
Şekil 83: Maddi Olmayan Duran Varlıklar Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri	s. 222
Şekil 84: Maddi Olmayan Duran Varlıklar Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması	s. 223
Şekil 85: Yaratıcı Mallar ve Hizmetler Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği	s. 226
Şekil 86: Yaratıcı Mallar ve Hizmetler Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri	s. 226
Şekil 87: Yaratıcı Mallar ve Hizmetler Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması	s. 227
Şekil 88: Çevrimiçi Yaratıcılık Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği	s. 230
Şekil 89: Çevrimiçi Yaratıcılık Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri	s. 230
Şekil 90: Çevrimiçi Yaratıcılık Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması	s. 231
Şekil 91: Kurumlar Ana Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği	s. 234
Şekil 92: Kurumlar Ana Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri	s. 234

Şekil 93: Kurumlar Ana Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması	s. 235
Şekil 94: İnsan Kaynağı ve Araştırma Ana Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği	s. 238
Şekil 95: İnsan Kaynağı ve Araştırma Ana Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri	s. 238
Şekil 96: İnsan Kaynağı ve Araştırma Ana Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması	s. 239
Şekil 97: Altyapı Ana Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği	s. 242
Şekil 98: Altyapı Ana Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri	s. 242
Şekil 99: Altyapı Ana Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması	s. 243
Şekil 100: Pazar Gelişmişliği Ana Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği	s. 246
Şekil 101: Pazar Gelişmişliği Ana Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri	s. 246
Şekil 102: Pazar Gelişmişliği Ana Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması	s. 247
Şekil 103: İş Çevresi Gelişmişliği Ana Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği	s. 250
Şekil 104: İş Çevresi Gelişmişliği Ana Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri	s. 250
Şekil 105: İş Çevresi Gelişmişliği Ana Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması	s. 251
Şekil 106: Bilgi ve Teknoloji Ana Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği	s. 254
Şekil 107: Bilgi ve Teknoloji Ana Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri	s. 254
Şekil 108: Bilgi ve Teknoloji Ana Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması	s. 255
Şekil 109: Yaratıcılık Ana Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği	s. 258
Şekil 110: Yaratıcılık Ana Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri	s. 258
Şekil 111: Yaratıcılık Ana Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması	s. 259

Şekil 112: CCR ile GEI Arasındaki İlişki Grafiği

s. 276

Şekil 113: CCR/AR ile GEI Arasındaki İlişki Grafiği

s. 276



EKLER LİSTESİ

EK 1: Alt Kriterlere İlişkin YSA Katsayılarının Bulanık DANP Katsayılarına Dönüşümü	ek s. 1
EK 2: Ana Kriterlere İlişkin YSA Katsayılarının Bulanık DANP Katsayılarına Dönüşümü	ek s. 8
EK 3: Alt Kriterlere İlişkin Bulanık Direkt İlişki Matrisi	ek s. 9
EK 4: Bulanık Normalize Direkt İlişki Matrisi	ek s. 10
EK 5: Bulanık Toplam Etki Matrisi	ek s. 11
EK 6: Durulaştırılmış Bulanık Toplam Etki Matrisi	ek s. 12
EK 7: Bulanık Başlangıç Süpermatrisi	ek s. 13
EK 8: Bulanık Ağırlıklandırılmış Süpermatris	ek s. 14
EK 9: Bulanık Limit Süpermatris	ek s. 15
EK 10: Girdi ve Çıktı Değişkenlerine İlişkin Veriler (2012)	ek s. 16
EK 11: Girdi ve Çıktı Değişkenlerine İlişkin Veriler (2013)	ek s. 18
EK 12: Girdi ve Çıktı Değişkenlerine İlişkin Veriler (2014)	ek s. 20
EK 13: Girdi ve Çıktı Değişkenlerine İlişkin Veriler (2015)	ek s. 22
EK 14: Ağırlık Kısıtlarına İlişkin Matris	ek s. 24
EK 15: Etkinlik Değerleri	ek s. 29
EK 16: Etkinlik Sıralamaları	ek s. 30

GİRİŞ

Son yıllarda yaşanan yıkıcı rekabet ortamında işletmeler gibi ülkeleri de geleceğe taşıyacak en önemli unsurlardan biri inovasyondur. Bu nedenle ülkelerde artık Ar-Ge ve inovasyon faaliyetlerine daha fazla kaynak ayırarak rekabet avantajı sağlamak istemektedirler. Yeterli kaynak ayırmanın yanı sıra bu kaynakların gerçekten etkin ve verimli kullanılıp kullanılmadığını ölçmek için dönemsel olarak performans değerlendirilmesi yapılması gerekmektedir. Ülkelerin inovasyon performansının ölçülmesi, ülkelerin diğer ülkeler arasındaki yerini görmesi, inovasyon göstergeleri arasından hangi alanlara odaklanması ve hedeflere ulaşılıp ulaşılmadığının tespit edilmesi açısından büyük önem arz etmektedir.

Etkinlik, organizasyonların hedeflerine ulaşıp ulaşmadığını kontrol edebilmek, kaynaklarını etkin kullanıp kullanmadığını tespit edebilmek için ölçülen önemli bir performans göstergesidir. Etkinlik ölçümünde basit oran analizi ve regresyon analizi gibi tekniklerin yanında son yıllarda uygulaması gün geçtikçe artan VZA'da sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmada klasik VZA yaklaşımı yerine girdi ve çıktı değişkenlerinin ağırlıklarını dikkate alan ve güven bölgesi modeli olarak adlandırılan AKVZA yaklaşımı ile ülkelerin inovasyon performansının ölçülmesi amaçlanmıştır. AKVZA yaklaşımındaki en önemli güçlüklerden biri olan değişkenlerin ağırlıklarının belirlenmesi sorunu ise YSA ve BDANP yaklaşımlarının birlikte kullanılması ile objektif bir ağırlıklandırma yöntemi önerilerek çözümlenmiştir.

VZA, parametrik olmayan doğrusal programlama tabanlı bir performans değerlendirme aracı olarak birçok uygulamada kullanılmaktadır. Benzer girdileri kullanarak benzer çıktıları üreten karar verme birimlerinin etkinliklerini ölçen bir yöntemdir. Klasik VZA modellerinin aksine güven bölgesi modeliyle girdi ve çıktı değişkenlerinin ağırlıklarına sınırlar konması sağlanmaktadır. Böylelikle girdi ve çıktı değişkenlerinin önem dereceleri dikkate alınmakta, karar vericiler için önemli değişkenler ile önemsiz değişkenler birbirinden ayırt edilmektedir. Bu değişkenlerin önem derecelerinin belirlenmesi modelin tutarlı çözüm üretmesi açısından çok önemli bir konudur. Literatür incelendiğinde, bu ağırlıkların belirlenmesinde karar vericilerden, piyasa verilerinden ya da ağırlıklandırma tekniklerinden (AHP, ANP

vb.) faydalanılmaktadır. Ancak tüm bu yöntemler subjektif bir bakış açısına neden olmaktadır. Bu dezavantajı gidermek için girdi ve çıktı verileri arasındaki ilişkiler dikkate alınarak YSA ve Bulanık DANP ile değişkenlerin önem dereceleri belirlenmiştir.

YSA, insan beyninin en önemli fonksiyonlarından biri olan öğrenme yeteneğini bilgisayarlara ve makinelere kazandıran yapay zeka tekniklerinden biridir. YSA, geçmişteki örnekleri öğrenerek gelecek için yorumlar ve tahminler yapabilen sistemlerdir. Özellikle sosyal bilimlerde tahmin, sınıflandırma ve zaman serisi analizlerinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada YSA, diğer çalışmalardan farklı olarak değişkenler arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla kullanılmıştır. YSA’da girdilerin önem düzeylerini belirleyen yöntemlerden biri olan “perturb” yöntemi kullanılarak herbir değişkeninin diğer değişkenler üzerindeki etkileri incelenmiştir.

BDANP yöntemi ise Bulanık DEMATEL ve DEMATEL Tabanlı Analitik Ağ Süreci (DANP) yöntemlerinin kombinasyonu olarak ortaya çıkmış yeni bir çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. Hem kriterler arasındaki ilişkilerin hem de kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesini sağlayan bir yöntemdir.

Bu çalışma ile ilk defa YSA, BDANP ve AKVZA yaklaşımları birlikte kullanılarak performans ölçümünde uygulanmıştır. Klasik VZA yerine değişkenlerin ağırlıklarını dikkate alan AKVZA yaklaşımının kullanılması ile daha tutarlı ve daha objektif sonuçlara ulaşılabileceği ortaya konulmuştur. Ayrıca AKVZA’da kullanılan girdi ve çıktı değişkenlerinin alt ve üst limitlerinin, YSA ve BDANP yöntemleri ile birlikte herhangi bir karar vericiye ihtiyaç duymadan da belirlenebileceği gösterilmiştir. YSA, BDANP ve AKVZA yaklaşımları ile birlikte ülkelerin inovasyon performanslarını ölçen objektif bir değerlendirme sistemi kurulması amaçlanmıştır.

Bu amaç ışığında çalışma dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde YSA’nın teorik çerçevesi ele alınmıştır. YSA’nın temel özellikleri, güçlü ve zayıf yönlerine değinildikten sonra YSA’nın temel bileşenleri ve öğrenme kuralları açıklanmıştır. Daha sonra farklı YSA modelleri tanıtılmış ve çalışma kapsamında kullanılan YSA modellerinden Çok Katmanlı Algılayıcı tasarımıdaki dikkat edilecek hususlar belirtilmiştir. YSA’ya getirilen “kara kutu” eleştirisi ele alınmış ve

girdilerin önem düzeyini belirleyen yöntemler açıklanarak konu ile ilgili literatür taraması yapılmıştır.

İkinci bölümde öncelikle bulanık mantık yaklaşımı irdelenmiştir. Bulanık küme teorisi, bulanık çıkarım sistemi ve bulanık mantık uygulamalarına yer verilmiştir. Daha sonra çok kriterli karar verme konusu ele alınarak çok kriterli karar verme yöntemlerinden ANP, DEMATEL, DANP, Bulanık DEMATEL, Bulanık DANP yöntemlerinin teorik çerçeveleri anlatılmış ve DANP ile Bulanık DANP yöntemlerinin uygulamalarına ilişkin literatür taraması ile bu bölüm tamamlanmıştır.

Üçüncü bölümde VZA'nın genel yapısı, özellikleri, tarihsel gelişimi ve uygulama aşamaları açıklandıktan sonra VZA'da kullanılan modellere yer verilmiştir. VZA'da kullanılan modellerden CCR, BCC, Süperetkinlik ve ağırlık kısıtlarını dikkate alan Güven Bölgesi modeli açıklanmıştır. Son olarak çalışma kapsamında kullanılan yöntemlerden biri olan AKVZA yaklaşımının uygulamalarına ilişkin literatürde yapılan çalışmalar irdelenmiştir.

Dördüncü ve son bölüm olan uygulama bölümünde ise, inovasyon ve ülkeler açısından önemi ele alınmış ve hem makro düzeyde hem de mikro düzeyde inovasyon performansını ölçen modeller açıklanmıştır. Daha sonra YSA ile değişkenler arasındaki ilişkiler belirlenmiş, bu ilişkiler kullanılarak Bulanık DANP ile kriterler ağırlıklandırılmış ve bu ağırlıklar kullanılarak AKVZA ile ülkelerin inovasyon performansları ölçülmüştür. Ayrıca sonuçlar Küresel İnovasyon Endeksi ile karşılaştırılmış ve ülkelerin yıllara, bölgelere, gelir sınıfına ve girişimcilik endekslerine göre inovasyon performansları incelenmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

YAPAY SİNİR AĞLARI

1.1. YAPAY ZEKA VE YAPAY ZEKA TEKNOLOJİLERİ

Teknolojik gelişmelerin artması ve küreselleşme ile birlikte dinamik bir çevre yapısı oluşmakta ve bu durum da belirsizliklerin artmasına neden olmaktadır. Bu belirsizlik ortamında ister işletmeler olsun ister kar amacı gütmeyen kuruluşlar ve kamu kurumları olsun tüm organizasyonlar amaçlarına ulaşmak için önemli kararlar vermek durumundadırlar. Bu kararların birçoğu organizasyonların uzun vadede rekabetçi pozisyonlarını etkileyebilecek stratejik nitelikteki kararlardır. Daha etkin, daha tutarlı ve daha hızlı kararlar verebilmek için tüm karar vericiler doğru zamanda, doğru bilgiye hızlı bir şekilde ulaşma ihtiyacı duymaktadırlar. Karar vericilerin karar vermelerine yardımcı olacak bilgi ise, organizasyonun iç ve dış çevresinden toplanan verilerin analiz edildiği ve bilgi haline dönüştüğü bilgi sistemleri yardımıyla elde edilmektedir. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin hızla geliştiği günümüzde bilgi teknolojilerini bilgi sistemlerinden ayrı düşünmek olanaksızdır. Bilgi teknolojileri bilgi üretiminde kullanılan temel araçlar olarak karşımıza çıkmaktadır ve bu araçların en önemlisi de bilgisayarlardır. Bilgisayarlar ilk ortaya çıktığında basit hesaplamaları yapabilen bir hesap makinesi gibi kullanılmış, daha sonraları ise insan tarafından yapılamayacak karmaşık hesaplamaları yapabilen bir araç olmuştur. Son yıllarda ise bilgisayarlar, insanların davranışlarını taklit edebilen, insan gibi düşünebilen, karar verme ve muhakeme yeteneklerine sahip, olaylar arasındaki ilişkileri öğrenebilen ve geleceğe yönelik çözümler üreten bir sistem olarak görülmektedir. Karar vericiler de artık sezgisel kararlardan ziyade bilgiye dayalı daha objektif ve daha bilimsel kararlar vermek istemektedirler. Bu nedenle yapay zekaya olan ilgi sürekli artmakta ve yapay zeka tabanlı bilgi sistemleri gün geçtikçe daha çok kullanılmaya başlanmaktadır.

Bilgisayarlar karmaşık matematiksel hesaplamaları çok hızlı yapabilmelerine rağmen insanların bu hesaplamaları kısa süre içerisinde yapmaları mümkün değildir. Buna karşın insanlar algılama, öğrenme, tanıma, karar verme, muhakeme etme, düşünme gibi birçok davranışı bilgisayarlardan daha hızlı bir şekilde yerine getirirler.

Örneğin; tanıdık bir dostunu gören bir kişi saniyeden daha kısa bir zamanda karşısındaki kişinin kim olduğunu anlar ya da herhangi bir yere gitmek isteyen kişi yönünü rahatlıkla bulabilir. Bu ve buna benzer davranışlar bilgisayarlar ve makineler tarafından kolaylıkla yerine getirilemezler. Ancak son yıllardaki yapay zeka uygulamalarının gelişmesiyle birlikte artık insan gibi düşünen bilgisayarlar ve makineler yapmak mümkündür. Hatta günümüzde birçok sektör ve uygulamalarda yapay zeka önemli bir araç olarak kullanılmaktadır.

İnsanların rahatlıkla yerine getirip bilgisayarların yapamadığı tüm davranışlar insanın sahip olduğu zeka ile yapılmaktadır. Zeka kavramı, etkili öğrenme, adaptif tepki gösterme, tutarlı kararlar verme ve karmaşık bir şekilde dil veya görüntülerle iletişim sağlama yeteneği olarak tanımlanabilir (Kasabov, 1996: 1). Karmaşık problemleri çözmek amacıyla bilgi toplama ve ayrıntılı düşünme yeteneği olarak da ifade edilebilir (Pannu, 2015: 79). Yapay zeka ise, insan zekası gerektiren fonksiyonların insan düzeyinden ya da ondan daha iyi yapan sistemlerdir (Kurzweil, 2005: 204). Zeki makineler, özellikle de zeki bilgisayar programları yapma mühendisliği ve bilimidir (McCarthy, 2007: 2). Luger (2005)'e göre ise yapay zeka, zeki davranışların otomasyonu ile ilgilenen bilgisayar bilimlerinin bir dalıdır (Luger, 2005: 1). Yapay zeka, insan zekasını gerektiren problemlerin çözümünde kullanılan metot, araç ve sistemleri içermektedir. Yapay zekanın asıl amacı, genellikle insanların zihinsel faaliyetleri tarafından çözülebilen görüntü tanıma, dil ve konuşma işleme, planlama ve tahmin gibi problemlerin çözümü için yöntem ve sistemler geliştirerek bilgisayara dayalı bilgi sistemlerinin gelişmesini sağlamaktır. Ayrıca canlı organizmaların özellikle de insan beyninin benzetimini yapan modeller ortaya koymak ve böylece insan beyninin nasıl çalıştığının anlaşılmasına yardımcı olmaktır (Kasabov, 1996: 1).

Yapay zekanın temelleri 1940'larda ortaya atılsa da, henüz yeni bir disiplin olarak kabul edilmektedir. Felsefe, nörobiyoloji, evrimsel biyoloji, psikoloji, ekonomi bilimi, politika bilimi, sosyoloji, antropoloji, kontrol mühendisliği, bilgisayar bilimleri, bilişsel bilim, sosyal bilimler ve daha birçok disiplin yapay zeka konusunda çalışmalarını sürdürmektedir (Poole ve Mackworth, 2010: 9). Bundan dolayı her disiplin kendi bakış açısı ile değerlendirerek yapay zeka kavramına farklı tanımlamalar getirmektedir.

Yapay zeka kavramı ile ilgili literatürde yer alan birçok tanım incelendiğinde aşağıda yer alan dört yaklaşıma dikkat çekilmektedir:

- İnsan gibi düşünen sistemler
- İnsan gibi hareket eden sistemler
- Rasyonel düşünen sistemler
- Rasyonel hareket eden sistemler

İnsan odaklı yaklaşım ile rasyonel odaklı yaklaşım arasında önemli bir farklılık mevcuttur. İnsan odaklı yaklaşım, hipotez ve deneysel doğrulamayı içeren ampirik bir bilim olmalıdır. Rasyonel odaklı yaklaşım ise, matematik ve mühendisliğin bir kombinasyonudur. Bu iki farklı yaklaşım yapay zeka çalışmalarına önemli katkılar sağlamaktadır (Russel ve Norvig, 1995: 4-5).

Yapay zeka terimi ilk olarak, John McCarthy tarafından 1956 yılında insan gibi davranan bilgisayarların yapılması ile ilgilenen bilgisayar bilimlerinin bir dalı olarak kullanılmıştır (Pannu, 2015: 79). Yapay zekanın temelleri, “Makineler düşünebilir mi?” sorusunu ortaya atan ve bilgisayar bilimlerinin kurucusu olarak görülen Alan Turing tarafından ortaya konmuştur. Turing, makinelerin zeki olup olmadıklarını, insan gibi davranıp davranmadıklarını ölçmek için 1950’de yayımlanan makalesinde bir test önermiştir ve bu test “Turing testi” ya da “Imitation game (imitasyon oyunu)” olarak bilinmektedir.

Turing testi, bir sorgulayıcı, bir insan ve bir de yapay zeka içeren bir makine ile test edilmektedir. Sorgulayıcı, konuşmadan ve görmeden insan ve makineye sorular sorar, insan ve makineyi birbirinden ayırt etmeye çalışır. Eğer sorgulayıcı insan ve makineyi birbirinden ayırt edemezse makine testi geçmiş sayılır ve makine zeki olarak kabul edilir (Luger, 2005: 13).

Yapay zeka günümüzde birçok alanda kullanılmaktadır ve gelecekte de insanın tamamen yerini alması beklenmektedir. Konuşma anlama, semantik bilgi işleme, bilgi üretme, sibernetik, sezgisel arama, örüntü tanıma, modelleme, ulaştırma, navigasyon, endüstriyel otomasyon, tarım, balıkçılık, madencilik, savunma sanayi gibi birçok sektör ve uygulamada yapay zeka teknikleri kullanılmaktadır (Pannu, 2015: 80).

Literatürde birçok yapay zeka tekniği olmasına rağmen çalışmada en çok kullanılan yapay zeka ve ilgili teknikleri kısaca ele alınacaktır:

- **Bulanık Mantık:** Bulanık mantık, belirsizlik ortamlarında doğru ve tutarlı karar vermek için kullanılan güçlü bir felsefedir. Olayları her zaman net ifadelerle açıklayamayan insan düşünme şekline çok uygun bir yaklaşım olup, dilsel değişkenlerin sayısal ifadelere dönüştürülmesi temeline dayanmaktadır. Klasik mantıkta iki değerli mantık sistemi geçerliken, bulanık mantıkta çok değerli mantık sistemi kullanılmaktadır. Klasik mantıkta bir eleman bir kümeye ya aittir ya değildir yani kümeye aitlik derecesi ya 0 değerini ya da 1 değerini alır. Ancak bulanık mantıkta bir eleman kısmen bir kümeye kısmen de diğer kümeye ait olabilmekte ve 0 ile 1 arasında değişen üyelik dereceleri alabilmektedir. Klasik mantıkta sıcak-soğuk, uzun-kısa gibi ifadeler kullanılırken bulanık mantıkta biraz sıcak-biraz soğuk, çok uzun-çok kısa gibi kavramlar kullanılmaktadır. İnsanlar da gerçek hayatta belirsizlik durumlarında net ifadeler kullanmayıp kendi kişisel yargılarını düşünme sürecine dahil etmektedir. Bu nedenle bulanık mantık insan düşünce sistemi gibi çalışmaktadır.

- **Yapay Sinir Ağları:** Yapay sinir ağları, insan beyninin nasıl çalıştığı ile ilgili yapılan araştırmalar neticesinde insan beyninden esinlenerek geliştirilmiş önemli bir yöntemdir. Yapay sinir ağlarındaki temel amaç, insan beyninin en önemli fonksiyonlarından biri olan öğrenme yeteneğinin yapay ortamda bilgisayarlara ve makinelere kazandırılmasını sağlamaktır. İnsan gibi düşünen, geçmiş veriler yardımıyla öğrenen ve geleceğe yönelik tahmin ve yorumlamalarda bulunabilen bir sistem oluşturmaktır. Yapay sinir ağları, katmanlardan oluşan ve her katmanda da yapay sinir hücrelerinin bulunduğu paralel çalışabilen ve dinamik doğrusal olmayan sistemlerin modellenmesinde etkin çözümler getiren önemli bir teknolojidir. Yapay sinir ağları, tahminleme, sınıflandırma, ilişkilendirme, optimizasyon amacıyla birçok alanda uygulanmaktadır.

- **Uzman Sistemler:** Uzman sistemler, insan zekası gerektiren problemlerin çözümünde insan bilgisini kullanır. Bilgi tabanlı sistemler olarak da bilinen uzman sistemler, belirli alanlarda uzmanlaşmış bir ya da daha fazla uzman kişinin bilgi ve analitik yeteneklerini içeren bilgisayar programlarıdır. Uzman sistemleri tasarımının amacı, belirli uzmanlık alanlarındaki bilgiyi saklamak ve bu bilgiyi daha az deneyimli kullanıcılara sunmaktır. Uzman sistemler, belirli alanlardaki zor

problemlere bir uzman gibi çözüm getirmede yüksek performans sağlamaktadır (Tripathi, 2011: 19).

- **Genetik Algoritmalar:** Genetik Algoritmalar, 1970'lerde John Holland ve arkadaşları tarafından ortaya atılan evrimsel algoritmaların bir sınıfıdır. Optimizasyon ve arama problemlerine kesin ve yaklaşık çözümler geliştirir. Genetik algoritmalar, biyolojik evrim ve doğal seleksiyon temel ilkelerinden esinlenerek geliştirilen stokastik arama algoritmalarıdır. Hem sürekli hem de kesikli fonksiyon yapılarındaki problemlerin çözümünde başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (Scrucca, 2013: 1-3).

Yapay zeka ve yapay zeka teknolojileri açıklandıktan sonra yapay sinir ağları ve temel özelliklerine değinilecektir.

1.2. YAPAY SİNİR AĞLARI TANIMI VE ÖZELLİKLERİ

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte bilgisayarlar karmaşık ve zor matematiksel hesaplamaları hızlı bir şekilde yerine getiren araçlardan insan gibi düşünen, öğrenen, deneyim kazanan, bilgi üreten ve yorumlayan araçlara dönüşmüştür. İnsan beyninin nasıl düşündüğü, nasıl öğrendiği, olaylar karşısında nasıl tepki verdiği soruları yıllarca tartışma konusu olmuştur. Yapay Sinir Ağları da insan beyninin modellenmesini temel alarak ortaya çıkan ve hemen hemen her alanda uygulaması giderek artan önemli yapay zeka teknolojilerinden biridir.

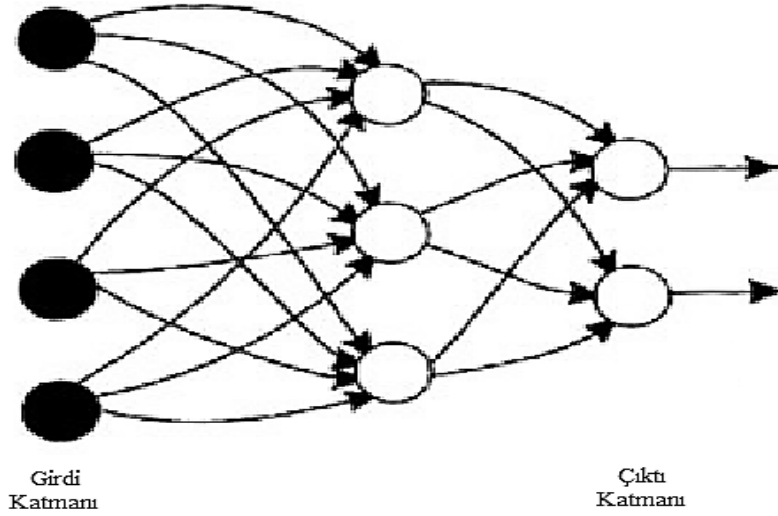
Yapay Sinir Ağları (YSA), biyolojik sinir sisteminden esinlenerek geliştirilmiş bir bilgi işleme paradigmasıdır. Karmaşık ve belirsiz verilerden anlamlı sonuçlar çıkarma gibi önemli bir yeteneğe sahiptir (Zakaria ve diğerleri, 2014: 7). YSA, deneyimsel bilgileri depolama özelliğine sahip ve bu bilgileri kullanıma uygun hale getiren birbirleriyle bağlantılı yapay nöron gruplarıdır (Hung ve diğerleri, 2009: 1416). YSA, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir (Öztemel, 2012: 29). YSA modeli oluşturmanın amacı insanın sahip olduğu öğrenme ve öğrendikleriyle deneyim kazanarak yeni olaylar karşısında hızlı karar verme yeteneğini bilgisayarlara kazandırmaktır.

YSA, insanın bilişsel yeteneğinin matematiksel modellemesi olarak aşağıda yer alan varsayımlara dayanılarak geliştirilmiştir (Fausett, 1993: 3):

- Bilgi işleme, nöron adı verilen basit yapılarda gerçekleşmektedir.
- Sinyaller, nöronlar arasında bağlantılar vasıtasıyla aktarılmaktadır.
- Her bağlantı bir ağırlığa sahiptir. Ağ içindeki bu ağırlıklar geliş sinyalleri ile çarpılmaktadır.
- Her nöron, ağırlıklandırılmış girdi sinyallerini çıktı sinyallerine çeviren genellikle doğrusal olmayan aktivasyon fonksiyonu kullanır.

YSA, işlem birimleri olarak da adlandırılan birbirleriyle belirli ağırlıklarla bağlantılı yapay nöronlardan oluşmaktadır. YSA'daki ağ kelimesi değişik katmanlardaki mevcut nöronlar arasındaki bağlantılar anlamına gelmektedir (Zakaria ve diğerleri, 2014: 7). Şekil 1'de örnek bir YSA yapısı gösterilmektedir.

Şekil 1: Basit Bir YSA Yapısı



Kaynak: Gurney, 1997: 14.

YSA yapıları tek nöronlu (düğüm) basit yapılardan, birbirleriyle bağlantılı birçok nöronlu oluşan yapılara kadar çeşitlilik göstermektedir. Her nöron daire ile gösterilir. Ağırlıklar da nöronlar arasındaki bağlantılarda gizlidir. Nöronlar, katmanlı yapı içerisinde düzenlenir. Sinyaller, girdi katmanından girip ara katmandan geçerek çıktı katmanına ulaşırlar. Bu ağ, çoğunlukla kullanılan ileri beslemeli ağ yapısına örnektir (Gurney, 1997: 15).

YSA, verileri analiz etmede ve veriler içindeki örnekleri tanımada geleneksel hesaplama yöntemlerinden farklı bir yöntem sunmaktadır. Ancak, YSA tüm problemlerin çözümünde kullanılabilecek uygun bir yaklaşım değildir. Geleneksel yöntemler, iyi tanımlanmış problemlerin çözümünde güçlü bir araç olarak kullanılmaktadır. Muhasebe kayıtlarının tutulması, envanter listelerinin kaydedilmesi gibi problemlerin çözümünde özel bir ağ yapısı gerekmediğinden geleneksel bilgi işleme yöntemleri rahatlıkla kullanılmaktadır. Çeşitli özellikler bakımından geleneksel bilgi işleme ve YSA yöntemleri arasındaki farklılıklar Tablo 1’de özetlenmektedir (Anderson ve McNeill, 1992: 12).

Tablo 1: Geleneksel Bilgi İşleme ve YSA Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Özellikler	Geneksel Bilgi İşleme (Uzman Sistemler Dahil)	Yapay Sinir Ağları
Bilgi İşleme Şekli	Ardışık	Paralel
Fonksiyonlar	Kurallar, kavramlar, hesaplamalar ile mantıksal (Sol Beyin)	Şekiller, resimler, kontroller ile biçimsel (Sağ Beyin)
Öğrenme Yöntemi	Kurallar ile (didaktik)	Örnekler ile
Uygulama Alanları	Muhasebe, kelime işleme, matematik, envanter, dijital iletişim	Sensör işleme, konuşma tanıma, örüntü tanıma, metin tanıma

Kaynak: Anderson ve McNeill, 1992: 13.

YSA’nın hesaplama gücü, ilk olarak yoğun bir şekilde paralel dağıtılmış yapısından ve ikincisi de öğrenebilme ve genelleylebilme yeteneğinden gelmektedir. Genelleme yeteneği, sinir ağlarının eğitim sırasında karşılaşmadığı girdilere yönelik mantıklı çıktılar üretmesi anlamına gelmektedir. Bu yeteneği ile YSA, büyük çaplı zor ve karmaşık problemlerin çözümünü mümkün kılmaktadır. YSA’nın temel özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Li, 1994: 305; Haykin, 1999: 24-26; Maind ve Wankar, 2014: 96):

- **Doğrusal Olmama:** Doğrusal olmayan nöronların etkileşiminden oluşan bir YSA yapısının kendisi de doğrusal olmayan yapıdadır. Ayrıca doğrusal olmama özelliği tüm ağa dağıtılmış durumdadır. Özellikle giriş sinyallerini oluşturan fiziksel mekanizmanın doğası gereği doğrusal olmayan özellikte olduğunda (örneğin:

konuşma sinyalleri) doğrusal olmama çok önemli bir özelliktir. Bu nedenle YSA, doğrusal olmayan problemlerin çözümünde uygun model olarak kullanılmaktadır.

- **Girdi ve Çıktı İlişisini Belirleme-Öğrenme Yeteneği:** Popüler bir paradigma olan ve öğretmenli öğrenme veya danışmanlı öğrenme olarak da adlandırılan öğrenme yöntemi, eğitim için ayrılan örnekleri kullanarak sinir ağındaki sinaptik ağırlıkların belirlenmesini sağlamaktadır. YSA'nın bu özelliği adaptif öğrenme olarak da adlandırılmaktadır. YSA'nın, eğitim için verilen verilere dayalı olarak işleri nasıl yapacağını öğrenme yeteneğidir. Her örnek, bir girdi setine ve bu girdi setine karşılık gelen çıktılara sahiptir. Ağ öğrenme yeteneği sayesinde girdi ve çıktılar arasındaki ilişkileri belirler. Gerçek çıktı ve ağı ürettiği çıktı arasındaki fark minimize edilmek için sinaptik ağırlıklar sürekli değiştirilir. Bu işlem aradaki fark minimum oluncaya ve daha fazla iyileşme olmayıncaya kadar devam eder. Böylelikle ağ örnekler yardımıyla girdi ve çıktılar arasındaki ilişkileri belirleyerek öğrenir. Danışmanlı öğrenme dışında danışmansız ve destekleyici öğrenme olmak üzere iki çeşit daha öğrenme yöntemi bulunmaktadır.

- **Uyarlanabilirlik:** YSA'nın çevredeki değişikliklere göre sinaptik ağırlıklarını uyarlama yetenekleri vardır. Özellikle YSA belirli çevrede çalışacak şekilde eğitilirler ve çevrede meydana gelen küçük değişiklikler olunca kolayca tekrar eğitilebilirler. Ayrıca YSA dinamik bir çevrede çalıştığında, sinir ağı gerçek zamanlı olarak sinaptik ağırlıklarını değiştirmek için tasarlanmaktadır. Örüntü sınıflandırma, sinyal işleme ve kontrol uygulamaları için kullanılan sinir ağlarının doğal yapısı ağı adaptif yeteneği ile de birleşince yararlı bir araç olmaktadır. Genel bir kural olarak, bir sistem ne kadar adaptif yapılırsa, sistemin her zaman sabit kalmasının sağlanabileceği ve ayrıca sistemin dinamik bir ortamda çalışması gerektiğinde performansının güçlü olabileceği söylenebilir.

- **Paralel İşleme Yeteneği:** YSA'daki her nöron, geleneksel bilgisayar çiplerindeki Boolean mantıksal birimlerine benzer şekilde bilgi işleme elemanlarıdır. Ancak geleneksel hesaplama farklı olarak nöronların fonksiyonları programlanabilir. Nöronlar arasındaki ilişkilerin paralel yapıda olması, YSA tarafından yapılan hesaplamaların kolaylaşmasını ve daha hızlı olmasını sağlamaktadır.

- **Örneklere Dayalı Çıkarım:** Örüntü sınıflandırma problemlerinde bir sinir ağı sadece hangi örüntünün seçileceği ile ilgili bilgi vermek için değil aynı zamanda verilecek kararda güvenilirliği sağlamak için de tasarlanır. Güvenilirlik sayesinde ağ geçmiş örneklere dayalı olarak belirsiz örüntüleri tanıyarak reddeder ve böylece ağı sınıflandırma performansı iyileştirilir.

- **İçeriksel Bilgi İşleme:** Bilgi, ağı yapısı ve dinamikliği sayesinde elde edilmektedir. Ağdaki her nöron potansiyel olarak ağdaki diğer nöronların genel hareketinden etkilenmektedir. Sonuç olarak, içeriksel bilgi doğal olarak sinir ağı tarafından ele alınmaktadır.

- **Hata Toleransı:** Bir YSA modeli hata toleransına ve güçlü bilgi işleme yeteneğine sahiptir. Ağı paralel işleme yeteneği ve dağıtılmış hafızası hatalara karşı toleranslara sahip olmasını sağlamaktadır. Kötü koşullar altında performansı dereceli olarak bozulur. Bir nöron ya da onun bağlantıları bozulduğunda, bilgi ağı tümüne yayıldığından dolayı çalışmaya devam eder, performansı zamanla azalır.

- **Donanım ve Hız:** YSA'nın yoğun bir şekilde dağıtılmış paralel yapısı bilgileri işlemeyi ve görevleri yerine getirmeyi hızlı bir şekilde yapmaktadır. Bu nedenle YSA kullanılması çok büyük ölçekli bütünleşik devre (VLSI) teknolojisi gerektirmektedir.

- **Analiz ve Tasarım Benzerliği:** Temel olarak, YSA modelleri bilgi işleme prosesi olarak birbirlerine benzemektedirler. Tüm YSA modellerinde benzer notasyonlar kullanılmaktadır. Bu benzerlik teorilerin ve öğrenme algoritmalarının farklı uygulamalarda paylaşılmasını mümkün kılmaktadır.

- **Nörobiyolojik Karşılaştırma:** Sinir ağlarının tasarımı insan beyninden esinlenerek tasarlanmıştır. İnsan beyni hata toleransına ve paralel işleme yeteneğine sahiptir. Aynı zamanda hızlı ve güçlüdür. Nörobiyologlar, nörobiyolojik olayları yorumlamada sinir ağlarını bir araştırma aracı olarak kullanmaktadırlar. Diğer yandan, mühendisler ise geleneksel yöntemlerle çözilemeyen karmaşık problemlerin çözümünde bir yöntem olarak kullanmaktadırlar.

- **Dağıtılmış Hafıza:** Ağ, merkezi bir bellekte bilgileri depolamaz. Bilgi tüm ağa dağıtılmış durumdadır. Nöronların durumu kısa dönemli hafızayı, nöronlar arasındaki ilişkiler de uzun dönemli hafızayı oluşturmaktadır. Zamanla uzun dönemli

hafıza kısa dönemli hafızayı kapsamaktadır ve girdilerin fonksiyonuna bağılı olarak ağ yapısı değıştirilmektedir.

- **Kollektif Çözüm:** Geleneksel bilgisayarlar, belirli kurallar yoluyla programlanır ve bilgi işlemeyi ardışık olarak yaparlar. Eğer program çalışma sürecinde durursa, kullanıcı kısmi bir çözüm elde edebilmektedir. Ancak YSA modellerinde böyle kısmi bir çözüm elde etmek anlamlı değildir. YSA tüm ilişkili nöronların kollektif çıktısına odaklanmaktadır. Eğer YSA modeli çözüm sürecinde durursa, kullanıcıya tutarsız kısmi cevaplar üretecektir.

- **Kendi Kendini Organize Etme:** Bir YSA kendi organizasyonunu veya öğrenme sürecinde aldığı bilgilerin gösterimini kendi kendine oluşturur.

- **Gerçek Zamanlı İşlem:** YSA hesaplamaları paralel bir şekilde yapılır ve bu yeteneğinin avantajından faydalanmak için özel donanımlı araçlar tasarlanmalı ve üretilmelidir.

YSA, tüm bu yeteneklerini kullanarak karmaşık, belirsiz, dinamik ve özellikle de doğrusal olmayan problemlere etkili çözümler sunmaktadır.

1.3. YAPAY SİNİR AĞLARININ TARİHSEL GELİŞİMİ

Yapay Sinir Ağlarının tarihsel gelişimi hem kavramsal inovasyon (teorik) hem de yapılan pratik uygulamalar sayesinde ilerleme kaydetmiştir. Bu ilerlemeler paralel bir şekilde sürekli bir gelişim göstermiştir (Hagan ve diğerleri, 2014: 2). YSA alanındaki tüm çalışmaların kökenini, yaklaşık bir yüzyıl öncesine kadar dayanan nörobiyolojik çalışmalar oluşturmaktadır. Uzun yıllardır biyologlar sinir sisteminin nasıl çalıştığı ile ilgili çalışmalar yapmakta ve tahminde bulunmaktadırlar (Mehrotra ve diğerleri, 1996: 4). Bu çalışmalar 19. Yüzyıl sonlarına ve 20. Yüzyılın başlarına dayanmaktadır. Hermann von Helmholtz, Ernst Mach ve Ivan Pavlov adlı bilim adamları tarafından fizik, psikoloji ve nöropsikoloji gibi alanlarda yapılan disiplinlerarası çalışmaları içermektedir. Yapılan ilk çalışmalar ile nöronların matematiksel modellenmesinden ziyade öğrenme, görme vb. gibi konulardaki genel teoriler incelenmiş ve yeni teoriler ortaya konmuştur (Hagan ve diğerleri, 2014: 2). İnsan beyninin yapısı ve fonksiyonları ile ilgili ilk çalışma, William James tarafından 1890 yılında yayımlanmıştır (Mehrotra ve diğerleri, 1996: 4). YSA, biyolojik

deneyler, modelleme ve bilgisayar simülasyon/donanım uygulamalarının etkileşimi ile büyük bir gelişim sağlamıştır. Bundan dolayı YSA güçlü bir disiplinlerarası yapıya sahip bir bilim dalı olarak görülmektedir. YSA'nın tarihsel gelişimi, yapay sinir ağlarının başlangıcı, yapay sinir ağlarının ilk altın çağı, sessiz yıllar ve yeniden canlanma olmak üzere 4 ana evrede incelenebilir (Fausett, 1993: 22):

- **1940'lar-Sinir Ağlarının Başlangıcı:** İlk yapay sinir ağları, 1943 yılında Warren S. McCulloch ve Walter H. Pitts tarafından yapılan çalışma ile geliştirilmiştir. Yaptıkları çalışmada, “ya hep ya hiç” prensibinden faydalananak sinirsel aktivitelerin, sinirsel olayların ve bunlar arasındaki ilişkilerin önermeler mantığıyla ele alınabileceğini vurgulamışlar ve biyolojik nöronların ilk matematiksel modelini ortaya çıkarmışlardır (McCulloch ve Pitts, 1943: 115). Ayrıca, sinir sisteminde mevcut birçok basit nöronun sinir ağının güçlü hesaplama yeteneğinin kaynağı olduğunu tanıtmışlardır (Fausett, 1993: 22). Bu çalışma, diğer bilim adamları tarafından yapılan tüm çalışmaların temelini oluşturmaktadır. 1943 yılında Landahl, McCulloch ve Pitts, 1943 yılında McCulloch ve Pitts tarafından önerilen nöron modellerini içeren metotları kullanarak birçok aritmetik ve mantıksal işlemlerin uygulanabileceğine dikkat çekmiştir. 1948 yılında ise Wiener, 1938 yılında Rashevsky tarafından başlatılan çalışmayı genişleterek nörodinamiklere ayrıntılı bir matematiksel yaklaşım sunmuştur (Mehrotra ve diğerleri, 1996: 5). Bu dönemde meydana gelen önemli gelişmelerden biri de Hebb öğrenme kuralının ortaya çıkmasıdır. Donald Hebb tarafından 1949 yılında yayımlanan “The Organization of Behaviour” adlı kitapta yapay sinir ağlarına ilişkin Hebb öğrenme kuralı olarak adlandırılan ilk öğrenme kuralı önerilmiştir (Hebb, 1949: 60). Bilginin nöronlar arasındaki bağlantılarda saklandığını ifade etmiş ve gelecek çalışmalarda önemli bir etki yaratan öğrenme tekniği önermiştir. Yaptığı bu çalışma ile sinir ağları teorisine önemli katkılar sağlamıştır (Zurada, 1992: 18).

- **1950'ler ve 1960'lar-Sinir Ağlarının İlk Altın Çağı:** Bu dönemde de YSA alanında temel oluşturabilecek birçok çalışma meydana gelmiştir. 1954 yılında Gabor, geçmiş bilgilere dayanarak oluşturulan tahmini çıktı ile gerçek çıktı arasındaki ortalama kareler hatasını minimize eden optimal ağırlıkları elde etmek için gradyan azaltma tekniğini kullanan öğrenme filtresini geliştirmiştir. Cragg ve Temperly ise 1954 yılında McCulloch ve Pitts ağlarını tekrar formüle ederek fizik

alanında iyi bilinen “spinglass” modelini ortaya çıkarmışlardır. 1956 yılında Taylor tarafından Hebb kuralı kullanılarak çağrışımlı bellek ağı tanıtılmıştır. Beurle, 1956 yılında büyük ölçekli beyin faaliyetlerinin yayılımını analiz etmiştir. Yine 1956 yılında Von Neumann tarafından sinir ağlarındaki hata toleransının nasıl belirleneceği ve birçok nöronun senkronize faaliyetlerinin bilgiyi temsil etmede nasıl kullanılabileceği gösterilmiştir (Mehrotra ve diğerleri, 1996: 5-6). 1958 yılında Frank Rosenblatt tarafından perceptron (algılayıcı) olarak adlandırılan nöron benzeri bir eleman geliştirilmiştir. Algılayıcı, örüntü tanımak ve sınıflandırabilmek için öğrenme yeteneğine sahip eğitilebilir bir makine olarak kabul edilebilir (Rosenblatt, 1958: 405). Bernard Widrow ve Marcian Hoff tarafından 1960 yılında kısaltması ADALINE (ADaptive LINEar Element) olan adaptif doğrusal eleman tanıtılmış ve Widrow-Hoff öğrenme kuralı olarak isimlendirilen yeni ve güçlü bir öğrenme kuralı geliştirilmiştir. MADALINE (Multilayer ADALINE) ise ADALINE yapısının çok katmanlı halidir (Zurada, 1992: 19). 1962 yılında Hubel ve Wiesel tarafından kedilerin görsel korteksindeki nöronların özellikleri ile ilgili biyolojik bir çalışma yürütülmüştür. 1967 yılında Amari, çok katmanlı ağlardaki ağırlıkları tespit etmede bir öğrenme kuralı belirlemek için kredi atama problemine matematiksel bir çözüm getirmiştir. 1969 yılında ise, Minsky ve Papert basit bir algılayıcının XOR (eXclusive OR) problemlerini çözemediğini ve doğrusal olmayan ilişkileri modelleyemediğini göstermişlerdir. Bu önemli çalışma ile algılayıcılar artık kullanılmamaya başlanmış ve sinir ağları araştırma projelerine ayrılan fonlar ciddi bir şekilde azalmıştır. Bu dönemden sonra YSA alanındaki çalışmalar bir duraklama dönemine girmiştir (Mehrotra ve diğerleri, 1996: 6).

- **1970’ler-Sessiz Yıllar:** Çalışmaların 1969 yılında sekteye uğraması ve gerekli finansal desteklerin kesilmesine rağmen bazı bilim adamları çalışmalarına devam etmişlerdir. Özellikle Amari, Anderson, Cooper, Fukushima, Grossberg, Kohonen ve Hopfield gibi araştırmacıların çalışmaları 1980’li yıllara geldiğinde meyvelerini vermeye başlamış ve yapay sinir ağları çalışmalarındaki sessizlik sona ermiştir (Öztemel, 2012: 39). Helsinki Teknoloji Üniversitesi’nden Teuvo Kohonen çağrışımlı bellek sinir ağları üzerine çalışmalarını yürütmüştür. Kohonen yaptığı çalışma ile kendi kendini düzenleyen haritaları geliştirmiştir. Bu ağlar, konuşma tanıma (Fince ve Japonca kelimeler), gezgin satıcı problemlerinin çözümü ve

müzikal bileşim alanlarında uygulanmıştır (Fausett, 1993: 24; Kohonen, 1982: 59). 1972 yılında Anderson, Kohonen ve Nakano tarafından harici çarpım öğrenme kuralına dayanılarak korelasyon matris belleği fikri tanıtılmıştır (Haykin, 1999: 61). 1973 yılında Christoph Von Der Malsburg, doğrusal olmayan ve biyolojik olarak daha hareketli bir nöron modelini kullanmıştır. 1974 yılında Paul Werbos, Harvard Üniversitesinde yaptığı tez çalışmasında hata geri yayılımı adı verilen bir öğrenme prosedürünü geliştirmiştir. Ancak bu öğrenme prosedürü 10 yıl sonra önem kazanmıştır. 1976 yılında Grossberg tarafından nöron modellerini matematiksel olarak analiz eden birçok çalışma sunulmuştur. Ayrıca önceden öğrenilen ilişkileri bozmadan ağı öğrenme yeteneğini saklama problemleri üzerine çalışmalarını yürütmüştür. Garl Carpenter ile işbirliği içinde adaptif rezonans teori ağılarını geliştirmiştir (Kriesel, 2005: 11).

- **1980’ler-Yeniden Canlanma:** Bu dönem yapay sinir ağı alanında bir dönüm noktası olarak görülebilir. Çünkü tek katmanlı algılayıcının çözemediği XOR problemi çok katmanlı algılayıcıların bulunması ile çözülmüş ve yapay sinir ağlarının çalışmadığını söyleyen bütün tezler çürütülmüştü. Rummelhart ve arkadaşları çok katmanlı algılayıcı modelini tanıtmış ve geliştirmişlerdir (Öztemel, 2012: 40). Sinir ağlarına artan ilgi ve duyulan saygı ile birlikte öne çıkan bilim adamlarından biri de California Teknoloji Enstitüsü’nden fizikçi John Hopfield’dir. AT&T’de bir araştırmacı olan David Tank ile birlikte adaptif aktivitelere ve sabit ağırlıklara dayanan Hopfield ağları olarak bilinen birçok sinir ağı geliştirmiştir. Bu ağlar çağrışımlı bellek ağları olarak kullanılmaktadır ve gezgin satıcı problemleri gibi kısıtlı optimizasyon problemlerinde uygulanmıştır. Bu dönemdeki diğer bir çalışma ise, Tokyo’daki NHK Laboratuvarlarında görev yapan Kuniyoshi Fukushima ve arkadaşları tarafından Neocognitron olarak bilinen karakter tanıma için özel birtakım sinir ağları serisi geliştirilmesidir (Fausett, 1993: 25).

YSA’nın teorik temelleri uzun yıllar önce ortaya atıldıktan sonra birçok YSA modeli geliştirilmiş, bu modeller yüzlerce alanda uygulanmış ve halen uygulanmaya devam edilmektedir. Havacılık ve uzay, otomotiv, bankacılık, savunma sanayi, elektronik, eğlence, finans, sigorta, üretim, tıp, petrol ve doğalgaz, robotik, konuşma, menkul kıymetler, telekomünikasyon ve ulaşım gibi birçok alanda YSA modelleri kullanılmaktadır (Hagan ve diğerleri, 2014: 5-7).

YSA modelleri birçok alanda uygulanmakta olup, başarısını kanıtlamıştır. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte gelecekte YSA uygulamalarının giderek artacağını, hatta tamamen insanın yerini alabilecek sistemlerin geliştirilebileceğini söylemek mümkündür.

1.4. YAPAY SİNİR AĞLARININ GÜÇLÜ VE ZAYIF YÖNLERİ

YSA, sahip olduğu birçok özellik sayesinde birçok probleme doğru ve tutarlı çözümler üretme gücüne sahiptir. Bugüne kadar yapılan tüm uygulamalar YSA'nın başarılı olduğunu ve güç problemleri rahatlıkla modelleyebildiğini göstermektedir. YSA'nın sahip olduğu bu güçlü yetenekleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- YSA, karmaşık ve doğrusal olmayan ilişkilere sahip problemleri gerçekçi bir şekilde ele almaktadır. İstatistiksel tekniklerin aksine herhangi bir matematiksel model ya da varsayım gerektirmez. Birçok istatistiksel teknikte normallik, doğrusallık vb. gibi şartların sağlanması gerekmektedir. Bu şartlar sağlanmadığında probleme hem gerçekçi bir çözüm bulunamaz hem de bulunan çözümün bilimsel olarak herhangi bir geçerliliği ve güvenilirliği olmaz. Ancak YSA'ların en önemli üstün yanlarından biri istatistiksel yöntemler gibi birçok şartı sağlamasına gerek olmamasıdır. Ayrıca gerçek hayattaki birçok problem doğrusal olmayan ilişkiye sahip olduğundan YSA ile gerçek problemler daha iyi modellenenilmekte ve YSA diğer tekniklere göre sonuca daha iyi yaklaşabilmektedir.

- Problem eksik ya da yanlış tanımlandığında veya eksik bilgi ile mevcut sürecin modellenmesinin zor olduğu durumlarda YSA, diğer istatistiksel tekniklere göre daha doğru sonuçlar vermektedir. Problem çok karmaşık olduğunda diğer tekniklere nazaran daha hızlıdır. YSA değişkenler arasındaki ilişkilere dayanarak kendi ağırlıklarını oluşturabilmekte ve böylelikle kullanıcıya problem hakkındaki tüm bilgileri sağlamaktadır (Cuykendall ve diğerleri, 1992; Gimblett ve Ball 1995; Atkinson ve Tatnall, 1997 aktaran Peng ve Wen, 1999: 4).

- YSA kullanarak problemleri başarılı bir şekilde çözebilmek için problemin çok iyi modellenmesi gerekmektedir. Bu modelleme, problemi çözebilmek için sadece söz konusu olay ile ilgili örneklerin belirlenip toparlanmasına yardımcı

olacaktır. Örneklerin dışında herhangi bir ön bilgiye ihtiyaç yoktur. Örnek bulmak bilgi bulmaktan çok daha kolaydır (Öztemel, 2012: 207).

- YSA sonlu sayıda gizli ünitelere sahip katmanlardan oluşan bir yapıdadır. YSA'nın en önemli güçlü yönlerinden biri, herhangi bir sürekli fonksiyonu arzu edilen doğruluk derecesine yaklaştırabilmesidir. Bu "genel tahminleyici" özelliği olarak da bilinmektedir (Anantwar ve Shelke, 2012: 76). Probleme ilişkin girdi ve çıktıları içeren tüm örnekler YSA modeline gösterilerek modelin değişkenler arasındaki ilişkileri öğrenmesi sağlanır. Öğrenme de çeşitli eğitim algoritmaları ile modelin ürettiği çıktı ile gerçek çıktı arasındaki hatayı istenilen düzeye getirmek için sürekli bağlantı ağırlıkları değiştirilerek performansı yüksek olan bir model oluşturmaya çalışılır. Daha sonra ise ağ, bu oluşturduğu model yardımıyla hiç görmediği örnekler için girdi değişkenlerini kullanarak ve daha önce öğrendiği örnekleri düşünerek girdilere yönelik tahmini bir çıktı değeri üretebilir.

Bütün bu güçlü yönlerinin yanı sıra tüm tekniklerde olduğu gibi YSA'nın bazı zayıf yönleri de mevcuttur. YSA'nın pratik uygulamaları sürecinde bu zayıf noktalara dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu noktalara dikkat edilmeden yapılacak uygulamalar yanlış sonuçların ortaya çıkmasına sebep olabilmektedir. Bu zayıf yönleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- YSA modellerinde ağın içinde olup bitenler, ağın herhangi bir sonuç ürettiğinde bunu nasıl yaptığı, nasıl oluşturduğu tam olarak açıklanamamaktadır ve bu nedenle bir "kara kutu" olarak görülmektedir. İstatistik yöntemleri uygulamanın ilk amacı, nedensel ilişkileri ortaya çıkarmaktır. Regresyon analizi, lojistik regresyon analizi vb. gibi yöntemler ile modelin belirli katsayılarından faydalanılarak hangi girdinin çıktı üzerinde ne derece etkili olduğu rahatlıkla bulunmaktadır. Ancak YSA, istatistiksel tekniklere göre daha az hata ile daha iyi performans göstermesine rağmen hangi girdinin ne kadar önemli olduğunu belirlemek kolay olmamaktadır (Tu, 1996: 1229-1230).

- YSA, aşırı eğitime karşı duyarlıdır. Öğrenme için büyük bir kapasiteye sahip bir ağ, bu kapasiteyi desteklemek için çok az örnek kullanılarak eğitilirse, ağ ilk olarak verilerin genel trendini öğrenmektedir. Bu istenen bir durumdur ancak ağ bir süre sonra sadece eğitim verilerinin belirli özelliklerini öğrenir. Ağ öğrenme yerine eğitim verileri arasındaki ilişkileri ezberler ve bu tarz ağların genelleme yetenekleri

yoktur (Dumitru ve Maria, 2013: 447-448). Yani bu ağların öğrendiği verileri kullanarak geleceğe yönelik oluşturacakları tahmin performansı çok düşük olur. Bu nedenle YSA modellerinde problemi temsil edebilecek gerekli sayıda örnek kullanmaya ve eğitim algoritmasının seçimi, eğitim süresi, iterasyon sayısı gibi konulara dikkat edilmelidir.

- YSA modelleri oluşturulurken ağda bulunması gereken katman sayısı, her katmandaki nöron sayısı, aktivasyon fonksiyonu, öğrenme algoritması, momentum katsayısı, öğrenme katsayısı gibi ağın tüm parametreleri deneme-yanılma ile bulunarak en iyi performans gösteren en az hataya sahip model oluşturulmaya çalışılmaktadır. Bu tamamen kullanıcının tecrübesine bağlıdır. Aslında bu durum eğer kullanıcı tecrübeliyse avantaj olarak da değerlendirilebilir. Çünkü standart bir ağ yapısı olsa her tipteki veri o ağ yapısına uygun olmayabilir. Ağın bu esnek yapısı kullanıcının tecrübesiyle de birleşince her tipteki veriye uygun bir ağ yapısının bulunması ve her türdeki probleme çözüm üretilmesi mümkün hale gelmektedir.

- YSA'lar problemlere optimum sonuçlar bulunmasını garanti etmez. Üretilen sonuçların optimum olduğunu iddia etmek doğru değildir. İyi sonuçlardan birisidir denilebilir (Öztemel, 2012: 209). Ancak ağın tasarımı, eğitim algoritması ve parametreler dikkatli seçilirse optimum sonuçlara ulaşmak da mümkündür.

YSA'ların bu zayıf yönleri üzerine sürekli araştırmalar yapılmakta ve bu zayıf yönler olabildiğince azaltılmaya çalışılmaktadır. Gelecekte yeni yöntemlerin ortaya konulmasıyla birlikte bu zayıf yönlerin belki de tamamen ortadan kaldırılması mümkün olacaktır. Tüm bu zayıf yönlerine rağmen uygulamalardaki üstün performansı sayesinde YSA'ların kullanımı gün geçtikçe artmaktadır.

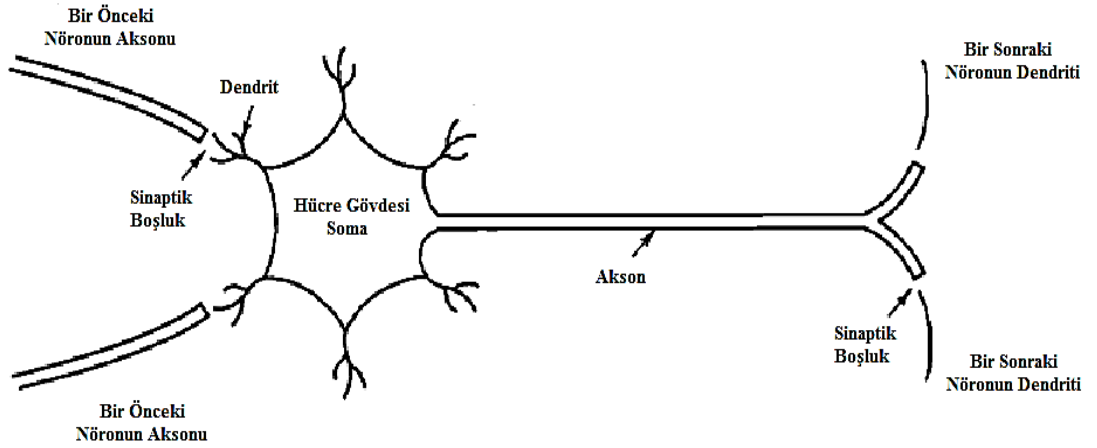
1.5. YAPAY SİNİR AĞLARININ TEMEL BİLEŞENLERİ

Yapay sinir ağları, insan beyninin çalışma prensibini temel alarak geliştirilmiş bir yöntem olduğundan biyolojik sinir sistemiyle birlikte karşılaştırmalı olarak incelemek gerekmektedir. Bu kısımda öncelikle biyolojik sinir sistemi, temel elemanları, çalışma şekli irdelenecek, daha sonra da yapay sinir hücrelerinin biyolojik sistemlerden farkı ve çalışma prensibi ele alınacaktır.

1.5.1. Biyolojik Sinir Hücresi

İnsan beyninin tam olarak nasıl çalıştığı hala gizemli konulardan biridir. Bu konuyla ilgili sürekli araştırmalar devam etmekte ve bu muhteşem işlemcinin bazı yönleri keşfedilmeye çalışılmaktadır. İnsan beynini oluşturan en temel unsur sinir hücreleridir. Bu sinir hücrelerinin hatırlama, düşünme, geçmiş deneyimlerden öğrenme gibi yetenekleri sağladığı düşünülmektedir (Anderson ve McNeill, 1992: 2). İnsan beyninde yaklaşık 10^{11} tane nöron (sinir hücresi) mevcuttur ve bu nöronların herbirinin diğer nöronlar ile yaklaşık 10^4 adet bağlantısı bulunmaktadır (Hagan ve diğerleri: 2014: 8). Bir sinir hücresi, dendrit, soma (hücre gövdesi), akson ve sinapslardan oluşmaktadır. Şekil 2’de biyolojik bir sinir hücresinin yapısı gösterilmektedir.

Şekil 2: Biyolojik Sinir Yapısı



Kaynak: Fausett, 1993: 6.

Biyolojik sinir ağları, nöron adı verilen birbirleriyle bağlantılı sinir hücrelerinden meydana gelmektedir. Nöronlar dış çevreden gelen sinyalleri alarak çıktı üreten özel hücrelerdir. Dendritler, diğer hücrelerden gelen bilgileri alırlar. Hücre gövdesi içerisindeki organeller yardımıyla sinir hücresinin sürekli çalışması için kimyasal üretirler. Mitokondri, hücrenin enerji tedarikçisi olarak görülebilir ve ürettiği tüm enerjiyi sinir hücresinin diğer elemanlarına dağıtır. Çıkış sinyalleri de aksonlar tarafından iletilirler. Aksonlar, bağlantıyı aktaran kablolar olarak da

görülebılır. Aksonlar, miyelin kılıfı olarak adlandırılan bir membran tarafından sarılıdır. Ranvier boğumları da, akson boyunca belirli aralıklarla miyelin tabakasını bölmektedir. Sinapslar ise, nöronların aksonlarını diğér nöronların çeşitli elemanlarına bağlarlar. Sinir hücrelerindeki iletim, dendritlerden hücre gövdesine, hücre gövdesinden aksonlara, oradan da aksonların sonunda yer alan sinaptik bağlantılara aktarılır ve daha sonra sinaptik bağlantılar ile bir sonraki nöronun dendritine gönderilir. Birçok sinirsel hesaplama nöron çekirdeğinin de yer aldığı hücre gövdesinde meydana gelir. Sinirsel faaliyetler, elektrokimyasal bir süreç sonucunda nöronlara gelen elektriksel uyarı aksonlar vasıtasıyla diğér sinir hücrelerine aktarılarak gerçekleşmektedir. Elektrokimyasal olay ise, akson boyunca gerçekleşen iyon değişimi ve sinaptik boşlukların üzerinde yer alan membran boyunca yer alan nörotransmitter moleküllerin yayılımı sonucu oluşmaktadır (Freeman ve Skapura, 1991: 8, Rojas, 1996: 10-11; Graupe, 2007: 4-5).

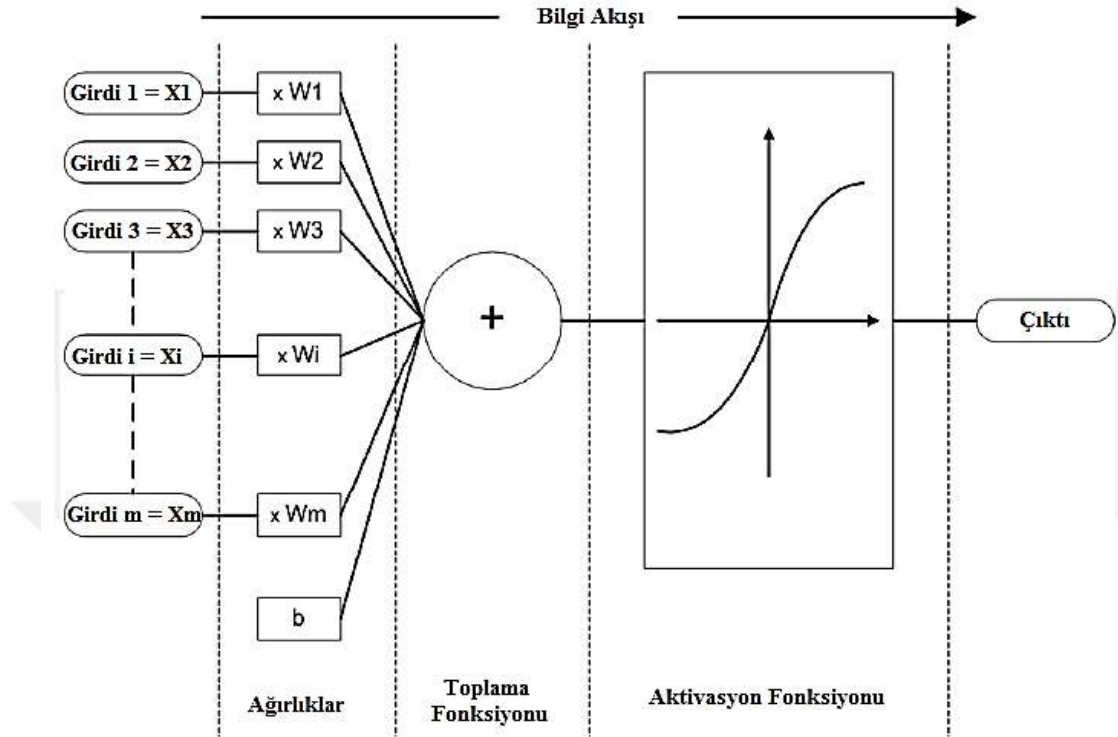
1.5.2. Yapay Sinir Hücresi

İlk yapay nöron modeli, 1943 yılında McCulloch ve Pitts tarafından geliştirilmiştir. Onlar, bu yapay nöron modelinin belirli sayıda nöron ve sinaptik ağırlıklar kullanılarak herhangi bir hesaplanabilir fonksiyonu işleyebileceğini kanıtlamışlardır (Zakaria ve diğérleri, 2014: 7). McCulloch ve Pitts teorisi beş temel varsayım üzerine inşa edilmiştir (Freeman ve Skapura, 1991: 12):

- Bir nöronun aktivitesi “ya hep ya hiç” prensibine dayanmaktadır.
- Sinaptik ağırlıklar eşik değérin üzerine çıktığında (>1) nöronlar uyarılmaktadır.
- Sinir sistemi içindeki tek gecikme sinaptik gecikmedir.
- İnhibitör (engelleyici) sinapsların faaliyeti nöronların uyarılmasını engellemektedir.
- Ağın yapısı zamanla değişmemektedir.

Bir yapay nöron girdiler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıktı olmak üzere beş temel elemandan oluşmaktadır. Şekil 3’de bir yapay sinir hücresi yapısı gösterilmektedir.

Şekil 3: Yapay Sinir Hücresi Yapısı



Kaynak: Krenker ve diğerleri, 2011: 3.

- **Girdiler:** Girdiler, çevreden ya da diğer nöronlarda gelen ve çıktı üzerinde önemli etkilere sahip olabilen değişkenlerdir. Regresyon analizinde olduğu gibi, girdiler çıktıyı etkileyen veya etkilemesi muhtemel bağımsız değişkenler, çıktı ise bağımlı değişken olarak adlandırılabilir.

- **Ağırlıklar:** Bir nöron eş zamanlı olarak birçok girdiden bilgi almaktadır. Her girdi kendi nispi ağırlığına sahiptir ve bu ağırlıklar toplama fonksiyonunda girdilerin etkisini belirlemektedir. Bazı girdiler, diğerlerine göre işlem elemanı üzerinde daha büyük bir etkiye sahip olabilmektedir ve bunlar birleşerek sinirsel bir tepki üretmektedirler. Ağırlıklar, giriş sinyallerinin yoğunluğunu belirleyen adaptif katsayılardır. Bir girdinin bağlantı gücünün bir ölçüsüdür. Bu bağlantılar, ağırlığın özel topolojisi ve öğrenme kuralına göre çeşitli eğitim kümeleri kullanılarak değiştirilebilmektedir (Bangal, 2009: 77).

- **Toplama Fonksiyonu:** Toplama fonksiyonu, kendinden önceki nöronların çıktısını NET girdi değerine dönüştürmektedir. Sinir ağında her bir ağırlığın ait olduğu girişlerle çarpımının toplamalarını eşik değer b ile toplayarak aktivasyon

fonksiyonuna göndermektedir. En çok kullanılan bu toplama fonksiyonu ağırlıklı toplam olarak bilinmektedir ve matematiksel olarak aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

$$NET = \sum_{i=1}^m X_i \cdot W_i \quad (1)$$

Bazı durumlarda ağırlıklı toplam fonksiyonu gibi basit bir işlem yerine, en az (min), en çok (max), çoğunluk veya birkaç normalleştirme algoritması gibi çok daha karmaşık algoritmalar kullanılabilmektedir (Kriesel, 2005: 35; Elmas, 2011: 31).

- **Aktivasyon Fonksiyonu:** Bu fonksiyon, hücreye gelen net girdiyi işleyerek hücrenin bu girdiye karşılık üreteceği çıktıyı belirler. Toplama fonksiyonunda olduğu gibi aktivasyon fonksiyonu olarak da çıktıyı hesaplamak için değişik formüller kullanılmaktadır. Bazı modeller (mesela çok katmanlı algılayıcı) bu fonksiyonunun türevinin alınabilir bir fonksiyon olmasını şart koşmaktadır. Günümüzde en yaygın olarak kullanılan Çok Katmanlı Algılayıcı modelinde aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu kullanılmaktadır. Bu fonksiyon şu formül ile gösterilmektedir.

$$F(NET) = \frac{1}{1 + e^{-NET}} \quad (2)$$

Burada NET proses elemanına gelen NET girdi değerini göstermektedir. Bu değer bir önceki aşamada toplama fonksiyonu kullanılarak belirlenmektedir (Öztemel, 2012: 50). Şekil 4'te aktivasyon fonksiyonu olarak kullanılabilecek diğer fonksiyonlar gösterilmektedir.

- **Çıktı:** Aktivasyon fonksiyonu kullanılarak elde edilen değer çıktı değeridir. Çıktı değeri birçok sinir hücresine ya da ağırlık yapısını bağlı olarak tekrar kendisine girdi olarak gönderilmektedir.

Yapay sinir hücreleri, bu beş temel öğeyi kullanarak girdilere yönelik çıktı üretmektedirler. Dış çevreden ya da diğer nöronlardan gelen bilgi, toplama fonksiyonu ve aktivasyon fonksiyonlarından geçerek çıktı elde edilmektedir. Yapay bir nöronun matematiksel modeli aşağıdaki gibi gösterilebilir (Krenker ve diğerleri, 2011: 5):

$$Y = F\left(\sum_{i=1}^n X_i W_i + b\right) \quad (3)$$

X_i = Girdi değerlerini,

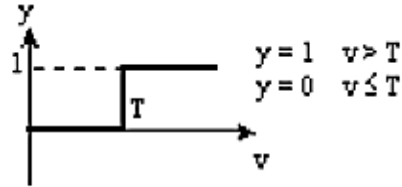
W_i = Ağırlıkları,

b = Eşik değeri,

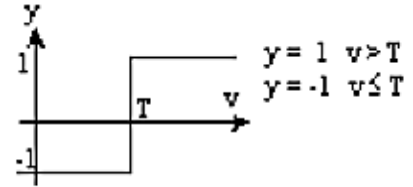
F = Transfer fonksiyonunu,

Y = Çıktı değerini ifade etmektedir.

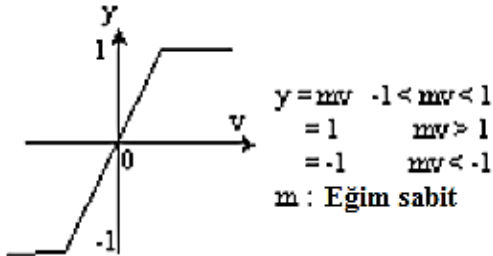
Şekil 4: Farklı Yapılardaki Transfer Fonksiyonları



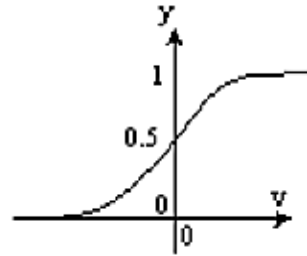
Eşik Değer Fonksiyonu



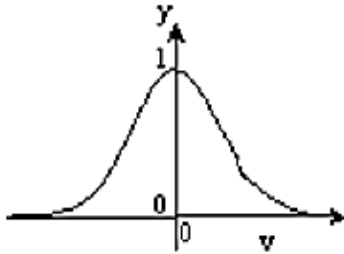
İşaret Fonksiyonu



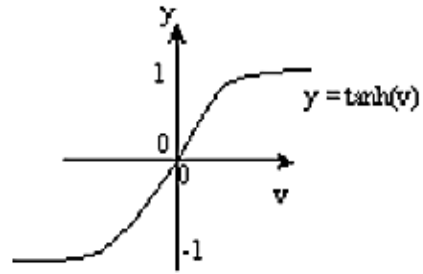
Lineer Fonksiyon



Sigmoid Fonksiyonu



Gauss Fonksiyonu



Hiperbolik Tanjant Fonksiyonu

Kaynak: Bangal, 2009: 88.

Biyolojik sinir ağları temeli üzerine kurulan YSA'nın, biyolojik sinir ağları ile birçok ortak özelliğinden bahsedilebilir. Biyolojik sinir ağları, biyolojik sinir hücrelerinin biraraya gelmesiyle oluşuyorsa, YSA da yapay nöronların etkileşimiyle oluşmaktadır. Biyolojik sinir ağlarında, girdi sinyali dendrit tarafından alınır ve hücre gövdesine (soma) aktarılır. Daha sonra hücre gövdesinde işlenen bilgi aksonlar

tarafından diğer nöronların dendritine aktararak bilgi transferi sağlanmaktadır. Yapay sinir hücrelerinde de, toplama fonksiyonunda dış çevreden gelen bilgi ağırlıklar ile çarpılıp toplanmaktadır. Toplama fonksiyonu, biyolojik sinir ağlarındaki dendrit görevini görmektedir. Toplama fonksiyonundan geçen bilgi daha sonra aktivasyon fonksiyonuna gönderilmektedir. Aktivasyon fonksiyonu da hücre gövdesi görevini görmektedir. Aktivasyon fonksiyonu uygulanarak elde edilen değer de çıktı olarak diğer nöronlara iletilmektedir. Çıktının iletilmesi de, biyolojik sinir ağlarındaki aksonun görevidir.

1.6. YAPAY SİNİR AĞLARININ SINIFLANDIRILMASI

YSA, nöronların birbirleriyle bağlantısından oluştuğundan birbirlerinden farklı bağlantı yapısına sahip birçok YSA modeli geliştirilmiştir. Bağlantı şekillerinin yanı sıra, öğrenme yöntemleri, kullanım amaçları ve öğrenme zamanları gibi birçok kriter dikkate alınarak YSA modelleri sınıflandırılabilir.

1.6.1. Mimari Yapılarına Göre YSA'lar

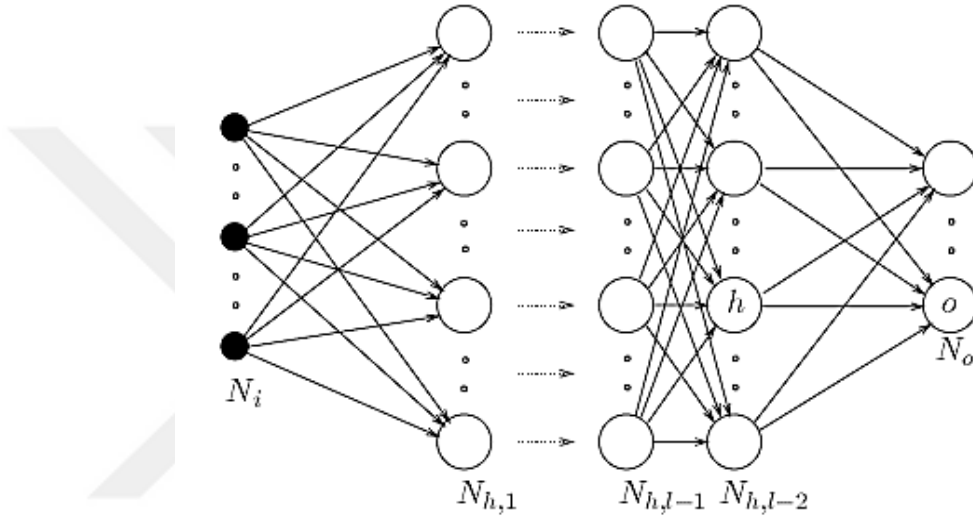
Mimari yapılarına göre YSA, ileri beslemeli ve geri beslemeli ağlar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Kröse ve Van der Smagt, 1996: 17-18):

- **İleri Beslemeli Ağlar:** İleri beslemeli ağlarda bilgi akışı giriş katmanından çıkış katmanına doğru ileri yönde olmaktadır. Bilgi işleme çoklu katmanlar arasında meydana gelmektedir ve katmanlar arasında geri beslemeli ilişki yoktur. Nöronların çıktısı aynı katmandaki ya da önceki katmanlardaki başka nöronlara girdi olarak verilmemektedir. İleri beslemeli ağlara Perceptron ve ADALINE ağları örnek olarak verilebilir. Şekil 5'de örnek bir ileri beslemeli ağ yapısı gösterilmektedir.

Geri Beslemeli Ağlar: Geri beslemeli ağlar, katmanlar arasında geri besleme ilişkileri içermektedir. İleri beslemeli ağların aksine bu ağların dinamiklik özelliği önemlidir. Bazı durumlarda nöronların aktivasyon değerleri bir rahatlama sürecine girmektedir. Böylelikle ağ kararlı bir yapı oluşturmakta ve bu aktivasyon değerleri artık değişmemektedir. Başka uygulamalarda ise, çıktı nöronlarının aktivasyon

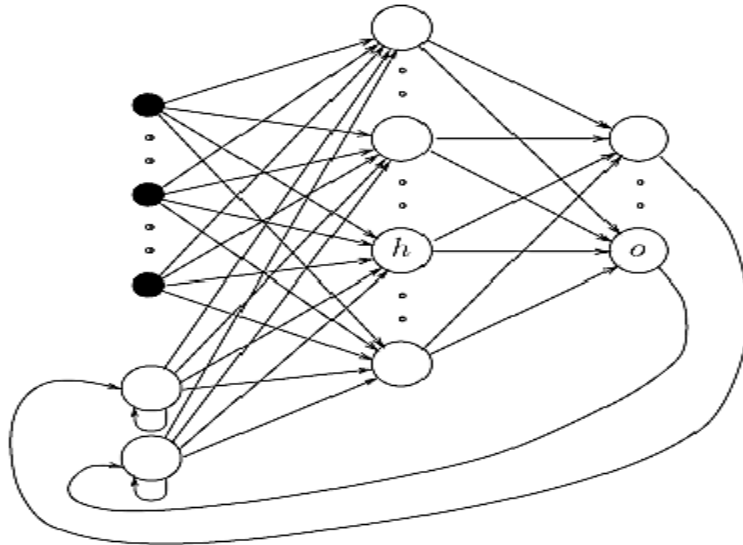
değerlerinin değişimi önem taşımaktadır ki dinamik davranış ağın çıktısını teşkil etmektedir. Geri beslemeli ağlara, Anderson (1977), Kohonen (1977) ve Hopfield (1982) ağları örnek olarak verilebilmektedir. Şekil 6’da örnek bir geri beslemeli ağ yapısı gösterilmektedir. Şekil 6’ya bakıldığında, geri beslemeli ağ yapısında sadece ileri yönlü değil geriye doğru da bilgi akışı vardır ve bu özelliğiyle dinamik bir özelliğe sahiptir.

Şekil 5: Çok Katmanlı İleri Beslemeli Ağ Yapısı



Kaynak: Kröse ve Van der Smagt, 1996: 34.

Şekil 6: Geri Beslemeli Ağ Yapısı



Kaynak: Kröse ve Van der Smagt, 1996: 48.

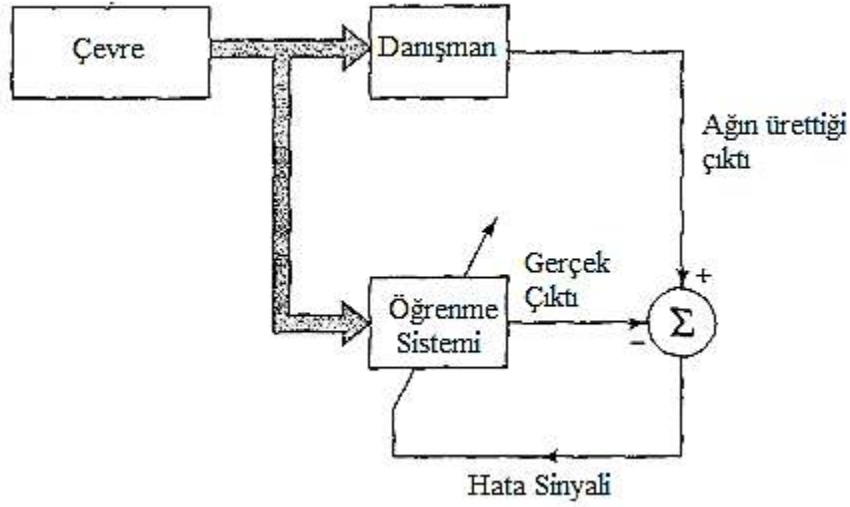
1.6.2. Öğrenme Metotlarına Göre YSA'lar

Öğrenme yöntemlerine göre YSA, danışmanlı öğrenme, destekleyici öğrenme ve danışmansız öğrenme olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Bu öğrenme yöntemleri herhangi bir mimari yapıdaki ağlar için uygulanabilir. Her öğrenme paradigması birçok eğitim algoritmasına sahiptir. Aşağıda bu öğrenme yöntemleri açıklanmaktadır (Krenker ve diğerleri, 2011: 13-15; Haykin, 1999: 85-57):

- **Danışmanlı Öğrenme:** Danışmanlı öğrenme eğitim verilerini kullanarak YSA parametrelerini belirleyen bir makine öğrenme tekniğidir. Öğrenen YSA'nın görevi, girdi ve çıktı arasındaki ilişkileri belirleyerek parametre değerlerini ortaya çıkarmaktır. Eğitim verileri, geleneksel olarak vektör şeklinde gösterilen girdi ve çıktı çiftinden oluşmaktadır. Danışmanlı öğrenme, sınıflandırma olarak da ifade edilebilir. Birbirlerine göre güçlü ve zayıf yönleri olan sınıflandırma amacıyla kullanılan birçok yöntem vardır. Çok katmanlı algılayıcı, destek vektör makineleri, k-en yakın komşu algoritması, gauss karışım modeli, karar ağaçları, radyal tabanlı fonksiyonlar bu yöntemlere örnek olarak verilebilir. Herhangi bir problem için uygun bir yöntem seçmek bilimden çok bir sanattır. Danışmanlı öğrenme yöntemi ile verilen bir problemi çözebilmek için çeşitli adımların uygulanması gerekmektedir. İlk aşamada, eğitim örneklerinin türü belirlenmelidir. İkinci aşamada, problemi tam anlamıyla açıklayan eğitim verisi toplanmalıdır. Üçüncü aşamada, toplanılan eğitim veri seti seçilen YSA modeline anlaşılır bir şekilde tanıtılmalıdır. Dördüncü aşamada ise, öğrenme süreci başlatılarak YSA'nın öğrenmesi sağlanmalıdır. Öğrenme işlemi tamamlandıktan sonra öğrenme sırasında YSA'nın görmediği verilerden oluşan test verileri ile öğrenmiş YSA'nın performansı test edilmelidir. Şekil 7'de örnek bir danışmanlı öğrenme sistemi gösterilmektedir.

Çevreden gelen bilgiler danışmana ve öğrenme sistemine aktarılmaktadır. Danışman, eğitim örnekleri için girdi verilerine uygun olarak çıktı üretilmesini sağlar. Ağ parametreleri, eğitim örnekleri ve hata sinyallerinin bütünleşik etkisi sonucu ayarlanmaktadır. Hata sinyali ağın ürettiği çıktı ile gerçek çıktı arasındaki farktır. Hatayı ölçmek için ortalama hata kareleri, ortalama hata kareleri karekökü vb. parametreler kullanılmaktadır. Bu fark minimum oluncaya kadar öğrenme sürecine devam edilmektedir.

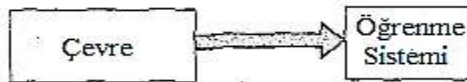
Şekil 7: Danışmanlı Öğrenme Sistemi



Kaynak: Haykin, 1999: 85.

- **Danışmansız Öğrenme:** Danışmansız öğrenme, eğitim verileri ve minimize edilmesi gereken bir maliyet fonksiyonu kullanarak YSA parametrelerini belirleyen bir makine öğrenme tekniğidir. Maliyet fonksiyonu herhangi bir fonksiyon olabilmektedir. Danışmansız öğrenme, özellikle istatistiksel modelleme, filtreleme, kümeleme gibi problemlerde kullanılmaktadır. Danışmansız öğrenmede verilerin nasıl yapılandırıldığı analiz edilmektedir. Danışmansız öğrenmeyi, danışmanlı öğrenme ve destekleyici öğrenmeden ayıran en önemli fark, ağa etiketsiz örneklerin gösterilmesidir. Yani, eğitim için herhangi bir eğitim verisi ayrılmadan tüm örnekler kullanılmaktadır. Danışmansız öğrenme en yaygın olarak verileri benzerliklerine göre sınıflandırmak amacıyla kullanılmaktadır. Kendi kendini organize eden haritalar en çok kullanılan danışmansız öğrenme algoritmalarındandır. Şekil 8’de örnek bir danışmansız öğrenme sistemi gösterilmektedir.

Şekil 8: Danışmansız Öğrenme Sistemi



Kaynak: Haykin, 1999: 85.

- **Destekleyici Öğrenme:** Destekleyici öğrenme de bir makine öğrenme tekniğidir. Bu teknikte girdi-çıkı ilişkisi çevre ile etkileşim sonucunda oluşturulmaktadır. Destekleyici öğrenme, uzun dönemli başarılar için çevre koşullarında YSA'nın nasıl hareket etmesi gerektiği ile ilgilenir. Destekleyici öğrenme, YSA'nın genel öğrenme algoritmasının bir parçası olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Danışmanlı öğrenmeye benzemektedir. Sistem girdileri kullanarak herhangi bir çıktı üretir ve bu çıktının doğru ya da yanlış olduğu sinyali gelmektedir.

1.6.3. Kullanım Amaçlarına Göre YSA'lar

Tüm YSA modellerinde nöronlar, bağlantılar ve transfer fonksiyonları mevcut olduğundan bütün modeller arasında bir benzerlik söz konusudur. Modeller arasındaki farklılık ise, öğrenme kurallarından ve bu kuralların ağı mimarisine nasıl adapte edileceğinden kaynaklanmaktadır. Aşağıda Tablo 2'de hangi ağların hangi amaçlar için kullanılabileceği yer almaktadır.

Tablo 2: Kullanım Amaçlarına Göre Yapay Sinir Ağları

Kullanım Amacı	Ağ Yapısı
Tahmin	• Geri Yayılım • Delta Bar Delta • Genişletilmiş Delta Bar Delta • Yönlendirilmiş Rastgele Arama • Yüksek Dereceli Sinir Ağları • Kendi Kendini Organize Eden Haritalar
Sınıflandırma	• Doğrusal Vektör Parçalama (LVQ) • Karşı Yayılma • Olasılıklı Sinir Ağları
Veri İlişkilendirme	• Hopfield • Boltzmann Makinesi • Hamming Ağları • Çift Yönlü İlişkisel Bellek • Uzay-zamansal Desen Tanıma
Veri Kavramsallaştırma	• Adaptif Rezonans Ağı • Kendi Kendini Organize Eden Haritalar
Veri Filtreleme	• Yeniden Dolaşım (Recirculation)

Kaynak: Anderson ve McNeill, 1992: 31.

Yukarıdaki tablodan da görüleceği üzere, sinir ağları tahmin, sınıflandırma, veri ilişkilendirme, veri kavramsallaştırma ve veri filtreleme amacıyla kullanılmaktadır. Bu tablo rehber niteliğindedir. Kullanım amacına göre en çok kullanılan ağ yapıları örnek olarak verilmiştir. Herhangi bir ağ birden fazla problemin çözümü için uygun olabilmektedir. Örneğin, ileri beslemeli geri yayılım ağları hemen hemen tüm problemlerin çözümünde kullanılmakta, en yaygın olarak da tahmin problemlerinde uygulanmaktadır (Anderson ve McNeill, 1992: 31).

1.6.4. Öğrenme Zamanına Göre YSA'lar

YSA gibi öğrenen sistemlerde öğrenme, çevrimiçi (on-line) ve çevrimdışı (off-line) olmak üzere iki şekilde gerçekleşebilmektedir (Öztemel, 2012: 26):

- **Çevrimiçi (On-line) Öğrenme:** Bu kurallara göre öğrenen sistemler gerçek zamanda çalışırken bir taraftan fonksiyonlarını yerine getirmekte diğer taraftan ise öğrenmeye devam etmektedir. ART ağının öğrenme kuralı ve Kohonen öğrenme kuralı bu sınıfta bulunan öğrenme kurallarına örnek olarak verilebilir.
- **Çevrimdışı (Off-line) Öğrenme:** Çevrimdışı öğrenme kurallarına dayalı öğrenen sistemler, kullanıma alınmadan önce örnekler üzerinde eğitilirler. Bu kuralları kullanan sistemler eğitildikten sonra gerçek hayatta kullanıma alındığında artık öğrenme olmamaktadır. Sistemin öğrenmesi gereken yeni bilgiler söz konusu olduğunda sistem kullanımdan çıkarılmakta ve çevrimdışı olarak yeniden eğitilmektedir. Eğitim tamamlanınca sistem tekrar kullanıma alınmaktadır. YSA'da yaygın olarak kullanılan delta öğrenme kuralı bu tür öğrenmeye örnek olarak verilebilir.

1.7. YAPAY SİNİR AĞLARINDA ÖĞRENME VE TEMEL ÖĞRENME KURALLARI

YSA, insan beyninin çalışma prensibinden esinlenerek geliştirildiğinden dolayı, insan beyninin en önemli özelliklerinden biri olan öğrenme yeteneği YSA'lara aktarılmıştır. YSA bu özelliği ile birçok teknikten farklılık göstermekte, daha güçlü ve daha tutarlı çözümler sunmaktadır. YSA, geçmişte gerçekleşmiş

olayları temel alarak, girdi ve çıktı verileri arasındaki ilişkileri öğrenmekte ve bu öğrenme süreci sonucunda daha önce hiç görmediği girdi verilerini kullanarak mantıklı bir çıktı üretmektedir. YSA'ların bu özelliğine genelleme yeteneği adı da verilmektedir. YSA, öğrenme sürecinde girdi verilerini kullanarak bir çıktı üretir. Ürettiği bu çıktıyı gerçek çıktı ile karşılaştırarak önceden belirlenmiş hata performans ölçütüne göre hata minimum oluncaya kadar girdi ve çıktı arasındaki bağlantı ağırlıkları sürekli güncellemektedir. Artık hata daha fazla azalmaya başladığında öğrenme süreci tamamlanmaktadır.

YSA, paralel yapıda birbirleriyle bağlantılı nöronlardan oluşan bir sistemdir. Bu sistemde yer alan nöronlar da adaptif bilgi işleme elemanı olarak görülebilirler. Nöronların ağırlıkları, girdilerin sinyaline, çıktı değerine veya danışmanın tepkisine göre değiştirilebilir niteliktedir. Bazı durumlarda sistemde danışman yoktur ve ağırlıklar girdi ve/veya çıktı değerlerine bağlı olarak değiştirilmektedir (Zurada, 1992: 59). Öğrenme, çevre tarafından uyarılma sonucu sinir ağlarının parametrelerindeki değişim süreci olarak tanımlanabilmektedir. Öğrenme süreci üç aşamada meydana gelmektedir. İlk aşamada, YSA modeli çevre tarafından uyarılmaktadır. Yani, dışarıdan ya da diğer nöronlardan girdi verileri ya da sinyaller gelmektedir. İkinci aşamada, bu uyarılma sonucunda ağırlık parametrelerinde değişiklikler olmaktadır. Ağırlık bağlantı ağırlıkları hatayı minimum yapacak şekilde güncellenmektedir. Üçüncü aşamada ise, YSA kendi iç yapısında olan değişiklikler nedeniyle çevreye yeni bir tepki vermektedir. Yani, çevredeki değişikliklere göre kendini adapte edebilmektedir (Haykin, 1999: 72).

YSA modelleri birçok şeyi öğrenebilir ancak asıl soru bunun nasıl uygulanacağıdır. Yani, örneklerin YSA modeline nasıl tanıtılacağıdır. Eğer örnekler, YSA modeline uygun bir şekilde tanıtılmazsa YSA'nın performansı düşecektir. Temel olarak YSA'nın bileşenlerinde herhangi bir değişiklik meydana geldiğinde YSA'nın yapısı da değişmektedir. Teorik olarak bir YSA; yeni bağlantılar geliştirerek, mevcut bağlantıları silerek, bağlantı ağırlıklarını değiştirerek, nöronların eşik değerlerini değiştirerek, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıktı fonksiyonunu değiştirerek, yeni nöronlar geliştirerek veya mevcut nöronları silerek öğrenme işlevini gerçekleştirebilmektedir. Bu alternatifler arasından en yaygın olarak kullanılan bağlantı ağırlıklarını değiştirmektir (Kriesel, 2005: 51-52).

YSA, öğrenme işlevini belirli kurallara göre yerine getirmektedir. Bu kurallara öğrenme kuralları denilmektedir. Bu kurallar ağın ürettiği çıktı ile gerçek çıktı arasındaki farkın en düşük seviyeye indirmesinde önemli rol oynamaktadırlar. Literatürde birçok öğrenme tekniği olmasına karşın aşağıda tüm öğrenme kurallarının temeli olma özelliği taşıyan öğrenme kurallarına değinilecektir (Hebb, 1949: 50; Anderson ve McNeill, 1992: 29; Mehrotra ve diğerleri, 1996: 22; Wilamowski, 2003: 2):

- **Hebb Kuralı:** Hebb kuralı, en çok bilinen ve en eski öğrenme kurallarından biridir. 1949 yılında Hebb tarafından geliştirilmiştir. Hebb öğrenme kuralının temel prensibi şu şekildedir: “A hücresinin aksonu, B hücresini uyarmak için yakınlığında ve sürekli olarak ard arda ateşlediğinde, bir ya da her iki hücrede bazı büyüme süreçleri ve metabolik değişimler görülmektedir ki, B’yi ateşleyen hücrelerden biri olarak A’nın etkinliği arttırılmaktadır.” Yani, komşu iki hücreden biri aktif ise diğerini de aktifleştirmekte, pasif ise diğerini de pasifleştirmektedir. Eğer hücreler arasında herhangi bir ilişki yoksa ağırlıklar sabit kalmaktadır.

- **Hopfield Kuralı:** Nöronlar arasındaki güçlendirme ve zayıflatma derecelerinin belirlenmesi dışında Hebb kuralına çok benzemektedir. Bu kurala göre, eğer arzu edilen çıktı ve girdilerin ikisi de aktif ya da ikisi de pasifse öğrenme oranına göre bağlantı ağırlıkları arttırılır, aksi takdirde bağlantı ağırlıkları öğrenme oranı kadar azaltılır.

- **Delta Kuralı:** Bu kural, en yaygın kullanılan ve Hebb kuralının biraz değişik şekli olan bir kuraldır. Bu kuralın temel ilkesi, ağın ürettiği çıktı ile gerçek çıktı arasındaki farkı azaltmak için bağlantı ağırlıklarının sürekli olarak güncellenmesi esasına dayanmaktadır. Bu kural, ortalama kareler hatasını minimum yapacak şekilde sinaptik ağırlıkları değiştirmektedir. Bu kural ayrıca Widrow-Hoff öğrenme kuralı veya En Düşük Ortalama Kareler öğrenme kuralı olarak da adlandırılmaktadır.

- **Kohonen Kuralı:** 1988 yılında Kohonen tarafından önerilmiştir. Bu kurala göre de, her nöron diğerleri ile bir rekabet içindedir. En büyük çıktıyı üreten sinir hücresi, kazanan hücre olarak adlandırılır, kazanan hücre ve onun komşu hücrelerinin ağırlıkları güncellenmektedir.

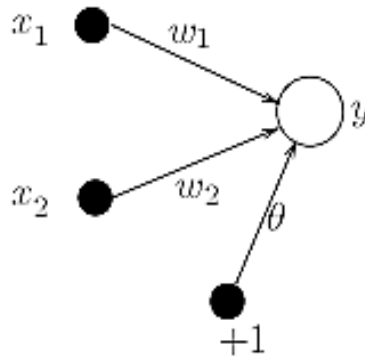
1.8. YAPAY SİNİR AĞLARI MODELLERİ

1943 yılında McCulloch ve Pitts tarafından sinir hücrelerinin ilk matematiksel modeli ortaya atıldıktan sonra çeşitli mimari yapılarda ve farklı öğrenme algoritmalarını temel alan birçok YSA modeli geliştirilmiştir. Bu bölümde YSA alanında ilk olarak ortaya konan ve daha sonraları geliştirilecek YSA modellerinin temelini oluşturan Tek Katmanlı Algılayıcılar, Perceptron, ADALINE ve MADALINE modelleri açıklanacaktır. Daha sonra hemen hemen tüm uygulamalarda rahatlıkla kullanılan Çok Katmanlı Algılayıcılara değinilecektir. Bu modeller tanıtıldıktan sonra da LVQ, ART ve diğer YSA modellerine yer verilecektir.

1.8.1. Tek Katmanlı Yapay Sinir Ağları

Tek katmanlı algılayıcılar, girdi ve çıktı katmanlarından oluşan iki katmanlı ve tek katmanlı bağlantı ağırlıklarına sahip basit yapılardır. Girdiler, dışarıdan gelen sinyalleri alarak çıktı katmanına iletirler. Her bir girdi, belirli ağırlıklar ile çıktı nöronuna bağlıdır. Girdiler, çıktı katmanı ile tam olarak bağlanmış durumdadır. Yani, tüm girdilerin çıktı ile iletişimi mevcuttur. Ancak girdilerin kendi arasında herhangi bir ilişkisi yoktur (Fausett, 1993: 12). Şekil 9'da iki girdi ve bir çıktıdan oluşan basit bir tek katmanlı ağ yapısı gösterilmektedir.

Şekil 9: Tek Katmanlı Ağ Yapısı



Kaynak: Kröse ve Van der Smagt, 1996: 23.

Şekil 9'dan da görüleceği üzere girdi ve çıktı nöronlarından başka bir de ağı çıkıtısının sıfır olmasını engelleyen sabit bir eşik değeri vardır. Her girdi kendi ağırlıkları ile çarpılıp toplanarak elde edilen değere eşik değeri eklenmektedir. Bu değeri de daha sonra aktivasyon fonksiyonundan geçmektedir.

$$y = F\left(\sum_{i=1}^2 w_i x_i + \theta\right) \quad (4)$$

Ağı yapısı doğrusal olduğundan dolayı aktivasyon fonksiyonu genellikle doğrusal olmaktadır.

$$F(y) = \begin{cases} 1 & y > 0 \\ -1 & y < 0 \end{cases} \quad (5)$$

Girdilere bağılı olarak çıktı değeri ya 1 ya da -1 değerini almaktadır. Bu ağılar genellikle sınıflandırma amacıyla kullanılmaktadır. Eğer toplam girdi pozitifse, örnek birinci sınıfta, negatifse ikinci sınıfta yer alacaktır (Kröse ve Van der Smagt, 1996: 23-24).

1.8.1.1. Basit Algılayıcı Model (Perceptron)

Basit algılayıcı model, 1958 yılında Rosenblatt tarafından geliştirilmiş bilinen en iyi doğrusal sınıflandırıcılardan biridir. Perceptron, tek bir düzlem ile karar bölgelerini ikiye ayırarak doğrusal ayrılabilir sınıflandırma problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır. Perceptron modelinde ağırlıklar bir veri noktası ve ayırma karar çizgisi arasındaki hata vektörü kullanılarak ayarlanmaktadır. Eğitim setindeki tüm örneklerin sınıflandırılması doğru olarak yapılır hale gelene kadar ağırlıklar güncellenmektedir (Priddy ve Keller, 2005: 6-8). Şekil 10'da örnek bir perceptron modeli gösterilmektedir.

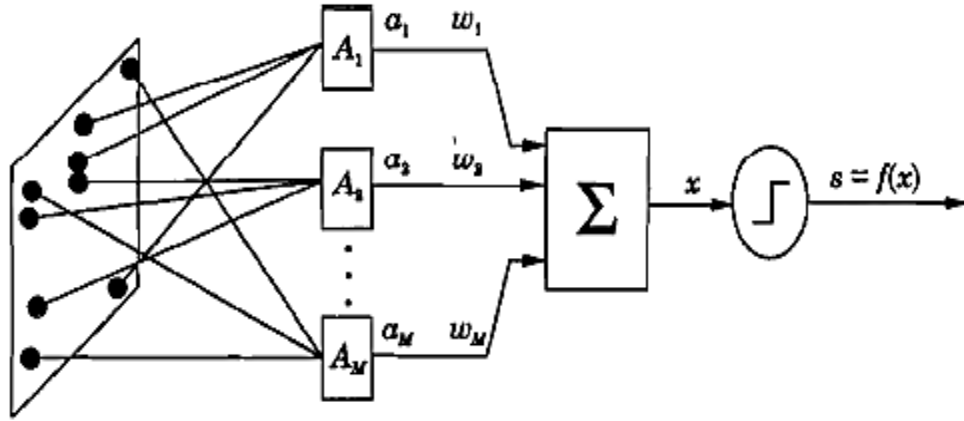
Perceptron modelinin kullandığı öğrenme algoritmasının adımları aşağıdaki gibi açıklanabilir (Zurada, 1992: 64; Fausett, 1993: 59; Krenker ve diğerleri, 2011: 6):

1. Adım: Girdi ve çıktı verileri ağı gösterilir. Başlangıç ağırlıkları ve eşik değeri ayarlanır. Ayrıca 0 ile 1 arasında bir öğrenme oranı seçilir.

2. Adım: Perceptron modeline gelen NET girdi değeri hesaplanır:

$$x = NET = \sum_{i=1}^m A_i \cdot W_i \quad (6)$$

Şekil 10: Perceptron Modeli



Kaynak: Yegnanarayana, 2005: 28.

3. Adım: Perceptron modeline gelen NET girdi değeri aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek ağıın ürettiği çıktı o_i bulunur.

$$o_i = \begin{cases} 1 & x > \theta \\ 0 & x \leq \theta \end{cases} \quad (7)$$

Yukarıda aktivasyon fonksiyonu olarak eşik değer fonksiyonu kullanılmıştır. Bunun dışında işaret (signum) ya da doğrusal parçalı fonksiyon da kullanılabilir.

4. Adım: Eğer ağıın ürettiği çıktı gerçek çıktıya eşitse ağırlıklarda herhangi bir güncellemeye gerek yoktur. Eğer gerçek çıktı ve ağıın ürettiği çıktı arasında fark varsa ağırlıklar aşağıdaki gibi güncellenmelidir.

$$r = d_i - o_i \quad (8)$$

$$\Delta w_i = c(d_i - o_i) \quad (9)$$

$$\Delta w_i = \pm 1cx \quad (10)$$

$$w_i(\text{yeni}) = w_i(\text{eski}) + \Delta w_i \quad (11)$$

d_i = Gerçek çıktı,

o_i = Ağıın ürettiği çıktı,

c = Öğrenme katsayısını ifade etmektedir.

Eğer gerçek çıktı 1 ve ağıın ürettiği çıktı 0 ise, bu durumda ağırlık değerleri aradaki farkın, öğrenme katsayısı ve girdinin çarpımı oranında artırılır. Eğer gerçek

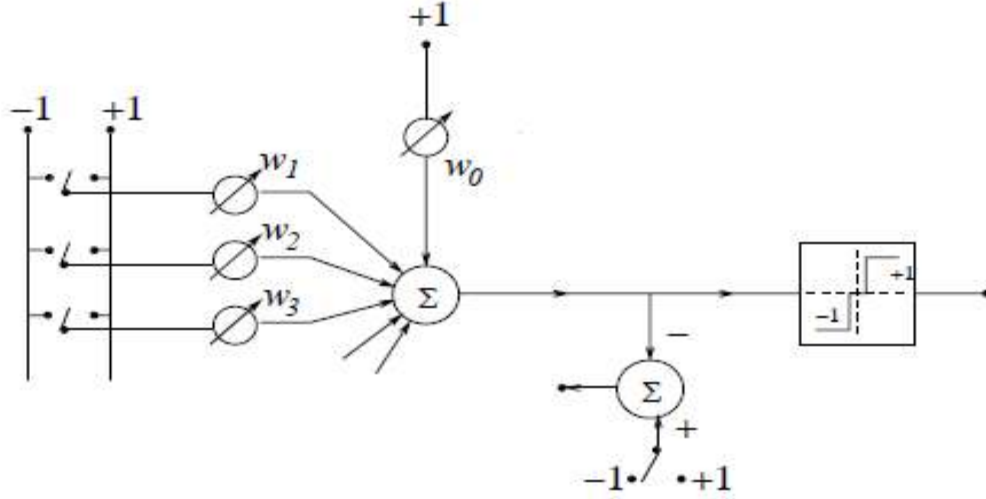
çıktı 0 ve ağırlık ürettiği çıktı 1 ise, ağırlık değerleri; aradaki fark, öğrenme katsayısı ve girdinin çarpımı oranında azaltılır.

5. Adım: Tüm örneklerle ilişkin doğru sınıflandırma yapılana kadar ağırlıkların güncellenmesi işlemine devam edilir. Tüm örnekler doğru sınıflandırıldığında ise ağırlık öğrenmesi tamamlanmış olur.

1.8.1.2. ADALINE

ADALINE (Adaptive Linear Element), 1960 yılında Widrow ve Hoff tarafından geliştirilmiş olup, adaptif doğrusal eleman kelimelerinin kısaltmasıdır. Perceptron öğrenme kuralı ve ADALINE arasındaki en önemli fonksiyonel farklılık kullandıkları öğrenme kuralıdır. ADALINE, en düşük ortalama kareler ya da Widrow-Hoff kuralı olarak da bilinen delta öğrenme kuralını kullanmaktadır (Kröse ve Van der Smagt, 1996: 27). Şekil 11’de örnek bir ADALINE modeli gösterilmektedir.

Şekil 11: ADALINE Modeli



Kaynak: Kröse ve Van der Smagt, 1996: 27.

ADALINE, iki uçlu (bipolar, -1 ya da +1) aktivasyon fonksiyonu kullanmaktadır. ADALINE ağındaki bağlantılar arasındaki ağırlıklar

ayarlanabilmektedir. ADALINE modelinin çıktısı aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir (Fausett, 1993: 83):

$$x = NET = \sum_{i=1}^m A_i \cdot W_i + \theta \quad (12)$$

$$y = \begin{cases} 1 & x \geq 0 \\ -1 & x < 0 \end{cases} \quad (13)$$

ADALINE yapısında, girdi ve çıktı arasında doğrusal bir ilişki mevcuttur. Eşik değerler kullanılarak hem sınıflandırma işlevini hem de doğrusal ilişkilerden faydalanarak fonksiyon yaklaşımı görevini yerine getirmektedir. Ağa verilen her bir girdi için bir çıktı üretilir ve bu çıktı ile gerçek çıktı arasında belirli farklılıklar bulunmaktadır. Delta kuralı, bu farklılıkları maliyet ya da hata fonksiyonunu kullanarak ağırlıkları güncellemektedir. Hata fonksiyonu, hataların karelerinin toplamıdır.

$$E = \sum_p E^p = \frac{1}{2} \sum_p (d^p - y^p)^2 \quad (14)$$

d^p gerçek çıktıyı, y^p ise ağın ürettiği çıktıyı ifade etmektedir. Delta kuralı, hata fonksiyonunu minimize etmek için eğimli iniş (gradient descent) yöntemini kullanmaktadır. Bu yöntem, mevcut örneklerin her ağırlığa göre ölçülen hata türevlerinin negatifi oranında ağırlıklardaki değişim fikrine dayanmaktadır.

$$\Delta_p w_j = -\gamma \frac{\partial E^p}{\partial w_j} \quad (15)$$

$$\frac{\partial E^p}{\partial w_j} = \frac{\partial E^p}{\partial y^p} \frac{\partial y^p}{\partial w_j} \quad (16)$$

$$\frac{\partial y^p}{\partial w_j} = x_j \quad (17)$$

$$\frac{\partial E^p}{\partial y^p} = -(d^p - y^p) \quad (18)$$

$$\Delta_p w_j = \gamma \delta^p x_j \quad (19)$$

$$\delta^p = (d^p - y^p) \quad (20)$$

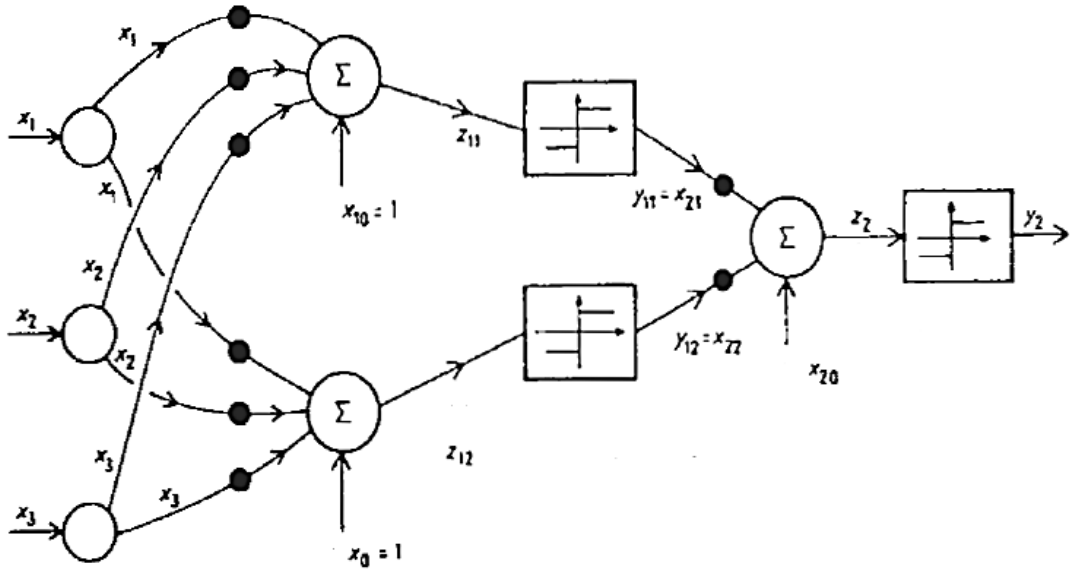
δ^p , gerçek çıktı ile ağın ürettiği çıktı arasındaki farkı, γ ise öğrenme katsayısını ifade etmektedir. Delta öğrenme kuralı, hem sürekli hem de ikili girdi ve

çıktı değişkenlerini ele alarak gerçek çıktı ve beklenen çıktı arasındaki farkları dikkate alarak ağırlıkları güncellenmektedir (Kröse ve Van der Smagt, 1996: 28-29).

1.8.1.3. MADALINE

MADALINE (Many ADALINE), birden fazla ADALINE biriminin biraraya gelmesiyle oluşmuş bir ağ yapısıdır. ADALINE’da olduğu gibi bu ağda yer alan her bir birimin çıkışı da 1 ya da -1 değerlerini almaktadır. Eğitim algoritması ADALINE ağında kullanılan eğitim algoritmasının aynısıdır (Freeman ve Skapura, 1991: 72). Şekil 12’de örnek bir MADALINE ağ yapısı gösterilmektedir.

Şekil 12: MADALINE Ağ Yapısı



Kaynak: Graupe, 2007: 38.

Yukarıdaki şekilde iki girdi ve bir çıktılı bir ağ yapısı yer almaktadır. MADALINE ağ yapısında aktivasyon fonksiyonu olarak işaret (signum) fonksiyonu kullanılmaktadır. İki ADALINE biriminin çıkışı bir sonraki ADALINE birimine girdi olarak verilmektedir. Bu ağ yapısında tek fark, çıktı katmanında AND, OR veya Çoğunluk (Majority) işlemcilerinin kullanılmasıdır. Çıktı katmanına gelen girdiler bu işlemcilerden geçirilerek çıktı üretilmektedir. MADALINE ağ yapısı bir sonraki

bölümde anlatılacak olan Çok Katmanlı Algılayıcıların temelini oluşturmaktadır (Widrow ve Lehr, 1993: 144-158).

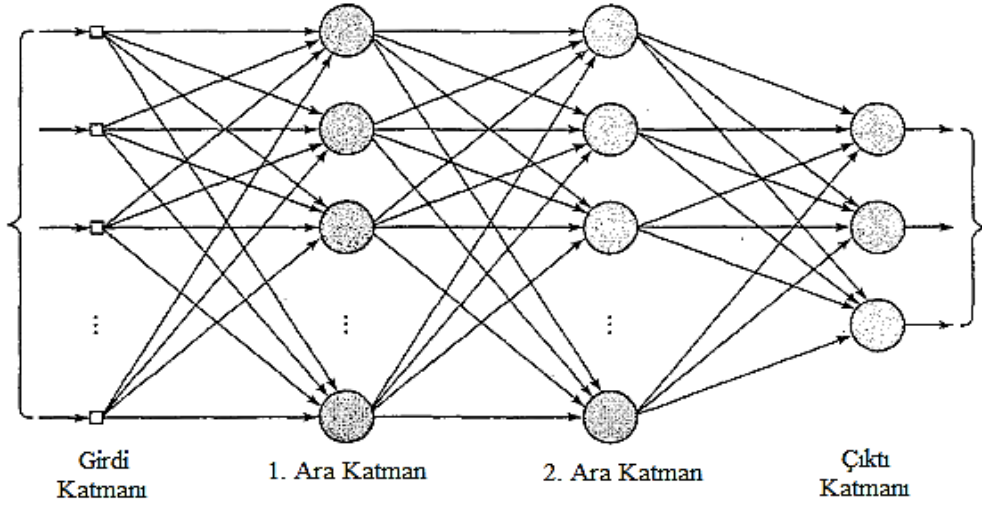
1.8.2. Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA)

Perceptron, ADALINE ve MADALINE modelleri ile doğrusal olmayan problemlere çözüm üretilmesi mümkün değildir. Tek katmanlı algılayıcılar doğrusal olmayan ilişkileri modellemede yetersiz kalmaktadır. Ancak gerçek hayattaki hemen hemen tüm problemlerin yapısı doğrusal olmayan niteliktedir. Tek katmanlı algılayıcılar ile doğrusal olmayan problemler çözülemediğinden YSA modellerine olan güven azalmış ve çalışmalar bir süreliğine sekteye uğramıştır. Daha sonraları 1986 yılında Rumelhart ve arkadaşları tarafından geliştirilen ÇKA modelleri ile doğrusal olmayan problemlerinin çözümü de mümkün hale gelmiştir. Bu bölümde ÇKA yapısı, temel elemanları, öğrenme kuralı ve ağ yapısı oluşturulurken dikkat edilmesi gereken noktalar ele alınacaktır.

1.8.2.1. ÇKA Yapısı ve Temel Elemanları

Çok Katmanlı Algılayıcılar, en çok bilinen ve diğer YSA modellerine nazaran en çok kullanılan ağ yapılarından biridir. ÇKA modelleri geri yayılım ağı olarak da adlandırılmaktadır. Geri yayılım ismi, kullandığı öğrenme algoritmasından gelmektedir. ÇKA yapıları danışmanlı öğrenme stratejisini benimsemektedir. Girdiler ve bu girdilere karşılık gelen tüm çıktı değerleri ağa gösterilerek ağın öğrenmesi sağlanır. ÇKA ağlarının değişkenler arasındaki karmaşık ilişkileri belirleme yetenekleri vardır. ÇKA'da bilgi akışı girdi katmanından ara katmana oradan da çıktı katmanına doğru ileri yönde olmaktadır. Nöronlar arasında geri besleme ilişkisi yoktur. Bu nedenle ÇKA yapıları ileri beslemeli ağlardan biridir (Lek ve Gue'gan, 1999: 67). ÇKA, standart perceptron modelinin, doğrusal olmayan aktivasyon fonksiyonları ve üç veya daha fazla katman sayısı kullanan geliştirilmiş bir şeklidir. Bundan dolayı doğrusal olmayan ilişkileri modellemede perceptron yapısından daha güçlüdür (Namdev ve diğerleri., 2013: 4706). Şekil 13'de örnek bir ÇKA yapısı gösterilmektedir.

Şekil 13: ÇKA Yapısı



Kaynak: Haykin, 1999: 181.

ÇKA yapısı girdi katmanı, ara katman ve çıktı katmanı olmak üzere genelde 3 katmandan oluşmaktadır. Problemin yapısına bağlı olarak ara katman sayısı bir ya da daha fazla sayıda olabilmektedir. Ara katmanlar gizli katman olarak da adlandırılmaktadır. Her katmandaki tüm nöronlar belirli ağırlıklar ile bir sonraki katmandaki tüm nöronlara bağlıdır. Girdi katmanında, çevreden gelen ve çıktıyı önemli derecede etkileyebilecek değişkenler mevcuttur. Girdi katmanı, kendisine gelen bilgileri herhangi bir işleme tabi tutmadan ara katmana iletmektedir. Ara katman ise, girdi katmanından gelen bilgileri toplama ve aktivasyon fonksiyonlarından geçirerek bir sonraki katmana (ara katmana ya da çıktı katmanına) göndermektedir. Çıktı katmanı da, ara katman/katmanlardan gelen bilgileri işleyerek girdilere yönelik bir çıktı üretmektedir.

1.8.2.2. Geri Yayılm Algoritması

Geri Yayılm Algoritması, çok katmanlı ileri beslemeli ağ yapıları için geliştirilmiş bir danışmanlı öğrenme algoritmasıdır. Danışmanlı öğrenme algoritması olduğundan dolayı ağı eğitmek için hem girdi hem de çıktı vektörleri ağı sunulmaktadır. Çıkış katmanındaki hata, gerçek çıktı ve ağıın çıktısı arasındaki fark bulunarak hesaplanır. Daha sonra hata çıkış katmanından ara katmana oradan da

girdi katmanına yayılarak tüm ağa dağıtılır. Aslında bu algoritma delta kuralının doğrusal olmayan fonksiyonlara uyarlanmış hali olarak düşünülebilir. Bu nedenle bu algoritma genelleştirilmiş delta kuralı olarak da adlandırılmaktadır. Temel olarak hata geri yayılım süreci, ileri besleme ve geri besleme olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. İleri besleme sürecinde, girdiler ağa verilir ve girdiler katmanlardan geçerek çıktı katmanına ulaşır. Çıktı katmanında girdilere yönelik bir çıktı değeri hesaplanır. Bu süreçte ağın tüm sinaptik ağırlıkları sabittir. Geri besleme sürecinde ise gerçek çıktı ve ağın ürettiği çıktı karşılaştırılarak bulunan hataya göre tüm sinaptik ağırlıklar ayarlanır (Yegnanarayana, 2005: 117; Pinjare ve Kumar, 2012: 1).

Geri yayılım algoritmasının adımları ileri ve geri besleme süreçleri dikkate alınarak aşağıdaki gibi açıklanabilir (Zurada, 1992: 177-179; Kröse ve Van der Smagt, 1996: 34-37):

Öncelikle girdi değişkenleri kullanılarak NET girdi değerleri ve aktivasyon fonksiyonunun çıktısı hesaplanır. Daha sonra ara katmandan geçen girdi değerleri çıktı katmanına geçer ve burada da işlenerek çıktı değerleri oluşturulur.

$$y_k^p = F(s_k^p) \quad (21)$$

$$s_k^p = \sum_j w_{jk} y_j^p + \theta_k \quad (22)$$

$$s^p = \frac{1}{1 + e^{-s^p}} \quad (23)$$

Aktivasyon fonksiyonu olarak genellikle sigmoid fonksiyonu kullanılmaktadır. Bunun dışında farklı fonksiyonlar da kullanılabilir. Sadece türevi alınabilir bir fonksiyonun kullanılmasına dikkat edilmelidir.

Çıktı değeri hesaplandıktan sonra gerçek çıktı ve ağın çıktısı karşılaştırılarak ağırlıkların güncellenmesi yapılır.

$$\Delta_p w_{jk} = -\gamma \frac{\partial E^p}{\partial w_{jk}} \quad (24)$$

$$E = \sum_p E^p = \frac{1}{2} \sum_p (d_o^p - y_o^p)^2 \quad (25)$$

$$\frac{\partial E^p}{\partial w_{jk}} = \frac{\partial E^p}{\partial s_k^p} \frac{\partial s_k^p}{\partial w_{jk}} \quad (26)$$

$$\frac{\partial s_k^p}{\partial w_{jk}} = y_j^p \quad (27)$$

$$\delta_k^p = -\frac{\partial E^p}{\partial s_k^p} \quad (28)$$

$$\Delta_p w_{jk} = \gamma \delta_k^p y_j^p \quad (29)$$

$$\delta_k^p = -\frac{\partial E^p}{\partial s_k^p} = -\frac{\partial E^p}{\partial y_k^p} \frac{\partial y_k^p}{\partial s_k^p} \quad (30)$$

$$\frac{\partial y_k^p}{\partial s_k^p} = F'(s_k^p) \quad (31)$$

$$\frac{\partial E^p}{\partial y_k^p} = -(d_o^p - y_o^p) \quad (32)$$

$$\delta_o^p = (d_o^p - y_o^p) F'_o(s_o^p) \quad (33)$$

$$y = F(s_o^p) = \frac{1}{1 + e^{-s^p}} \quad (34)$$

$$y = F(s_o^p) = y^p (1 - y^p) \quad (35)$$

Tüm bu eşitlikler dikkate alındığında hata sinyali aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir:

$$\delta_o^p = (d_o^p - y_o^p) y_o^p (1 - y_o^p) \quad (36)$$

Hata miktarı hesaplandıktan sonra da ağırlıkların değişim miktarı ve yeni ağırlıklar aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$\Delta w_{jk}(t+1) = \gamma \delta_k^p y_j^p + \alpha \Delta w_{jk}(t) \quad (37)$$

$$w_{jk}(t+1) = w_{jk}(t) + \Delta w_{jk}(t+1) \quad (38)$$

γ , öğrenme katsayısını ve α momentum katsayısını ifade etmektedir. Hata minimum oluncaya kadar öğrenmeye devam edilmektedir. Ağ tüm örneklerle belirli bir hata oranında cevap verince öğrenme tamamlanır ve tüm ağırlıklar hesaplanmış olur.

1.8.2.3. Örnek XOR Problemi Çözümü

ÇKA ağlarının XOR problemine nasıl sonuç ürettiklerini bir örnek üzerinde göstermek faydalı olacaktır. Çünkü bu örnek, ÇKA ağlarının bulunmasının en temel nedenlerinden birisidir. Bu problem, yapay sinir ağlarında bir devrin kapanıp bir devrin açılmasına neden olmuş önemli bir kilometre taşıdır. ÇKA ağının çalışma süreci XOR problemine şöyle uygulanmaktadır (Öztemel, 2012: 85-90):

Tablo 3: XOR Tablosu

	Girdi 1	Girdi 2	Çıktı
1. Örnek	0	0	0
2. Örnek	0	1	1
3. Örnek	1	0	1
4. Örnek	1	1	0

Kaynak: Öztemel, 2012: 85-90.

Oluşturulan ağ için aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır. Öğrenme (λ) katsayısı için 0,5 ve momentum (α) katsayısı için 0,8 seçilmiştir. Girdi katmanı ile ara katman arasındaki başlangıç ağırlıkları şu şekilde belirlenmiştir:

$$A^i = \begin{bmatrix} 0,129952 & 0,570345 \\ -0,923123 & -0,328932 \end{bmatrix} \quad (39)$$

Çıktı katmanı ile ara katman arasındaki başlangıç ağırlıkları da şöyle belirlenmiştir:

$$A^a = [0,164732 \quad 0,752621] \quad (40)$$

Eşik değerlerin ağırlıkları da aşağıdaki gibi olsun:

$$\beta^a = [0,341332 \quad -0,115223] \quad (41)$$

$$\beta^c = [-0,993423] \quad (42)$$

1. örnek ($G_1 = 0$, $G_2 = 0$ ve $\zeta = 0$) ağa gösterildiğinde hesaplamalar şu şekilde olacaktır:

$$NET\ 1 = (0 * 0,129952) + (0 * -0,923123) + (1 * 0,341232) = 0,341232 \quad (43)$$

$$NET\ 2 = (0 * 0,570345) + (0 * -0,328932) + (1 * -0,115223) = -0,115223 \quad (44)$$

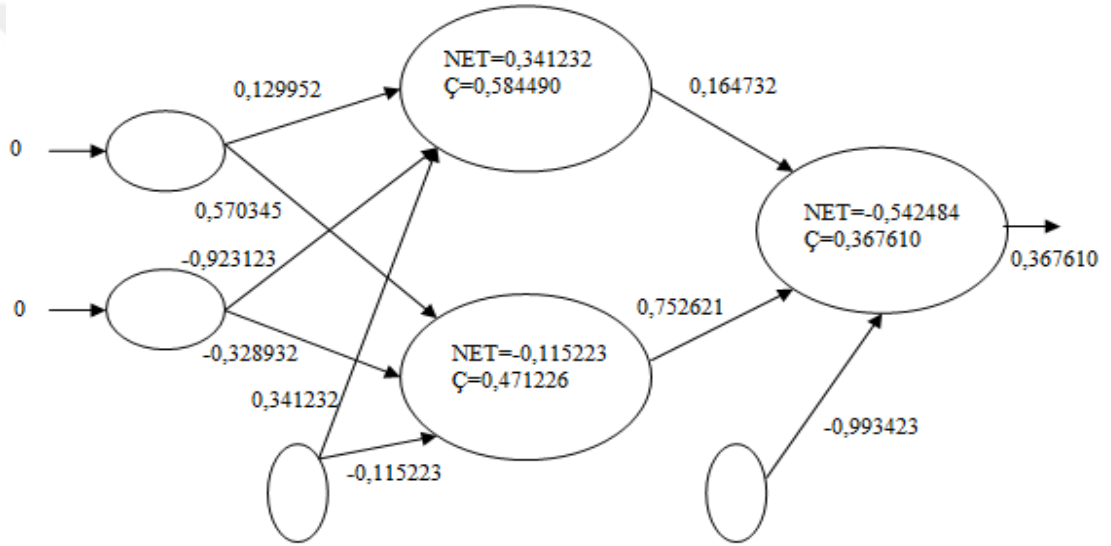
$$\zeta_1 = \frac{1}{1 + e^{-0,341232}} = 0,584490 \quad (45)$$

$$\zeta_2 = \frac{1}{1 + e^{0,115223}} = 0,471226 \quad (46)$$

$$NET\ (\text{Çıktı}) = (1 * -0,993423) + (0,584490 * 0,164732) + (0,471226 * 0,752621) = -0,542484 \quad (47)$$

$$\zeta = \frac{1}{1 + e^{0,542484}} = 0,367610 \quad (48)$$

Şekil 14: İleri Doğru Hesaplama



Beklenen çıktı 0 olduğuna göre ağıh hatası: $E = 0 - 0,367610 = -0,367610$. Bu hatanın geriye doğru yayılması sonucu ara katman ile çıktı katman arasındaki ağırlıklar şu şekilde hesaplanır:

$$\delta_1 = \zeta_1(1 - \zeta_1)E_1 \quad (49)$$

$$\delta_1 = 0,367610 * (1 - 0,367610) * (-0,367610) \quad (50)$$

$$\delta_1 = -0,085459 \quad (51)$$

$$\Delta A_{11}^a(t) = 0,5 * -0,085459 * 0,584490 + 0,8 * 0 = -0,024875 \quad (52)$$

$$\Delta A_{21}^a(t) = -0,020135 \quad (53)$$

$$\Delta \beta_1^c(t) = -0,042730 \quad (54)$$

$$A_{11}^a(t) = A_{11}^a(t-1) + \Delta A_{11}^a(t) \quad (55)$$

$$A_{11}^a(t) = 0,164732 - 0,024975 = 0,139757 \quad (56)$$

$$A_{21}^a(t) = 0,752621 - 0,020135 = 0,732486 \quad (57)$$

$$\beta_1^c(t) = -0,993423 - 0,042730 = -1,036153 \quad (58)$$

Benzer şekilde girdi katmanı ile ara katman arasındaki ağırlıklar şu şekilde bulunur:

$$\delta_1^a(t) = \zeta_1(1 - \zeta_1)\delta_1 A_{11}^a(t-1) \quad (59)$$

$$\delta_1^a = 0,584490 * (1 - 0,584490) * (0,164732) * (-0,085459) \quad (60)$$

$$\delta_1^a = -0,034190 \quad (61)$$

$$\delta_2^a = -0,160263 \quad (62)$$

$$\Delta A_{11}^i(t) = 0,5 * -0,034190 * 0 + 0,8 * 0 = 0 \quad (63)$$

$$\Delta A_{12}^i(t) = 0,5 * -0,034190 * 0 + 0,8 * 0 = 0 \quad (64)$$

$$\Delta A_{21}^i(t) = 0 \quad (65)$$

$$\Delta A_{22}^i(t) = 0 \quad (66)$$

$$\Delta \beta_1^i(t) = 0,5 * 1 * -0,034190 = -0,017095 \quad (67)$$

$$\Delta \beta_2^i(t) = 0,5 * 1 * -0,160263 = -0,080132 \quad (68)$$

Bu değerler kullanılarak ağırlıklar değiştirilir. Ağırlıklardaki değişim miktarı 0 olduğundan ağırlık değerlerinde herhangi bir değişiklik olmayacak ancak eşik değeri ağırlıklarında değişiklik olacaktır.

$$\beta_1^i(t) = 0,341232 - 0,017095 = 0,3242038 \quad (69)$$

$$\beta_2^i(t) = 0,115223 - 0,081325 = -0,0350905 \quad (70)$$

Birinci iterasyon bittikten sonra ikinci iterasyon başlayacaktır. Bu kez ikinci örnek ağı gösterilir. Yukarıdaki işlemler aynı şekilde tekrar edilir. Bu iterasyonlar bütün çıktılar doğru cevap verinceye kadar devam etmelidir. Ağ eğitildikten sonra ürettiği sonuçlar aşağıdaki Tablo 4’de gösterilmektedir.

Tablo 4: XOR Probleminin Çözümü

Girdi 1	Girdi 2	Beklenen Çıktı	Ağın çıktısı	Hata
0	0	0	0,017622	-0,017
1	0	1	0,981504	0,018
0	1	1	0,981491	0,018
1	1	0	0,022782	-0,020

1.8.2.4. ÇKA Tasarımında Önemli Unsurlar

ÇKA ağının performansını arttırmak için bazı hususlara dikkat etmek gereklidir. Bu kritik noktaların her biri ağın performansında önemli derecede etkilidir. Bu noktalarda verilecek stratejik kararlar güçlü bir ağ yapısının oluşturulmasına büyük katkı sağlayacaktır. Bu stratejik noktalar aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

1.8.2.4.1. Değişkenlerin Seçimi ve Örneklerin Belirlenmesi

YSA veri odaklı bir yöntem olduğundan, problemin çözümünde ele alınan değişkenlerin seçimi önemli bir konudur. Doğru değişkenlerin belirlenerek doğru verilerin toplanması, hazırlanması ve kodlanarak ağa gösterilmesi ağın başarısı açısından büyük önem arz etmektedir. Ağ tasarımcısı öncelikle problemi iyi bir şekilde tanımlamalı, daha sonra ağdan ne beklediğini yani ağı tahmin, sınıflandırma ya da kendi kendini organize etme amaçlı mı kullanacağını belirlemeli ve amacına ulaşmada gerekli verilerin neler olduğunu analiz etmelidir (Priddy ve Keller, 2005: 21). Probleme ilişkin belirlenecek tüm örneklerin ana kütleyi temsil edebilecek sayıda ve nitelikte olmasına özen gösterilmelidir. Ayrıca problemdeki çıktı yani bağımlı değişken üzerinde etkili olan girdi değişkenleri belirlenmelidir. Örneğin; talep tahmini için oluşturulacak bir ağ yapısında talebi etkileyen tüm faktörler girdi olarak tanımlanmalıdır. Çıktı ise talep miktarı ya da tutarıdır. Talebi etkileyen önemli değişkenlerden herhangi birinin probleme dahil edilmemesi ağ yapısının öğrenme ve genelleme yetenekleri üzerinde olumsuz bir etki oluşturacaktır.

1.8.2.4.2. Veri Normalizasyonu

Veri normalizasyonunun amacı, verilerin ağ yapısına sunulmadan ve öğrenme algoritması uygulanmadan önce verilerin kalitesini arttırmaktır. Birçok farklı normalizasyon yöntemi bulunmaktadır. Ham veriler çarpık olabilmekte, veriler arasında aşırı uç değerler veya tutarsızlık mevcut olabilmektedir. Veriler arasındaki bu tutarsızlığı gidermek ve aşırı sapmaları önlemek için tüm değişkenler aynı değer aralığına indirgenmektedir. Ayrıca her bir değişken aynı skalada ölçüldüğünden normalizasyon işlemi eğitim sürecini hızlandırabilmektedir. Özellikle değişkenler farklı ölçeklerde ölçüldüğünde normalizasyon işlemi daha önemli olmaktadır. Veri normalizasyonunda uygulanan bazı yöntemler aşağıda açıklanmaktadır (Nayak ve diğerleri, 2014: 260-262):

- **Min-Max Yöntemi:** Bu teknikte veriler $[0,1]$, $[-1,1]$ veya $[a,b]$ aralığına indirgenmektedir.

$$x = a + \frac{(b - a) * (a - \min A)}{\max A - \min A} \quad (71)$$

- **Z-Score Yöntemi:** Bu yöntemde veriler ortalama ve standart sapma dikkate alınarak normalize edilmektedir.

$$x = \frac{a - \mu(a)}{\sigma(a)} \quad (72)$$

- **Medyan Yöntemi:** Bu yöntemde ise tüm veriler medyan değerine oranlanmaktadır.

$$x = \frac{a}{\text{medyan}(a)} \quad (73)$$

- **Sigmoid Yöntemi:** Bu yöntem yaygın olarak kullanılan basit yöntemlerden birisidir.

$$x = \frac{1}{1 + e^a} \quad (74)$$

1.8.2.4.3. Katman ve Nöron Sayılarının Belirlenmesi

ÇKA tasarımında önemli konulardan biri de ne kadar büyüklükteki bir ağ yapısının gerekli olduğudur. Yani, ara katman sayısının ve her katmandaki nöron

sayısının belirlenmesidir. Bu işlem genellikle uygulamada deneme yanılma yoluyla belirlenmektedir. Çok az nöronun kullanılması, verilen öğrenme görevi için ağın yeterince güçlü olmamasına neden olmaktadır. Büyük sayıda nöron kullanılması da bağlantı sayısını arttıracığından eğitim süresi uzamaktadır. Deneme yanılma iki şekilde uygulanabilmektedir. İlk olarak büyük bir ağ yapısı oluşturulup daha sonra ağın hatası kabul edilebilir seviyenin altına düşene kadar katman ve nöron sayısı azar azar düşürülmektedir. Ya da küçük bir ağ yapısı ile başlanarak ağın performansı tatmin edici düzeye gelene kadar yeni katmanlar ve nöronlar eklenmektedir (Mehrotra ve diğerleri, 1996: 85). Feng ve diğerlerine (1991) göre en iyi ağ mimarisi tek gizli katmana sahip ve gizli katmandaki optimal nöron sayısı da 10 olmalıdır. Nöron sayısını daha da arttırmak performansı iyileştirmemekte, daha az nöron kullanmak da performansı kötüleştirmektedir. Ayrıca gizli katmandaki nöron sayısı yaklaşık olarak girdi sayısının iki tabanında logaritması ($\log_2(\text{girdi sayısı})$) alınarak da bulunabilmektedir (Feng ve diğerleri, 1991: 332-333).

1.8.2.4.4. Aktivasyon Fonksiyonu Seçimi

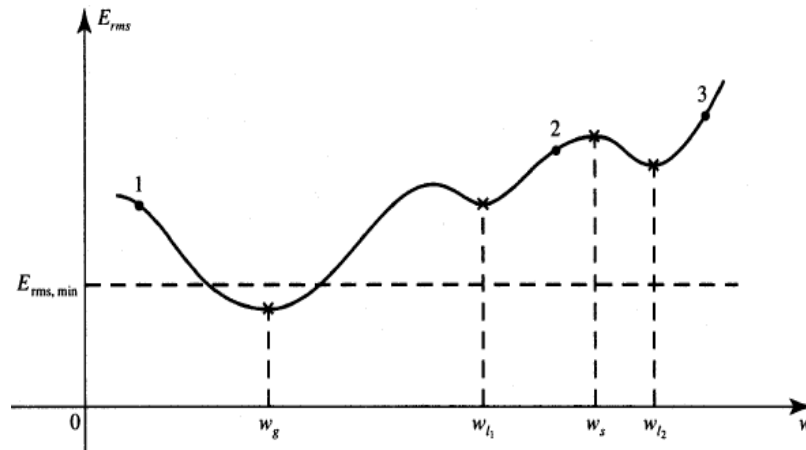
Ağ yapısında bilgi işleme sürecindeki önemli parametrelerden birisi aktivasyon fonksiyonunun seçimidir. Girdi nöronları bilgi işlemediğinden dolayı aktivasyon fonksiyonu olarak benzerlik (identity) fonksiyonu ($f(x)=x$) kullanılmaktadır. Asıl sorulması gereken soru, gizli katmanlar ve çıktı katmanında aynı aktivasyon fonksiyonunun kullanılıp kullanılmayacağıdır. Her katmanda aynı fonksiyonun kullanılması zorunlu değildir. Farklı aktivasyon fonksiyonu da kullanılabilir. Ancak genellikle aynı fonksiyon kullanılmaktadır. Fonksiyon yaklaşımı problemlerinde genel olarak gizli katmanlarda aktivasyon fonksiyonu olarak hiperbolik tanjant fonksiyonu, çıktı katmanında ise lineer aktivasyon fonksiyonu kullanılmaktadır. Ancak lineer aktivasyon fonksiyonu büyük öğrenme adımlarına ve hata yüzeyindeki optimum minimum noktalarından büyük sıçramalara yol açarak en iyi hata düzeyine ulaşmayı güçleştirmektedir. Ancak öğrenme oranı ile bu dezavantaj ortadan kaldırılmaktadır. En çok kullanılan aktivasyon fonksiyonlarından biri de sigmoid fonksiyonudur. Ancak bu fonksiyonun da en önemli dezavantajı, ağ yapısı değiştirilmedikçe eşik değerden uzaktaki değerleri zor

öğrenmesidir (Kriesel, 2005: 101). Karlık ve Olgaç'a (2010) göre daha etkili aktivasyon fonksiyonları kullanılarak YSA'nın performansını iyileştirmek mümkündür. Onlar yaptıkları çalışmada birçok aktivasyon fonksiyonunu karşılaştırmışlar ve hiperbolik tanjant fonksiyonunun ağın performansı üzerinde daha olumlu etki yaptığını ortaya koymuşlardır (Karlık ve Olgaç, 2010: 122).

1.8.2.4.5. Başlangıç Ağırlıklarının Belirlenmesi

ÇKA ağıнын proses elemanlarını birbirine bağlayan bağlantıların ağırlıklarının başlangıç değerlerinin atanması da ağın performansı ile yakından ilgilidir. Genel olarak ağırlıklar belirli aralıklarda atanmaktadır. Bu aralık eğer büyük tutulursa ağın yerel çözümler arasında sürekli dolaştığı, küçük olması durumunda ise öğrenmenin geç gerçekleştiği görülmüştür. Bu değerlerin atanması için henüz belirlenmiş standart bir yöntem yoktur (Öztemel, 2012: 98). Başlangıç ağırlıkları rastgele seçilmektedir. Genellikle -1,0 ile 1,0 ya da -0,5 ile 0,5 arasındaki değerler seçilmektedir (Mehrotra ve diğerleri, 1996: 79). Aşağıda Şekil 15'de başlangıç ağırlıklarının ağın performansına etkisi gösterilmektedir.

Şekil 15: Başlangıç Ağırlıklarının Ağın Performansına Etkisi



Kaynak: Zurada, 1992: 207.

Şekilden de görüleceği üzere eğer öğrenme işlemi 1. Noktadan başlarsa global çözüme ulaşması kolayken, 2. Noktadan öğrenme işlemin başlanırsa yerel çözüme ulaşılabilir.

1.8.2.4.6. Eğitim Algoritması

Sinir ağlarının eğitimi, tüm çıktılara ilişkin olarak gerçek çıktı ve ağın ürettiği çıktı arasındaki farkı minimize etmek için yinelemeli bir şekilde ağın ağırlıklarını güncelleyen kısıtsız doğrusal olmayan minimizasyon problemidir. Birçok farklı optimizasyon metodu sinir ağlarının eğitimi için farklı seçenekler sunmaktadır. Genel doğrusal olmayan optimizasyon problemleri için makul bir sürede global optimum çözüme ulaşmayı garanti eden mevcut bir algoritma yoktur. Uygulamada tüm optimizasyon algoritmaları yerel minimuma takılmaktadır ve global optimum çözüme ulaşamadığı noktalarda en iyi yerel optimum çözümü veren optimizasyon metodu kullanılmaktadır. Eğitim algoritması olarak en popüler yöntemlerden biri, gradyen eğimli iniş metodunu kullanan geri yayılım algoritmasıdır. Klasik geri yayılım algoritmasının dışında adaptif yöntemler ve ikinci dereceden yöntemler gibi geri yayılım algoritmasının birçok çeşidi önerilmiştir. Bunlar arasında BFGS (Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno yöntemi) ve Levenberg-Marquardt yöntemleri gibi ikinci dereceden yöntemler çoğu optimizasyon problemlerinde kullanılan daha etkili doğrusal olmayan optimizasyon yöntemleridir. Daha hızlı yakınsamaları, güçlü yapıları ve lokal minimuma ulaşma yetenekleri YSA eğitiminde bu algoritmaların kullanımını arttırmaktadır (Zhang ve diğerleri, 1998: 47-48).

1.8.2.4.7. Öğrenme Oranı ve Momentum Katsayısı

Geri yayılım öğrenme algoritmasının etkinliği ve yakınsaması, büyük oranda öğrenme oranına bağlıdır. Genellikle öğrenme oranının optimum değeri problemin yapısına göre değişmektedir ve tüm problemler için uygun standart bir öğrenme oranı yoktur (Zurada, 1992: 210). Öğrenme sürecinin hızı ve tutarlılığı genellikle öğrenme oranı tarafından kontrol edilmektedir ve ağırlıkların değişim miktarını belirlemektedir. Eğer büyük öğrenme oranı seçilirse, hata yüzeyindeki sıçramalar çok büyük olmakta ve kontrol zorlaşmaktadır. Küçük öğrenme oranı da öğrenme süresini arttırmaktadır. Deneyimler genellikle öğrenme oranının 0,01 ile 0,9 arasında kullanıldığını göstermektedir (Kriesel, 2005: 92).

Momentum katsayısının amacı ise, hata geri yayılım öğrenme algoritmasının yakınsamasını hızlandırmaktadır. Momentum katsayısı bir önceki ağırlık değişimi ile çarpılıp yeni değişim miktarı ile toplanmaktadır. Bu nedenle öğrenme üzerinde etkili bir göstergedir. Momentum katsayısı 0'dan büyük ve yakınsamayı sağlamak için de 1'den küçük olmalıdır. Genellikle 0,1-0,8 arasındaki momentum katsayıları seçilmektedir (Zurada, 1992: 211; Gurney, 1997: 107).

1.8.2.4.8. Ağırlıkları Güncelleme Sıklığı

Problemin yapısına göre ağırlıkları güncellemek için iki farklı yaklaşım sunulmaktadır. İlk olarak her örnek ağı sunulduktan sonra ağı ağırlıkları güncellenir. Her iterasyonda tek bir örnek ağı sunulmaktadır. Bu yaklaşıma örnek bazlı öğrenme denilmektedir. İkinci olarak da tüm örnekler ağı gösterildikten sonra ağırlıklar güncellenmektedir. Her iterasyon tüm örneklerin ağı gösterilmesinden oluşmaktadır. Bu yaklaşım da iterasyon bazlı öğrenme olarak adlandırılmaktadır. İki yaklaşım da yaygın olarak kullanılmaktadır. Her iki durumda da öğrenme işlemi, istenilen hataya ulaşıncaya ya da belirlenmiş iterasyon sayısı tamamlanıncaya kadar devam etmektedir. Örnek bazlı öğrenme, iterasyon bazlı öğrenmeden daha pahalıdır. Çünkü her örnek sunumundan sonra ağırlıklar güncellenmektedir. Bazı büyük uygulamalarda ise gerekli zaman çok fazladır ve öğrenme birkaç gün sürebilmektedir. İterasyon bazlı öğrenmede gerekli sürenin kısaltılması paralellik uygulanarak çözülebilmektedir. Yani, her işlemci kendi ağırlıklarını bağımsız olarak güncelleyebilmektedir. Örnek bazlı öğrenmede paralellik oluşturmak mümkün değildir (Mehrotra ve diğerleri, 1996: 80).

1.8.2.4.9. Eğitimi Durdurma

ÇKA modelinde ağı eğitilmesi kadar gereğinden fazla eğitilmemesi de önemlidir. Çünkü eğitilmek istenen bir ağ problem uzayına çözüm üretecek ağırlıkları bulduktan sonra eğitime devam edilirse bu ağı ağırlıklarında daha fazla değişikliklere neden olur. Böylece en iyi çözüm üreten bir ağ tekrar performansı daha düşük ağlara dönüşebilir. O nedenle ağı eğitiminin ne zaman durdurulması

gerektiğine karar verilmelidir. Uygulamada genel olarak iki farklı yaklaşım benimsenmektedir. İlk olarak, hata belirli bir değerin altına düştüğünde eğitim durdurulmaktadır. Burada hata oranı problemin yapısına bağlı olarak kullanıcı tarafından belirlenmektedir. Diğer bir yaklaşım olarak da ağ belirli bir iterasyon sayısını tamamladıktan sonra eğitim durdurulmaktadır (Öztemel, 2012: 103-104).

1.8.2.4.10. Ağ Performansının Belirlenmesi

Ağ eğitim süresince gerçek çıktı ve ağın ürettiği çıktı değerlerini karşılaştırarak bu iki değer arasındaki farkı minimize etmek için sürekli olarak bağlantı ağırlıklarını güncellemektedir. Sadece ağa gösterilen eğitim seti üzerinde değil aynı zamanda ağın hiç görmediği test verileri üzerinde de sına yapılarak ağın hatası ölçülmelidir. Bu hatalara göre ağın eğitiminin tamamlanıp tamamlanmayacağı ve ağın artık kullanıma hazır olup olmayacağı belirlenmektedir. Bu hatayı ölçmek için de çeşitli performans göstergeleri mevcut olup, bunlardan en sık kullanılanları aşağıda açıklanmaktadır:

- Ortalama Mutlak Hata (MAE): $\frac{\sum |e_t|}{N}$ (75)

- Hata Kareleri Toplamı (SSE): $\sum (e_t)^2$ (76)

- Hata Kareleri Ortalaması (MSE): $\frac{\sum (e_t)^2}{N}$ (77)

- Hata Kareleri Ortalaması Karekökü (RMSE): $\sqrt{MSE}$ (78)

- Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (MAPE): $\frac{1}{N} \sum \left| \frac{e_t}{y_t} \right| (100)$ (79)

e_t : Gerçek çıktı ile ağın ürettiği çıktı arasındaki fark (hata),

y_t : Gerçek çıktı,

N : Örnek sayısını ifade etmektedir (Zhang ve diğerleri, 1998: 51).

1.8.2.4.11. Ağın Genelleme Yeteneği

ÇKA modellerine örnekler sunulmadan önce örnek seti eğitim ve test verisi olmak üzere ikiye ayrılır. Daha sonra eğitim setindeki tüm örnekler ağa sunulur

ağın öğrenmesi sağlanır. Ağın sadece eğitim örneklerine verdiği cevaplar değil, ağ öğrendikten sonra da test verileri ağı sunularak ağın test verilerine yönelik ürettiği tahmini değerler gerçek değerler ile karşılaştırılarak test performansı da analiz edilmelidir. Ağın görmediği örneklerle ilişkin çıkarımda bulunabilmesine genelleme yeteneği denilmektedir. Yani, ağ sadece eğitim verileri üzerinde değil test verileri üzerinde de iyi performans göstermelidir.

Bir çocuğa 3+4 ve 33+44 gibi iki toplama işlemini öğrettiğimizi varsayalım. Daha sonra da 333+444 toplama işleminin cevabını soralım. Eğer çocuk iyi eğitilirse cevabı doğru verecektir. Ancak çocuk örnekleri ezberlerse doğru cevap vermesi zordur. Ağ yapıları da bu şekilde değerlendirilebilir. Eğer ağ öğrenme yerine ezberlerse görmediği test örneklerine verdiği cevaplar tutarsız olacaktır (Mehrotra ve diğerleri, 1996: 37-38). Böyle durumlarda yukarıda belirtilen tüm önemli noktalar tekrar değerlendirilerek ağ yeniden eğitilmelidir.

1.8.3. LVQ (Learning Vektor Quantization) Ağları

Öğrenen vektör ayırıcısı şeklinde adlandırılan LVQ ağları Kohonen tarafından 1984 yılında geliştirilmiştir. Her çıktı biriminin bir sınıfı ya da kategoriyi temsil ettiği örüntü sınıflandırma modelidir. Bir çıktı birimi için ağırlık vektörü, temsil edilen sınıflara ilişkin referans vektörü olarak adlandırılmaktadır. Eğitim sırasında çıktı birimleri ağırlıkları güncelleyerek Bayes sınıflandırıcı karar yüzeyine yaklaşmak için konumlandırılmıştır. Sınıfları belirli eğitim seti, referans vektörlerinin başlangıç dağılımı ile birlikte ağı sunulmaktadır. Eğitim sonrasında ise, LVQ ağı girdi vektörü ile referans vektörü arasındaki en yakın mesafeye sahip çıktı birimlerini aynı sınıfa atayarak girdi vektörünü sınıflara ayırmaktadır (Fausett, 1993: 187). Sınıflandırma problemlerinde kullanılan destekleyici öğrenme yöntemini temel alan bir ağıdır. Kazanan herşeyi alır (winner-take-all) stratejisi uygulanmaktadır. Eğitim setinde yer alan sınıf sayısı ile orantılı olarak her sınıf için referans vektörünün nöron sayısı belirlenmelidir. Standart LVQ ağının dışında 1990 yılında Kohonen tarafından LVQ 2, LVQ 2.1 ve LVQ 3 ağları geliştirilmiştir (Mehrotra ve diğerleri, 1996: 173). LVQ ağları girdi katmanı, gizli katman ve çıktı katmanından oluşmaktadır. İlk katman rekabetçi katman, ikinci katman da doğrusal katman olarak

bilinmektedir. Rekabetçi katman sayesinde ağ girdi vektörünün sınıflandırılmasını öğrenmektedir (Pujara ve Prasad, 2013: 52).

1.8.4. ART (Adaptive Resonance Theory) Ağları

ART ağları, 1987 yılında Carpenter ve Grossberg tarafından geliştirilmiştir. Özellikle örüntü tanıma ve sınıflandırma amacıyla kullanılan, temel yapısı ve fonksiyonları diğer ağlara göre biyolojik sinir ağlarına en yakın ağ yapısıdır. Bu ağların asıl amacı, biyolojik sinir ağlarının esneklik özelliğini koruyarak daha önce öğrenilmiş örüntüleri unutmadan öğrenmektir. ART ağları biyolojik sinir ağlarının temel fonksiyonlarını en yakın taklit etme yeteneğine sahip olan ağlardan biri olduğundan öğrenmek için herhangi bir danışmana ihtiyaç duymamaktadır ve danışmansız kendi kendini organize eden ağlar olarak adlandırılmaktadır. ART 1 ağları sadece ikili girişler ile ilgilenirken, ART 1'in uzantısı olarak geliştirilmiş ART 2 ağları hem analog örüntüler hem de grinin farklı düzeylerindeki örüntüler ile ilgilenmektedir. ART ağları, birbirleriyle bağlantılı karşılaştırma katmanı ve tanıma katmanı olmak üzere iki katmandan oluşmaktadır. Ayrıca ağ, kazanç elemanı olarak adlandırılan iki tane elemana sahiptir. Birisinin çıkışı karşılaştırma katmanını, diğerinin çıkışı ise tanıma katmanını beslemektedir. Bir de karşılaştırma katmanında yer alan reset elemanı bulunmaktadır. Bu eleman önceden belirlenmiş tolerans değerine göre karşılaştırarak değerlendirme yapmaktadır. ART ağını karakterize eden birkaç özellik aşağıdaki gibi sıralanabilir (Graupe, 2007: 179-186):

- Ağ stabil yapıya ulaştığında, yani ağın ağırlıkları sabit hale geldiğinde eğitimde kullanılan girdi vektörleri tanıma ağındaki doğru nöronu aktiveştirecektir. Bu “direk erişim” özelliği biyolojik sinir ağlarındaki önceden öğrenilmiş örüntüleri hızlı geri alma özelliğinin aynısıdır.

- Arama süreci kazanan nöron da istikrarlı duruma gelmektedir.
- Kazanan nöron belirlendiğinde eğitim istikrarlı yapıya ulaşmaktadır ve artık ağırlıklar değiştirilmez.
- Eğitim belirli bir iterasyon sonunda istikrarlı hale gelmektedir.

1.8.5. Diğer Yapay Sinir Ağları

Tek Katmanlı Algılayıcılar, Çok Katmanlı Algılayıcılar, LVQ ve ART ağlarının yanı sıra 1940'lı yıllardan beri öğrenme stratejileri ve ağ yapıları birbirlerinden farklı birçok model geliştirilmiştir. Bu modellerden bazıları aşağıda açıklanmaktadır.

1.8.5.1. SOM (Self-Organizing Map) Ağı

Bu ağlar, 1982 yılında Teuvo Kohonen tarafından geliştirilmiştir. Bu sebeple, Kohonen SOM ağları olarak da bilinir. SOM ağları, klasik istatistikteki K-Ortalama ile çok boyutlu ölçekleme yöntemlerinin her ikisinin de işlevlerini yerine getirebilir. Yani, veri setindeki elemanları hem kümelendirilebilmekte hem de haritalanabilmektedir. Bu sebeple, bu ağlar son yıllarda oldukça popüler olmuştur. SOM ağları, tek katmanlı bir ağ olup giriş ve çıkış nöronlarından oluşur. Giriş nöronlarının sayısını veri setindeki değişken sayısı belirler. Çıkış nöronlarının her biri bir kümeyi temsil eder. Diğer yapay sinir ağlarından farklı olarak, çıkış katmanındaki nöronların dizilimi çok önemlidir. Bu dizilim doğrusal, dikdörtgensel, altıgen veya küp şeklinde olabilir. En çok dikdörtgensel ve altıgen şeklindeki dizilimler tercih edilmektedir. Pratikte, çoğu kez dikdörtgensel dizilim karesel dizilim olarak uygulanır (Bircan ve diğerleri, 2006: 222).

1.8.5.2. Hopfield Ağı

Hopfield ağı çağrışımsal (associative) bir ağ modelidir. Diğer YSA modellerinden farklı olarak tek bir katmana sahip olup giriş ve çıkış katmanı aynıdır. Katmandaki hücre sayısına bağlı olarak sınırlı bir kapasitesi vardır. Hopfield ağındaki her bir hücre ya açık (+1) ya da kapalı (-1) olarak iki duruma sahip olup, ağıdaki i ve j hücre çifti a_{ij} ağırlıklarıyla birbirine bağlıdır. a_{ij} ağırlığı i hücresinin çıkış işaretinin j hücresi üzerindeki etkisini göstermektedir. Hopfield ağı işlemi depolama aşaması ve geri çağırma aşaması olmak üzere iki aşamada gerçekleşmektedir. Depolama aşamasında n boyutlu karakterler/desenler hafızada

depolanırlar (ağın eğitim aşaması). Ağın örüntü tanımlama işlemi için bu karakterler ağın hafızasından geri çağırılıp (test aşaması) girişe verilen gürültülü karakterler/desenler üzerinde birtakım kısmi ipuçlarından yola çıkarak karakterleri/desenleri eşleştirir ve gerekirse bu gürültülü örüntüleri düzeltir (Sezgin ve diğerleri, 2012: 259).

1.8.5.3. Elman ve Jordan Ağları

Elman ağları, geri dönüşümlü sinir ağlarının özel bir halidir ve basit geri dönüşümlü ağlar olarak da adlandırılmaktadır. Klasik iki katmanlı ağlardan farklı olarak ilk katman geri dönüşümlü bağlantıya sahiptir. Gizli katmandan girdi katmanına doğru geri döngüye sahip basit bir üç katmanlı ağ yapısıdır. Bu tarz ağ yapıları hem algılamayı hem de zamanla değişen örüntü oluşturmayı sağlayan hafızaya sahiptir. Elman ağlarında gizli katmanda sigmoid yapay nöronlar, çıktı katmanında ise doğrusal yapay nöronlar kullanılmaktadır. Eğer gizli katmanda yeterli sayıda nöron varsa bu transfer fonksiyonlarının kombinasyonu, herhangi bir fonksiyonu yaklaşık olarak isteğe bağlı bir doğruluk derecesinde tahmin edebilir. Bilgi depolamak için elman ağları, mekansal örüntülerin yanısıra zamansal örüntüleri oluşturma ve onlara cevap verme yeteneğine sahip ağlardır. Jordan ağları da Elman ağlarına benzemektedir. Tek fark geri dönüşüm, gizli katmandan değil çıktı katmanından giriş katmanına doğrudur (Krenker ve diğerleri, 2011: 9-10).

1.9. YAPAY SİNİR AĞLARINDA AĞIN DAVRANIŞININ AÇIKLANMASI

YSA'nın, doğrusal olmayan problemlere etkin çözüm getirme, örneklerle dayalı çıkarım, paralel işleme yeteneği, öğrenme ve öğrendikleri bilgiler sayesinde geleceğe yönelik tahminlerde bulunma yeteneği gibi birçok güçlü özelliği olmasına rağmen en önemli dezavantajlarından biri ağın davranışının açıklanamamasıdır. Yani, ağ içinde işleyişin nasıl olduğu tam olarak bilinmemektedir. Vellido ve diğerleri (1999), YSA konusunda yapılan birçok çalışmayı incelemiş ve bu çalışmaların çoğunda YSA'nın en önemli dezavantajının ağın davranışının açıklanamaması olduğunun vurgulandığını belirtmiştir. Bu bölümde öncelikle YSA

modellerine gelen en önemli eleştirilerden biri olan kara kutu benzetmesi açıklanacak ve daha sonra bu kara kutuyu aydınlatmak için geliştirilen, girdilerin önem düzeyinin belirlenmesine yönelik yöntemlere değinilecektir.

1.9.1. Yapay Sinir Ağları Kara Kutu Benzetmesi

YSA'nın genel çalışma prensibi bir girdi setini alarak onları çıktı setine çevirmek olarak açıklanabilir. YSA kendisine örnekler gösterildikçe nöronlar arasındaki bağlantılarının ağırlık değerlerini değiştirir. Amaç ağa gösterilen örnekler için doğru çıktıları üretecek ağırlık değerlerini bulmaktır. Örnekler ağa defalarca gösterilerek en doğru ağırlık değerleri bulunmaya çalışılır ve ağın öğrenmesi sağlanmış olur. Ağın doğru ağırlık değerlerine ulaşması örneklerin temsil ettiği olay hakkında genellemeler yapabilme yeteneğine kavuşması demektir (Öztemel, 2012: 54-55). Daha sonra ağa herhangi bir girdi verildiğinde, ağ öğrendiği ilişkiler sayesinde girdilere yönelik çıktı üretmektedir. Ancak YSA'nın bu çıktıyı nasıl ürettiği, hangi ilişkileri kullanarak çıktıyı elde ettiği bilinmemektedir. Bu açıdan bakıldığında YSA akıllı bir kara kutu olarak görülmektedir. Aslında bu dezavantajlı bir durum olmasına rağmen ağın ürettiği çıktı tutarlı ve gerçeğe çok yakın olduğundan YSA'nın performansları diğer teknikler ile karşılaştırıldığında oldukça iyidir. Bundan dolayı YSA'nın her alandaki uygulamaları gittikçe artmaktadır.

1.9.2. Girdilerin Önem Düzeyini Belirleyen Yöntemler

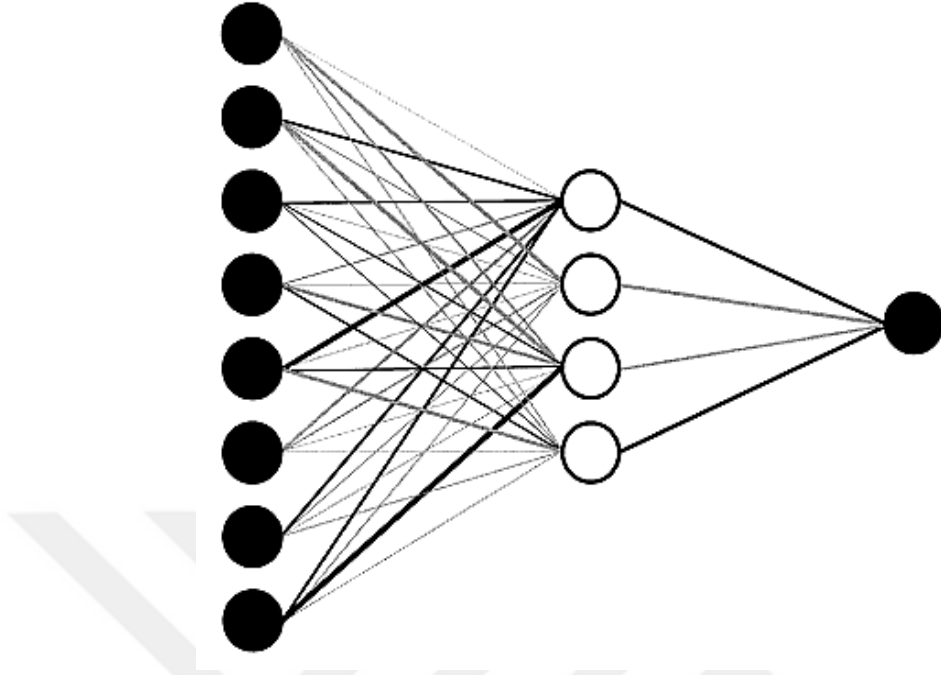
YSA, girdi ve çıktı arasındaki ilişkileri belirlemede birçok istatistiksel yöntemle göre daha güçlü bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. İstatistiksel yöntemleri uygulamanın ilk kuralı, belirli şartların gerçekleşmesidir. Bu şartlar gerçekleşmediği takdirde probleme tutarlı çözümler bulmak zordur. İstatistiksel yöntemleri uygulamanın en önemli amaçlarından biri girdiler ve çıktı arasındaki ilişkileri belirleyerek girdilerin çıktı üzerindeki etkisini incelemektir. YSA, herhangi bir varsayım gerektirmeksizin birçok probleme rahatlıkla uygulanabilmektedir. Ancak en önemli eksik yanlarından biri girdilerin çıktı üzerinde hangi oranda, ne derecede etkili olduğunu belirlemektir. YSA, girdilere yönelik öğrendiği ilişkiler

sayesinde tutarlı çıktılar üretmektedir. Ama bu sonuçları nasıl ürettiği, hangi girdileri ne derecede dikkate aldığı, hangi girdileri önemsemediği gibi konulara açıklık getirmek zordur. Gerçek hayattaki hemen hemen tüm problemlerde özellikle de sosyal bilimler alanında girdilerin çıktılar üzerindeki öneminin belirlenmesi büyük önem arz etmektedir. Herhangi bir problem çözülmek istendiğinde öncelikle o problemi etkileyen faktörler belirlenir ve o faktörlere çözümler getirilmeye çalışılır. YSA modelleri ile girdilerin önem düzeyini belirlemek içinde birçok yöntem geliştirilmiştir ve bu yöntemler aşağıda açıklanmaktadır.

1.9.2.1. Sinir Yorumlama Şeması (Neural Interpretation Diagram)

Sinir yorumlama şeması, her bir girdinin ağa katkısının belirlenmesinde bağlantı ağırlıklarını kullanmaktadır. Sinir yorumlama şeması, Özesmi ve Özesmi (1999) tarafından geliştirilmiş olup nöronlar arasındaki bağlantı ağırlıklarının görsel şekilde yorumlanması olarak görülebilir. Her bağlantı ağırlığının göreceli büyüklüğü çizgi kalınlığı ile gösterilmektedir. Çizgi kalınlığının artması daha büyük bir ağırlığı temsil etmektedir. Çizginin rengi ise etkinin yönünü belirlemektedir. Siyah çizgi pozitif uyarıcı etkiyi, gri çizgi ise negatif, engelleyici etkiyi göstermektedir. Nöronlar arasındaki ağırlıkların yönü ve şiddeti, girdilerin hem kendi başına hem de birbirleriyle etkileşimli olarak çıktı üzerindeki etkisini tanımlamada karar vericilere olanak sağlamaktadır. Şekil 16'da örnek bir sinir yorumlama şeması gösterilmektedir. Girdiler ve çıktılar arasındaki ilişkileri belirlemek iki adımda gerçekleşmektedir. İlk olarak girdi katmanı ve gizli katman arasındaki ağırlıklar, ikinci adımda ise gizli katman ve çıktı katmanı arasındaki ağırlıklar belirlenir. Bu iki bağlantı ağırlığının çarpımı her girdi değişkeninin çıktı üzerindeki etkisini göstermektedir. Yani, her iki bağlantı ağırlığı pozitif ya da negatif olduğunda etki pozitif olmaktadır. Birisi pozitif birisi negatif olduğunda girdinin etkisi de negatif yönde olmaktadır. Girdi değişkenleri arasındaki etkileşim de aynı gizli nörona bağlanan karşıt ağırlıklı girdiler olarak yorumlanmaktadır. Nöronlar arasındaki karmaşık ilişkilerden dolayı sinir yorumlama şemasını yorumlamak çok kolay değildir. Ayrıca gizli nöronlar da bu yorumu güçleştirmektedir (Olden ve Jackson, 2002: 139-140).

Şekil 16: Sinir Ağlarının Modellenmesinde Sinir Yorumlama Şeması



Kaynak: Olden ve Jackson, 2002: 139.

Küçük bir ağ yapısında bile ağdaki bağlantı sayısını incelemek ve yorumlamak kolay olmamaktadır. Örneğin, 7 girdi nöronuna, 4 gizli nörona ve 1 çıktı nöronuna sahip bir ağ yapısında 32 tane ilişkiyi incelemek gerekmektedir. Bishop (1995), eşik değeri belirleyerek eşik değerin altında kalan küçük ağırlıkların silinmesi ve yorumlamaya dahil edilmemesini önermektedir (Olden, 2010: 360). Olden ve Jackson (2002)'de yaptığı çalışma ile randomize yaklaşımı adını verdikleri küçük etkilere sahip bağlantı ağırlıklarının elimine eden objektif bir sistem geliştirmişlerdir (Olden ve Jackson, 2002: 143).

1.9.2.2. Garson Algoritması

Garson Algoritması, 1991 yılında G. David Garson tarafından geliştirilmiştir. Başarıyla eğitilmiş ağın bağlantı ağırlıklarını dikkate alarak girdi değişkenlerinin göreceli önemini ölçen bir yöntemdir. Daha sonra 1995 yılında Goh tarafından modifiye edilmiştir. Garson algoritması, bağlantı ağırlıklarının mutlak değerlerini kullanmaktadır. Bundan dolayı girdinin çıktı üzerinde pozitif ya da negatif etkisi olup olmadığı bilinmemektedir (Vasilakos ve diğerleri, 2008: 7). Yani, etkinin

yönünden ziyade etkinin derecesi belirlenmektedir. Bu yöntemle “ağırlık (weights) yöntemi” adı da verilmektedir. Yöntemin uygulanışı iki kısımda incelenebilir. Öncelikle girdi katmanı ve gizli katman arasındaki ağırlıklar ile gizli katman ve çıktı katmanı arasındaki ağırlıklar çarpılmaktadır. Her bir gizli katman dikkate alınarak bu çarpım değerlerinin toplamı bulunmakta ve her bir değer bu toplam değere bölünerek normalize edilmektedir. Daha sonra ise her bir girdi dikkate alınarak bu normalize değerler toplanarak her bir girdinin önem düzeyi belirlenmektedir (Gevrey ve diğerleri, 2003: 253).

1.9.2.3. İlişkili Ağırlıklar Yöntemi (Connections Weights)

İlişkili ağırlıklar yöntemi de, bağlantı ağırlıklarını kullanan bir yöntemdir. Bu yöntemde her bir girdiye yönelik girdi katmanı ve gizli katman arasındaki ağırlıklar ile gizli katman ve çıktı katmanı arasındaki tüm ağırlıklar çarpılarak toplanmaktadır. Bir girdi için toplam ne kadar büyükse, o girdinin önem düzeyi daha yüksektir. Bir girdinin göreceli ağırlığı aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir:

$$R_I = \sum_{H=1}^h (W_{IH} \cdot W_{HO}) \quad (80)$$

R_I = Girdi değişkeninin önem düzeyini,

h = Toplam gizli nöron sayısını,

W_{IH} = Girdi katmanı ile gizli katman arasındaki ağırlıkları,

W_{HO} = Gizli katman ile çıktı katmanı arasındaki ağırlıkları ifade etmektedir.

Bu yaklaşım, eğitim sonunda elde edilen ağ ağırlıklarını kullandığından, öğrenme sürecine başlarken belirlenen ilk ağırlıklar bağlantı ağırlıklarını değiştirmekte ve bu da girdilerin önem düzeyinin değişmesine neden olmaktadır (Paliwal ve Kumar, 2011: 3691).

Garson algoritması ile ilişkili ağırlıklar yöntemi birbirlerine çok benzemektedir. Sadece aralarında girdilerin önem düzeyini hesaplama sürecinde çok küçük farklılık bulunmaktadır. Aşağıda yer alan bir örnek üzerinden hem iki yöntemin uygulanışını hem de aralarındaki farklılığı göstermek faydalı olacaktır. Bu örnek Olden ve diğerleri (2004)'nin yaptığı çalışmadan faydalanılarak hazırlanmıştır.

5 girdi katmanına, 5 gizli katmana ve 1 çıktı katmanına sahip bir ağ yapısını ele alalım. Bu ağın girdi katmanı ile gizli katmanı arasındaki bağlantı ağırlıkların ve gizli katmanı ile çıktı katmanı arasındaki bağlantı ağırlıklarının aşağıdaki Tablo 5 ve Tablo 6'daki gibi olduğunu varsayalım.

Tablo 5: Girdi Katmanı ile Gizli Katmanı Arasındaki Ağırlıklar

Y X	Gizli Katman A	Gizli Katman B	Gizli Katman C	Gizli Katman D	Gizli Katman E
Girdi 1	-0,93	-1,49	0,37	-0,91	0,37
Girdi 2	-0,57	-1,96	-0,14	1,18	1,26
Girdi 3	-0,85	1,74	-1,86	-0,05	0,10
Girdi 4	0,25	-3,01	-0,99	-1,34	-1,65
Girdi 5	-0,82	0,09	0,86	-0,41	-0,05

Tablo 6: Gizli Katman ile Çıktı Katmanı Arasındaki Ağırlıklar

	Gizli Katman A	Gizli Katman B	Gizli Katman C	Gizli Katman D	Gizli Katman E
Çıktı	-1,75	-1,08	-1,13	-2,90	3,37

Her iki yöntemde de ilk aşamada girdi katmanı ile gizli katman arasındaki ağırlıklar ve gizli katman ile çıktı katmanı arasındaki ağırlıklar çarpılarak aşağıdaki Tablo 7'de gösterilen değerlere ulaşılmaktadır.

Tablo 7: Ağırlıkların Çarpım Değerleri

Y X	Gizli Katman A	Gizli Katman B	Gizli Katman C	Gizli Katman D	Gizli Katman E
Girdi 1	1,63	1,62	-0,42	2,64	1,24
Girdi 2	1,00	2,12	0,16	-3,43	4,25
Girdi 3	1,48	-1,89	2,10	0,14	0,34
Girdi 4	-0,43	3,26	1,12	3,90	-5,57
Girdi 5	1,43	-0,09	-0,97	1,18	-0,16

İkinci aşamada Tablo 7'den faydalanılarak, (81) nolu formül yardımıyla ilişkili ağırlıklar yöntemine göre girdilerin önem düzeyi, (82) nolu formül yardımıyla da Garson algoritmasına göre girdilerin önem düzeyi belirlenebilmektedir.

$$Girdi_x = \sum_{Y=A}^E W_{XY} \quad (81)$$

$$Girdi_x = \sum_{Y=A}^E \frac{|W_{XY}|}{\sum_{Z=1}^5 |W_{ZY}|} \quad (82)$$

Tablo 8: İlişkili Ağırlıklar Yöntemi

	Önem Düzeyi	Sıralama
Girdi 1	6,71	1
Girdi 2	4,10	2
Girdi 3	2,18	3
Girdi 4	2,28	4
Girdi 5	1,38	5

Tablo 9: Garson Algoritması

	Önem Düzeyi	Sıralama
Girdi 1	0,88	4
Girdi 2	1,11	2
Girdi 3	0,94	3
Girdi 4	1,50	1
Girdi 5	0,57	5

1.9.2.4. Kısmi Türevler Yöntemi (Partial Derivates)

Bu yöntem ile iki sonuç elde edilebilmektedir. İlk olarak, girdi değişkenlerindeki küçük değişikliklerin çıktılar üzerinde yarattığı değişimin profili oluşturulmaktadır. İkinci olarak da her bir girdi değişkeninin çıktı üzerindeki göreceli etkisi belirlenmektedir. Girdi değişkenlerinde meydana gelen küçük değişiklikler neticesinde çıktılarda oluşan değişikliklerin profilini elde etmek için çıktının girdilere yönelik kısmi türevleri hesaplanmaktadır. n_i girdisi, n_h sayıda nöronu olan bir gizli katmanlı ve bir çıktıya sahip bir ağ yapısı için y_j çıktısının x_j ($j = 1, \dots, N$; N : toplam gözlem sayısı) girdisine göre kısmi türevi şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$d_{ji} = S_j \sum_{h=1}^{n_h} w_{ho} I_{hj} (1 - I_{hj}) w_{ih} \quad (83)$$

S_j = Çıktı nöronunun girdiye göre türevini,

I_{hj} = h . gizli nöronunun yanıtını,

w_{ho} = h . gizli nöron ve çıktı nöronu arasındaki ağırlığı,

w_{ih} = i . girdi nöronu ve h . gizli nöron arasındaki ağırlığı ifade etmektedir.

Her bir girdiye ilişkin kısmi türevlerin grafikleri çizilebilmekte ve her girdinin çıktı üzerindeki direkt etkisinin görülmesi sağlanmaktadır. Eğer kısmi türev değeri negatifse, girdi değeri arttıkça çıktının değeri azalma eğilimi gösterecektir. Buna karşın eğer kısmi türev pozitifse girdi değeri arttıkça çıktı değeri de artış gösterecektir. İkinci olarak bu yöntem ile her girdinin çıktı üzerindeki önem

derecesinin belirlenmesi sağlanmaktadır. Her girdi değerine yönelik hesaplanan kısmi türevlerin karelerinin toplamı ile önem düzeyleri elde edilmektedir.

$$SSD_i = \sum_{j=1}^N (d_{ji})^2 \quad (84)$$

SSD (Sum of Square Derivatives), kısmi türevlerin karelerinin toplamını göstermektedir. En büyük SSD değerine sahip girdi değişkeni, çıktı üzerinde en etkili olan değişken olarak belirlenmektedir (Gevrey ve diğerleri, 2003: 252).

1.9.2.5. Perturb Yöntemi

Perturb yöntemi, her bir girdideki küçük değişikliklerin çıktı üzerindeki etkisinin belirlenmesini amaçlamaktadır. Algoritma diğer değişkenlerin değerleri sabitken bir değişkeninin girdi değerlerini güncellemektedir. Girdi değişkenlerindeki her değişime karşı çıktının ürettiği değerler not edilmektedir. Çıktıyı en fazla etkileyen girdi değişkeni, en önemli değişken olarak kabul edilir. Seçilen girdiye bir miktar eklendiğinde ağırlık hata kareleri ortalaması (MSE) değerinin artması beklenmektedir. Girdideki değişim şu şekilde formüle edilebilir: $x_i = x_i + \delta$. x_i seçilmiş girdi değişkenini, δ ise değişimi ifade etmektedir. Genellikle girdi değişkeninin miktarı %10'u ile % 50'si kadar arttırılabilir. Bu yönteme "Girdi Karmaşıklığı (Input Perturbation)" yöntemi adı da verilmektedir. Amaç, diğer değişkenler sabit tutulurken incelenen değişken miktarındaki değişimin, ağırlık MSE değeri üzerindeki etkisini incelemektir. Her bir girdi değişiminin MSE üzerindeki etkisi girdinin göreceli önemini belirlemektedir (Scardi ve Harding, 1999: 219-220; Gevrey ve diğerleri, 2003: 252; Olden ve diğerleri, 2004: 8).

1.9.2.6. Profile Yöntemi

Lek ve diğerleri (1996) tarafından yapılan çalışma ile geliştirilen bu yöntemin genel fikri, diğer değişkenler belirli değerlerde sabit tutulurken her bir girdi değişkenini ard arda incelemektir. Bu algoritmanın temel prensibi tüm girdi değişkenlerinin dağılımı ile ilgili bir hayali matris oluşturmaktır. Bu yönteme duyarlılık analizi adı da verilmektedir. Her değişken minimum ve maksimum

değerleri arasında eşit aralıklarla belirli bir sayıya bölünür. Bu aralık sayısına ölçek adı verilmektedir. Genellikle ölçek sayısı 12 olmakta ve ölçek 11 eşit parçaya ayrılmaktadır. Biri hariç tüm değişkenler minimum değerlerinde, sonra sırasıyla 1. Çeyrek, medyan, 3. Çeyrek ve maksimum değerlerinde sabit tutulmaktadır. Her bir değişken için her bir ölçek derecesinde beş değer elde edilmektedir. Bu beş değer medyanı bulunarak bu değer dikkate alınmaktadır. Daha sonra her ölçek değerine ilişkin çıktının profili çizilmektedir. Aynı hesaplamalar tüm değişkenler için tekrarlanarak her bir değişken için bir eğri elde edilmektedir. Bu eğri, girdi değişkenlerindeki artışın bağımlı değişkende oluşturduğu varyasyonu göstermektedir. Her bir girdinin göreceli önemi, tahmin değerinin dağılımının büyüklüğü ile belirlenmektedir (Lek ve diğerleri, 1996: 42; Gevrey ve diğerleri, 2003: 253; Olden ve diğerleri, 2004: 8).

1.9.2.7. Stepwise Yöntemi

Stepwise yöntemi, girdi değişkenlerini adım adım ekleme ya da çıkarma yaparak çıktı üzerindeki etkilerini incelemeye dayanmaktadır. MSE değerlerindeki değişime bağlı olarak, girdi değişkenlerinin önem düzeyleri farklı şekillerde sıralanabilmektedir. Örneğin, girdi değişkenlerinin çıkarılmasıyla MSE değerinde en büyük değişiklik oluşturan girdi değişkenleri önem derecesine göre sınıflandırılabilir. Diğer bir yaklaşım ise, MSE'deki en büyük azalmayı sağlayan girdi değişkeninin en önemli değişken olarak belirlenmesidir. Çünkü önemli olan en küçük MSE değerine sahip ağ yapısını oluşturmaktır. İleri yönlü stepwise ve geri yönlü stepwise olmak üzere iki çeşit stepwise modeli bulunmaktadır. İleri yönlü stepwise modelinde sırayla girdi değişkenleri ağa eklenerek MSE değerindeki değişim incelenir. Her seferinde ağ yapısı tekrar oluşturulur. Her değişkenin eklenmesiyle MSE değerinde oluşan değişimler değişkenlerin önem derecesini belirlemektedir. Geri yönlü stepwise modelinde ise, girdi değişkenleri sırasıyla ağ yapısından çıkarılarak MSE değerindeki değişimler incelenmektedir. Her değişkenin silinmesiyle elde edilen MSE değerindeki değişimler değişkenin göreceli önemini belirlemektedir (Gevrey ve diğerleri, 2003: 253; Olden ve diğerleri, 2004: 8-9).

1.10. YAPAY SİNİR AĞLARI UYGULAMALARINA İLİŞKİN LİTERATÜR TARAMASI

YSA'nın, doğrusal olmayan problemleri çözme, öğrenme, genelleme, paralel işleme yeteneği gibi birçok güçlü özelliği sayesinde her alanda uygulamaları giderek artmaktadır. Havacılık ve uzaydan savunma sanayine, elektronikten tıp ve sağlık alanına, telekomünikasyondan ulaşım birçok sektörde kullanılmaktadır. Son yıllarda YSA işletmecilik alanında da popüler hale gelmiştir. Üretim/işlemler yönetimi, pazarlama, muhasebe ve finans, insan kaynakları alanında birçok işletme probleminin çözümünde tahminleme, sınıflandırma, kümeleme ve modelleme amacıyla uygulanmaktadır. Çalışmanın bu bölümünde YSA'nın işletme alanındaki uygulamalarına yönelik literatür taramasına yer verilecektir.

- Suresh ve Kaparthi (1994), yaptıkları çalışmada YSA'yı hücresel üretim sistemi oluşturmada makine ve parçaları gruplandırmak amacıyla kullanmışlardır. YSA modeli olarak Bulanık ART modelini uygulamışlardır. Ayrıca Bulanık ART modelini , ART1, modifiye ART1 ve kümeleme analizi ile karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Analiz sonucunda Bulanık ART modelinin diğer analiz yöntemlerinden daha iyi performans gösterdiklerini ortaya koymuşlardır.

- Venugopal ve Baets (1994), yaptıkları çalışmada YSA'nın pazarlama araştırmalarında kullanımını incelemişler ve kullanılan diğer istatistiksel yöntemler ile kavramsal açıdan bir karşılaştırma yapmışlardır. YSA'nın perakende satış tahmininde kullanıldığını belirtmişler ve tahmin amaçlı kullanılan regresyon analizinden daha güçlü olduğuna dikkat çekmişlerdir. YSA'nın diğer bir uygulama alanının olası müşteri sınıflandırma olduğunu ortaya koymuşlar ve modeli diskriminant analizi ile karşılaştırmışlardır. YSA'nın sınıflandırma performansının diskriminant analizinden daha iyi olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca pazar bölümlendirme amacıyla da YSA'nın kullanıldığını vurgulamışlar ve kümeleme analizi ile karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. YSA'nın pazar bölümlendirmede de kümeleme analizine göre daha iyi sonuçlar verdiği sonucuna ulaşmışlardır.

- Lacher ve diğerleri (1995), yaptıkları çalışmada çeşitli finansal göstergeleri kullanarak bir işletmenin gelecek mali yıldaki finansal başarısını tahminlemek için YSA modelini kullanmışlardır. 1970-1989 yılları arasını dikkate alarak finansal

açından zayıf 94 işletme ve finansal açıdan güçlü 188 işletme olmak üzere toplam 282 işletmeyi çeşitli finansal göstergeleri ile birlikte YSA modeline dahil etmişlerdir. Analiz sonuçlarını çoklu diskriminant analizi ile karşılaştırmışlar ve YSA'nın daha güçlü bir yöntem olduğu ve gelecekte finansal sıkıntı yaşayabilecek işletmeleri daha iyi tahminlediği sonucuna ulaşmışlardır.

- Wezel ve Baets (1995), çalışmalarında pazarın tepkisini tahminlemede YSA'yı kullanmışlar ve çalışmalarını hızlı tüketim ürünleri sektöründe faaliyet gösteren işletmeler üzerinde uygulamışlardır. Her marka için 51 gözlem olmak üzere toplam 5 marka için veri toplamışlar ve fiyat, reklam, dağıtım vb. değişkenleri girdi değişkenleri, pazar payı değişkenini de çıktı değişkeni olarak kullanmışlardır. Fiyatları arttırmanın ya da reklamları azaltmanın pazarda ne gibi tepkiler oluşturabileceğini tahminlemeye çalışmışlardır. Ayrıca çalışmalarında aşırı öğrenmeden kaçınmak için ağırlıklı eleme yöntemini uygulamışlardır. Analizler sonucunda YSA'nın diğer istatistiki tekniklere göre daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymuşlardır.

- Wong ve diğerleri (1997), yaptıkları çalışmada 1988-1995 yılları arasında YSA'nın işletme alanında uygulandığı 213 çalışmayı incelemişlerdir. Bu çalışmaların içinde 114 çalışma ile YSA'nın en çok üretim/işlemler yönetimi alanında, ikinci olarak da 54 çalışma ile finans alanında kullanıldığını, en az da insan kaynakları alanında uygulandığını belirtmişlerdir. Üretim alanında en fazla makine grupları oluşturma, süreç kontrolü, iş çizelgeleme, makine arıza tespiti gibi sorunların çözümünde kullanıldığını, finans alanında ise hisse senedi performansı, işletmelerin ve bankaların başarısızlık tahmini ve kredi değerlendirme problemlerinde uygulandığına dikkat çekmişlerdir (Wong ve diğerleri, 1997: 301-320).

- Phillips ve diğerleri (1999), çalışmalarında YSA ile stratejik planlamanın işletme performansı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmalarını otel işletmeleri üzerine uygulamışlar ve anket yöntemiyle 100 otel işletmesinden topladıkları verileri analiz etmişlerdir. 22 girdi değişkeni ve 1 çıktı değişkeni kullanmış ve analiz sonucunda bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama gücünün % 43 olduğunu, aynı göstergenin regresyon analizinde % 23 olduğunu ortaya koymuşlardır. Titizlikle ve ayrıntılı olarak hazırlanan stratejik planların

performansı olumlu yönde etkilediğine, planlamadaki resmiyetin ve katılımın performansı olumsuz yönde etkilediğine dikkat çekmişlerdir.

- Behara ve diğerleri (2002), yaptıkları çalışmada hizmet kalitesinin ölçümünü modellemek ve değerlendirmek için YSA modelini kullanmışlardır. Çalışmalarını Hollanda’da faaliyet gösteren bir otomobil bayisi ağında gerçekleştirmişler ve SERVQUAL tabanlı müşteri anketi ile verileri toplamışlardır. Analiz sonucunda YSA modelinin toplam hizmet kalitesini % 75 doğrulukla tahmin ettiği sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca yaptıkları duyarlılık analizi ile de tamir sırasında yedek araç verilmesi, şikayetlere hızlı geri dönüş, fiyat indirimi, samimi yaklaşım gibi değişkenlerin hizmet kalitesini etkileyen en önemli faktörler olduğunu tespit etmişlerdir.

- Nakamura (2005), yaptığı çalışmada YSA modelini enflasyon tahmini için kullanmış ve YSA’yı otoregresif model (AR) ile karşılaştırmalı olarak incelemiştir. 1960 yılının ilk çeyreği ile 2001 yılının üçüncü çeyreği aralığını dikkate alarak ileri beslemeli geri yayımlı YSA modelini uygulamışlardır. Çalışmada YSA’nın birinci ve ikinci çeyrek verileri üzerinde AR modelinden daha iyi performans gösterdiği ve YSA modellerinde erken durdurma sürecinin modelin performansını iyileştirdiği sonucuna ulaşılmıştır.

- Tang ve Chi (2005), yaptıkları çalışmada Çin’de ithalatçı firmaların başarı düzeylerinin tahmininde YSA modelini uygulamışlardır. Girdi değişkenleri olarak işletmelerin finansal durumu, işletmelerin genel özellikleri, işletmelerin büyüme oranları ve endüstri özellikleri olmak üzere 4 ana boyutta toplam 33 değişken kullanılmıştır. Analiz sonuçları hem sektörler arasında hem de sektör içinde YSA’nın iyi bir sınıflandırma kapasitesi olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca eğitim örneği sayısının ve gizli katmandaki nöron sayısının artmasının sınıflandırma doğruluğunu arttırdığı gözlemlenmiştir.

- Chowdary (2007), çalışmasında YSA yaklaşımını üretim alanında işleme merkezi seçiminde uygulamıştır. Çalışmada üç katmanlı ileri beslemeli geri yayılım algoritmali danışmanlı öğrenme yöntemine sahip bir YSA modeli kullanılmıştır. Uzunluk, genişlik, hareket miktarı, hız, fiyat gibi makineye yönelik özellikler girdi değişkeni olarak kullanılarak 4 farklı model makine alternatifi değerlendirilmiştir.

- Jha ve Chockalingam (2009), yaptıkları çalışmada YSA ile inşaat projelerini tamamlamadaki en önemli faktörleri tespit etmişler ve proje süresince kalite performansını tahminleyen bir model geliştirmişlerdir. 20 değerlendirme faktörü belirleyerek uzmanların görüşüne ve anket yöntemine dayalı olarak 55 proje üzerinde inceleme yapmışlardır. Geri yayılım algoritmasına dayalı ileri beslemeli YSA modelini kullanmışlardır. Proje yöneticilerinin tüm faktörler yerine belirli konulara odaklanarak arzu edilen kalite performansına ulaşabileceklerine dikkat çekmişlerdir.

- Jou ve diğerleri (2009), yaptıkları çalışmada YSA yaklaşımını kullanarak sarf malzemeler için kullanım ömrünü tahminlemeye çalışmışlar ve çalışmalarını Tayvan'da yarı-iletken üretim sektöründe faaliyet gösteren bir imalatçı işletmede gerçekleştirmişlerdir. Üretimde kullanılan probe kart adı verilen bir malzemenin kullanım ömrünü tahminlemeye çalışmışlardır.

- Paliwal ve Kumar (2009), YSA ve istatistiksel teknikleri kullanarak işletme bölümü mezunlarının akademik performansını tahmin etmeye çalışmışlar ve YSA ile istatistiksel tekniklerin performanslarını karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. İstatistiksel teknik olarak regresyon analizi, lojistik regresyon analizi ve diskriminant analizini kullanmışlardır. Girdi değişkenleri olarak lisans sonuçları, lisansüstü sınav puanları, grup tartışma ve mülakat puanları ve iş deneyimlerini kullanarak 244 öğrenciden veri toplamışlardır. Analiz sonucunda, YSA'nın regresyon analizinden daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Ayrıca YSA modelini lojistik regresyon analizi ve diskriminant analizi sonuçları ile karşılaştırmışlar ve performansları arasında herhangi bir farklılık olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

- Silva ve diğerleri (2009), yaptıkları çalışmada YSA ile pazar odaklılığın performans üzerindeki etkisini modellemişlerdir. Analiz için verileri Portekiz'de faaliyet gösteren 192 işletmeden toplamışlar ve pazar odaklılığı ölçen 3 boyutun performansı ölçen 3 boyut üzerindeki etkisini tek tek incelemişlerdir. Analiz sonucunda pazar odaklılığın performans üzerindeki etkisinin düşük olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

- Chien ve diğerleri (2010), yaptıkları çalışmada Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS) ile inovasyon performansını ölçen bir model geliştirmişlerdir. Bu modeli Tayvan imalat sektöründeki işletmeler üzerinde uygulamışlardır. Teknik bilgi kaynakları ve inovasyon amaçları olarak iki ana boyutu

değerlendirerek YSA ve bulanık mantık entegrasyonu ile inovasyon performansını tahminlemeye çalışmışlardır. Teknik bilgi kaynağı olarak 13 tane ve inovasyon amacı olarak da 11 tane olmak üzere toplam 24 değişkeni ele almışlardır. Öncelikle bu 24 değişkeni faktör analizine tabi tutarak 7 boyuta indirgemişler ve inovasyon performansını bu 7 boyutta değerlendirmişlerdir. Analizler sonucunda, imalat sektörünün inovasyon yoluyla sürdürülebilir rekabet avantajı elde etmesinde dikkat etmeleri gereken en önemli konuların maliyetleri azaltma, üretim metotlarını iyileştirme ve işletmenin kaynakları olduğunu vurgulamışlardır.

- Khashman (2010), çalışmasında YSA'yı kredi risk değerlendirmesi amacıyla kullanmıştır. Geri yayılım algoritmasına dayalı 3 adet farklı danışmanlı YSA modelini uygulamıştır. 24 adet değişkeni girdi değişkeni olarak kullanarak 1000 adetlik örnek üzerinde analizleri gerçekleştirmiştir. Analiz sonucunda, örnek sayısının % 60'ının eğitim ve % 40'ının test verisi şeklinde ayrıldığında diğer modellere göre daha iyi performans gösterdiği ve modelin % 85,9 oranında tahmin gücünün olduğu sonucuna ulaşmıştır.

- He (2013), yaptığı çalışmasında stok düzeyini tahminlemede YSA yaklaşımından faydalanmıştır. Girdi değişkenleri olarak maliyetler, talep düzeyi, üretim süresi, müşteri hizmet düzeyi gibi değişkenleri, çıktı olarak da stok düzeyini kullanmıştır. Çalışmasını otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede uygulamış ve stok düzeyini tahmin etmede YSA yaklaşımının etkili bir araç olduğuna dikkat çekmiştir.

- Marques ve diğerleri (2014), yaptıkları çalışmada YSA ile pazarlama ve üretim arasındaki ilişkileri belirlemeyi amaçlamışlardır. Önemli pazarlama kararlarının teslimat performansı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada ürün, fiyat, kalite, tutundurma gibi boyutlarda toplam 17 değişken girdi değişkeni olarak, çıktı olarak da ulusal pazardaki hizmet düzeyi, uluslararası pazarlardaki hizmet düzeyi ve stoktaki maddelerin mevcudiyeti değişkenleri kullanılmıştır. Brezilya'da faaliyet gösteren bir imalat firmasının 30 aylık verileri üzerinde ileri beslemeli geri yayımlı YSA modeli uygulanmıştır. Analiz sonucunda satıcının genel özelliklerinin teslimat performansında en önemli etken olduğuna dikkat çekmişlerdir.

- Babkin ve diğerleri (2015), yaptıkları çalışmada sosyo-ekonomik göstergelerin tahmininde bir araç olarak YSA'yı kullanmışlardır. 2001-2012 yılları arasını dikkate alarak ve bölgesel gayrisafi yurtiçi hasıla, sanayi üretim hacmi, gayrisafi tarımsal ürün tutarı, sabit varlık yatırımlarının tutarı, inşaat çalışmaları, ortalama aylık maaş, tüketici fiyat endeksi ve işsizlik oranları değişkenlerini kullanarak, Rusya'daki Astrakhan bölgesi verileri üzerinde çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. 2014 ve 2015 yıllarındaki sosyo-ekonomik göstergeleri tahminlemeye çalışmışlardır. YSA'dan farklı olarak Holt-Winters, doğrusal regresyon, kuadratik yöntem, üssel model, AR modelleri ile de analizleri gerçekleştirmişler ve YSA'nın diğer istatistiksel tekniklere göre daha objektif olduğunu göstermişlerdir.

- Costantino ve diğerleri (2015), yaptıkları çalışmada kritik başarı faktörlerini dikkate alarak YSA'yı proje seçiminde uygulamışlardır. Kritik başarı faktörlerine dayalı olarak proje başarısını erken değerlendiren ve tahminleyen bir model önermişlerdir. Çalışmalarını büyük bir mühendislik ve inşaat firmasının 150 projesi üzerinde gerçekleştirmişlerdir. Projeleri risk düzeylerine göre sınıflandıran bir karar destek sistemi kurmuşlar ve YSA sonuçlarını uzman değerlendirmeleri ile karşılaştırmışlardır. Analiz sonucunda karar destek sisteminin doğruluk derecesinin % 90 olduğunu ortaya koymuşlardır.

- Kale ve Joshi (2015), yaptıkları çalışmada küçük ölçekli işletmelerin finansal getirilerini tahminlemede ileri beslemeli YSA modelini kullanmışlardır ve yeni bir işe başlamak isteyen girişimcilere yol gösterici nitelikte bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Sadece mevcut işletmelerin gelecekteki durumunu değil aynı zamanda yeni kurulan işletmelerin gelecek finansal yıldaki karlılık oranını da tahmin eden bir model önermişlerdir.

- Krušinskas ve Benetyte (2015), yaptıkları çalışmada YSA kullanarak teknolojik inovasyon yatırımlarındaki risk yönetim etkinlik faktörlerini belirlemişlerdir. Girdi değişkenleri olarak finansal risk, bilimsel ve teknik risk, üretim riski, kurumsal risk, pazar riski ve dış çevre olmak üzere 6 boyut altında ve her alt boyutta 5 alt faktör içeren toplam 30 değişken kullanmışlardır. Çıktı olarak da riski agresif, muhafazakar ve ılımlı olmak üzere üçe ayırmışlardır. Böylelikle bir

firmanın teknolojik inovasyon yatırımları yaparken yatırımı hangi risk düzeyinde üstlendiğini belirleyen bir model geliştirmişlerdir.

- Kwan ve Lee (2015), yaptıkları çalışmada YSA ile Veri Zarflama Analizi yöntemlerini bütünleşik bir şekilde uygulayarak yeni bir performans ölçüm modeli ortaya koymuşlardır. Veri Zarflama Analizi modeli olarak iki aşamalı üretim modelini kullanmışlardır. Girdi değişkenleri olarak personel sayısı, özkaynak ve giderler, ara değişken olarak kredi tutarı, mevduat tutarı ve yatırım tutarı, çıktı olarak ise kar değişkenini kullanmışlardır. Çalışmalarını 2013 yılını dikkate alarak Amerika'daki büyük ölçekli 181 bankanın verileri üzerinde gerçekleştirmişlerdir. Veri Zarflama Analizi modelinden sonra da hem birinci hem de ikinci aşama için performansı tahminleyen geri yayılım algoritmali YSA modeli geliştirmişlerdir.

- Laboissiere ve diğerleri (2015), yaptıkları çalışmada Brezilya Borsası'nda işlem gören üç enerji dağıtım şirketinin maksimum ve minimum hisse senedi fiyatlarını tahminlemede YSA modelini kullanmışlardır. Modelde hisse senetlerinin açılış fiyatı, maksimum ve minimum fiyatları, kapanış fiyatı, alış ve satış fiyatları, borsa endeksi, dolar fiyatı gibi değişkenleri dikkate almışlardır. YSA modeli olarak ileri beslemeli geri yayılım algoritmasını uygulamışlar ve Levenberg-Marquardt eğitim algoritması ile ağı eğitmişlerdir. Hisse senedi fiyat tahmininde YSA'nın çok iyi sonuçlar verdiğini vurgulamışlardır.

- Namazi ve diğerleri (2015), yaptıkları çalışmada nakit akış riskini etkileyen faktörleri belirlemede YSA modelini kullanmışlardır. Çalışmalarını Tahran Borsasında işlem gören 134 işletmenin 2001-2010 yılları arasındaki verilerini dikkate alarak toplam 1224 örnek üzerinde uygulamışlardır. Girdi değişkenleri olarak borç politikası, hisse senedi sahiplik düzeyi, firma büyüklüğü ve karlılık değişkenlerini; çıktı değişkeni olarak da nakit akış riskini ele almışlar ve ileri beslemeli geri yayılım algoritması ile eğitim işlevini gerçekleştirmişlerdir. Analiz sonucunda, nakit akış riskini etkileyen en önemli faktörlerin karlılık, borç politikası ve firma büyüklüğü olduğunu ortaya koymuşlardır.

- Philips ve diğerleri (2015), YSA'yı performans ölçümünde kullanmışlardır. 2008-2010 yılları arasında İsviçre'de faaliyet gösteren 235 oteli inceleyerek otellerin performansını etkileyen faktörleri belirlemeye çalışmışlardır. Girdi değişkenleri olarak otelin bulunduğu bölge, oda sayısı, odaların kalitesi, online ortamdaki pozitif

yorum sayısı vb. 10 tane değişken, çıktı değişkeni olarak da oda başına düşen geliri ele almışlardır. Performansı en çok etkileyen faktörlerin odanın kalitesi, online ortamdaki pozitif yorum sayısı, otelin bulunduğu bölge ve sahip olduğu yıldız sayısı olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

- Zahedi ve Rounaghi (2015), yaptıkları çalışmada YSA modeli ve Temel Bileşenler Analizi yardımıyla 2006-2012 yılları arasındaki verileri kullanarak Tahran Borsası'ndaki hisse senedi fiyatlarını tahminleyen bir model geliştirmişlerdir. 2047 veri üzerinde analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Çok Katmanlı Algılayıcı modelini kullanmışlar ve eğitim algoritması olarak Levenberg-Marquardt metodunu uygulamışlardır. 20 finansal göstergelyi dahil ederek analizleri gerçekleştirmişlerdir. Ayrıca bu göstergeleri temel bileşenler analizine tabii tutarak hisse senedi fiyatı üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir.

- Galeshchuk (2016), yaptıkları çalışmada YSA'yı zaman serisi analizinde kullanmıştır. Forex piyasasında Dolar/Euro, Japon Yeni/Dolar ve Dolar/Sterlin paritelerinin günlük, aylık ve 3 aylık dönemlerdeki fiyatlarının tahmininde YSA modelini uygulamıştır. Günlük analizler için 83 örnek, aylık analizler için 60 örnek, üçer aylık analizler içinse 59 örnek kullanılarak analizleri gerçekleştirmiştir. YSA'nın parite değerlerini tahminlemede kullanılabileceğini ve çok küçük hatalarla tahminleneme yapılabileceğini göstermiştir.

- Wanke ve diğerleri (2016), yaptıkları çalışmada Malezya'da faaliyet gösteren İslami bankaların etkinliklerini tahminlemek için TOPSIS ve YSA modellerini iki aşamalı bir şekilde uygulamışlardır. 2009-2013 yıllarını dikkate alarak 16 bankanın etkinliğini değerlendirmişlerdir. İlk aşamada personel giderleri, toplam işlem maliyetleri, faiz gelirleri gibi yedi kritere göre TOPSIS yöntemi ile bankaların performanslarını bulmuşlardır. İkinci aşamada ise zaman, bankanın yabancı banka olup olmaması, aktif karlılığı, özsermaye karlılığı gibi bağlamsal ve bankalar ile ilgili karakteristik değişkenleri kullanarak YSA modeli ile bankaların etkinliğini tahminleyen bir model geliştirmişler ve bankaların performansını etkileyen en önemli faktörleri belirlemişlerdir. Çalışmanın sonucunda bankaların performansını etkileyen en önemli faktörlerin maliyetler ve bankanın kökeni olduğunu ortaya koymuşlardır.

Görüldüğü üzere YSA yaklaşımı birçok işletme sorununun çözümünde tahmin, sınıflandırma, kümeleme, ilişki belirleme ve performans değerlendirme

amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca YSA'nın diğer istatistiksel yöntemlere göre çok daha iyi sonuçlar verdiği birçok çalışmada gözlemlenmektedir. Bu nedenle birçok alanda olduğu gibi YSA'nın işletmecilik alanında da uygulamaları giderek artmaktadır. Bu bölümde YSA'nın teorik temelleri, temel YSA modelleri ve YSA'nın davranışının açıklanması konuları incelenmiş olup, bir sonraki bölümde uygulamada kullanılacak yöntemlerden Bulanık DEMATEL Tabanlı Analitik Ağ Süreci ele alınacaktır. YSA ile belirlenen değişkenler arasındaki ilişkiler BDANP yönteminde kullanılarak AKVZA yaklaşımında kullanılan değişkenlerin alt ve üst limitleri belirleneceğinden dolayı BDANP yönteminin hem teorik çerçevesi anlatılacak hem de konu ile ilgili yapılan çalışmalara ait literatür taramasına yer verilecektir.

İKİNCİ BÖLÜM

BULANIK DEMATEL TABANLI ANALİTİK AĞ SÜRECİ

2.1. BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI

Günümüzde küreselleşme ile birlikte dinamik bir pazar yapısı oluşmakta ve bu durum da belirsizliklerin artmasına sebep olmaktadır. Böyle bir ortamda önemli kararlar vermek kolay olmamaktadır. Belirsizlik ortamlarında klasik yöntemler tutarlı ve gerçeğe yakın sonuçlar üretmekte yetersiz kalabilmekte, insan düşünce sistemine daha yakın olan bulanık mantık yaklaşımıyla problemler daha iyi modellenebilmektedir. Bulanık mantık yaklaşımı insan yargılarını kullanmakta ve dilsel değişkenler yardımıyla sözel ifadelerin sayısallaştırılması esasına dayanmaktadır. Bulanık mantık belirsizlik ortamlarında doğru ve tutarlı karar vermek için kullanılan güçlü bir felsefe olarak görülmektedir.

Bulanık mantık kavramı ilk olarak Zadeh tarafından 1965 yılında yayımlanan “Fuzzy Sets” adlı çalışma ile ortaya çıkmıştır (Zadeh, 1965). Bu tarihten sonra bulanık mantık yaklaşımı birçok uygulamada kullanılmaya başlanmıştır. Bulanık mantık, bulanık değildir. Temel olarak bulanık mantık, belirsizliğin ve yaklaşık düşünmenin kesin mantığıdır. Daha spesifik olarak da, bulanık mantık iki önemli insan yeteneğinin formülleştirilmesi çabası olarak da görülebilir. Bu yeteneklerden ilki, belirsizliğin, bilginin olmadığı ya da bilgilerin çeliştiği ortamlarda insanların mantıklı ve tutarlı kararlar verebilmesidir. İkincisi de, herhangi bir ölçüm ya da hesaplama olmaksızın birçok çeşitteki fiziksel ve zihinsel görevleri yerine getirebilme kapasitesidir. Bulanık mantığın en önemli özelliği belirsizliği kesinleştirmedeki yüksek gücüdür (Zadeh, 2008: 2753-2754).

Zadeh, insan düşüncesinin büyük çoğunluğunun bulanık olduğunu, kesin olmadığını belirtmiştir. Bu yüzden 0 ve 1 ile temsil edilen boolean mantık bu düşünce işlemini yeterli bir şekilde ifade edememektedir. İnsan mantığı, açık, kapalı, sıcak, soğuk, 0 ve 1 gibi değişkenlerden oluşan kesin ifadelerin yanı sıra, az açık, az kapalı, serin, ılık gibi ara değerleri de göz önüne almaktadır. Bulanık mantık klasik mantığın aksine iki seviyeli değil, çok seviyeli işlemleri kullanmaktadır. Ayrıca Zadeh insanların kesin olmayan dilsel bilgilere bağlı olarak etkili kararlar

alabildiklerini savunmuştur. Bulanık mantığın genel özellikleri aşağıdaki gibi açıklanabilir (Elmas, 2011: 186-187):

- Bulanık mantıkta, kesin değerlere dayanan düşünme yerine, yaklaşık düşünme kullanılır.
- Bulanık mantıkta her şey $[0,1]$ aralığında belirli bir derece ile gösterilir.
- Bulanık mantıkta bilgi büyük, küçük, çok az gibi dilsel ifadeler şeklindedir.
- Bulanık çıkarım işlemi dilsel ifadeler arasında tanımlanan kurallar ile yapılır.
- Her mantıksal sistem bulanık olarak ifade edilebilir.
- Bulanık mantık matematiksel modeli çok zor elde edilen sistemler için çok uygundur.

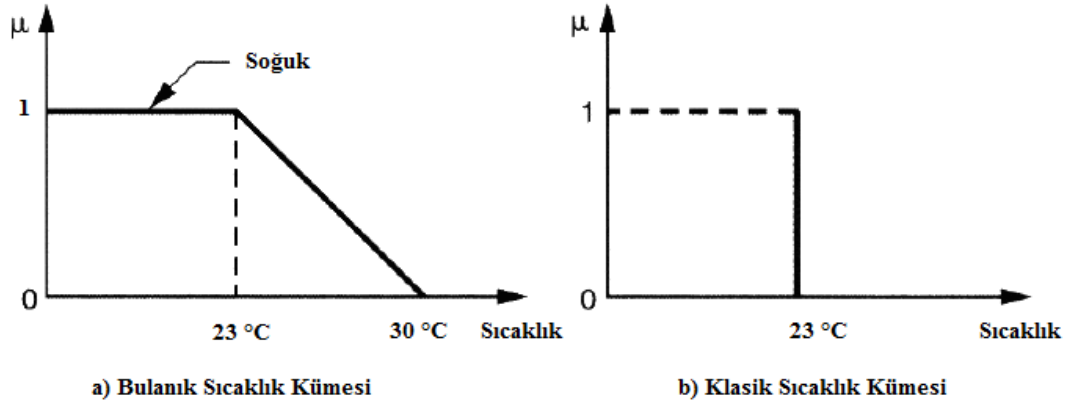
Bulanık mantık tam olarak bilinmeyen veya eksik girilen bilgilere göre işlem yapma yeteneğine sahiptir.

2.1.1. Bulanık Küme Teorisi

Bulanık küme teorisi, klasik küme teorisini temel alarak geliştirilmiş ve klasik küme teorisindeki kümenin kesin sınırlarını aşan bir yaklaşımdır. Klasik küme teorisinde, bir eleman bir kümeye ya aittir ya da değildir. Yani, her elemanın üyelik derecesi 0 ya da 1'dir. Eleman kümeye ait değilse 0, kümeye ait ise 1 değerini almaktadır. Klasik küme teorisinin aksine bulanık küme teorisinde bir eleman kısmen bir kümeye kısmen de diğer kümeye ait olabilmektedir. Yani, üyelik derecesi 0 ile 1 arasında değişmektedir (Kasabov, 1996: 167).

Örneğin, 23°C 'den daha düşük sıcaklık derecesi soğuk olarak tanımlandığında, 20°C derece soğuk iken, 25°C sıcak kümesine dahil olmaktadır. Ancak 27°C , 25°C 'den daha yüksek olmasına rağmen aynı kümede yer almaktadır. Bulanık küme teorisinde ise belirli üyelik dereceleri ile sıcak ve soğuk kümelerine ait olabilmektedir. Aşağıdaki Şekil 17'de klasik küme ve bulanık küme arasındaki fark görülmektedir. Şekil 17'den de görüleceği üzere klasik kümede 23°C 'nin altı soğuk üstü sıcak olarak ifade edilmektedir. Ancak bulanık kümede 27°C ile 25°C değerlerinin üyelik dereceleri birbirinden farklıdır ve her iki kümeye de kısmen aittirler.

Şekil 17: Klasik ve Bulanık Kümeler



Kaynak: Zadeh, 1994: 79.

Bulanık küme teorisi, klasik kümelerdeki keskin sınırları aşmakta ve daha sıcak, çok sıcak gibi yargısal ifadeleri kullanarak esneklik sağlamaktadır.

2.1.1.1. Üyelik Fonksiyonları

Bulanık küme teorisinde her bir elemanın kümeye aitlik derecesi üyelik fonksiyonları ile belirlenmekte ve aşağıdaki şekilde gösterilmektedir:

$$\mu_{\tilde{A}} : X \rightarrow [0,1] \quad (85)$$

$\mu_{\tilde{A}}(x)$ değeri, x elemanının A kümesine ait üyelik derecesini göstermektedir (Wierman, 2010: 55). Klasik kümeler tek bir üyelik fonksiyonuna sahipken, bulanık kümeler sınırsız sayıda üyelik fonksiyonuna sahiptir (Ross, 2004: 15).

Bulanık kümeler farklı şekillerde gösterilebilmektedir. Eğer evrensel küme kesikli ve sınırlı olursa aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$A = \frac{\mu_A(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_A(x_2)}{x_2} + \dots = \sum_i \frac{\mu_A(x_i)}{x_i} \quad (86)$$

Eğer evrensel küme sürekli ve sınırsız ise aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$A = \int \frac{\mu_A(x)}{x} \quad (87)$$

Literatürde kullanılan birçok üyelik fonksiyonu olsa da yaygın olarak kullanılan üyelik fonksiyonları Tablo 10'da özet olarak gösterilmektedir.

Tablo 10: Yaygın Olarak Kullanılan Üyelik Fonksiyonları

Üyelik fonksiyonunun		
Adı	Matematiksel ifadesi	Grafiksel şekli
Üçgensel üyelik fonksiyonu	$\mu_A(x; a_1, a_2, a_3) = \begin{cases} (x-a_1)/(a_2-a_1), & a_1 \leq x \leq a_2 \\ (a_3-x)/(a_3-a_2), & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & x > a_3 \text{ veya } x < a_1 \end{cases}$	
Yamuksal üyelik fonksiyonu	$\mu_A(x; a_1, a_2, a_3, a_4) = \begin{cases} (x-a_1)/(a_2-a_1), & a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ (a_4-x)/(a_4-a_3), & a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0, & x > a_4 \text{ veya } x < a_1 \end{cases}$	
Gaussian üyelik fonksiyonu	$\mu_A(x; m, \sigma) = \exp\left\{-\frac{(x-m)^2}{\sigma^2}\right\}$	
Çan şekilli üyelik fonksiyonu	$\mu_A(x; a_1, a_2, a_3) = \left\{ \frac{1}{1 + \left \frac{x-a_3}{a_1} \right ^{2a_2}} \right\}$	

Kaynak: Aytaç, 2011: 82.

2.1.1.2. Bulanık Kümelerde İşlemler

Bilindiği gibi klasik kümeler kuramında birleşme, kesişme, tümlleme gibi işlemler tanımlanmıştır. Bunlara karşılık gelecek bulanık işlemler de tanımlıdır. Bulanık kümelerde kullanılan semboller ve ifadeler ile keskin kümelerde kullanılan ifadelerin büyük bir bölümü benzerdir. Küçük bir keskin evrensel kümenin elemanlarının dört farklı bulanık kümeye üyelik dereceleri Tablo 11'deki gibi olduğu varsayalım. Burada $X = \{5,10,20,30,40,50,60,70,80\}$ bütün yaşların kümesini ve bebek, erişkin, genç, yaşlı bulanık kümeleri de X evrensel kümesinden seçilen değerlerin üyelik derecelerini göstermektedir.

Tablo 11: Bulanık Kümeler

Yaş	Bebek	Erişkin	Genç	Yaşlı
5	0	0	1	0
10	0	0	1	0
20	0	0,8	0,8	0,1
30	0	1	0,5	0,2
40	0	1	0,2	0,4
50	0	1	0,1	0,6
60	0	1	0	0,8
70	0	1	0	1
80	0	1	0	1

Kaynak: Elmas, 2011: 214.

X evrensel kümesi üzerinde tanımlanan $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ kümeleri verilsin. $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ kümelerinin birleşimi $\tilde{A} \cup \tilde{B}$ olarak gösterilir. Aynı zamanda $\tilde{A} \cup \tilde{B}$ kümesi X evrensel kümesinin bir bulanık alt kümesidir. Bu kümenin üyelik fonksiyonu biçimindeki matematiksel ifadesi şöyledir:

$$\mu_{\tilde{A} \cup \tilde{B}}(x) = \text{MAX}(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)) \quad x \in X \quad (88)$$

$\tilde{A} \cup \tilde{B}$ kümesinin herhangi bir $x \in X$ için elemanlarının üyelik derecesi, $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ kümelerinden üyelik derecesi büyük olana eşittir. Örneğin, genç ve yaşlı kümelerinin birleşim kümesi aşağıdaki gibi olmaktadır:

$$\text{Genç} \cup \text{Yaşlı} = 1/5 + 1/10 + 0,8/20 + 0,5/30 + 0,4/40 + 0,6/50 + 0,8/60 + 1/70 + 1/80 \quad (89)$$

$\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ kümelerinin kesişimi $\tilde{A} \cap \tilde{B}$ olarak gösterilir. Aynı zamanda $\tilde{A} \cap \tilde{B}$ kümesi X evrensel kümesinin bir bulanık alt kümesidir. Bu kümenin üyelik fonksiyonu da aşağıdaki gibi gösterilir:

$$\mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) = \text{MIN}(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)) \quad x \in X \quad (90)$$

$\tilde{A} \cap \tilde{B}$ kümesinin herhangi bir $x \in X$ için elemanlarının üyelik derecesi, $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ kümelerinden üyelik derecesi küçük olana eşittir. Örneğin, genç ve yaşlı kümelerinin kesişim kümesi aşağıdaki gibi olmaktadır:

$$\text{Genç} \cap \text{Yaşlı} = 0,1/20 + 0,2/30 + 0,2/40 + 0,1/50 \quad (91)$$

X evrensel kümesinde verilen bir $\tilde{A}$ kümesinin tümleyeninin üyelik fonksiyonunun matematiksel ifadesi şöyledir:

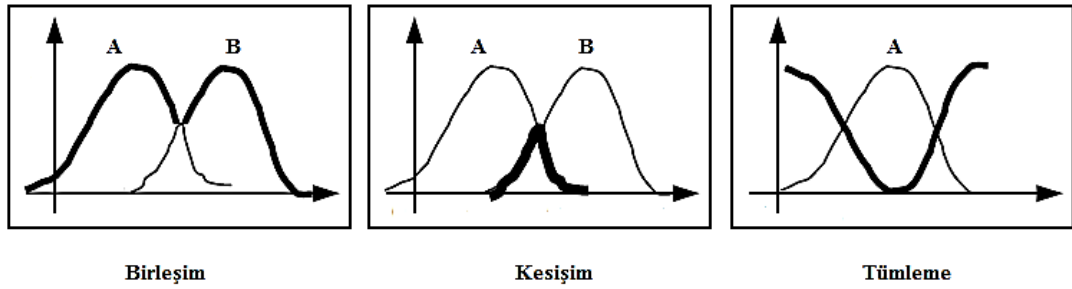
$$\mu_{\tilde{A}^c}(x) = 1 - \mu_{\tilde{A}}(x) \quad (92)$$

Eğer herhangi bir elemanın $\tilde{A}$ bulanık kümesindeki üyelik derecesi 0,8 ise tümleyenindeki üyelik derecesi 0,2'dir. Örneğin; yaşlı kümesinin tümleyeni aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$YAŞLI^C = 1/5 + 1/10 + 0,9/20 + 0,8/30 + 0,6/40 + 0,4/50 + 0,2/60 \quad (93)$$

Aşağıdaki Şekil 18'de birleşim, kesişim ve tümleme işlemlerinin grafiksel gösterimleri yer almaktadır.

Şekil 18: Bulanık Kümelerde Birleşim, Kesişim ve Tümleme İşlemleri



Kaynak: Bai ve Wang, 2006: 23.

Bulanık A kümesinin α -bölüm kesim kümesi A_α ile gösterilir ve X evrensel kümesinin A kümesindeki bütün elemanlarından üyelik derecesi α özel değerinden büyük veya eşit olanları içerir.

$$A_\alpha = \{x \in X \mid \mu_A(x) \geq \alpha\} \quad (94)$$

Örneğin, genç kümesinin $\alpha = 0,2$ için α -bölüm kümesi; Genç (0,2) = {5, 10, 20, 30, 40}, $\alpha = 0,8$ için Genç (0,8) = {5, 10} olarak elde edilir (Elmas, 2011: 213-218).

2.1.1.3. Bulanık Sayılar ve Çeşitleri

Reel sayılar evrensel kümesi içerisinde tanımlanmış olan çeşitli tiplerde bulanık kümeler bulunmaktadır. Bulanık kümeler, kesin olarak belirlenmemiş sayısal miktarların kişisel görüşlerin işleme alınmasıyla bulanık sayılar ile ifade edilebilmektedir (Başkaya, 2011: 121). Belirsizlik durumlarında kesin olarak saptanamayan sayısal bir miktar bulanık sayılar kullanılarak gerçekçi bir şekilde belirlenebilmektedir. Her bulanık sayı bir bulanık küme olma özelliği taşıırken, her

bulanık küme bulanık sayı değildir. Bir bulanık kümenin bulanık sayı olabilmesi için bazı şartları sağlaması gerekmektedir. Bu şartları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz (Wierman, 2010: 99) :

- $\tilde{A}$ bulanık kümesi normal olmalıdır. Yani, en az bir elemanın üyelik derecesi 1 olmalıdır.
- Bulanık küme sınırlandırılmış olmalıdır. Yani, bulanık kümenin desteği sürekli bir aralıkta olmalıdır.
- $\tilde{A}$ bulanık kümesi konveks olmalıdır.

Literatürde en çok kullanılan bulanık sayılar üçgensel ve yamuksal bulanık sayılardır. Üçgensel bulanık sayı a_1 , a_m ve a_2 olmak üzere üç değer ile tanımlanmaktadır.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x - a_1}{a_m - a_1} & a_1 \leq x \leq a_m \\ \frac{x - a_2}{a_m - a_2} & a_m \leq x \leq a_2 \\ 0 & x < a_1, x > a_2 \end{cases} \quad (95)$$

$[a_1, a_2]$ bulanık sayının destek aralığını, a_m ise bulanık sayının zirve noktasını göstermektedir. Yamuk bulanık sayılar da a_1 , b_1 , b_2 ve a_2 olmak üzere dört değer içermektedir:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x - a_1}{b_1 - a_1} & a_1 \leq x \leq b_1 \\ 1 & b_1 \leq x \leq b_2 \\ \frac{x - a_2}{b_2 - a_2} & b_2 \leq x \leq a_2 \\ 0 & x < a_1, x > a_2 \end{cases} \quad (96)$$

$[a_1, a_2]$ bulanık sayının destek aralığını, $[b_1, b_2]$ ise bulanık sayının zirve noktalarını göstermektedir (Bojadziev ve Bojadziev, 2007: 22-24).

Çalışma kapsamında uygulanacak olan bulanık mantık yaklaşımında üçgensel bulanık sayılar kullanılacağından dolayı sadece üçgensel bulanık sayılar ile yapılan temel aritmetik işlemler ele alınmış olup aşağıda gösterilmektedir.

$a_1 \leq b_1 \leq c_1$ ve $a_2 \leq b_2 \leq c_2$ olmak üzere $A_1 = (a_1, b_1, c_1)$ ve $A_2 = (a_2, b_2, c_2)$ iki üçgensel bulanık sayıyı ele alalım (Matin ve diğerleri, 2011: 3):

$$A_1 + A_2 = (a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2) \quad (97)$$

$$A_1 - A_2 = (a_1 - c_2, b_1 - b_2, c_1 - a_2) \quad (98)$$

$$k \times A_1 = \begin{cases} (ka_1, kb_1, kc_1), & k > 0 \\ (kc_1, kb_1, ka_1), & k < 0 \end{cases} \quad (99)$$

$$A_1 \times A_2 = (a_1.a_2, b_1.b_2, c_1.c_2), \quad A_1 > 0, A_2 > 0 \quad (100)$$

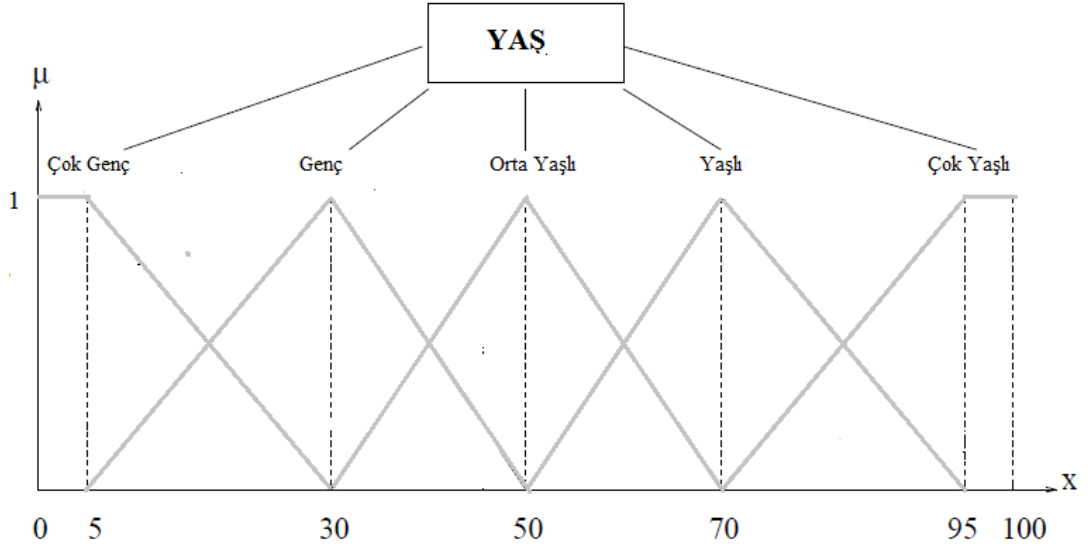
$$A_1 \div A_2 = \left(\frac{a_1}{c_2}, \frac{b_1}{b_2}, \frac{c_1}{a_2} \right), \quad A_1 > 0, A_2 > 0 \quad (101)$$

2.1.1.4. Dilsel Değişkenler ve Belirsizlik

Dilsel değişkenler, bulanık mantık uygulamalarında önemli bir yer tutmaktadır. Dilsel değişkenlerin kullanılması, veri sıkıştırma şekillerinden biri olarak görülebilir (Zadeh, 1994: 78). Doğal ya da yapay dilde değeri kelime ya da cümleler ile ifade edilebilen değişkenlere dilsel değişken adı verilmektedir. Örneğin boy; uzun, uzun değil, çok uzun, çok çok uzun gibi değerler alabildiğinden boy değişkeni dilsel değişkendir. Dilsel değişkenler ve bulanık algoritma kullanılarak karmaşık ve matematiksel olarak modellenemeyen sistemlerin davranışı yaklaşık olarak gerçek hayata uygun bir biçimde tanımlanabilmektedir (Zadeh, 1990: 96). Dilsel değişken kavramını açıklayabilmek için doğal dildeki yaş kelimesini ele alalım. Yaş, kesin olarak karakterize edilemeyen bir değişkendir. Bulanık küme teorisi ve bulanık sayılar kullanılarak yaş değişkeni yaklaşık olarak tanımlanabilir. Yaş, çok genç, genç, orta yaşlı, yaşlı ve çok yaşlı olarak tanımlanabilen dilsel bir değişkendir. Şekil 19'da yaş dilsel değişkeninin bulanık kümeleri gösterilmektedir (Bojadziev ve Bojadziev, 2007: 44-45).

Dilsel değişkenler, sıcaklık (düşük-yüksek), zaman (erken-geç) gibi nicel ya da gerçek, kesinlik, inanç vb. gibi nitel olabilmektedir. Bir dilsel değişkeni dilsel değerler kümesine dönüştürme süreci bulanık kuantizasyon olarak adlandırılmaktadır (Kasabov, 1996: 179).

Şekil 19: Yaş Dilsel Değişkeninin Bulanık Kümeleri



Kaynak: Bojadziev ve Bojadziev, 2007: 44-45.

Belirsiz veriler kavramının evrensel olarak kabul görmüş bir tanımı bulunmamaktadır. Bazı kesinlik içermeyen durumlarda “belirsizlik” ifadesi veriyi karakterize etmek için kullanılmaktadır. Belirsizliğin bir türü kişilerin dillerini kullanmasından kaynaklanan sözel belirsizliktir. Bu tip belirsizlikler insanların kavram değerlendirme ve sonuç çıkarmak için kullandığı pek çok kelimeye doğaldır. Örneğin, “uzun boylu erkek”, “sıcak günler” ya da “dengeli kur” gibi kelimeler tam bir tanımlama içermemektedir. Bulanık mantık, doğal konuşma dilindeki sözel değişkenler üzerine odaklanmıştır ve belirsiz önermelerle yaklaşık akıl yürütme yapılabilmesi için altyapı oluşturmayı amaçlamaktadır. Bulanık mantık sistemi, doğal konuşma dilindeki doğruluk ve belirsizliği yansıtmaktadır (Başkaya, 2011: 21-25).

Bulanık mantık yaklaşımı, bulanık küme teorisi, üyelik fonksiyonları, bulanık küme ve sayılar ile yapılan matematiksel işlemler gibi temel konular açıklanmış olup, bir sonraki bölümde bulanık çıkarım sistemine ve elemanlarına yer verilecektir.

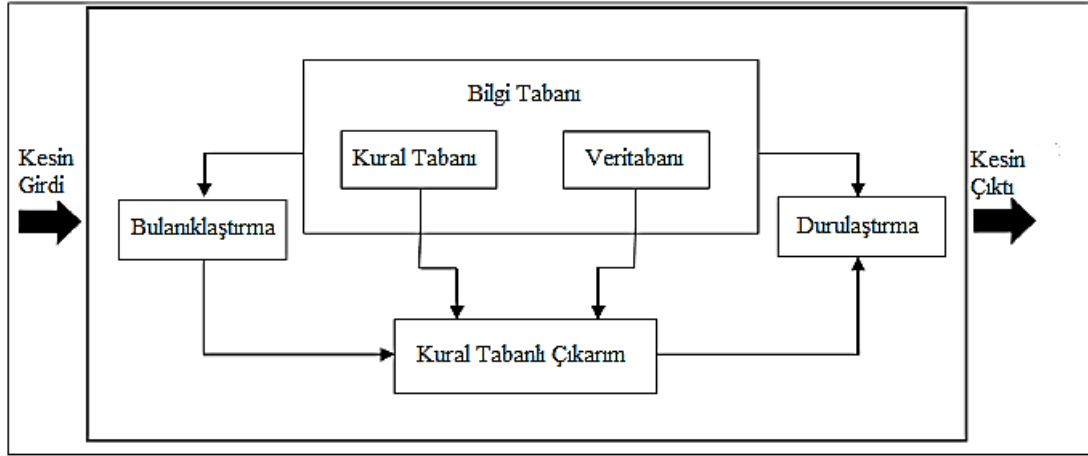
2.1.2. Bulanık Çıkarım Sistemi

Bulanık mantık sistemi, girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki doğrusal olmayan karmaşık ilişkileri ortaya çıkarma yeteneğine sahip doğrusal olmayan

sistemlerdir. Doğası gereği doğrusal olmayan yapıdaki fiziksel sistemlerin modellenmesi gerektiğinde doğrusal olmama özelliği daha da önem kazanmaktadır. Her bir girdi ve her girdiye karşılık gelen çıktı sisteme gösterilerek optimizasyon algoritması yardımıyla sistemin doğrusal olmayan ilişkileri öğrenmesi sağlanır ve böylelikle sistem parametre değerleri belirlenir. Yaygın olarak kullanılan bu öğrenme paradigmasına danışmanlı öğrenme adı verilmektedir. Klasik stokastik modellerin aksine, bulanık mantık sistemi herhangi bir varsayım gerektirmeden uygulanabilir. Veri odaklı ve parametrik olmayan bir metottur (Mendel ve Mouzouris, 1997: 885).

Bulanık çıkarım sistemi tasarımında bir uzmanın deneyimi ve bilgisi gerekmektedir. Girdi ve çıktı arasındaki ilişkiler bulanık kurallar yardımıyla tanımlanabilmektedir. Bir bulanık çıkarım sistemi, bulanıklaştırma, kural tabanlı çıkarım ve durulaştırma olmak üzere üç aşamada oluşmaktadır. Aşağıdaki şekil 20’de bulanık çıkarım sistemi görülmektedir (Cavallaro, 2015: 12360).

Şekil 20: Bulanık Çıkarım Sistemi



Kaynak: Cavallaro, 2015: 12361.

Bulanık çıkarım sistemi açıklandıktan sonra sistemin elemanları olan bulanıklaştırma, kural tabanlı çıkarım ve durulaştırma aşamaları ele alınacaktır.

2.1.2.1. Bulanıklaştırma

Bulanıklaştırma, bilgi tabanında saklı üyelik fonksiyonları kullanılarak kesin değerlerin dilsel değişkenlere dönüştürülmesi sürecidir (Cavallaro, 2015: 12360).

Kesin olarak düşündüğümüz birçok nicelik değeri aslında deterministik değildirler, önemli belirsizlikler taşımaktadırlar. Belirsizliğin şekli, tutarsızlık, şüpheli durumdan ya da anlaşılmazlıktan ortaya çıktıysa değişken muhtemelen bulanıktır ve üyelik fonksiyonu ile temsil edilebilmektedir (Ross, 2004: 94).

2.1.2.2. Kural Tabanlı Çıkarım

Bulanık kurallar, herhangi bir uygulama alanındaki bir uzmanın bilgisi olarak düşünülebilir. Bulanık kurallar, bir dizi eğer-ise mantıksal ilişkilerden oluşmaktadır. Gözlemlenen bilgilere göre çıktıların nasıl kontrol edileceğini belirlemektedir. Bulanık kurallar kümesini tasarlamamanın ve oluşturmanın temeli, her gerçek farklı uygulamaya bağlı olarak insan deneyimine dayanmaktadır (Bai ve Wang, 2006: 26). Bulanık kurallar aşağıdaki gibi gösterilmektedir (Chen ve Pham, 2001: 91):

“EĞER $(x_1 = X_1)$ VE $(x_2 = X_2)$, ..., $(x_n = X_n)$ İSE $(y = Y)$ ” dir. (102)

“Eğer” kısmı öncül, “ise” kısmı da sonuçtur. Örneğin; Eğer sıcaklık düşük ise, sıcaklık motoru hızlı çalışmalıdır. Ancak her zaman kurallar bu kadar basit olmamaktadır. Birçok uygulamada birden fazla girdi değişkeni bulunmaktadır. Mevcut sıcaklığın yanında sıcaklık değişim oranını da diğer bir girdi değişkeni olarak ele aldığımızda çoklu girdilere yönelik oluşturulabilecek kurallar aşağıdaki tablo 12’de gösterilmektedir.

Tablo 12: Örnek Bulanık Kurallar

	Düşük	Orta	Yüksek
Düşük	Hızlı	Orta	Orta
Orta	Hızlı	Yavaş	Yavaş
Yüksek	Orta	Yavaş	Yavaş

Kaynak: Bai ve Wang, 2006: 28.

Satırlar sıcaklık girdi değişkenini, sütunlar ise sıcaklık değişim oranı girdi değişkenini, kesişimler ise sonucu göstermektedir. Örneğin; Eğer sıcaklık düşük ve sıcaklık değişim oranı düşük ise, sıcaklık motoru hızlı çalışmalıdır. Diğer kurallar da benzer şekillerde yorumlanabilir (Bai ve Wang, 2006: 27-28).

Bulanık mantık yaklaşımında kural tabanlı çıkarım için yaygın olarak kullanılan iki yöntem mevcuttur. Bunlardan ilki Mamdani tipi çıkarım diğeri ise Takagi-Sugeno tipi çıkarımdır.

Mamdani yöntemi, genellikle uzman bilgisini kullanan bir yöntem olarak bilinmektedir. Uzman bilgisini, daha sezgisel ve daha çok insan davranışlarına benzer şekilde tanımlamayı mümkün kılmaktadır. Ancak Mamdani tipi bulanık çıkarım sisteminde önemli hesaplama zorlukları içermektedir. Diğer yandan, Sugeno metodu hesaplama açısından daha etkindir ve özellikle dinamik doğrusal olmayan kontrol problemlerini ilgi çekici hale getiren optimizasyon ve adaptif teknikler ile daha iyi çalışmaktadır. Bu adaptif teknikler, verilere en iyi uyan bulanık sistem modelini belirlemede üyelik fonksiyonunu özelleştirmek için kullanılabilir (Kaur ve Kaur, 2012: 323).

Mamdani tipi bulanık çıkarım sistemi ile Sugeno tipi bulanık çıkarım sistemi arasındaki en önemli fark, kesin çıktı değerinin bulanık girdilerden oluşturulma şeklidir. Mamdani tipi bulanık çıkarım sistemi, bulanık çıktıyı kesin çıktıya dönüştürürken durulaştırma tekniklerini kullanırken, Sugeno tipi bulanık çıkarım sistemi, kesin çıktıyı hesaplamada ağırlıklı ortalamayı kullanmaktadır. Mamdani tipi bulanık çıkarım sistemi, çıktı üyelik fonksiyonuna sahipken, Sugeno tipi bulanık çıkarım sisteminin çıktı üyelik fonksiyonu yoktur. Ayrıca, Mamdani yöntemi, Sugeno yöntemine göre sistem tasarımında daha az esnektir. Kural tabanının yorumlanabilir ve sezgisel doğasından dolayı Mamdani tipi bulanık çıkarım sistemi özellikle karar destek uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Kamboj ve Kaur, 2013: 205). Mamdani tipi bulanık çıkarım sistemi, hem çoklu girdiye ve tekli çıktıya sahip hem de çoklu girdi ve çoklu çıktıya sahip sistemlerde kullanılırken, Sugeno tipi bulanık çıkarım sistemi sadece çoklu girdi ve tekli çıktıya sahip sistemlerde kullanılmaktadır (Salman ve Seno, 2012: 297).

2.1.2.3. Durulaştırma

Bulanıklaştırma ve kural tabanlı çıkarım aşamalarından sonraki en son aşama durulaştırma aşamasıdır. Kural tabanlı çıkarım süreci sonucunda ortaya bulanık değerler çıkmaktadır. Uygulamada bu bulanık değerlerin kullanılabilmesi için kesin

değerlere dönüştürülmesi gerekmektedir. Durulaştırma, bulanık değerlerin kesin değerlere dönüştürülmesi işlemi olarak tanımlanabilir. Durulaştırma için literatürde önerilmiş birçok yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler arasında en yaygın kullanılan yöntemler, maksimum üyelik ilkesi yöntemi, ağırlık merkezi yöntemi, ağırlıklı ortalama yöntemi, ortalama en büyük üyelik yöntemi, toplamların merkezi yöntemi, en büyük alanın merkezi yöntemi ve en büyüklerin ilki ya da sonuncusu yöntemidir (Ross, 2004: 100-109). En çok kullanılan yöntemlerden maksimum üyelik ilkesi yönteminde, üyelik derecesi en yüksek olan değer, ağırlıklı ortalama yönteminde üyelik fonksiyonlarının ağırlıklı ortalaması, ağırlık merkezi yönteminde üyelik fonksiyonun altındaki alanın ağırlık merkezi çıktı olarak kullanılmaktadır. Toplamların merkezi yöntemi ise, iki farklı bulanık küme çıktılarının toplamını dikkate almaktadır (Bai ve Wang, 2006: 42-43 ve Chen ve Pham, 2001: 158-159).

2.1.3. Bulanık Mantık Uygulamalarına İlişkin Literatür Taraması

1973 yılında Zadeh tarafından bulanık kontrol teorisi ortaya atıldıktan sonra birçok araştırmacı bulanık mantık felsefesini çeşitli mekanik ve endüstriyel süreç uygulamaya başlamıştır. Üniversitelerde çeşitli araştırma grupları oluşturulmuştur. Terano, Shibata, Tanaha ve Asai adlı bilim adamları hem bulanık mantık teorisinin hem de uygulamalarının gelişmesine büyük katkı sağlamıştır. 1980 yılında İngiltere’de Mamdani, Danimarka’da faaliyet gösteren bir çimento fabrikasının kontrolünde uygulamak için buhar motorunda ilk kez bulanık kontrolü tasarlamış ve başarılı bir şekilde uygulamıştır. 1987 yılında Hitachi, Japonya’nın Sendai şehrinde tren kontrolünde bulanık mantığı kullanmıştır. 1987 yılında Omron şirketi ilk ticari bulanık denetleyicileri geliştirmiştir. 1993 yılında Fuji tarafından Japonya’da kimyasal enjeksiyon su arıtma fabrikasında bulanık mantık uygulamaları gerçekleştirilmiştir (Garrido, 2012: 74). Mamdani tarafından ilk kez bulanık mantığın uygulaması yapılana kadar bulanık mantık kavramı yeterince tanınmamıştır. O tarihten bu yana özellikle de 1980’lerden bu yana endüstriyel üretim, otomatik kontrol, otomobil üretimi, bankalar, hastaneler, kütüphaneler ve akademik eğitim gibi birçok alanda bulanık mantık uygulanmaktadır (Bai ve Wang, 2006: 17-18).

Dilsel değişkenler ve bulanık algoritmalar kullanılarak bulanık mantık yaklaşımı karmaşık sistemlerin davranışını tanımlamada etkili bir yaklaşım sağlamakta ve önemli avantajları bulunmaktadır. Bu nedenle birçok alanda uygulaması giderek artmaktadır. Ekonomi, yönetim bilimi, yapay zeka, psikoloji, dil bilimi, bilgi işleme, tıp, biyoloji, kontrol sistemleri, görüntü işleme, elektrik-elektronik mühendisliği, endüstriyel otomasyon, robotik, tüketici elektroniği, optimizasyon, sosyal bilimler ve politika bilimi gibi birçok alanda bulanık mantık yaklaşımı uygulanmaktadır (Zadeh, 1990: 96; Singh ve diğerleri, 2013: 1-3).

Bu alanlar ile birlikte işletme yönetimi ve işletme sorunlarının çözümüne yönelik olarak da bulanık mantık uygulamalarına sıklıkla başvurulmaktadır. Bulanık mantık yaklaşımı ya tek başına kural tabanlı bulanık mantık yöntemi ile ya da diğer doğrusal programlama, hedef programlama, ÇKKV teknikleri gibi yöneylem araştırması teknikleri ile bütünleşik olarak kullanılarak problemlere etkin çözümler getirebilmektedir.

Azadegan ve diğerleri (2011) tarafından üretim/işlemler yönetimi alanında bulanık mantık yaklaşımının kullanılması ile ilgili yapılan literatür taraması neticesinde bulanık mantık yaklaşımının üretim/işlemler alanında süreç kontrol ve optimizasyon, üretim hücreleri oluşturma, makine kontrolü sağlama, çizelgeleme, üretim planlama, ürün karışımı belirleme, kalite kontrol ve ürün izleme, bakım yönetimi, talep tahminleme, üretim stratejileri ve yer seçim kararlarının verilmesi, tedarik zinciri ve tedarikçi seçimi gibi konularda uygulandığı belirtilmiştir. Ganideh ve diğerleri (2012) bulanık mantık yaklaşımını pazarlama verilerini analiz etmede kullanmışlardır. Sosyo-psikolojik değişkenlerin tüketicileri davranışları üzerindeki etkisini kural tabanlı bulanık mantık yaklaşımı ile analiz etmişlerdir. Finansal uygulamalarda ise bulanık mantık yaklaşımı, teknik analiz ile hisse senedi alım-satım kararının verilmesi, portföy optimizasyonu, borsa endeks tahmini, döviz kuru tahmini, hisse senedi getiri tahmini gibi alanlarda kullanılmaktadır (Birgili ve diğerleri, 2013: 121-136). Bununla birlikte Fahami ve diğerleri (2014) yaptıkları çalışmada hizmet sektöründe faaliyet gösteren firmaların finansal performansını bulanık mantık yaklaşımı ile değerlendirmişlerdir. Gerogiannis ve diğerleri (2015), yaptıkları çalışmada insan kaynağı seçim ve değerlendirme süreçlerinde bulanık mantık yaklaşımını kullanmışlardır. Aghajani ve diğerleri (2011), Couceiro ve

diğerleri (2014), Shaout ve Yousif (2014), Yadav ve diğerleri (2014) ve Zhang ve diğerleri (2014) tarafından yapılan çalışmalarda ise bulanık mantık yaklaşımı performans değerlendirme amacıyla kullanılmıştır. Görüldüğü üzere bulanık mantık yaklaşımı işletmenin tüm fonksiyonlarında ortaya çıkan sorunların çözümünde etkili bir araç olarak kullanılmakta ve uygulamaları gün geçtikçe artmaktadır.

2.2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ

Küresel rekabet ortamında çevrede meydana gelen değişimler çok hızlı yaşanmakta ve belirsizlikler artmaktadır. Bu belirsizlik ortamında tüm işletmeler ve organizasyonlar hedeflerine ulaşabilmek için stratejik kararlar vererek belirsizlik durumunu azaltmak istemektedirler. Drucker (1992), yönetimin her zaman bir karar verme işlemi olduğunu ifade etmiş ve karar vermenin stratejik öneminden bahsetmiştir. İşletmelerin performans ve başarısı da vermiş oldukları kararların doğruluk ve tutarlılık derecelerine bağlı olarak değişmektedir. Doğru kararlar verebilmenin yolu da sistematik ve disiplinli bir karar süreci izlemekten geçmektedir.

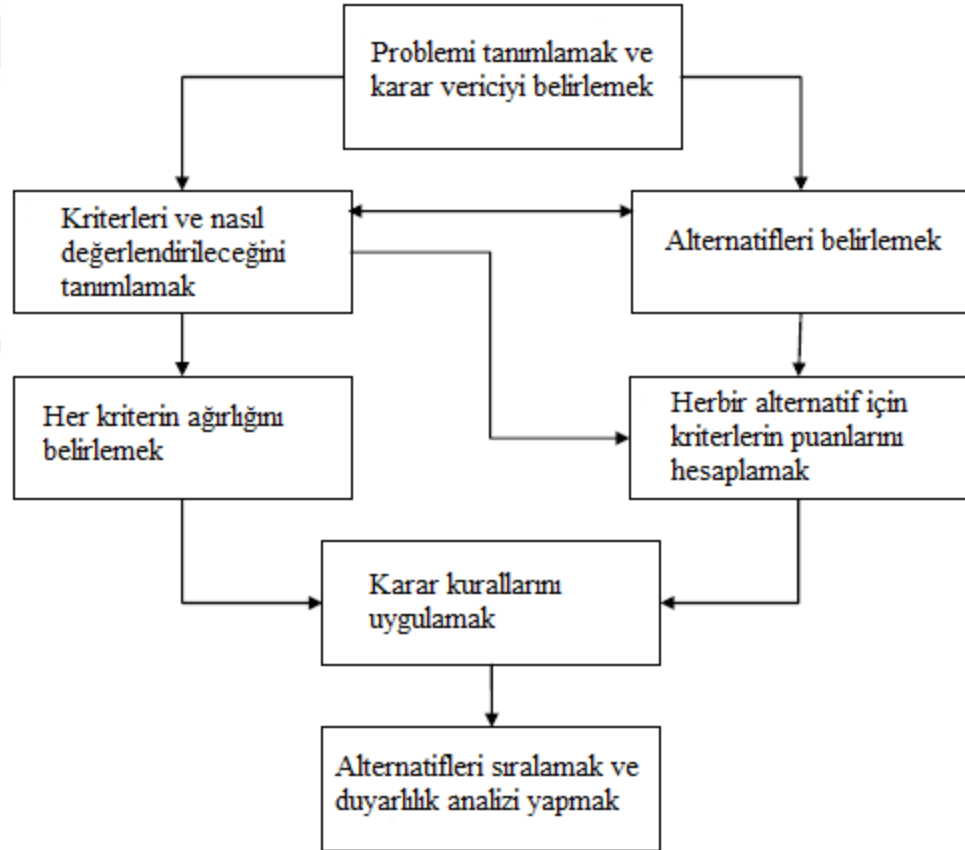
Karar verme, karar vericinin tercihlerine dayalı olarak alternatifleri belirleme ve seçme süreci olarak tanımlanabilmektedir (Gade ve Osuri, 2014: 20). Tek kriterin mevcut olduğu karar problemlerinde sonuca ulaşmak daha kolaydır. Çünkü en yüksek tercih değerine sahip alternatif kolaylıkla belirlenerek seçilmektedir. Ancak çoğu zaman karar problemleri birden fazla değerlendirme kriteri içerebilmektedir. Kriter ağırlıkları, tercih bağımlılıkları ve kriterler arasında çelişki gibi birçok sorun ortaya çıkmakta ve tüm bu durumlar problemin daha karmaşık bir yapıya bürünmesine sebep olmaktadır. Bu tarz problemlerin çözümünde çok kriterli karar verme (ÇKKV) tekniklerine birçok uygulama ihtiyaç duyulmaktadır (Tzeng ve Huang, 2011: 1).

ÇKKV yöntemleri, çok kriter bakımından bir dizi mevcut alternatiften bir ya da daha fazla alternatifin sıralanmasında çok geniş kullanım alanına sahiptir. Karar verme problemi tüm uygun alternatiflerden en iyi seçeneği bulmaya yönelik olan bir süreçtir (Özdemir ve Seçme, 2009: 80). Çok kriterli karar verme sürecinin değerlendirilmesindeki temel amaçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Jablonský ve Urban, 1998: 94):

- En iyi seçeneğin tercih edilmesi,
- Alternatiflerin tamamının sıralanması,
- Alternatifleri belirli koşullara göre sınıflandırma,
- Olumlu bulunan alternatifler içinde alt setlerin belirlenmesi.

Karar, bir sonucu ifade ederken karar verme bir süreci ifade etmektedir. Karar verme süreci sonucunda ise karar ortaya çıkmaktadır. Karar verme süreci, problemi tanımlamaktan en iyi alternatifleri seçmeye kadar birçok adımdan meydana gelmektedir. Aşağıdaki Şekil 21’de çok kriterli karar verme süreci şematik olarak gösterilmektedir.

Şekil 21: Çok Kriterli Karar Verme Süreci Adımları



Kaynak: Dooley ve diğerleri, 2005: 2.

ÇKKV teknikleri, Hwang ve Yoon (1981) tarafından çok amaçlı karar verme (ÇAKV) ve çok nitelikli karar verme (ÇNKV) olmak üzere iki ana sınıfa ayrılmıştır (Tzeng ve Huang, 2011: 1). ÇAKV yöntemlerinde birden fazla amaç eşanlı olarak optimize edilmek istenmekte ve sınırsız sayıda sürekli alternatifler üzerinde analizler

yapılmaktadır. Vektör optimizasyonu, hedef programlama, veri zarflama analizi gibi yöntemler bu kapsamda yer almaktadır. ÇNKV yöntemlerinde ise, birden fazla sınırlı sayıda ve kesikli yapıdaki alternatifler birçok niteliğe göre değerlendirilmektedir. Bu yöntemler arasında AHP, ANP, TOPSIS, ELECTRE, PROMETHEE, DEMATEL gibi yöntemler bulunmaktadır. Çalışmanın bu kısmında Analitik Ağ Süreci, DEMATEL, Bulanık DEMATEL, DEMATEL Tabanlı Analitik Ağ Süreci ve Bulanık DEMATEL Tabanlı Analitik Ağ Süreci yöntemlerine yer verilecektir.

2.2.1. Analitik Ağ Süreci (ANP)

Gerçek hayatta ister bireysel verilecek kararlar olsun ister işletmeler ve diğer organizasyonlar tarafından verilecek kararlar olsun, tüm karar verme süreçlerinde tutarlı kararlar verebilmek için birden çok kriterin aynı anda değerlendirilerek karar vericiye en fazla fayda sağlayacağı düşünülen alternatif ya da alternatifler kümesi seçilmelidir. Bu tarz problemlerde çoğu zaman kriterler birbirleriyle çelişmekte ve problem karmaşık bir yapıya dönüşmektedir. ÇKKV teknikleri yardımıyla bu tarz problemler rahatlıkla çözülebilmektedir. Bu yöntemler arasında Saaty tarafından geliştirilmiş olan Analitik Ağ Süreci (ANP) yöntemi en çok bilinen ve birçok uygulamada yaygın olarak kullanılan yöntemler arasında yer almaktadır.

ANP, karar probleminde yer alan faktörlerin birbirleriyle etkileşimini ve bağımlılıklarını dikkate alan ikili karşılaştırmalara dayalı olarak problemi süpermatris yapısı şeklinde ele alan bir yaklaşımdır. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yaklaşımı da benzer şekilde ikili karşılaştırmalara dayanmakta ancak karar problemini hiyerarşik olarak modellemektedir. Aynı seviyedeki tüm alternatif ve kriterler birbirlerinden bağımsız olarak değerlendirilmektedir. Ancak çoğu zaman birçok karar problemi hiyerarşik olarak modellenemez. Çünkü birçok problemde tüm seviyelerdeki birçok faktör arasında etkileşim ve bağımlılık bulunmaktadır. Hiyerarşik yapıda olduğu gibi sadece kriterlerin önem derecesi alternatiflerin önem düzeyini belirlememekte aynı zamanda alternatiflerin önem derecesi de kriterlerin önem düzeyini belirlemektedir (Saaty ve Vargas, 2006: 7).

ANP yöntemi, gerçek hayattaki problemlerin çözümünde etkin bir şekilde kullanılan bir yaklaşımdır. ANP yönteminin doğru bir şekilde kullanılabilmesi için

çeşitli adımların uygulanması gerekmektedir. Bu adımları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz (Singh ve diğerleri, 2012: 1-2; Lee ve diğerleri, 2010: 83-90; Bottero ve diğerleri, 2007: 6-9):

Adım 1 – Karar modelinin oluşturulması ve problem yapısının belirlenmesi: İlk aşamada, problem açıkça tanımlanmalı ve problem küçük bileşenlere ayrılmalıdır. Problemden yer alan tüm alternatifler, kriterler ve alt kriterler belirlenmeli ve tüm faktörler arasındaki ilişkiler ve geri bildirimler dikkate alınarak ağ yapısı oluşturulmalıdır.

Adım 2 – İkili karşılaştırmaların yapılması, öncelik vektörünün belirlenmesi ve tutarlılık oranlarının hesaplanması: Ağ yapısı oluşturulduktan sonra ikinci aşamada ağ yapısında kümeler ve faktörler arasındaki belirlenmiş ilişkiler doğrultusunda Tablo 13’de mevcut Saaty tarafından önerilen 1-9 ölçeği kullanılarak ikili karşılaştırmalar yapılmaktadır.

Tablo 13: ANP Sürecinde Kullanılan Temel Ölçekler

Önem derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunur.
3	Birinin diğerine göre orta derecede daha önemli olması	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine orta derecede tercih ettirir.
5	Kuvvetli düzeyde önemli	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine kuvvetli bir şekilde tercih ettirir.
7	Çok kuvvetli düzeyde önemli	Bir faaliyet güçlü bir şekilde tercih ediliyor ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görülür.
9	Kesin önemli	Bir faaliyetin diğerine tercih edilmesine ilişkin kanıtlar çok büyük bir güvenilirliğe sahiptir.
2,4,6,8	Ortalama ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasına düşen değerler

Kaynak: Saaty, 1990: 15.

İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulduktan sonra $Aw = \lambda_{\max} w$ denkleminin çözülmesiyle elde edilen özdeğer vektör ile önem düzeyleri hesaplanmalıdır. Bununla birlikte tüm matrislerin tutarlılık oranları hesaplanmalı ve tutarsızlık gösteren ($CR > 0,10$) matris yapıları tekrar gözden geçirilmelidir.

Adım 3 – Süpermatris yapılarının oluşturulması: İkili karşılaştırma ile elde edilen öncelik değerleri faktörlerin birbirleri ile etkileşimleri de dikkate alınarak bir matris yapısı içerisinde birleştirilir. Eğer faktörler arasında hiçbir ilişki yoksa bu durumda matrisin ilgili yerlerine sıfır değeri verilmektedir. Bu matrise başlangıç ya da ağırlıklandırılmamış süpermatris denilmektedir. Faktörler arasında ikili karşılaştırmalar yapıldığı gibi kümeler arasında da ikili karşılaştırmalar yapılmalı ve kümelerin de önem düzeyleri bulunmalıdır. Kümelerin önem düzeyleri, ağırlıklandırılmamış süpermatrisin ilgili kısımları ile çarpılarak ağırlıklandırılmış süpermatris elde edilir. Ağırlıklandırılmış süpermatrisin sütun toplamaları 1'e eşit olmuş olur ve stokastik bir özellik halini alır.

Adım 4 – Global öncelik düzeylerinin elde edilmesi: Ağırlıklandırılmış süpermatrisin büyük bir sayıda üssünün alınması ile limit süpermatris elde edilmiş olur. Limit süpermatriste en yüksek ağırlığa sahip alternatif en iyi alternatif, kriter ise en önemli kriter olarak belirlenmiş olur.

ANP yönteminin; işletme ve finans yönetimi, işlemler yönetimi, eğitim, enerji yönetimi, çevre yönetimi, sosyal ve toplumsal konular, sağlık ve bakım, atık yönetimi, pazar payı tahmini, proje seçimi, yazılım seçimi, tedarikçi seçimi, personel seçimi ve yer seçimi gibi birçok konuda uygulandığı görülmektedir (Saaty 1999: 1-14; Saaty, 2008: 122-196; Meade ve Presley, 2002: 59-66; Mohaghar ve diğerleri, 2012: 66-75; Wieszata ve diğerleri, 2011: 261-286; Nakagawa ve Sekitani, 2004: 783-800; Pramod ve Banwet, 2010: 281-293; Palanisamy ve diğerleri, 2011: 808-814; Sadeghi ve diğerleri, 2012: 621-643; Dağdeviren ve Yüksel, 2007: 99-118 ve Önüt ve diğerleri, 2008: 367-379).

2.2.2. DEMATEL Yöntemi

DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) yöntemi ilk kez 1972-1979 yılları arasında Cenevre'deki Battelle Memorial Enstitüsü Bilim ve İnsan İlişkileri Programı tarafından karmaşık ve iç içe geçmiş problemleri analize etmek amacıyla geliştirilmiştir. Değerlendirme kriterleri arasındaki sebep ve sonuç ilişkilerini çözmek amacıyla kullanılan en iyi araçlardan birisi olarak kabul edilmektedir. Bu yöntem, kriterler arasındaki sebep ve sonuç ilişkilerini analiz

etmek, oluşturmak ya da faktörlerin birbirleriyle ilişkilerini ortaya çıkarmak amacıyla uygulanmaktadır (Sumrit ve Anuntavoranich, 2013: 85). Matris ve diyagramlar yardımıyla karmaşık nedensel ilişkilerin yapısını görselleştirmek için pratik ve yararlı bir yöntemdir. Matris ve diyagramlar sistemdeki elemanlar arasındaki bağlamsal ilişkileri tasvir etmektedir. DEMATEL yöntemi, ilişkinin şekli ve kriterlerin birbirleri üzerindeki etkisinin derecesini dikkate alarak kriterleri önceliklendirmektedir. Diğer kriterler üzerinde daha fazla etkiye sahip olan kriterler yüksek önceliğe sahiptir ve sebep kriteri grubuna dahil olmaktadır. Diğer kriterlerden en fazla etkilenen kriterlerin ise düşük önceliğe sahip olduğu varsayılır ve bu kriterler de sonuç kriteri grubuna dahil olmaktadır (Tseng ve Lin, 2008: 520-525). Yöntemin uygulama adımları aşağıda ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır (Tzeng ve Huang, 2011: 159-161; Ho ve diğerleri, 2012: 7103; Sumrit ve Anuntavoranich, 2013: 85-88; Kashi ve Franek, 2014: 97-99; Yang ve diğerleri, 2013: 93):

Adım 1- Direkt İlişki Matrisinin Oluşturulması: Kriterlerin birbirleri üzerindeki etkisinin belirlenebilmesi için öncelikle Tablo 14’de yer alan değerler kullanılmaktadır. Karar verme sürecinde birden fazla uzmanın olması durumunda (103) nolu formülde de görüldüğü üzere tüm uzmanların değerlendirmelerinin aritmetik ortalaması alınarak (104) nolu direkt ilişki matrisi oluşturulmaktadır.

Tablo 14: Değerlendirme Puanları

Değer	Etki Derecesi
0	Etki yok
1	Düşük seviyede etki
2	Orta seviyede etki
3	Yüksek seviyede etki
4	Çok yüksek seviyede etki

$$a_{ij} = \frac{1}{z} \sum_{k=1}^z x_{ij}^k \quad (103)$$

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdot & a_{12} & \cdot & a_{1j} \\ a_{21} & \cdot & a_{22} & \cdot & a_{2j} \\ a_{i1} & \cdot & a_{i2} & \cdot & a_{ij} \end{bmatrix} \quad (104)$$

Adım 2- Normalleştirilmiş Direkt İlişki Matrisinin Oluşturulması: Aşağıdaki (105) nolu formül yardımıyla ilk önce matristeki satırların ya da sütunların toplamının en büyüğü bulunur. Daha sonra da (106) nolu formül ile direkt ilişki matrisinin tüm hücrelerindeki değerler bu değere bölünerek normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi elde edilir.

$$u = \max(\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n a_{ij}, \max_{1 \leq j \leq n} \sum_{i=1}^n a_{ij}) \quad (105)$$

$$N = A/u \quad (106)$$

Adım 3- Toplam Etki Matrisinin Elde Edilmesi: Toplam etki matrisinin oluşturulması için bir önceki aşamada elden edilen normalleştirilmiş direkt ilişki matrisinden faydalanılarak (107) nolu formül ile toplam etki matrisi elde edilmektedir.

$$T = N + N^2 + ... + N^m = N(I - N)^{-1} \quad (107)$$

$$D_i = \sum_{j=1}^n t_{ij} \quad (108)$$

$$R_j = \sum_{i=1}^n t_{ij} \quad (109)$$

D_i toplam etki matrisinin satır toplamını, R_j ise toplam etki matrisinin sütun toplamını temsil etmektedir. (D_i+R_j) değeri sebep ve sonuç olmak üzere toplam etkiyi gösteren bir indeksi tanımlamaktadır. Bununla birlikte (D_i-R_j) değeri pozitif ise i . kriter sebep kriteri, (D_i-R_j) değeri negatif ise i . kriter sonuç kriteri olarak belirlenmektedir.

Adım 4- Eşik değerin belirlenmesi ve ilişki diyagramının oluşturulması: Sistemde yer alan ilişkilerin hangilerinin dikkate alınıp alınmayacağını ve küçük etkilere sahip ilişkileri elemek için uzmanlar tarafından bir eşik değer belirlenmelidir. Eşik değerin büyük ya da küçük belirlenmesi ilişki diyagramının karmaşık ya da basit olmasını etkilemektedir. Bazı çalışmalarda da eşik değer, matristeki tüm değerlerin ortalaması alınarak belirlenmektedir. Eşik değer belirlendikten sonra da bu değerden büyük ilişkiler dikkate alınarak (D_i+R_j, D_i-R_j) düzleminde görsel olarak ilişkiler gösterilir.

2.2.3. DEMATEL Tabanlı Analitik Ağ Süreci Yöntemi (DANP)

DEMATEL yöntemi, kriterler arasındaki ilişkileri belirleyen, kriterleri sebep ve sonuç kriterleri olarak ayıran ve kriterler arasındaki ilişkileri diyagram şeklinde gösterebilme yeteneğine sahip önemli bir yöntemdir. ANP yöntemi de birden fazla alternatifin ve kriterin olduğu karmaşık karar problemlerinde sıklıkla kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. Ayrıca ANP alternatiflerin kullanılmadığı durumlarda sadece kriterler kullanılarak da kriterlerin önem derecesi bulunabilmektedir. DEMATEL ve ANP yöntemleri birlikte kullanılarak hem kriterler arasındaki ilişkiler belirlenmiş olur hem de kriterlerin önem dereceleri belirlenir. DANP yöntemi DEMATEL ve ANP yöntemlerinin kombinasyonundan oluşmaktadır. DANP yönteminin uygulama adımları aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmaktadır (Lee ve diğerleri, 2011: 8377-8379; Hung ve diğerleri, 2012: 89-90; Vujanovic' ve diğerleri, 2012: 10556-10559; Hsu ve diğerleri, 2013: 2298-2300):

DANP yönteminin ilk üç aşaması DEMATEL yönteminin uygulama adımlarının aynısıdır. DEMATEL yönteminde olduğu gibi kriterlerin birbirleri üzerindeki etkisi belirlenerek direkt ilişki matrisi oluşturulur. İkinci aşamada direkt ilişki matrisi normalleştirilir ve normalleştirilmiş direkt ilişki matrisinden faydalanılarak toplam etki matrisi elde edilmektedir. Daha sonraki aşamalar da ANP yönteminin uygulama adımları olan başlangıç süpermatrisin, ağırlıklandırılmış süpermatrisin ve limit süpermatrisin elde edilmesi aşamalarıdır.

Adım 4- Başlangıç Süpermatrisinin Oluşturulması: DEMATEL ile elde edilen toplam etki matrisi kullanılarak başlangıç süpermatrisi oluşturulur. Aşağıda yer alan T_c matrisi kriterler arasındaki ilişkiyi gösteren toplam etki matrisini ifade etmektedir.

$$T_c = \begin{matrix} & \begin{matrix} D_1 & & D_j & & D_n \\ c_{11} \dots c_{1m_1} & \dots & c_{j1} \dots c_{jm_j} & \dots & c_{n1} \dots c_{nm_n} \end{matrix} \\ \begin{matrix} D_1 \\ \vdots \\ D_j \\ \vdots \\ D_n \end{matrix} & \begin{matrix} c_{11} \\ c_{12} \\ \vdots \\ c_{1m_1} \\ \vdots \\ c_{j1} \\ c_{j2} \\ \vdots \\ c_{jm_j} \\ \vdots \\ c_{n1} \\ c_{n2} \\ \vdots \\ c_{nm_n} \end{matrix} \end{matrix} \begin{bmatrix} T_c^{11} & \dots & T_c^{1j} & \dots & T_c^{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T_c^{i1} & \dots & T_c^{ij} & \dots & T_c^{in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T_c^{n1} & \dots & T_c^{nj} & \dots & T_c^{nn} \end{bmatrix} \quad (110)$$

Bu matrisin her bir boyutu dikkate alınarak her bir satırın toplamı bulunur. Daha sonra her bir boyuttaki her değer bu toplama bölünerek matris normalize edilmektedir.

$$T_C^\alpha = \begin{matrix} & \begin{matrix} D_1 & D_j & \dots & D_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} D_1 \\ \vdots \\ D_i \\ \vdots \\ D_n \end{matrix} & \begin{matrix} \begin{matrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1m_1} \end{matrix} & \begin{matrix} c_{j1} & c_{jm_j} & \dots & c_{n1} & c_{nm_n} \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} T_c^{\alpha 11} & \dots & T_c^{\alpha 1j} & \dots & T_c^{\alpha 1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T_c^{\alpha i1} & \dots & T_c^{\alpha ij} & \dots & T_c^{\alpha in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T_c^{\alpha n1} & \dots & T_c^{\alpha nj} & \dots & T_c^{\alpha nn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (111)$$

$$d_i^{11} = \sum_{j=1}^{m_1} t_{c^{ij}}^{11}, \quad i = 1, 2, \dots, m_1 \quad (112)$$

$$T_C^{\alpha 11} = \begin{bmatrix} t_{c^{11}}^{11}/d_1^{11} & \dots & t_{c^{1j}}^{11}/d_1^{11} & \dots & t_{c^{1m_1}}^{11}/d_1^{11} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{c^{i1}}^{11}/d_i^{11} & \dots & t_{c^{ij}}^{11}/d_i^{11} & \dots & t_{c^{im_1}}^{11}/d_i^{11} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{c^{m_1 1}}^{11}/d_{m_1}^{11} & \dots & t_{c^{m_1 j}}^{11}/d_{m_1}^{11} & \dots & t_{c^{m_1 m_1}}^{11}/d_{m_1}^{11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_{c^{11}}^{\alpha 11} & \dots & t_{c^{1j}}^{\alpha 11} & \dots & t_{c^{1m_1}}^{\alpha 11} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{c^{i1}}^{\alpha 11} & \dots & t_{c^{ij}}^{\alpha 11} & \dots & t_{c^{im_1}}^{\alpha 11} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{c^{m_1 1}}^{\alpha 11} & \dots & t_{c^{m_1 j}}^{\alpha 11} & \dots & t_{c^{m_1 m_1}}^{\alpha 11} \end{bmatrix} \quad (113)$$

Daha sonra T_c^α matrisinin transpozesi alınarak başlangıç süpermatris elde edilir.

$$W = (T_c^\alpha)' = \begin{matrix} & \begin{matrix} D_1 & D_i & \dots & D_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} D_1 \\ \vdots \\ D_j \\ \vdots \\ D_n \end{matrix} & \begin{matrix} \begin{matrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1m_1} \end{matrix} & \begin{matrix} c_{i1} & c_{im_i} & \dots & c_{n1} & c_{nm_n} \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} W^{11} & \dots & W^{i1} & \dots & W^{n1} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ W^{1j} & \dots & W^{ij} & \dots & W^{nj} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ W^{1n} & \dots & W^{in} & \dots & W^{nn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (114)$$

Adım 5- Ağırlıklandırılmış Süpermatrisin Oluşturulması: Bir önceki aşamada elde edilen başlangıç süper matris ana boyutların ağırlıkları ile çarpılarak ağırlıklandırılmış süpermatris elde edilir. Kriterler gibi ana boyutlar da ele alınarak toplam etki matrisi elde edildikten sonra toplam etki matrisinin her bir satırı toplanır. Her bir değer bu toplam değere bölünerek matris normalize edilmektedir. Bu matrisin ilgili hücreleri ile başlangıç süpermatrisin ilgili hücreleri birbirleri ile çarpılarak ağırlıklandırılmış süpermatris elde edilmiş olur.

$$T_D = \begin{bmatrix} t_D^{11} & \dots & t_D^{1j} & \dots & t_D^{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{i1} & \dots & t_D^{ij} & \dots & t_D^{in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{n1} & \dots & t_D^{nj} & \dots & t_D^{nn} \end{bmatrix} \quad (115)$$

Yukarıda yer alan matris ana kriterlerin etkileşimini gösteren toplam etki matrisini ifade etmektedir.

$$T_D^\alpha = \begin{bmatrix} t_D^{11}/d_1 & \dots & t_D^{1j}/d_1 & \dots & t_D^{1n}/d_1 \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{i1}/d_i & \dots & t_D^{ij}/d_i & \dots & t_D^{in}/d_i \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{n1}/d_n & \dots & t_D^{nj}/d_n & \dots & t_D^{nn}/d_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_D^{\alpha 11} & \dots & t_D^{\alpha 1j} & \dots & t_D^{\alpha 1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{\alpha i1} & \dots & t_D^{\alpha ij} & \dots & t_D^{\alpha in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{\alpha n1} & \dots & t_D^{\alpha nj} & \dots & t_D^{\alpha nn} \end{bmatrix} \quad (116)$$

$$W^\alpha = T_D^\alpha \times W = \begin{bmatrix} t_D^{\alpha 11} \times W^{11} & \dots & t_D^{\alpha i1} \times W^{i1} & \dots & t_D^{\alpha n1} \times W^{n1} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{\alpha 1j} \times W^{1j} & \dots & t_D^{\alpha ij} \times W^{ij} & \dots & t_D^{\alpha nj} \times W^{nj} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{\alpha 1n} \times W^{1n} & \dots & t_D^{\alpha in} \times W^{in} & \dots & t_D^{\alpha nn} \times W^{nn} \end{bmatrix} \quad (117)$$

Adım 6- Limit Süpermatrisin Elde Edilmesi: Bir önceki aşamada elde edilen ağırlıklandırılmış süpermatrisin sütun toplamı 1'e eşit olmuş olur ve stokastik bir matris özelliği kazanır. Bu matrisin çok sayıda kuvveti alınarak kriterlerin önem dereceleri bulunur.

2.2.4. Bulanık DEMATEL Yöntemi

DEMATEL yönteminde kriterlerin birbirlerini etkileme derecesini belirlemek her zaman çok kolay olmamaktadır. Karar verici değerlendirmeler yaparken çoğu kez seçenekler arasında kararsız kalmakta ve en yoğun olarak düşündüğü seçeneği seçerek kriterlerin birbirlerini etkileme derecesini belirlemektedir. Bu zorluğu aşmak için insan düşünce sistemini temel alan bulanık mantık yaklaşımı DEMATEL yöntemi ile bütünleştirilerek bulanık DEMATEL yöntemi önerilmiştir. Yöntemin uygulama adımları DEMATEL yönteminin uygulama adımları gibidir. Sadece bazı aşamalarda bulanık sayılarla işlem yapıldığından dolayı bulanıklaştırma ve durulaştırma gibi aşamalar yer almaktadır. Bulanık DEMATEL yönteminin uygulama adımları aşağıda ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır (Lin ve Wu, 2008: 208-210; Jassbi ve diğerleri, 2011: 5969-5970; Organ, 2013: 161-163; Faezi-Rad ve diğerleri, 2014: 1427-1429 ve Ertuğrul ve Özçil, 2016: 7-8):

Adım 1- Direkt İlişki Matrisinin Oluşturulması: İlk aşamada öncelikle DEMATEL yönteminde olduğu gibi Tablo 15’de yer alan değerler kullanılarak kriterler arasındaki ilişkiler belirlenir ve direkt ilişki matrisi oluşturulur. DEMATEL yönteminden farklı olarak karşılaştırmalar yaparken bulanık değerler kullanılmaktadır.

Tablo 15: Bulanık Karşılaştırma Skalası

Değer	Etki Derecesi
(0, 0, 0.25)	Etki yok
(0, 0.25, 0.50)	Düşük derecede etki
(0.25, 0.50, 0.75)	Orta derecede etki
(0.50, 0.75, 1.00)	Yüksek derecede etki
(0.75, 1.00, 1.00)	Çok yüksek derecede etki

Kaynak: Lu ve diğerleri, 2013: 303

Adım 2- Normalleştirilmiş Direkt İlişki Matrisinin Oluşturulması: Direkt ilişki matrisi aşağıda yer alan (118) ve (119) numaralı formüller dikkate alınarak normalize edilir.

$$\tilde{x}_{ij}^{(k)} = \frac{\tilde{z}_{ij}^k}{r^{(k)}} = \left(\frac{l_{ij}^k}{r^{(k)}}, \frac{n_{ij}^k}{r^{(k)}}, \frac{u_{ij}^k}{r^{(k)}} \right) \quad (118)$$

$$r^{(k)} = \max_{1 \leq i \leq n} \left(\sum_{j=1}^n \tilde{z}_{ij}^k \right) \quad (119)$$

Adım 3- Toplam Etki Matrisinin Elde Edilmesi: Normalize direkt ilişki matrisi elde edildikten sonra (120) numaralı formül kullanarak toplam etki matrisi oluşturulur. Formüldeki I birim matrisi temsil etmektedir.

$$T = N + N^2 + \dots + N^k = N(I - N)^{-1} \quad (120)$$

$$T_1 = N_l x (I - N_l)^{-1} \quad (121)$$

$$T_2 = N_n x (I - N_n)^{-1} \quad (122)$$

$$T_3 = N_u x (I - N_u)^{-1} \quad (123)$$

Bütün matrise bunu uygulamak zor olacağından üçgensel bulanık sayılardan ilki yani “l” ayrı bir matris, ikincisi “n” ayrı bir matris, sonuncusu “u” ayrı bir matris olarak ele alınır. Bu üç matris önce birim matristen çıkarılır; sonra çıkan matrisin tersi alınır ve matrisin ilk haliyle çarpılır. Bu işlem üçü için de tekrar edildikten sonra bulunan sonuçlar birleştirilir ve üçgensel bulanık sayılardan oluşan toplam etki matrisi elde edilmiş olur. Matristeki satırların ve sütunların toplamı DEMATEL yönteminde olduğu gibi yorumlanmaktadır.

Adım 4- Durulaştırma: Bir önceki aşamada bulunan $(D_i + R_j)$ ve $(D_i - R_j)$ değerleri hala üçgensel bulanık sayılar olduğundan dolayı bunları bulanıklıktan kurtarıp tek bir değer haline getirebilmek için durulaştırma yöntemi uygulanır. Durulaştırma işlemi eşitlik (124) ve (125) nolü formüller ile hesaplanır.

$$\tilde{D}_i^{def} + \tilde{R}_i^{def} = \frac{1}{4}(l + 2n + u) \quad (124)$$

$$\tilde{D}_i^{def} - \tilde{R}_i^{def} = \frac{1}{4}(l + 2n + u) \quad (125)$$

Adım 5- Ağırlıkların Bulunması: Kriterlerin önem dereceleri aşağıdaki (126) ve (127) nolu formüller kullanılarak elde edilmektedir.

$$w_i = \sqrt{(\tilde{D}_i^{def} + \tilde{R}_i^{def})^2 + (\tilde{D}_i^{def} - \tilde{R}_i^{def})^2} \quad (126)$$

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (127)$$

2.2.5. Bulanık DEMATEL Tabanlı Analitik Ağ Süreci Yöntemi (Bulanık DANP)

Bulanık DANP, Bulanık DEMATEL ve DANP yöntemlerinin bir kombinasyonu olarak Lu ve diğerleri (2013) tarafından yapılan çalışma ile yeni bir bulanık ÇKKV tekniği olarak tanıtılmıştır. DEMATEL, DANP ve Bulanık DANP yöntemlerinin en önemli avantajı ağ yapısının doğrudan karar vericiler tarafından değil karar vericilerin yaptıkları ikili karşılaştırmalara göre belirli matematiksel adımlar izlenerek oluşturulmasıdır. ANP yönteminde karar vericiler öncelikle ağ yapısını oluşturup kriterler arasındaki ilişkileri belirlemekte ve daha sonra bu ilişkilere göre ikili karşılaştırmalar yapılmaktadır. DEMATEL, DANP ve Bulanık DANP yöntemlerinde ise karar vericiler tarafından kriterlerin birbirlerini etkileme derecesi belirlenmekte ve bu matris dikkate alınarak belirli işlemlerden geçirilip toplam etki matrisi oluşturulmaktadır. Toplam etki matrisine göre de ağ yapısı elde edilmektedir. DANP ve Bulanık DANP yöntemlerinin en önemli avantajı ikili karşılaştırmalar neticesinde hem ağ yapısının oluşturulabilmesi hem de kriterlerin önem derecelerinin belirlenebilmesidir. Bulanık DANP yönteminin DANP yönteminden tek farkı ilk aşamada yapılan ikili karşılaştırmada kesin sayılar yerine bulanık sayıların kullanılmasıdır. Bulanık DANP yönteminin ilk aşaması Tablo 15’de yer alan bulanık skalaların kullanılarak direkt ilişki matrisinin oluşturulmasıdır. Daha sonraki aşamalar olan normalize direkt ilişki matrisi, toplam etki matrisi, başlangıç süpermatris, ağırlıklandırılmış süpermatris ve limit süpermatris oluşturulma süreçleri DANP yönteminin aynısıdır.

2.2.6. DANK ve Bulanık DANK Yöntemlerinin Uygulamalarına İlişkin Literatür Taraması

ÇKKV yöntemleri, birçok alanda olduğu gibi işletmecilik alanında da son yıllarda birçok problemin çözümünde yaygın olarak kullanılmaktadır. DEMATEL, ANP ve bu yöntemlerin kombinasyonu olan DANK yöntemlerinin uygulamaları da giderek artmaktadır. DANK yöntemine bulanık mantık yaklaşımı entegre edilerek geliştirilen bulanık DANK yaklaşımı da dilsel ifadelerin kullanılarak sorunların çözümünü kolaylaştırmaktadır. DANK ve bulanık DANK yöntemleri herhangi bir problemi etkileyen faktörlerin birbirleri ile etkileşimini dikkate alarak bu faktörlerin önem derecelerini belirlemede kullanılan önemli yöntemlerdir. Bu bölümde DANK ve bulanık DANK yöntemlerinin işletme alanındaki uygulamalarına yer verilecektir:

- Liou ve diğerleri (2007), yaptıkları çalışmada DEMATEL ve ANP yöntemlerini birlikte havayolu güvenlik ölçütlerini tespit etmede kullanmışlardır. Yönetim, işlemler, bakım ve kaza oranı olmak üzere 4 ana boyutta toplam 10 kriteri baz alarak 6 havayolunun güvenlik indeksini belirlemişlerdir. En önemli güvenlik ölçütünün kaza oranı olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

- Wu (2008), ANP ve DEMATEL yöntemlerini birlikte kullanarak Tayvan'daki bir işletme için bilgi yönetim stratejisini belirlemede uygulamıştır. Bilgi yönetimi stratejisini seçmede ve değerlendirmede işletmelere yardımcı olacak bir model önermişlerdir. Teşvik etme, yönetim desteği, zaman, maliyet, kültür ve insan, iletişim olmak üzere 6 kriteri değerlendirerek üç farklı bilgi yönetim stratejisini değerlendirmişlerdir.

- Tsai ve Chou (2009), yaptıkları çalışmada DEMATEL, ANP ve 0-1 Hedef Programlama yaklaşımlarını bütünleşik olarak uygulayarak KOBİ'lerde rekabet avantajı kazanmasındaki en iyi yönetim sistemini belirlemede kullanmışlardır. DEMATEL ile kriterler arasındaki ilişkileri belirlemişler, ANP yöntemi ile kriterleri ağırlıklandırmışlar ve 0-1 Hedef Programlama yardımıyla ISO 9001, ISO 14001, OHS 18001 ve SA 8000 olmak üzere 4 farklı yönetim sistemini değerlendirmişlerdir. Analizler sonucunda, ISO 9001 ve ISO 14001 yönetim sistemlerinin belirli kısıtlar altında en iyi yönetim sistemleri olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

- Tseng (2009), yaptığı çalışmada ANP ve DEMATEL yöntemlerini bütünsel bir şekilde katı atık yönetimi için alternatifleri değerlendirmede uygulamışlardır. Katı atık yönetimi için 6 farklı alternatif sistemi 17 kriteri baz alarak değerlendirmiş ve analiz sonucunda her şehrin katı atık yönetiminde termal süreç teknolojisini kullanması gerektiğini ortaya koymuştur.

- Tsai ve Hsu (2010), yaptıkları çalışmada DEMATEL ve ANP yöntemleri ile en iyi kalite maliyet modelini seçmişlerdir. Uygulamalarını organik gıda üretimi yapan bir firmada gerçekleştirmişlerdir. Önleme-değerlendirme-hata modeli, fırsat modeli, süreç maliyet modeli ve ABC modeli olmak üzere dört kalite maliyet modelini değerlendirmişlerdir. Analiz sonucunda, en iyi alternatifin ABC kalite maliyet modeli olduğunu göstermişlerdir.

- Tsai ve diğerleri (2010), yaptıkları çalışmada bilgi yönetim projelerindeki kaynak strateji kararlarında DEMATEL, ANP ve 0-1 Hedef Programlama yaklaşımlarını entegre bir şekilde uygulamışlardır. 5 ana kriter ve toplam 11 alt kriteri dikkate alarak işletmenin projeleri kendi bünyesinde mi yapması gerektiği, tedarikçi işletme ile işbirliği halinde mi yapması gerektiği ya da tamamen dışarıdan hizmet alımı ile mi gerçekleştirmesi gerektiği sorusuna cevap aramışlardır. Analiz sonucunda, belirlenmiş kısıtlar altında işletmenin bilgi teknoloji projelerini kendi kendine yönetmesi gerektiği sonucuna ulaşmışlardır.

- Chen ve Tzeng (2011), yaptıkları çalışmada DANP ve Gri İlişkisel Analiz yöntemlerini, ilkökul düzeyindeki eğitim sisteminde kullanılan çeşitli yetkinlik göstergelerinin etkinliğini iyileştirmede ve bu göstergelerin önem derecelerini belirlemede kullanmışlardır. En önemli ana kriterin kişilerarası ve toplumsal ilişkiler olduğu, en önemli alt kriterin de ifade, iletişim ve paylaşım yeteneği olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Gri İlişkisel Analiz ile de üç farklı yayının etkinliğini değerlendirmişlerdir.

- Hung (2011), yaptığı çalışmada DEMATEL, ANP ve Bulanık Hedef Programlama yöntemlerini birlikte uygulayarak riskli ortamlarda faaliyet bazlı tedarik zinciri planlaması için kullanmışlardır. Önerdiği model çok amaçlı üretim planlama ve farklı tedarik zinciri tahminleme modellemesi için kesin maliyetleme, yönetimsel kısıtlar, rekabetçi avantaj analizi ve risk yönetimi gibi konuları

içermektedir. Tedarik zinciri yöneticileri için düşük risk ve yüksek rekabetçi avantaj sağlayan bir model önermiştir.

- Lee ve diğerleri (2011), yaptıkları çalışmada DEMATEL ve ANP yöntemlerini bir arada uygulayarak hisse senedi yatırımlarındaki etkili olan faktörleri belirlemişlerdir. 3 ana kriter ve 9 alt kriteri ele almışlar ve analiz sonucunda en önemli ana kriterin temel analiz, en önemli alt kriterlerin ise karlılık ve işletmenin büyümesi olduğuna dikkat çekmişlerdir.

- Tsai ve Kuo (2011), yaptıkları çalışmada DEMATEL, ANP ve 0-1 Hedef Programlama yaklaşımlarını bütünsel bir şekilde uygulayarak girişimcilik politikasını değerlendirmişlerdir. Tayvan'da girişim kültürünü yaygınlaştırmak için bir model önermişlerdir. Giriş bariyerlerini azaltma, teşvik etme, girişimsel bilgi, finansal ve işletme desteği olmak üzere toplam 4 kriteri ve girişimcilik başarı planı, inkübatör merkezi, finansal destek ve bilgi paylaşım platformu olmak üzere 4 alternatifi değerlendirmişlerdir. Analizlerin sonucunda en önemli kriterlerin finansal ve işletme desteği ile giriş bariyerlerini azaltma olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bununla birlikte inkübatör merkezi, finansal destek ve bilgi paylaşım platformlarının en iyi girişimcilik politikası aracı olduğunu belirtmişlerdir.

- Attari ve diğerleri (2012), yaptıkları çalışmada bulanık ANP ve bulanık DEMATEL yaklaşımlarını kullanarak üretim faaliyetlerinde dışarıdan mı hizmet alınması gerektiği ya da işletmenin kendi üretim tesisinde mi üretim yapması gerektiği sorusuna cevap aramışlardır. Bulanık DEMATEL yöntemi ile kriterler arasındaki ilişkileri belirlemişler ve daha sonra ANP yöntemi ile en iyi stratejiyi seçmişlerdir. Analiz sonucunda üretimdeki bazı faaliyetlerin dışarıdan hizmet alımı ile karşılanması, bazı faaliyetlerin ise de işletmenin kendisinin gerçekleştirmesi gerektiği sonucuna ulaşmışlardır.

- Büyüközkan ve Çiftçi (2012), yaptıkları çalışmada Bulanık DEMATEL, Bulanık ANP ve Bulanık TOPSIS yöntemlerini birlikte kullanarak yeşil tedarikçileri değerlendirmişlerdir. Bulanık DEMATEL ile kriterler arasındaki ilişkileri belirlemişler, bulanık ANP ile kriterleri ağırlıklandırmışlar ve bulanık TOPSIS yöntemi ile de tedarikçilerin çevreci performanslarını incelemişlerdir. Uygulamalarını araç üretimi konusunda dünyanın 3. Büyük işletmesinde

gerçekleştirmişlerdir. 4 ana kriter ve 19 alt kriteri dikkate alarak 5 tedarikçinin performansını değerlendirmişlerdir.

- Kuan ve diğerleri (2012), yaptıkları çalışmada DANP yöntemini kullanarak proje takım kapasitesini etkileyen faktörleri belirlemişlerdir. Organizasyon yönetimi, yetenek yönetimi, kültür yönetimi ve performans yönetimi olmak üzere 4 ana kriter ve toplam 16 alt kriteri dikkate alarak değerlendirme yapmışlardır. Analiz sonucunda, yetenek yönetiminin en önemli ana kriter olduğunu belirtmişlerdir.

- Lin ve diğerleri (2012), yaptıkları çalışmada DEMATEL ve ANP yöntemlerini kullanarak tüketicilerin mobil banka sistemlerini kullanma eğilimlerini etkileyen faktörleri belirlemişlerdir. Sistem kalitesi, bilgi kalitesi ve hizmet kalitesi olmak üzere 3 ana boyutta toplam 9 alt kriteri değerlendirmişlerdir. En önemli kriterin bilginin elverişli olması kriteri olduğu belirlenmiş ve kullanıcıların mobil banka sistemini kullanma niyetinde olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

- Tzeng ve Huang (2012), yaptıkları çalışmada DEMATEL, ANP, Gri İlişkisel Analiz ve VIKOR gibi birçok ÇKKV tekniğini bütünsel olarak kullanmış; global üretim ve lojistik stratejilerini belirlemişlerdir. Uygulamalarını yarı-iletken üretim sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede gerçekleştirmişlerdir. Analizlerin sonucunda lojistik için en önemli stratejilerin inovasyon ve lojistik sinerji kullanımı olduğu, üretim için ise de tam zamanında üretim, toplam kalite yönetimi ve üretim kaynakları planlaması olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

- Wang ve Tzeng (2012), yaptıkları çalışmada DANP ve VIKOR yöntemlerini bütünsel bir şekilde uygulayarak yöntemleri Tayvan'daki elektronik imalat sektöründe faaliyet gösteren üç firmanın marka pazarlama performansını değerlendirmek amacıyla kullanmışlardır. DANP yöntemi ile marka pazarlamasında etkili olan kriterlerin birbirleriyle ilişkisini analiz ederek en etkili kriterleri belirlemişler ve VIKOR yöntemi ile de üç firmanın performansını değerlendirmişlerdir. Analizlerin sonucunda da, pazarlama performansını en fazla etkileyen kriterin ürün stratejisi ve tutundurma stratejisi olduğuna dikkat çekmişlerdir.

- Chiu ve diğerleri (2013), yaptıkları çalışmada e-mağazaların performanslarını değerlendirmede DANP yöntemi ile birlikte VIKOR yöntemini kullanmışlardır. Müşteri memnuniyetini arttırmak için elektronik mağazaların hangi stratejileri

değerlendirmesi ve iyileştirmesi gerektiğine odaklanmışlardır. 5 ana kriter ve 14 alt kriteri ele alarak DANP yöntemi ile bu kriterlerin önem derecesini belirlemişler ve VIKOR yöntemi ile de alternatifleri sıralamışlardır.

- Hsu ve diğerleri (2013), yaptıkları çalışmada DANP ile Gri İlişkisel Analiz yöntemlerini bir arada tedarikçi seçim probleminde uygulamışlardır. Modelin yararlılığını ve etkinliğini göstermek için de Tayvan’da faaliyet gösteren bir firmada uygulamışlardır. Tedarikçi ile uyum, kalite, maliyet ve risk olmak üzere 4 ana kriter ve 11 alt kriteri ele aldıkları analizlerin sonucunda, tedarikçi seçimi için en önemli kriterin tedarikçi ile ilişki, maliyet ve bilgi paylaşımı olduğunu vurgulamışlardır.

- Liou ve diğerleri (2013), tedarikçi değerlendirme ve geliştirmede DANP ve bulanık integral yöntemlerini birarada kullanmışlardır. Uygulamalarını Tayvan’da faaliyet gösteren bir firmada gerçekleştirmişlerdir. Uyumluluk, kalite, maliyet ve risk olmak üzere 4 ana kriter ve 11 alt kriteri ele almışlardır. En önemli ana kriterin tedarikçi ile uyum, en önemli alt kriterin de tedarikçi ile ilişki olduğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca bulanık integral yardımıyla 5 farklı tedarikçiyi değerlendirmişlerdir.

- Liu ve diğerleri (2013), DANP ve VIKOR yöntemlerini, gemi turu ürünlerinin satışındaki etkili olan faktörleri ve stratejileri belirlemek için kullanmışlardır. Uygulamayı Kuzey Amerika ve Doğu Asya’da faaliyet gösteren 43 şubesi olan bir seyahat acentesinde satış yöneticileri ile görüşerek gerçekleştirmişlerdir. En önemli ana kriterin satış yeteneği, en önemli alt kriterlerin ise kişilerarası yetenek ve pazarlama becerisi olduğunu belirlemişlerdir.

- Lu ve diğerleri (2013), yaptıkları çalışmada bulanık DANP ve bulanık VIKOR yöntemlerini kullanarak işletmenin yeşil inovasyon performansını iyileştirmek için stratejik yönelimler önermişlerdir. Uygulamalarını elektronik sektöründe faaliyet gösteren bir firmada gerçekleştirmişlerdir. 5 ana boyutta toplam 15 kriteri değerlendirmişlerdir. Analiz sonucunda en önemli ana kriterin girişimsel yönelim, en önemli alt kriterlerin de yenilikçilik, rakip yönelimlilik ve proaktiflik olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca en önemli çevresel stratejinin yeni ürün geliştirme performansı olduğunu belirtmişlerdir.

- Tsai ve diğerleri (2013), yaptıkları çalışmada DEMATEL, ANP ve Hedef Programlama yaklaşımlarını kullanarak finansal kararlar için grup kararını esas alan

bir karar destek sistemi geliştirmişlerdir. DEMATEL ve ANP yöntemleri ile ağırlıklandırdıkları alternatifleri belirli kısıtlar altında Hedef Programlamada kullanarak en iyi alternatif aracını belirlemişlerdir.

- Yang ve diğeri (2013), yaptıkları çalışmada DANP ve VIKOR yöntemlerini bütünleşik bir şekilde uygulayarak bilgi güvenliği risk kontrol değerlendirmesi için bir model geliştirmişlerdir. Organizasyonel/yönetim ve operasyonel/teknik olmak üzere 2 ana kriter altında toplam 11 alt kriteri değerlendirmişlerdir. En önemli ana kriterin operasyonel/teknik ve en önemli alt kriterlerin de erişim kontrolü ve iletişim yönetimi olduğu sonucuna varmışlardır.

Görüldüğü üzere, DANP ve bulanık DANP yöntemleri tek başına, farklı ÇKKV teknikleri ya da diğeri yöntem araştırması teknikleri ile birlikte kullanılarak birçok işletme problemine etkin çözümler getirebilmektedir. Herhangi bir problemi etkileyen faktörleri ve önem derecelerini belirleme avantajından dolayı hemen hemen tüm alanlarda uygulanabilme özelliğine sahiptir. Bu nedenle diğeri ÇKKV yöntemlerinde olduğu gibi bu yöntemlerin de kullanımı daha da yaygınlaşacaktır.

Bu bölümde bulanık mantık yaklaşımı ve temel kavramlar ile ÇKKV teknikleri incelenmiş olup, bir sonraki bölümde uygulamada kullanılacak diğeri bir yöntem olan Ağırlık Kısıtlı Veri Zarflama Analizi açıklanacaktır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

AĞIRLIK KISITLI VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

3.1. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ GENEL YAPISI VE ÖZELLİKLERİ

Rekabetin yoğun olarak yaşandığı, çevresel değişimlerin ve belirsizliklerin hızla arttığı günümüzde ister işletmeler olsun ister kar amacı gütmeyen kurum ve kuruluşlar olsun tüm organizasyonlar değişimlere hızlı adapte olabilmek, rakiplerinden bir adım öne geçmek, hedeflerine ulaşp ulaşmadığını kontrol etmek, müşteri ya da hedef kitlesine daha iyi hizmet sunabilmek ve kaynaklarını etkin kullanıp kullanmadığını tespit etmek için dönemsel olarak ve düzenli bir biçimde performanslarını ölçmek ve gerekli tedbirleri almak zorundadırlar. Performans ölçümünde kullanılan en basit tekniklerinden biri oran analizidir. Tek girdi ve tek çıktının olduğu durumlarda çıktının girdiye oranlanmasıyla yapılan analiz ile basit, etkili ve herhangi bir ekta bilgiye gerek duymadan performans düzeyi belirlenebilmektedir. Birden çok girdinin ve tek çıktının olduğu durumlarda parametrik yöntemler devreye girmekte ve regresyon analizi ile analizler yapılmaktadır. Regresyon analizinde de, belirli varsayımların sağlanması gerekmekte olup girdi ve çıktı arasındaki ilişki bir fonksiyon yardımıyla modellenebilmektedir. Gerçek hayatta birçok problemde birden fazla girdi ve çıktı mevcut olup problem karmaşık bir yapı alabilmektedir. Bu durumda parametrik olmayan analiz yöntemlerinden Veri Zarflama Analizi (VZA) ile herhangi bir varsayıma gerek kalmadan her bir birimin etkinlik seviyeleri ölçülmektedir.

VZA, Dantzig (1951) ve Farrell (1957) tarafından yapılan çalışmaları temel olarak Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından 1978 yılında geliştirilmiştir (Johnes, 2006: 275). VZA, çoklu girdileri çoklu çıktılara çeviren karar verme birimlerinin (KVB) performansını değerlendirmede kullanılan veri odaklı bir yaklaşımdır. Son yıllarda performans değerlendirmede yaygın bir şekilde birçok uygulamada kullanıldığı görülmektedir. Çok az varsayım gerektirmesinden dolayı girdiler ve çıktılar arasındaki karmaşık ilişkilerin analizinde zorlanan diğer tekniklere göre kolaylık sağlamaktadır (Cooper ve diğerleri, 2011: 1-2). VZA, bir dizi homojen birimin görelî etkinliğini ölçmek için geliştirilmiş bir çok faktörlü verimlilik analizi

modelidir. Her bir KVB'nin performansı, ağırlıklı çıktıların toplamının ağırlıklı girdilerin toplamına oranı şeklinde ölçülmektedir (Hajiagha ve diğerleri, 2013: 130).

VZA, diğer yöntemlerin aksine sınırlara göre analiz yapmaktadır. Sınır değerden herhangi bir sapma etkinsizlik olarak ifade edilmektedir. VZA, işletmelerin ya da kamu sektöründeki KVB'lerin etkinliklerini ölçen doğrusal programlama tabanlı parametrik olmayan bir yöntemdir. VZA'nın üç temel özelliği ön plana çıkmaktadır: Birincisi, VZA parametrik olmayan bir metottur. Herhangi bir üretim, maliyet ya da kar fonksiyonu gerektirmez. İkinci olarak regresyon analizindeki gibi en küçük kareler yöntemi yerine doğrusal programlamayı kullanır. Son olarak en önemlisi de, VZA istatistiksel değildir (Ray, 2004: 2).

VZA'nın aşağıda yer alan birçok avantajından bahsedilebilir (Sowlati, 2001: 22):

- VZA, analiz sonucunda her bir KVB için bir tek performans indeksi üretir. Bu da karşılaştırma yapmayı kolaylaştırmaktadır. Oran yönteminin aksine, çoklu girdi ve çoklu çıktıları kullanarak analiz yapmakta ve tüm değişkenlerin farklı ölçeklerde olmasına izin vermektedir.
- Regresyon yönteminin aksine, VZA bireysel gözlemlere odaklanır ve her KVB'nin performans ölçüsünü optimize etmektedir. Girdi ve çıktı değişkenlerine ilişkin ağırlık veya fiyat bilgisinin bilinmesine ihtiyaç yoktur. Zaten analiz sonucunda VZA girdi ve çıktı ağırlıklarını tespit etmektedir. Ancak istenirse farklı modeller ile yönetsel yargılarda modele dahil edilebilmektedir.
- Önemli avantajlarından birisi de, etkin olmayan KVB'lerin belirlenmesi ve potansiyel iyileştirme noktalarının tespit edilebilmesidir. Sınır tarafından zarflanan etkin olmayan birimler, sınır üzerindeki birimlerin konveks bileşimi ile karşılaştırılır ve her bir girdi ve çıktı için etkinsizlik düzeyleri belirlenmiş olur.

Tüm bu avantajlarına rağmen, VZA'nın bazı dezavantajları da bulunmaktadır (Steering Committee for the Review of Commonwealth/State Service Provision, 1997: 22):

- İstatistik bir teknik olmaktan ziyade deterministiktir. VZA analiz sonuçları ölçüm hatalarına çok duyarlıdır, veri odaklı bir yaklaşımdır. Girdi ve çıktı verilerindeki herhangi birisinin hatalı bir ölçümü yanlış KVB'lerin etkin olmasına

yol açar. Ayrıca etkin olmayan birimler için iyileştirme noktalarının yanlış belirlenmesine sebep olmaktadır.

- VZA sadece en iyi KVB'yi temel alarak her bir KVB'nin göreceli performansını ölçmektedir. Bundan dolayı elde edilen etkinlik düzeylerini farklı iki çalışma için karşılaştırmak anlamlı değildir. Çünkü örnekler arasındaki en iyi uygulama farklılıkları bilinmemektedir.

- VZA analiz sonucunda bulunan etkinlik skorları, girdi ve çıktı sayıları ile KVB'lerin büyüklüğüne bağlı olarak değişmektedir. KVB sayılarının artması ortalama etkinlik skorunu azaltacaktır. Tersine, KVB sayılarının girdi ve çıktı sayılarına oranla çok az olması da etkinlik düzeylerinin artmasına yol açacaktır. Benzer şekilde KVB sayılarının sabit kalması koşuluyla girdi ve çıktı sayılarının artması ortalama etkinlik düzeylerini arttıracaktır. Girdi ve çıktı sayıları ile KVB sayılarının belirlenmesi ile ilgili literatürde birçok öneri bulunmaktadır. Bu konu ileride daha ayrıntılı olarak anlatılacaktır.

Bu dezavantajlarına rağmen VZA kolaylıkla uygulanması sayesinde KVB'lerin etkinlik düzeylerini incelemeye önemli ve yararlı bir araçtır. Bu nedenle VZA uygulamaları her geçen gün artmaktadır. VZA ilk olarak performans ölçümünün yıllık satış tutarları vb. ölçülebilir performans ölçütleri olmaması nedeniyle daha da zor olduğu kar amaçlı olmayan kurumlarda göreceli etkinlik ölçümü yapmak üzere ortaya konmuş ve sonrasında da kar amaçlı olan ve olmayan tüm kurumların etkinlik ölçümünde geniş uygulama bulmuştur. Uygulama çalışmaları kısaca aşağıdaki başlıklar altında özetlenebilir (Tütek ve diğerleri, 2016: 225):

- Şehirlerin ve ülkelerin sosyal ve ekonomik performanslarının incelenmesine yönelik çalışmalar,
- Okul, hastane, ceza evleri, enerji dağıtım kurumları vb. kamu kuruluşlarının performans değerlendirmesine yönelik çalışmalar,
- Ulaştırma işletmeleri, konaklama işletmeleri, eğitim kurumları, sağlık işletmeleri, imalat işletmeleri, gayrimenkul firmaları, farklı bankalar ve banka şubeleri, sigorta şirketleri vb. özel sektördeki çeşitli üretim ve hizmet işletmelerinin performans değerlendirmesine yönelik çalışmalar,
- Tedarikçi seçim kararlarında tedarikçi performanslarının değerlendirilmesine yönelik çalışmalar,

- Üretim sistemleri ve teknoloji seçim kararlarında performans değerlendirmesine yönelik çalışmalar.

VZA'nın temel yapısı, genel özellikleri, üstün ve zayıf yönleri ve uygulama alanları açıklandıktan sonra VZA'da kullanılan temel kavramlar ve tanımlarına yer verilecektir.

3.2. VERİ ZARFLAMA ANALİZİNDE KULLANILAN TEMEL KAVRAMLAR

VZA, girdileri katma değer yaratan çıktılara dönüştürülme sürecindeki tüm faaliyetleri yürüten birimlerin benzer rakiplerine göre performansının değerlendirilmesini sağlayan önemli bir yönetim aracıdır. İlerleyen kısımlarda ele alınacak konuların anlaşılmasına yardımcı olmak açısından bazı temel kavramların açıklanmasının faydalı olabileceği düşünülmektedir. VZA, bir performans değerlendirme aracı olduğundan öncelikle performans ve işletmelerdeki performansın boyutlarını tanıtmak yararlı olacaktır.

Performans, birçok alanda yaygın bir şekilde kullanılan bir kavramdır. Genellikle performans, bir mekanizmanın/sürecin amaçlarını ne kadar iyi başardığının bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. İşletme yönetimi bakış açısından ele alındığında, Moullin (2003) tarafından performans, “bir organizasyonun ne kadar iyi yönetildiği” ve “organizasyonun müşterilerine ve hissedarlarına sağladığı değer” olarak tanımlanmıştır (Wu, 2009: 8). Cascio (2006) tarafından performans, bir organizasyonun misyonunu başarma derecesi olarak vurgulanmıştır (Zhahzad ve diğerleri, 2012: 979). Dobrin ve diğerleri (2012)'e göre de performans, stratejik amaçlara ulaşma olarak tanımlanmıştır (Dobrin ve diğerleri, 2012: 313). Bir işletmenin performansını ölçmede karlılık, satışlar, piyasa değeri gibi finansal ve objektif kriterler dikkate alınmaktadır. Günümüzün yoğun rekabet şartlarında finansal göstergelerin yanı sıra itibar, memnuniyet, kalite gibi subjektif kriterlerin de gözönünde bulundurulması gerekmektedir (Yıldız, 2010: 181).

İşletme performansının boyutu olarak ele alınması gereken en önemli konulardan biri verimlilik, diğeri de etkinliktir. Verimlilik ve etkinlik kavramlarının tanımı birbirinin içine geçmiş ve çoğu zamanda birbirleri yerine kullanıldığı

görülmektedir. Verimlilik, çıktıların bu çıktıları üretmek için kullanılan girdiler arasındaki ilişkiyi göstermekte, çıktıların girdilere oranı olarak bilinmekte ve üretimin etkinliğine odaklanmaktadır. Etkinlik ise, minimum kaynak kullanılarak çıktı üretebilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Sherman ve Zhu, 2006: 3). Bir işletme için kaynakları etkin kullanımına yönelik iki temel kural vardır: Ya aynı zamanda belirli bir girdi miktarı ile olabildiğince fazla çıktı üretmek ya da belirli bir çıktı miktarını üretmek için olabildiğince az girdi miktarı kullanmaktır. Verimlilik, tanımlayıcı bir performans ölçüsü olmasına rağmen, diğer yandan etkinlik normatif bir performans ölçütüdür (Ray, 2004: 14-15).

Çıktı odaklı yaklaşıma göre, diğer çıktılarından en az bir tanesinin miktarını azaltmadan ve/veya girdilerden en az bir tanesinin miktarını arttırmadan çıktı miktarını arttırmak mümkün değilse, o KVB etkindir. Girdi odaklı yaklaşıma göre de, herhangi bir girdi seviyesini arttırmadan ve/veya çıktı düzeylerinden en az bir tanesinin miktarını azaltmadan girdi miktarını azaltmak mümkün değilse, o KVB etkin olarak değerlendirilmektedir (Thanassoulis, 2001: 23).

Verimlilik, tüm organizasyonun etkinliğini etkileyen birbirlerinden bağımsız birkaç bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenler, fiyat etkinliği, tahsis etkinliği, teknik etkinlik ve ölçek etkinliğidir. Fiyat etkinliği, kalite standartlarını karşılayan en düşük fiyatlı girdileri satın almayı gerektirir. Bir organizasyon kaliteden ödün vermeden insan kaynağı ve malzeme gibi girdileri en düşük fiyattan satın alarak etkinliğini arttırabilir. Tahsis etkinliği, ürün ya da hizmet üretebilmek için girdilerin optimal karışımını kullanmaktadır. Bu sermaye ve emek arasındaki değişim ile ilgilidir. Örneğin, bir banka müşterilerine hizmet sunarken otomatik vezne makineleri ya da internet bankacılığını mı yoksa müşteri temsilcileri ile emek yoğun bir şekilde mi çalışması gerektiğini belirlemesi gerekmektedir. Teknik etkinlik, bir organizasyonun mümkün olduğunca az girdi ile kaynaklarını etkin bir şekilde kullanarak olabildiğince çıktı üretimi kabiliyeti olarak ifade edilebilir. Ölçek etkinliği de, organizasyonun optimal büyüklükteki bir alanda faaliyet göstermesidir. Daha fazla mal/hizmet üretmek yerine optimal büyüklükte faaliyet göstermek daha önemlidir. Ölçek büyüklüğünde kaynaklanan etkinsizlik, hem yönetimin kontrol faaliyetlerini zorlaştıracak hem de sabit maliyetlerin artmasına neden olacaktır (Sherman ve Zhu, 2006: 4-5).

Ölçeğe göre sabit getiri, girdi miktarındaki artış kadar çıktı miktarında artış olurken, ölçeğe göre değişken getiri söz konusu olduğunda girdi miktarındaki artıştan farklı bir oranda çıktı miktarı değişmektedir. 1978 yılında Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından geliştirilmiş CCR modeli, ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında analizleri gerçekleştirmektedir. Ancak birçok durumda sabit getiri sözkonusu olmadığından oldukça kısıtlayıcı bir model olmuştur. Sonuç olarak CCR modeli birçok durumda uygulanamamıştır. Bu model 1984 yılında geliştirilerek Banker, Charnes ve Cooper tarafından yapılan çalışma sonucunda BCC modeli ortaya çıkmıştır. Bu modelin CCR modelinden tek farklılığı ölçeğe göre değişken getiri altında analizleri gerçekleştirmesidir. (Ray, 2004: 46). CCR ve BCC modellerinin her ikisinde de girdi odaklı ve çıktı odaklı analizler yapılabilmektedir. Girdi odaklılık, belirli bir çıktıyı üretmede en az girdinin kullanımına, çıktı odaklılık ise belirli girdiler kullanılarak maksimum çıktının üretilmesine dikkat çekmektedir (Ramanathan, 2003: 60).

Ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında “Toplam Teknik Etkinlik” (TTE), “Saf Teknik Etkinlik”-STE ve “Ölçek Etkinliği”-ÖE olmak üzere iki bileşene ayrılır. Toplam teknik etkinlik ele alınan iki bileşenin çarpımına eşittir ($TTE = STE \times ÖE$). Bu ilişki, etkin olmayan bir birim için bunun kaynağının etkin olmayan üretim (STE), dezavantajlı koşullar (ÖE) ya da her ikisi olmasını gösterir. VZA’da kullanılan ölçeğe göre sabit getiri altındaki CCR modeli toplam teknik etkinliği (TTE) ve ölçeğe göre değişken getiri altındaki BCC modeli ise saf teknik etkinliği (STE) ölçebilmektedir (Tütek ve diğerleri, 2016: 227-228).

VZA, KVB’lerin göreceli performanslarını değerlendirdiğinden KVB tanımının da yapılması gerekmektedir. KVB, performansı değerlendirilen girdileri çıktılarına dönüştüren birimler olarak ifade edilmektedir. Bankalar, işletmenin departmanları, süpermarketler, hastaneler, okullar, kamu kuruluşları vb. gibi birçok kurum, kuruluş KVB’lere örnek olarak verilebilir (Cooper ve diğerleri, 2002: 22).

3.3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ TARİHSEL GELİŞİMİ

İlk VZA modeli 1978 yılında tanıtılmasına karşın, VZA’nın gelişimine katkı sağlayan birçok çalışma yapılmıştır. Afriat (1972), Aigner ve Chu (1968), Shephard

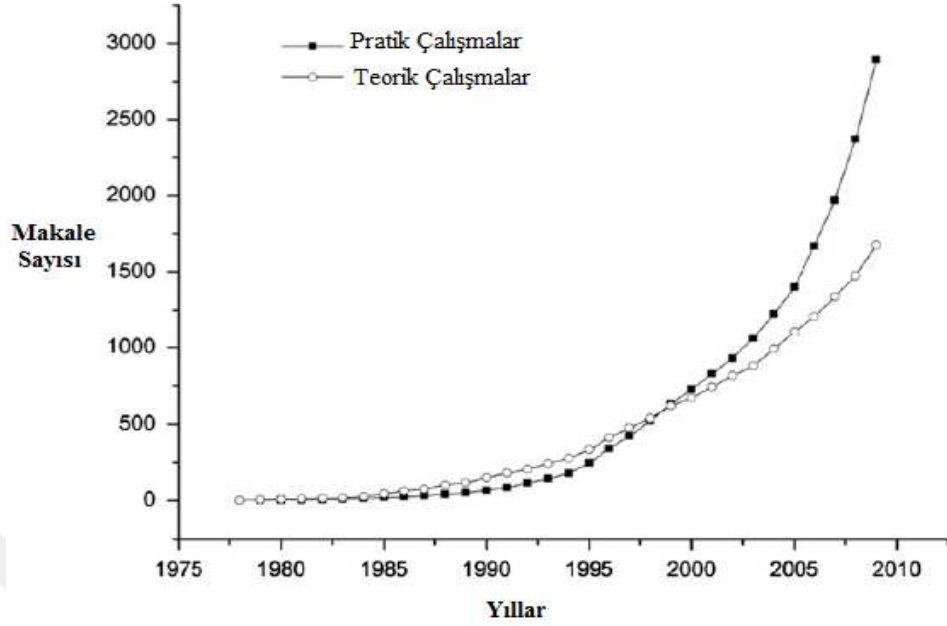
(1970), Debreu (1951), Farrell (1957), Koopmans (1951), Pareto (1927) ve Charnes ve Cooper (1962) gibi birçok bilim adamı tarafından yapılan çalışma VZA'nın oluşmasında öncü çalışmalar olmuştur (Seiford, 1999: 3). Bu çalışmaların içindeki Farrell'in çalışması bir dizi gözlemden yararlanarak etkin fonksiyonun yönünü hesaplayan bir metodu içeren, etkinlik ve verimliliği ölçen parametrik olmayan ilk yaklaşımdır (Sowlati, 2001: 19).

VZA modeli ilk olarak, Farrell'in önceki yaptığı çalışmalar üzerine inşa edilerek Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından geliştirilmiştir. 1970'lerde Carnegie Mellon Üniversitesi Kent ve Halkla İlişkiler Okulu'nda, W.W.Cooper danışmanlığında Edwardo Rhodes tarafından yapılan doktora tez çalışması ile CCR modelinin temelleri atılmıştır. Yaptığı çalışmada Federal Hükümet tarafından desteklenen Amerika'daki devlet okullarındaki dezavantajlı öğrencilerin eğitim programlarını değerlendirmiştir. Konu ile ilgili yöntemi tanıtıcı ilk makale Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından 1978 yılında yayımlanmıştır (Cooper ve diğerleri, 2011: 4).

İlk geliştirilen model CCR modeli, ölçeğe göre sabit getiri altında teknik etkinliği ölçen analizler yaptığından kullanım alanı sınırlıydı. Bu anlamda, Bessent ve Bessent (1980), Banker (1980), Charnes ve Cooper (1980), Charnes, Cooper ve Rhodes (1980) ve Schinnar (1980) tarafından kamu sektöründe, kar amacı gütmeyen kuruluşlarda ve eğitim alanında birkaç uygulama gerçekleştirilmiştir. Bunun üzerine 1984 yılında Banker, Charnes ve Cooper tarafından ölçeğe göre değişken getiri altında ölçek etkinliğini de ölçen BCC modeli geliştirilmiştir. Daha sonra Charnes ve diğerleri (1982, 1983) tarafından yapılan çalışma ile parçalı log-lineer sınırlar için çarpımsal model ve Charnes ve diğerleri (1985) tarafından yapılan çalışma ile de yönelimsiz toplamsal model geliştirilmiştir (Seiford, 1999: 4-5).

Liu ve diğerleri (2013), yaptıkları çalışmada 1978-2010 yılları arasında yapılmış VZA çalışmalarını incelenmişlerdir. Bu çalışmaların yaklaşık üçte ikisinin pratik, geri kalan üçte birinin de teorik çalışmalardan oluştuğunu belirtmişlerdir. Yıllara göre yapılan çalışmaların kümülatif toplamını gösteren grafik aşağıdaki Şekil 22'de yer almaktadır. Bununla birlikte yaklaşık 3134 adet pratik çalışmaları incelemişler ve bu çalışmaların % 41'inin banka, sağlık, tarım, ulaşım ve eğitim alanlarında uygulandığı sonucuna ulaşmışlardır (Liu ve diğerleri, 2013: 899).

Şekil 22: Yıllara Göre Gerçekleştirilen Çalışma Sayısı



Kaynak: Liu ve diğerleri, 2013: 896.

Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından yapılan çalışmadan bu yana literatürde yaklaşık 4.000 makale yayımlanmıştır. Bu kadar hızlı gelişme ve yöntemin birçok alanda kabul görmesi yöntemin güçlü ve uygulanabilir olduğunu göstermektedir. Birçok alandaki araştırmacılar VZA'yı operasyonel süreçleri modellemede mükemmel bir metot olduğunu vurgulamışlardır (Cooper ve diğerleri, 2011: 7).

3.4. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ UYGULAMA AŞAMALARI

VZA ile doğru ve tutarlı sonuçlara ulaşabilmek için uygulama aşamalarında dikkat edilmesi gereken birçok nokta vardır. Ramanathan (2003), VZA uygulama adımlarını dört aşamada incelemiştir (Ramanathan, 2003: 173-176):

- Karar verme birimlerinin seçilmesi,
- Girdi ve çıktı değişkenlerinin belirlenmesi,
- Uygun VZA modelinin seçimi ve
- Duyarlılık analizinin yapılmasıdır.

3.4.1. Karar Verme Birimlerinin Belirlenmesi

VZA'nın amacı, her bir KVB'nin göreceli etkinliğini ölçmek olduğundan ilk aşamada uygun ve karşılaştırılabilir KVB'lerin seçimi önemli bir konudur. KVB'leri seçerken aşağıda yer alan bazı hususlara özen gösterilmesi gerekmektedir (Wei ve diğerleri, 2015: 264):

- KVB'ler aynı hedeflere sahip olmalı ve benzer işleri yapmalıdırlar.
- KVB'ler aynı pazar koşullarında faaliyet göstermelidirler.
- KVB'lerin performansını aynı girdi ve çıktı değişkenleri etkilemelidirler.

KVB'lerin belirlenmesi sürecinde homojen birimlerinin seçilmesinin yanısıra optimal KVB sayısının tespit edilmesi de gerekmektedir. KVB sayısının artması, KVB'lerin yüksek performans gösterme olasılığını arttıracaktır. Daha büyük bir KVB seti, girdi ve çıktı kümesi arasındaki ilişkilerin daha net belirlenmesi sağlamaktadır. Ancak KVB sayısını arttırmak analize daha fazla faktör eklenmesini gerektirir. Çünkü sadece KVB sayısının artması, etkin olan KVB'lerin etkin olmamalarına yol açacaktır. KVB sayısının ele alınan girdi ve çıktı sayısının en az iki katı kadar olması gerektiği önerilmektedir (Golany ve Roll, 1989: 239). Bunun dışında çeşitli araştırmalarda KVB sayısının belirlenmesi ile ilgili farklı öneriler sunulmaktadır. Darrat ve diğerleri (2002) yaptıkları çalışmada, etkin olan ve olmayan KVB'lerin etkili bir şekilde ayırt edilebilmesi için KVB sayısının girdi ve çıktı sayısının çarpımından daha büyük olması gerektiğini belirtmişlerdir (Ramanathan, 2003: 174). Banker ve diğerleri (1989) ve Cooper ve diğerleri (2007) tarafından ise KVB sayısının, girdi ve çıktı sayısının toplamının 3 katından büyük olması gerektiği vurgulanmıştır (Khezrimotlagh, 2015: 3).

3.4.2. Girdi ve Çıktıların Belirlenmesi

KVB'lerin niteliği ve niceliği belirlendikten sonra VZA'nın ikinci aşamasında KVB'lerin performansını etkileyen girdi ve çıktı değişkenlerinin belirlenmesi gerekmektedir. KVB'lerin kullanmadığı herhangi bir girdinin ya da üretmediği bir çıktının analize dahil edilmesi yanlış ve tutarsız sonuçlara neden olacaktır.

KVB'lerin faaliyetlerini mümkün olduğunca doğru bir şekilde tanımlayabilmek için, girdi verileri kullanılan tüm kaynakları içermeli, çıktı verileri de KVB'lerin hedeflerini ve performanslarını kapsamalıdır. Burada dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta, girdi ve çıktı değişkenlerinin sayısının artması VZA modelinin ayırt edicilik gücünü düşürecek ve etkin olan KVB sayısını arttıracak olmasıdır (Camanho, 1999: 51-52).

VZA için girdi ve çıktılar tanımlandıktan sonra sıra her bir KVB için bu girdi ve çıktı verilerinin elde edilmesine gelmektedir. Herhangi bir birim için gerekli verilerin elde edilememesi durumunda söz konusu birim çalışmadan çıkarılır. VZA'nın göreceli doğası sebebiyle bir birimin çıkarılması kalan birimlerin göreceli etkinliklerinin olduğundan yüksek görünmesine neden olabilir. Aynı şekilde veriler arasındaki eksik, yanlış veya aşırı uç olanlar, analiz sonucunda elde edilecek etkinlik skorunu etkileyeceği için, bu tür veriler tespit edilerek araştırma dışına çıkarılmalıdır (Demirci, 2012: 73).

3.4.3. Model Seçimi ve Sonuçların Yorumlanması

Analize girecek KVB'lerin seçimi ve bu KVB'lerin değerlendirilmesi için gerekli girdi ve çıktı değişkenlerinin belirlenmesi süreçlerinin ardından uygun bir VZA modeli seçilerek analize başlanmaktadır. VZA modeli olarak, girdi odaklı ve çıktı odaklı olarak ölçeğe göre sabit getiri (CCR) veya ölçeğe göre değişken getiri (BCC) varsayımı dikkate alınarak uygun bir model seçilmelidir.

Uygulamalarda eğer problem esnek olmayan yapıdaki girdileri içeriyorsa çıktı odaklı model daha uygundur. Eğer çıktılar yönetimin hedefleri tarafından belirlenmiş ise yani belirlenmiş bir çıktı miktarına en az girdi ile ulaşılmaya çalışılıyorsa girdi odaklı model kullanılmalıdır. Eğer hem girdi hem de çıktılar üzerine odaklanılıyorsa çarpan model, KVB'ler arasındaki ilişkilere odaklanılıyorsa da zarflama modelleri kullanılmalıdır (Ramanathan, 2003: 175).

VZA'da kullanılacak model seçildikten sonra girdi-çıkıtı faktörlerine ilişkin veriler kullanılarak tüm KVB'ler için modeller oluşturulur. KVB'ler için oluşturulan ve doğrusal programlama modellerine dönüştürülen bu problemler tek tek çözülerek göreceli etkinlik skorları hesaplanır. Bu amaçla kullanılan DEA Solver Pro, DEAP,

DEA Frontier, Warwick DEA, PIM DEA Software, EMS gibi çeşitli paket programlar ve Excel'in DEA Solver eklentisi gibi uygulamalar vardır. Ayrıca doğrusal programlama modelleri de Ds for Windows, WinQsb, Lindo, Lingo vb. çeşitli programlar kullanılarak çözülebilir (Tütek ve diğerleri, 2016: 231).

Analiz sonucunda elde edilen etkinlik skorları 0 ile 1 arasında yer almaktadır. Ancak daha sonra anlatılacak süperetkinlik modelinde etkin olan KVB'lerin etkinlik skorları 1'den daha büyük olabilmektedir. Etkinlik değerleri 1 ve üzeri olan KVB'ler etkin olarak yorumlanırken, etkinlik değer 1'den küçük olan KVB'ler göreceli olarak etkin olmayan birimler olarak ifade edilmektedir.

3.4.4. Referans Grupları

VZA modelleri etkinlik ölçmenin ötesinde önemli yönetsel çıkarımlar da sağlamaktadır. Etkinlik ölçümü, etkin olmayan KVB'leri etkin sınırlara göre karşılaştırma esasına dayanmaktadır. Böylelikle her etkin olmayan KVB'nin etkin olabilmesi için gerekli girdi ve çıktı hedefleri belirlenebilmekte ve gerekli iyileştirmeler sağlanabilmektedir (Camanho, 1999: 55). Etkin tüm KVB'ler referans setini oluşturmaktadır. Analiz sonucunda her etkin olmayan KVB'nin hangi etkin KVB'yi veya KVB'leri referans alacağı belirlenir. Bu şekilde etkin olmayan bir KVB'nin hangi çıktıyı ne kadar arttırması gerektiği ya da hangi girdiyi ne kadar azaltması gerektiği sonucuna ulaşılarak etkin olmayan KVB'lerin de performansının arttırılmasına yönelik sonuçlar elde edilebilmektedir.

3.5. VERİ ZARFLAMA ANALİZİNDE KULLANILAN MODELLER

VZA, KVB'lerin göreceli etkinliklerini ölçmek amacıyla kullanılan önemli bir parametrik olmayan yaklaşımdır. Birçok uygulamada etkinlik analizinde yaygın olarak kullanılmaktadır. VZA modeli olarak ilk geliştirilen model 1978 yılında Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından geliştirilen CCR modelidir. 1984 yılında ise Banker, Charnes ve Cooper'in yaptığı çalışma ile BCC modeli ortaya konulmuştur. Daha sonraki yıllarda toplamsal model, Kano oran modeli gibi çeşitli modeller geliştirilmiştir (Liu ve Sharp, 1999: 81). VZA'nın temel mantığı ağırlıklı toplam

çıktıları, ağırlıklı toplam girdilere oranlayarak her KVB'nin etkinlik değerini bulmaktır. n tane KVB'den oluşan bir küme ele alındığında, bu KVB'lerin her birinin m adet girdi kullanarak s adet çıktı ürettiği varsayılın. Bu sistemde bir KVB'nin etkinliği aşağıdaki gibi ölçülebilmektedir (Vincová, 2005: 25):

$$DMU_n = \frac{\sum_{i=1}^s u_i y_i}{\sum_{j=1}^m v_j x_j} \quad (128)$$

v_j = Her bir girdiye atanan ağırlıkları ($j=1, \dots, m$),

u_i = Her bir çıktıya atanan ağırlıkları ($i=1, \dots, s$),

y_i = Çıktı miktarını,

x_j = Girdi miktarı ifade etmektedir.

Bu kısımda öncelikle temel modeller olan CCR ve BCC modelleri incelenecektir. Daha sonra Andersen ve Petersen (1993) tarafından geliştirilen süper etkinlik modeli ele alınacaktır. Son olarak ise çalışmada kullanılacak olan ve literatürde Güven Bölgesi (Assurance Region) modeli olarak adlandırılan Ağırlık Kısıtlı VZA modeli ayrıntılı olarak anlatılacaktır.

3.5.1. CCR Modeli

CCR modeli, 1978 yılında Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından özellikle kar amacı gütmeyen kuruluşların etkinlik analizinin ölçümünde kullanılmak üzere geliştirilen ve ölçeğe göre sabit getiri varsayımını dikkate alan bir yaklaşımdır (Charnes ve diğerleri, 1978: 429-437). Her bir KVB'nin etkinlik ölçümü yapılmakta ve problemde kaç tane KVB varsa o kadar sayıda optimizasyona ihtiyaç duyulmaktadır. Herhangi bir KVB_o ($o=1,2,\dots,n$) için aşağıdaki kesirli programlama modeli çözülerek girdi ağırlıkları ($v_i=1,\dots,m$) ve çıktı ağırlıkları ($u_r=1,\dots,s$) elde edilebilmektedir.

$$\max \theta = \frac{u_1 y_{1o} + u_2 y_{2o} + \dots + u_s y_{so}}{v_1 x_{1o} + v_2 x_{2o} + \dots + v_m x_{mo}} \quad (129)$$

$$\text{Kısıtlar: } \frac{u_1 y_{1j} + \dots + u_s y_{sj}}{v_1 x_{1j} + \dots + v_m x_{mj}} \leq 1, \quad (j=1, \dots, n) \quad (130)$$

$$\begin{aligned} v_1, v_2, \dots, v_m &\geq 0 \\ u_1, u_2, \dots, u_s &\geq 0 \end{aligned} \quad (131)$$

Modelde yer alan kısıt, çıktıların ağırlıklı toplamının girdilerin ağırlıklı toplamına oranının 1'i aşamayacağı anlamına gelmektedir. Amaç, değerlendirilen her bir KVB için çıktıların girdilere oranını maksimize eden girdi (v_i) ve çıktı (u_r) ağırlıklarının bulmaktır. Kısıttan dolayı, optimal amaç fonksiyonu yani her bir KVB'nin etkinlik değeri θ^* en fazla 1 olabilmektedir. Ayrıca pozitiflik kısıtından dolayı da tüm girdi ve çıktı ağırlıklarının pozitif olması gerekmektedir (Cooper ve diğerleri, 2002: 23).

Yukarıda yer alan model, doğrusal ve kesirli amaç fonksiyonunu ve kısıtlara sahip doğrusal olmayan ve konveks olmayan bir yapıdadır. Charnes ve Cooper (1962) tarafından geliştirilen basit bir dönüşümle yukarıda yer alan CCR oran modeli doğrusal programlama modeline dönüştürülebilmekte ve böylelikle doğrusal programlama teknikleri uygulanarak probleme çözüm üretebilmektedir. Tüm ağırlıklar sabit bir t sayısı ile çarpılır ve oranda herhangi bir değişiklik meydana gelmez. Böylelikle v_i değeri ω_i , u_r değeri de μ_r değerine çevrilmiş olur. Ayrıca t sayısının (132) nolu eşitliğe sahip olduğu kabul edilmektedir. Doğrusal programlama modelinde payda 1'e eşittir ve pay maksimize ya da minimize etmeye çalışılır. CCR modeli de girdi odaklı ve çıktı odaklı olarak düzenlenebilir. Girdi odaklı primal model (133-136) nolu formüller gibi gösterilmektedir (Charnes ve diğerleri, 1978: 432; Martic ve diğerleri, 2009: 38).

$$\omega_i = tv_i \quad (i = 1, \dots, m) \quad ; \quad \mu_r = tu_r \quad (r = 1, \dots, s) \quad ; \quad t^{-1} = \sum_{i=1}^m v_i x_{im} \quad (132)$$

$$\max \theta_o = \sum_{r=1}^s \mu_r y_{ro} \quad (133)$$

$$\text{Kısıtlar: } \sum_{i=1}^m \omega_i x_{io} = 1 \quad (134)$$

$$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m \omega_i x_{ij} \leq 0, \quad (j = 1, \dots, n) \quad (135)$$

$$\mu_r, \omega_i \geq \varepsilon \geq 0, \quad (r = 1, \dots, s), \quad (i = 1, \dots, m) \quad (136)$$

Amaç fonksiyonu $\theta_o = 1$ ise o KVB etkin, değilse etkin olmayan KVB olarak yorumlanmaktadır. Ayrıca kısıtta yer alan ε değeri ağırlıkların 0 olmasını engelleyen, 10^{-6} gibi küçük bir sayıdır.

CCR modelinin diğer bir şekli de çıktı odaklı modeldir. Bu modeldeki amaç, incelenen girdi değişkenlerini arttırmadan çıktıları maksimize etmektir. Çıktı odaklı modelin doğrusal programlamaya dönüştürülmüş hali aşağıdaki gibi gösterilmektedir (Sowlati, 2001: 44):

$$\min q_o = \sum_{i=1}^m \omega_i x_{io} \quad (137)$$

$$\text{Kısıtlar: } \sum_{r=1}^s \mu_r y_{ro} = 1 \quad (138)$$

$$\sum_{i=1}^m \omega_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} \geq 0, \quad (j = 1, \dots, n) \quad (139)$$

$$\mu_r, \omega_i \geq \varepsilon \geq 0, \quad (r = 1, \dots, s), \quad (i = 1, \dots, m) \quad (140)$$

Her KVB için girdi odaklı CCR primal modelin optimal çözümü (θ_o), çıktı odaklı modelin optimal çözüm değerinin (q_o) tersine eşittir ($\theta_o = 1/q_o$). Bu nedenle de ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında girdi ya da çıktı odaklı CCR modellerinden biri kullanılarak değerinin sonucu da elde edilebilmektedir. CCR modellerinin doğrusal programlama dönüşümleri sonucu yukarıda ortaya konan girdi ve çıktı odaklı modellerin dual modelleri de Tablo 16'da gösterilmektedir. Dual modeller zarflama (envelopment) modelleri olarak da adlandırılır (Tütek ve diğerleri, 2016: 235).

Tablo 16: CCR Dual Modeller

Girdi Odaklı CCR-Dual Model	Çıktı Odaklı CCR-Dual Model
$\min \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$ $\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = \theta x_{io}, \quad i = 1, 2, \dots, m;$ $\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = y_{ro}, \quad r = 1, 2, \dots, s;$ $\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n$	$\max \varphi + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$ $\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = x_{io}, \quad i = 1, 2, \dots, m$ $\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = \varphi y_{ro}, \quad r = 1, 2, \dots, s$ $\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n$

Kaynak: Cooper ve diğerleri. 2011: 3.

Doğrusal programlama modelini dual modele dönüştürmek için s_i^- ve s_i^+ boşluk değişkenleri modele eklenmektedir. Boşluk değişkenler, eşitsizlik kısıtlarını eşitlik kısıtlar yapabilmek için modele dahil edilen standart bir doğrusal programlama terminolojisi. Azaltılabilir girdi miktarı ile arttırılabilir çıktı miktarını göstermektedir (Sowlati, 2011: 41). Bir KVB'nin etkinliği 1 ve boşluk değişkenler s_i^- ve s_i^+ 0 ise tam etkin, eğer etkinlik 1 ve boşluk değişken s_i^- ve s_i^+ 0 değilse kısmi etkin olarak yorumlanabilmektedir (Cooper ve diğerleri, 2011: 10).

3.5.2. BCC Modeli

BCC modeli, etkin sınır boyunca girdiler ve çıktılar arasındaki oransal ilişkilerin sabit olmadığı durumlarda kullanılmak üzere önerilen bir yaklaşımdır. Ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında analizleri gerçekleştiren CCR modelinde farklı olarak ölçeğe göre değişken getiri altında etkin sınırı oluşturmaktadır. BCC modeli, 1984 yılında Banker, Charnes ve Cooper tarafından CCR zarflama modeline konvekslik kısıtı eklenerek geliştirilmiştir. Etkin sınır parçalı doğrusal fonksiyon olmakta ve ölçeğe göre sabit, artan ve azalan olmak üzere farklı üretim ölçeklerini dikkate almaktadır (Soares de Mello ve diğerleri, 2013: 733).

Çıktılarda girdilerdeki artış ya da azalış oranından daha fazla oranda artış ya da azalış meydana geliyorsa o KVB ölçeğe göre artan getiri, çıktılarda girdilerdeki artış ya da azalış oranından daha az bir oranda artış ya da azalış meydana geliyorsa o KVB ölçeğe göre azalan getiri ve çıktılarda da girdilerdeki değişim oranıyla aynı miktarda değişim gerçekleşiyorsa o KVB ölçeğe göre sabit getiri altında faaliyetlerini sürdürüyor anlamına gelmektedir (Camanho, 1999: 35).

BCC modelinde, hem saf teknik etkinlik hem de ölçek etkinliği dikkate alınmaktadır. Böylece toplam etkinlik, saf teknik etkinlik ve ölçek etkinliği şeklinde ayrıştırılmakta ve saf teknik etkinlik ile ölçek etkinliğin çarpımı sonucunda toplam etkinlik değerine ulaşılır. Bu nedenle bir KVB, sadece ve sadece, hem saf teknik etkin ve hem de ölçek etkin olması halinde toplam etkin kabul edilmektedir. Saf teknik etkinsiz veya ölçek etkinsiz ya da her iki durumu birden taşıyan KVB ise toplam etkinsiz kabul edilmektedir (Demirci, 2012: 61-62).

BCC modeli de girdi ve çıktı odaklı olarak düzenlenebilmektedir. Girdi odaklı BCC modeli kesirli programlama olarak aşağıdaki gibi gösterilmektedir (Banker ve diğerleri, 1984: 1085):

$$\max \theta_o = \frac{\sum_{r=1}^s u_{ro} y_{ro} - u_o}{\sum_{i=1}^m v_{io} x_{io}} \quad (141)$$

$$\text{Kısıtlar: } \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - u_o}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad , \quad (j = 1, \dots, n) \quad (142)$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon \geq 0 \quad , \quad (r = 1, \dots, s) \quad (i = 1, \dots, m) \quad (143)$$

u_o işareti kısıtlanmamış

Çıktı odaklı BCC modeli de kesirli programlama olarak aşağıdaki gibi gösterilmektedir (Cooper ve diğerleri, 2002: 91):

$$\min q_o = \frac{\sum_{i=1}^m v_{io} x_{io} - v_o}{\sum_{r=1}^s u_{ro} y_{ro}} \quad (144)$$

$$\text{Kısıtlar: } \frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - v_o}{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}} \geq 1 \quad , \quad (j = 1, \dots, n) \quad (145)$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon \geq 0 \quad , \quad (r = 1, \dots, s) \quad (i = 1, \dots, m) \quad (146)$$

v_o işareti kısıtlanmamış

Yukarıda yer alan kesirli programlama modellerinin doğrusal programlama modeline dönüştürülmesiyle aşağıda verilen Tablo 17’de girdi ve çıktı odaklı BCC modellerinin primal doğrusal programlama modelleri elde edilmektedir. Dual modeller CCR modellerinin dualinin aynısıdır. Sadece konvekslik kısıtı eklenmektedir. Girdi ve çıktı odaklı CCR modellerinin çözüm sonuçlarının birbirinin matematiksel olarak tersi olması, ölçeğe göre değişken getiri altındaki BCC modellerinde geçerli değildir (Tütek ve diğerleri, 2016: 237-238).

Tablo 17: BCC Primal Modeller

Girdi Odaklı BCC Primal Model	Çıktı Odaklı BCC Primal Model
$\max \sum_{r=1}^s \mu_r y_{ro} + \mu$	$\min \sum_{i=1}^m v_i x_{io} + v$
$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + \mu \leq 0$	$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} + v \geq 0$
$\sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1$	$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{ro} = 1$
$\mu_r, v_i \geq \varepsilon \geq 0$	$\mu_r, v_i \geq \varepsilon \geq 0$

Kaynak: Sherman ve Zhu, 2006: 137.

Ölçek etkinliği ile bir KVB'nin ölçek büyüklüğünün üretim verimliliği üzerindeki etkisi ölçülebilmektedir. Ölçek etkinliği, CCR ile ölçülen toplam teknik etkinliğin (TTE), BCC ile elde edilen saf teknik etkinliğe (STE) oranı alınarak hesaplanabilmektedir.

$$\text{ÖE} = \frac{TTE}{STE} \quad (147)$$

Bir KVB'nin toplam teknik etkinliği, saf teknik etkinliği hiçbir zaman aşmamaktadır. Bu nedenle ölçek etkinliğinin değeri 0 ile 1 arasında değişmektedir. Bir KVB'nin TTE değeri ile STE değeri arasındaki farklılık ne kadar büyükse ölçek etkinliği değeri o kadar küçülmekte ve verimlilik üzerinde olumsuz etki oluşturmaktadır (Thanassoulis, 2001: 140-142).

Primal modelde, dual modele eklenen kısıta karşılık gelen μ değişkeninden faydalanarak KVB'nin ölçeğe göre getiri türü de belirlenmektedir. KVB, optimal çözümde, $\mu < 0$ ise ölçeğe göre artan getiri ve $\mu > 0$ ise ölçeğe göre azalan getiri özelliğine sahiptir (Tütek ve diğerleri, 2016: 238).

3.5.3. Süperetkinlik (Reduced CCR) Modeli-RCCR

CCR ve BCC modelleriyle yapılan analizler sonucunda modele eklenen kısıtlardan dolayı etkinlik skorları 0 ile 1 arasında değişmektedir. Etkinlik skoru 1

olan KVB'ler etkin iken, 1'den küçük etkinlik skorlarına sahip KVB'ler etkinsiz olarak değerlendirilmektedir. Ancak etkin olan KVB'lerin hangisinin daha etkin olduğuna ilişkin bir sıralama yapılamamaktadır. Andersen ve Petersen (1993) tarafından yapılan çalışma ile etkin olan KVB'lerin etkinlik skorlarının 1'den büyük olabilmesi sağlanmış ve etkin olan KVB'ler arasında sıralama yapma imkanı olmuştur (Andersen ve Petersen, 1993: 1261).

Etkin olan KVB'leri sıralama imkanı sağlayan ve literatürde küçültülmüş CCR (reduced CCR) ya da süperetkinlik modeli olarak adlandırılan bu model, CCR modelinde incelenen KVB_o için etkinlik skorunun 1 olmasına ilişkin kısıt elimine edilerek aşağıdaki gibi gösterilmektedir (Özdemir ve Demireli, 2013: 222-223):

$$\max z = \sum_{r=1}^s \mu_r y_{ro}$$

(148)

$$\text{Kısıtlar: } \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad (j = 1, \dots, n; \text{ KVB}_o \text{'a ait 0. kısıt hariç}) \quad (149)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1 \quad (150)$$

$$\mu_r, v_i \geq 0, \quad (r = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m) \quad (151)$$

3.5.4. Güven Bölgesi (Assurance Region) Modeli-CCR/AR

CCR, BCC ve Süperetkinlik gibi klasik VZA modellerinde girdi ve çıktı değişkenleri ile KVB'ler belirlenip, KVB'lere ilişkin tüm veriler toplandıktan sonra analize başlanmakta ve analiz sonucunda her KVB'nin etkinliğini maksimum yapacak girdi ve çıktı ağırlıklarının optimum sonuçları bulunmaktadır. Dolayısıyla; bu modellerde ağırlıklar esnek olarak belirlenmekte, karar vericinin modele herhangi bir etkisi söz konusu olmamaktadır. Ancak bu modellerde çözüm sonucunda bazen en önemli girdi veya çıktı değişkenlerinin ağırlıkları 0'a yakın değerler alabilmekte, en önemsiz değişkenlerin ağırlıkları da daha yüksek ağırlık değerleri alarak normalde etkin olmayan bir KVB'nin etkin olmasına neden olabilmektedir. Böylelikle yapılan etkinlik analizi tutarsız sonuçlara yol açabilmektedir. Bu dezavantajlı durumları engellemek için girdi ve çıktı ağırlıklarına kısıtlamalar eklenebilen çeşitli modeller

geliştirilmiştir. Ağırlık kısıtlamalarında yer alan ağırlık değerlerinin belirlenmesinde piyasa verilerine, uzman görüşlerine, değer yargılarına ya da AHP, ANP, DEMATEL vb. çok ölçütlü karar verme yöntemlerine başvurulmaktadır.

VZA modellerine ağırlık kısıtlamaları eklemek için çok sayıda önerilmiş metot bulunmaktadır. Bu yöntemler üç ana sınıfta incelenebilmektedir (Allen ve diğerleri, 1997: 17):

- Girdi ve çıktı ağırlıklarına direkt sınırlamalar konulması,
- Gözlenen girdi ve çıktı düzeylerinin ayarlanması,
- Sanal girdi ve çıktı değerlerinin sınırlandırılması.

İlk grupta, Thompson ve diğerleri (1986) tarafından geliştirilen ARI (Assurance Region I) ve ARII (Assurance Region II) yöntemleri yer almaktadır. İkinci gruba, gözlemlenen girdi ve çıktı değişkenlerini düzenlemeyi sağlayan Charnes ve diğerleri (1990) tarafından geliştirilen Koni Oran modeli ile Golany (1988) tarafından önerilen Golany yöntemi oluşturmaktadır. Son grup ise, Wong ve Beasley (1990) tarafından geliştirilen sanal girdi ve çıktıların sınırlandırılmasını sağlayan yöntemi kapsamaktadır (Özdemir, 2013: 91).

Girdi ve çıktı ağırlıklarına direkt kısıtlamalar eklenmesini sağlayan Güven Bölgesi modeli, ilk olarak Thompson ve diğerleri (1986) tarafından Teksas'da yüksek enerjili fizik laboratuvarı için yer seçimi alternatiflerini değerlendirme konusunda yaptıkları çalışma ile geliştirilmiştir (Thompson ve diğerleri, 1986: 35-49). Güven bölgesi modeli olarak ARI ve ARII olmak üzere iki çeşit model önerilmiştir. ARI modelinde, girdiler ve çıktılar birbirlerinden bağımsız olarak girdiler kendi aralarında çıktılar da kendi aralarında ilişkilendirilmektedir. Bu ilişkilendirme iki amaç için yapılmaktadır. İlk olarak, girdilerin ya da çıktıların göreceli sıralamasının modele dahil edilmesi, ikinci olarak da girdilerin ya da çıktıların fiyatının ya da değerinin modele eklenmesi amaçlanmaktadır. Fiyat bilgisinin olmadığı koşullarda ise, girdilerin ya da çıktıların göreceli önemi üzerindeki uzman bilgisi alt ve üst limitlerin belirlenmesine yardımcı olmaktadır (Kabnurkar, 2001: 46).

Girdi 1 ve Girdi 2 için ağırlıkların oranı üzerine aşağıdaki gibi bir kısıt eklediğimizi varsayalım.

$$L_{1,2} \leq \frac{v_2}{v_1} \leq U_{1,2} \quad (152)$$

$L_{1,2}$ ve $U_{1,2}$ alt ve üst limitleri, v_1 ve v_2 de ağırlık değerlerini göstermektedir. Ağırlık bölgesi alt ve üst limitler ile belirli bir alana kısıtlandığından güven bölgesi modeli adı buradan gelmektedir. Genellikle bu kısıtların eklenmesiyle birlikte etkinlik skorları düşmekte, daha önce etkin olan bir KVB etkin olmayan bir KVB haline dönüşebilmektedir (Cooper ve diğerleri, 2002: 152).

CCR ya da Süperetkinlik modeline aşağıda yer alan ağırlık kısıtları eklenerek ARI modeli elde edilebilmektedir (Özdemir ve Demireli, 2013: 224):

$$\frac{LB_i}{UB_j} \leq \frac{v_i}{v_j} \leq \frac{UB_i}{LB_j} \quad (153)$$

$$\frac{LB_r}{UB_p} \leq \frac{\mu_r}{\mu_p} \leq \frac{UB_r}{LB_p} \quad (154)$$

Kısıtlarda yer alan LB_i ve UB_i değerleri i . girdi değişkenine ilişkin ağırlığın, LB_r ve UB_r değerleri ise r . çıktı değişkenine ilişkin ağırlığın alt ve üst sınırlarını göstermektedir. i ve j girdi kümesinin, r ve p ise çıktı kümesinin birer elemanıdır.

ARII modelinde ise, ARI'den farklı olarak girdilerin ve çıktıların hepsinin birbirleriyle ilişkisi ele alınmaktadır. KVB'lerin etkinlik ölçümünü, değişkenlerin bireysel değerlerinden ziyade bütünleşik değerleri etkilediğinden birçok VZA uygulamasında girdi ve çıktı ağırlıklarının birbirlerine bağımlılığı mevcuttur. Aşağıdaki kısıtın eklenmesiyle de ARII modeli elde edilmektedir:

$$\gamma_i v_i \geq u_r \quad (155)$$

γ_i katsayısı, çıktı ağırlığı u_r 'nin girdi ağırlığı v_i 'ye oranının üst limitini ifade etmektedir. ARII modelleri bazen çözümsüz kalabilmektedir. Ayrıca ARII modelleri girdi odaklıdan çıktı odaklı ya da çıktı odaklıdan girdi odaklı analize geçildiğinde aynı etkinlik skorlarını verebilmektedir. ARI gibi ARII'de girdilerin ve çıktıların ölçeklerine bağıdırlar (Allen ve diğerleri, 1997: 19).

3.6. AĞIRLIK KISITLI VERİ ZARFLAMA ANALİZİ UYGULAMALARINA İLİŞKİN LİTERATÜR TARAMASI

VZA, birçok uygulamada performans ölçümü amacıyla kullanılan önemli yöntemlerden birisi haline gelmiş ve uygulamaları gün geçtikçe her alanda artmıştır. VZA'daki temel problemlerden biri, analiz sonuçlarında bazı önemli girdi veya çıktı değişkenlerinin ağırlıkları sıfıra yakın değerler alabilmesi, bunun da analiz sonuçlarını önemli derecede etkilemesidir. Girdi ve çıktı değişkenlerinin ağırlıklarına belirli sınırlamalar konmasını sağlayan güven bölgesi modeli ile bu sorun aşılabilmekte ve daha tutarlı sonuçlar elde edilebilmektedir. Çalışmanın bu bölümünde ağırlık kısıtlı güven bölgesi modellerinin uygulamalarına yer verilecektir.

- Thompson ve diğerleri (1986) tarafından yapılan çalışma ile güven bölgesi modeli ilk kez tanıtılmıştır. Yaptıkları çalışmada Teksas'da yüksek enerjili fizik laboratuvarı için yer seçiminde güven bölgesi modelini uygulamışlardır. Yer maliyeti, kullanıcı maliyeti ve çevresel faktörler gibi değişkenleri dikkate alarak 6 adet yer alternatifini değerlendirmişlerdir.

- Dyson ve Thanassoulis (1988), yaptıkları çalışmada girdi ve çıktı değişkenlerinin ağırlıklarını esnek bırakmanın bazı girdi ve çıktıların hiç önemsenmemesi problemine yol açtığını, ağırlıkların belirli alanda kısıtlanmasının bu problemin üstesinden gelebilmenin yolu olduğunu vurgulamışlardır. Bu nedenle ağırlıkların esnekliğinin azaltılması gerektiğini belirtmişlerdir. Regresyon analizi ile güven bölgesindeki ağırlıkları belirlemişler ve önerdikleri modeli performans değerlendirme amacıyla uygulamışlardır.

- Thompson ve diğerleri (1994) çalışmalarında güven bölgesi II (ARII) modelini uygulayarak 14 büyük petrol şirketinin etkinliklerini ve karlılıklarını analiz etmişlerdir. Toplam maliyet ve bir önceki yıldaki sertifikalı rezervleri girdi değişkenleri, toplam rezerv sayıları ile üretimden yapılan satış miktarını çıktı değişkenleri olarak kullanarak 1980-1987 yılları arasını dikkate alarak uygulamalarını gerçekleştirmişlerdir. Piyasa verilerinden faydalanılarak güven bölgesindeki gerekli ağırlık kısıtlarını belirlemişlerdir. Ayrıca yüksek ve düşük performanslı şirketleri diskriminant analizi ile ayırmışlardır.

- Thompson ve diğerleri (1996) güven bölgesi modelini kullanarak Küçük İşletme Geliştirme Merkezlerinin etkinliklerini değerlendirmişlerdir. 1990-1992 yıllarını dikkate alarak, 1990 ve 1991 yılında 11 adet KVB, 1992 yılında ise 13 adet KVB'nin etkinlik analizini yapmışlardır. Hem CCR hem de BCC modelini kullanmışlardır. Girdi değişkenleri olarak federal hükümet tarafından verilen bütçe, çıktı değişkenleri olarak müşteri sayısı, eğitim ve danışmanlık hizmetlerini ele almışlardır. Ağırlık kısıtlı VZA modelindeki ağırlık sınırlamalarını fiyat/maliyet verilerinden faydalanarak elde etmişlerdir.

- Zhu (1996) yaptığı çalışmada, güven bölgesi modeli ile Çin'deki Nanjing bölgesinde faaliyet gösteren tekstil firmalarının performanslarını değerlendirmiştir. Fon sirkülasyonu, yatırım tutarı, işgücü, satış maliyeti, üretim maliyeti ve elektrik tüketimi değişkenlerini girdi değişkenleri, satış geliri, kar ve sanayi üretim değeri değişkenlerini de çıktı değişkenleri olarak kullanarak 1988 ve 1989 yıllarındaki veriler ile 35 adet tekstil firmasının etkinliğini incelemişlerdir. Güven bölgesi modelindeki gerekli ağırlıkları da AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) yöntemini kullanarak belirlemişlerdir.

- Hashimoto (1997), çalışmasında güven bölgesi yöntemini süperetkinlik modeli ile entegre ederek oylama sistemini değerlendirmede kullanmıştır. Önerdiği model ile adayların toplam sıralaması yapılırken rastgele değil, ağırlıkların azalan ve dışbükey olduğu varsayımı ile sıralama yapılmaktadır. Adayları sıralamak için kullandığı değerlendirme kriterleri üst sıralara ne kadar yakın olduğu ile ölçülmektedir. Analiz sonucunda geliştirdiği modelin adayları sıralamada alternatif bir yöntem olduğunu vurgulamışlardır.

- Taylor ve diğerleri (1997) yaptıkları çalışmada bağlantılı koni oran güven bölgesi modelini kullanarak Meksika bankalarının etkinlik ve karlılıklarını değerlendirmişlerdir. Toplam mevduat ve faiz dışı giderleri girdi değişkenleri olarak, toplam gelir (faiz gelirleri+faiz dışı gelirler) değişkenini de çıktı değişkeni olarak ele almış ve 1989-1991 yılları için 13 bankanın etkinliğini analiz etmişlerdir. Güven bölgesi modelinde kullanılan alt ve üst limitleri, banka ve faiz oranlarına ilişkin piyasa verilerinden faydalanılarak elde etmişlerdir. Analiz sonucunda, geliştirdikleri modelin maliyetleri azaltma ve karlılıkları artırma konusunda yöneticilere stratejik karar vermelerine yardımcı olduğunu belirtmişlerdir.

- Thomas ve diğerleri (1998) çalışmalarında ağırlık kısıtlı VZA modelini perakende mağazaların etkinliğini değerlendirmede kullanmışlardır. İşgücü, deneyim, kira maliyetleri ve içsel süreçler olmak üzere 4 ana kriter ve 16 alt kriteri girdi değişkenleri olarak, satış ve karlılık değişkenlerini de çıktı değişkenleri olarak belirlemişler ve 552 mağazayı incelemişlerdir. Güven bölgesi modelinin, üst yönetimin stratejik düşüncelerinin modele dahil edilmesine mümkün kılan yararlı bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir.

- Seifert ve Zhu (1998) yaptıkları çalışmada 1953-1990 yılları arasındaki Çin'in sanayi etkinliğini değerlendirmede Delphi, AHP ve güven bölgesi yöntemlerini entegre bir şekilde uygulamışlardır. Maddi duran varlıklar, dolaşan fonlar, işgücü, maaş tutarları, şirket sayısı, temel inşaat yatırımları, üretim maliyetleri değişkenlerini girdi değişkenleri olarak; brüt sanayi üretim değeri, ulusal gelir, finansal gelir, net sanayi üretim değeri, kar ve vergiler gibi değişkenleri de çıktı değişkenleri olarak kullanarak 38 yılın etkinliğini değerlendirmişlerdir.

- Deveci Kocakoç (2003) yaptığı çalışmada bazı uygulamalarda çözüm sonucunda bazı karar birimleri için önemli girdilerin ve çıktıların ağırlıklarının düşük olduğunu, bu yüzden de diğer bazı KVB'lerin çok önemli olmayan girdi ve çıktılardaki üstünlükleri nedeniyle daha etkin olarak göründükleri durumların ortaya çıkabildiğini, bu problemi önlemek için de ağırlık kısıtlamalarının uygulandığını belirtmiştir. AHP ile belirlediği ağırlık kısıtlarını, Beasley'in 1990'da 52 üniversitenin kimya bölümlerini karşılaştırmak için kullandığı veri seti üzerinde uygulamıştır.

- Takamura ve Tone (2003) çalışmalarında Japonya'da Tokyo haricindeki kamu binalarının taşınması konusunda ulusal bir proje için güven bölgesi ve AHP yöntemlerini kullanarak alternatif yerleri değerlendirmişlerdir. Grup kararına dayalı uzlaşmacı bir çözüm için AHP yöntemini kullanmışlardır. Daha sonra elde ettikleri ağırlıkları ağırlık kısıtlı VZA modelinde kullanarak 7 farklı bölgeyi analiz etmişlerdir. Ülkenin geleceğine etkisi, ulaşım ve güvenlik ile yeni konuma uygunluk olmak üzere üç ana kriteri dikkate alarak değerlendirme yapmışlardır.

- Saen (2008) yaptığı çalışmada güven bölgesi modelini bulanık VZA yönteminde kullanarak tedarikçi seçim problemine uygulamıştır. Güven bölgesi modelindeki alt ve üst limit değerlerinin belirlenmesinde uzman görüşlerinden

faydalanmıştır. Hem kesin olmayan veriler ile hem de ağırlık kısıtlarını beraber ele alarak analizleri gerçekleştirmiş ve belirli bir aralıkta etkinlik skorlarını elde etmiştir. Önerdiği modelin ayrıca teknoloji seçimi, personel seçimi vb. gibi birçok alanda uygulanabileceğini de vurgulamıştır.

- Wang ve diğerleri (2008) çalışmalarında AHP ile elde edilen ikili karşılaştırma matrislerinin çözümünde güven bölgesi modelini kullanmışlardır. Güven bölgesi modeli ile kriterlerin ağırlıklarını belirlemişlerdir. Yeni geliştirdikleri modelin, tutarsız yerel ağırlıklar, bazı karşılaştırmaların aşırı duyarsız olması, bilgi kayıpları ve bazı yerel ağırlıkların aşırı değerlendirilmesi gibi sakıncaları olan VZAHF yaklaşımından daha iyi ağırlıklandırma yapabildiğini ve daha tutarlı sonuçlara ulaşıldığını göstermişlerdir.

- Ueda ve Amatatsu (2009) yaptıkları çalışmada klasik VZA sonucunda bazı girdi ve çıktı ağırlıklarının sıfır değeri olarak önemsenmediğini, bu eksikliği giderebilmek için güven bölgesi metodunun kullanılabileceğini ancak güven bölgesi yönteminin en önemli zorluğunun da alt ve üst limitleri belirleme olduğunu belirtmişler ve kısıtlı bir bilgi ile alt ve üst limitleri belirlemede kriterler arasında maksimum varyans temeline dayanan üç türev yöntemi geliştirmişlerdir. Önerdikleri modeli beyzbol oyuncularını değerlendirme ve kimya şirketlerinin etkinliğini ölçme olmak üzere iki farklı örnekte uygulamışlardır.

- Khalili ve diğerleri (2010) çalışmalarında girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki ilişkiyi ele alan güven bölgesi II (ARII) modelini kullanmışlardır. Göreceli etkinlik değerlerinin olduğundan daha düşük hesaplaması ve bazen problemlerin çözümsüz kalabilme sorunları olabilen güven bölgesi modelinin bu dezavantajları gidermek için doğrusal olmayan yeni bir yaklaşım önermişlerdir. Çalışmalarını Portekiz’de faaliyet gösteren 18 ortaokulun etkinliğini değerlendirmede uygulamışlardır.

- Saen (2010) yaptığı çalışmada aylak tabanlı VZA modeline ağırlık kısıtları ekleyerek kurduğu modeli performans değerlendirme için kullanmıştır. Uygulamalarını elektrik santrallerinin performansını ölçmede gerçekleştirmiştir. Girdi değişkenleri olarak, kurulu kapasite, iç elektrik tüketimi ve yakıt tüketimi değişkenlerini; çıktı değişkenleri olarak da gayrisafi üretim değişkenini kullanmış ve

19 elektrik santralinin performanslarını değerlendirmiştir. Uzman görüşlerinden faydalananak ağırlık kısıtlarını oluşturmuştur.

- Aizemberg ve diğerleri (2011) çalışmalarında BCC modeli ile güven bölgesi yöntemini bir arada kullanıp 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009 ve 2009-2010 sezonlarını dikkate alarak 30 adet NBA takımının performansını değerlendirmişlerdir. Oyuncuların ücreti ve ortalama oynadıkları maç sayısı değişkenlerini girdi, kazanılan maç sayısı ve maç başına ortalama sayı değişkenlerini çıktı olarak ele almışlardır. Ayrıca takımların 4 sezon boyunca performanslarının artıp artmadığını da analiz etmişlerdir.

- Mecit (2012) yaptığı çalışmada daha önce yapılan çalışmaların girdiler ve çıktılar arasındaki ilişkileri dikkate almadığını belirtmiş ve girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki korelasyonlara göre ağırlıkların tanımlandığı, korelasyon katsayıları ile kısıtlamalı yeni VZA modelleri geliştirmiştir. Önerdiği modeli, diğer VZA modelleri ile karşılaştırmalı olarak incelemiş ve analiz sonucunda bu modelin diğer ağırlık kısıtlamalı yöntemlerinden daha iyi olduğunu göstermiştir.

- Zhou ve diğerleri (2012) çalışmalarında Bulanık VZA ile güven bölgesi modelini entegre ederek performans değerlendirme amacıyla kullanmışlardır. Üretim maliyeti, üretim alanı ve çalışan sayısı değişkenlerini girdi; brüt üretim değeri ve ürün kalitesi değişkenlerini çıktı olarak kullanarak 10 üretim işletmesinin performansını incelemişlerdir. Güven bölgesi modelindeki alt ve üst limitleri uzman görüşlerinden faydalananak elde etmişlerdir. Bulanık etkinlik skorlarına ulaşmak için α -kesim sayılarını kullanarak alt ve üst limit etkinlik skorlarını belirlemişlerdir.

- Mohaghar ve diğerleri (2013) yaptıkları çalışmada tedarikçi seçimi ve değerlendirmede bulanık VIKOR ile ağırlık kısıtlı VZA yaklaşımlarını birlikte kullanmışlardır. Çalışmalarını İran'da faaliyet gösteren bir üretim işletmesinin tedarikçilerini değerlendirmede gerçekleştirmişlerdir. Toplam nakliyat maliyeti, fiyat ve uzaklık değişkenlerini girdi; zamanında ulaşma sayısı, fatura sayısı ve tedarik çeşitliliği değişkenlerini çıktı olarak ele almışlardır. Bulanık VIKOR yaklaşımını da girdi ve çıktılarının ağırlıklarının ordinal sıralamasını yapmak için kullanmışlardır.

- Chiang ve diğerleri (2013) çalışmalarında güven bölgesi modelini 2001-2010 yılları arasını dikkate alarak Hong Kong'da faaliyet gösteren 17 inşaat firmasının etkinliğini değerlendirmede uygulamışlardır.

- Özdemir (2013) yaptığı çalışmada ANP ve ağırlık kısıtlı VZA yaklaşımlarını bir arada kullanarak Türkiye’de faaliyet gösteren mevduat bankalarının finansal performansını değerlendirmiştir. ANP yöntemi ile beş karar vericinin görüşlerinden faydalanıp güven bölgesinde kullanılan ağırlıkların alt ve üst limitlerini belirleyerek ağırlık kısıtlarını oluşturmuş ve önerdiği modeli klasik CCR ve süperetkinlik modelleri ile karşılaştırmalı olarak incelemiştir.

- Özdemir ve Demireli (2013) çalışmalarında bankaların etkinlik ölçümünde ağırlık kısıtlı VZA yaklaşımını uygulamışlardır. Çalışmada mevduat bankalarının 2011 ve 2012 yılları etkinliklerini hem ağırlık kısıtsız hem de piyasa verilerini kullanarak belirledikleri alt ve üst limitler ile güven bölgesi modelini kullanarak ölçmüşler ve sonuçları karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Ağırlık kısıtlı VZA modelinin etkin olan ve olmayan bankaları ayırtma gücünün daha yüksek olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

- Arunyanart ve diğerleri (2015) yaptıkları çalışmada güven bölgesi modelindeki ağırlık kısıtlarını belirlemede uzmanların yargılarını göreceli önem düzeyine çeviren ikili karşılaştırma tekniğine dayanan bir yaklaşım önermişlerdir. Önerdikleri model ile belirledikleri ağırlıkları güven bölgesi I (ARI) modelinde kullanarak kuruluş yeri seçimi probleminde uygulamışlardır. Girdi değişkenleri olarak, sermaye maliyeti, arazi maliyeti, işgücü maliyeti, ulaşım maliyeti, müşteriye yakınlık, tedarikçiye yakınlık, vergi, enflasyon, doğal afet ve bürokratik işlemler değişkenlerini; çıktı değişkenleri olarak ise sanayi katma değeri, net yatırım akışı ve yaşam kalitesi değişkenlerini ele almışlar ve Japon imalat firmaları için kuruluş yeri seçimi alternatiflerini değerlendirmişlerdir.

- Kim ve Hong (2015) çalışmalarında klasik VZA modelinin eksikliklerini gidermek için ANP yaklaşımı ile güven bölgesi modelini birlikte kullanarak küresel savunma şirketlerinin yönetim etkinliğini değerlendirmişlerdir. ANP ile elde ettikleri ağırlıkları güven bölgesi modelinde kullanmışlardır. Önerdikleri modelin klasik VZA’ya göre daha tutarlı sonuçlar ürettiğini belirtmişlerdir.

- Oi ve Guo (2015) yaptıkları çalışmada süperetkinlik modeli ile güven bölgesi yöntemini bir arada kullanarak tedarikçi değerlendirme ve seçim probleminde uygulamışlardır. Önerdikleri model ile karar vericinin tercihlerini probleme yansıtan ağırlık kısıtlı bir VZA yaklaşımı geliştirmişlerdir. Toplam nakliyat maliyeti ve aylık

toplam sevkiyat sayısını girdi değişkenleri; zamanında gelen sevkiyat sayısı ile fatura sayısını çıktı değişkenleri olarak ele almışlar ve 10 tane tedarikçinin etkinliğini değerlendirmişlerdir.

- Shimshak (2015) çalışmasında güven bölgesi modelini sağlık sektöründe kalite ölçümünde hemşirelerin performans değerlendirmesinde kullanmıştır. 6 adet işgücü değişkenini girdi değişkenleri, 3 kalite kriterini de çıktı değişkenleri olarak ele almış ve güven bölgesi modelinin yüksek ve düşük performanslı KVB'leri ayırıştırma gücünün daha yüksek olduğunu vurgulamıştır.

- Zha ve diğerleri (2015) yaptıkları çalışmada temel bileşenler analizi ve ağırlık kısıtlı VZA yöntemlerini entegre bir şekilde kullanarak Çin'deki 31 bölgenin kültürel etkinliğini değerlendirmişlerdir. Tüm KVB'lere ilişkin tercihler ve değer yargıları dikkate alınarak temel bileşenler analizi ile girdilerin ve çıktıların ağırlıkları sıralanmıştır. Daha sonra bu ağırlıklar ağırlık kısıtlı VZA yönteminde kullanmışlardır. Ayrıca önerdikleri modelin bankaların, mağazaların, fabrikaların vb. gibi birçok işletmenin performans analizinde de kullanılabileceğini önermişlerdir.

- Yu ve Hsiao (2016) çalışmalarında güven bölgesi modeli ve meta-sınır VZA yaklaşımlarıyla seçilmiş ülkelerin lojistik performanslarını değerlendirmişlerdir. Ayrıca ülkelerin performanslarında gelir grubuna göre farklılık olup olmadığını test etmişlerdir. Çalışmalarını her iki yılda bir Dünya Bankası tarafından hazırlanan raporlardaki verileri analiz ederek gerçekleştirmişlerdir. Güven bölgesindeki gerekli alt ve üst limitleri regresyon analizinden faydalanarak belirlemişlerdir.

Görüldüğü üzere, ağırlık kısıtlı VZA yaklaşımı klasik VZA yaklaşımı gibi birçok alanda performans ölçümü için kullanılmaktadır. Ağırlık kısıtlı modellerin klasik VZA modellerine göre daha tutarlı ve ayırıştırma gücü yüksek sonuçlar vermesi bu modellerin kullanımını güç geçtikçe arttırmaktadır.

Çalışmanın bu bölümünde VZA tanımı, özellikler, tarihsel gelişimi ve temel VZA modelleri tanıtılarak, güven bölgesi modelinin uygulamalarına ilişkin ayrıntılı literatü taraması yapılmıştır. Bir sonraki bölümde ülkelerin inovasyon performanslarının ölçümünün yapılacağı uygulama bölümüne yer verilecektir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ÜLKELERİN İNOVASYON PERFORMANSININ ÖLÇÜLMESİNE

YÖNELİK UYGULAMA

4.1. İNOVASYON VE ÜLKELER AÇISINDAN ÖNEMİ

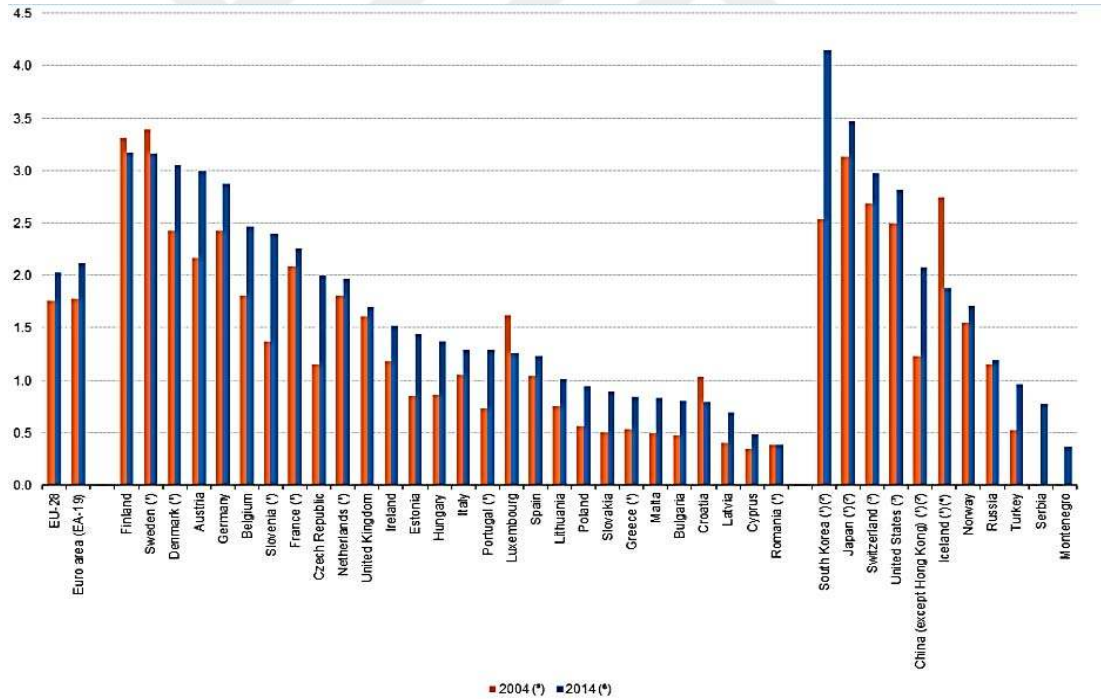
Çevresel, teknolojik ve sosyal değişimlerin hız kazandığı günümüzde küreselleşmenin etkisiyle de beraber ulusal boyutları aşan rekabet ortamı uluslararası alanda ülkeler arasındaki yarışı körüklemektedir. Böyle değişken ve zorlu bir çevrede sürdürülebilir rekabet avantajı elde etmek, güçlü bir ekonomik sistem kurmak ve toplumsal refah ortamını sağlamak isteyen tüm ülkelerin odaklandığı ve politikalarının temelini oluşturan en önemli konulardan biri inovasyondur.

İnovasyon günümüzde birçok alanda adı en çok duyulan kelimeler arasında yerini almaktadır. Literatür incelendiğinde inovasyon ile ilgili birçok tanımın olduğu görülmektedir. İnovasyon kavramını ilk olarak ele alan Schumpeter, inovasyonu girişimciye kar getiren ve teknolojik gelişmeler sonucu ortaya çıkan her şey olarak tanımlamaktadır. Thompson (1965), inovasyonu yeni fikirlerin, süreçlerin, ürünlerin veya hizmetlerin geliştirilmesi, kabulü ve uygulaması olarak ifade etmektedir (Kılıç, 2013: 13). Elçi (2007), inovasyonu bilginin ekonomik ve toplumsal faydaya dönüştürülmesi olarak tanımlamaktadır. Feeny ve Rogers (2001)'e göre de inovasyon, yeni fikirlerin firmanın ürün ve süreçlerine uygulanmasıdır. Bu tanımları daha da arttırmak mümkündür. Bu tanımların içinde, uluslararası alanda temel alınan OECD ile Eurostat'ın birlikte yayımladığı Oslo Kılavuzunda yer alan inovasyon tanımı genel kabul görmektedir. Oslo Kılavuzu (2005)'nda inovasyon, işletme içi uygulamalarda, işyeri organizasyonunda veya dış ilişkilerde yeni veya önemli derecede iyileştirilmiş bir ürün (mal veya hizmet) veya süreç, yeni bir pazarlama yöntemi ya da yeni bir organizasyonel yöntemin gerçekleştirilmesi olarak belirtilmektedir. Bu tanıma göre, inovasyon ürün, süreç, pazarlama ve organizasyonel inovasyon olmak üzere dörde ayrılmaktadır.

Bir ülkede refah ve yaşam standardı, rekabet gücü artarsa yükselir; rekabet gücü içinse üretkenliği arttırmak gerekir. Üretkenliği arttıran en önemli araç inovasyondur. Yapılan araştırmalar, ülkelerin belli bir süre, ihracat oranlarındaki

iyiye gidiş veya iç talebin yüksekliği sayesinde büyüyebildiklerini; ancak bu büyümenin uzun vadeli ve sürdürülebilir olmasının ülkenin inovasyon performansına ve bu performanstaki artışa bağlı olduğunu ortaya koymaktadır (Elçi, 2007: 32). İnovasyon, toplumsal refah artışı, istihdam artışı, kaynakların etkin ve verimli kullanılması, ihracat artışı sağlama, patent sayılarında artma, bölgesel kalkınmaya katkı sağlama, enerji kaynaklarının etkin kullanımı, girişimciliğin artması ve dışa bağımlılığın azalması gibi birçok olumlu sonuçlar ortaya çıkarak ülke ekonomilerine önemli katkılar sağlamaktadır (Uzkurt, 2010: 38-39). Bu nedenle tüm ülkeler bütçelerinin önemli paylarını Ar-Ge harcamalarına aktarmakta ve Ar-Ge çalışmalarında yer alan personel sayılarını sürekli arttırarak inovasyon faaliyetlerine hız kazandırmak istemektedirler. Şekil 23’de bazı ülkelerin Ar-Ge harcamalarının gayrisafi yurtiçi hasılaya oranı gösterilmektedir.

Şekil 23: Bazı Ülkelerin Ar-Ge Harcamalarının Gayrisafi Yurtiçi Hasılaya Oranı

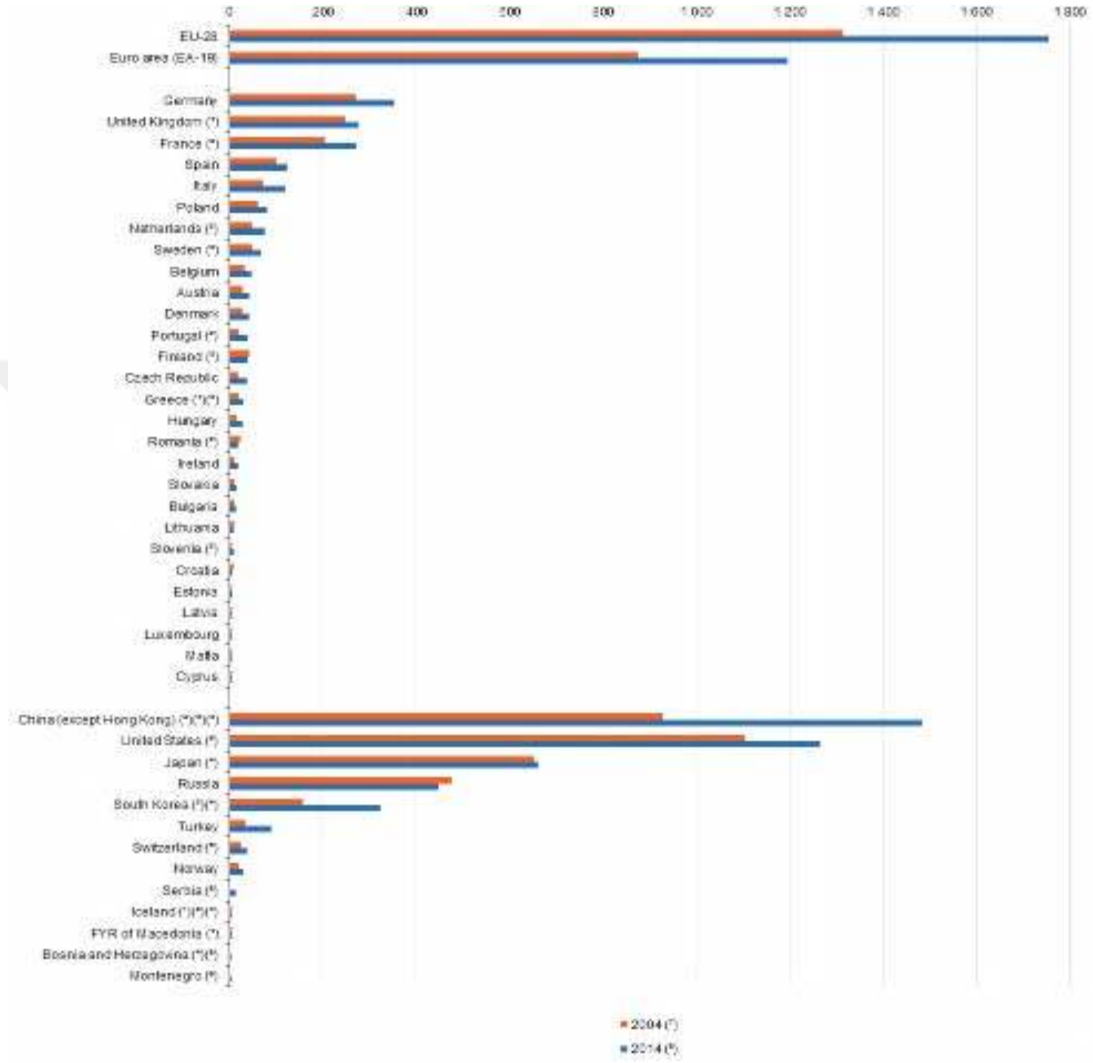


Kaynak: Eurostat (2016).

Yukarıda yer alan grafik incelendiğinde, 2004 ve 2014 yılları arasındaki 10 yıllık süreçte hemen hemen tüm ülkelerin Ar-Ge harcamalarında kayda değer artış görülmektedir. Şekil 24’de de Ar-Ge faaliyetlerinde çalışan personel sayısı

görülmektedir. Bu grafik incelendiğinde ise, Ar-Ge faaliyetlerinde çalışan personel sayılarının ülkelere göre önem verildiği öne çıkmaktadır.

Şekil 24: Bazı Ülkelerdeki Ar-Ge Faaliyetlerinde Çalışan Personel Sayısı

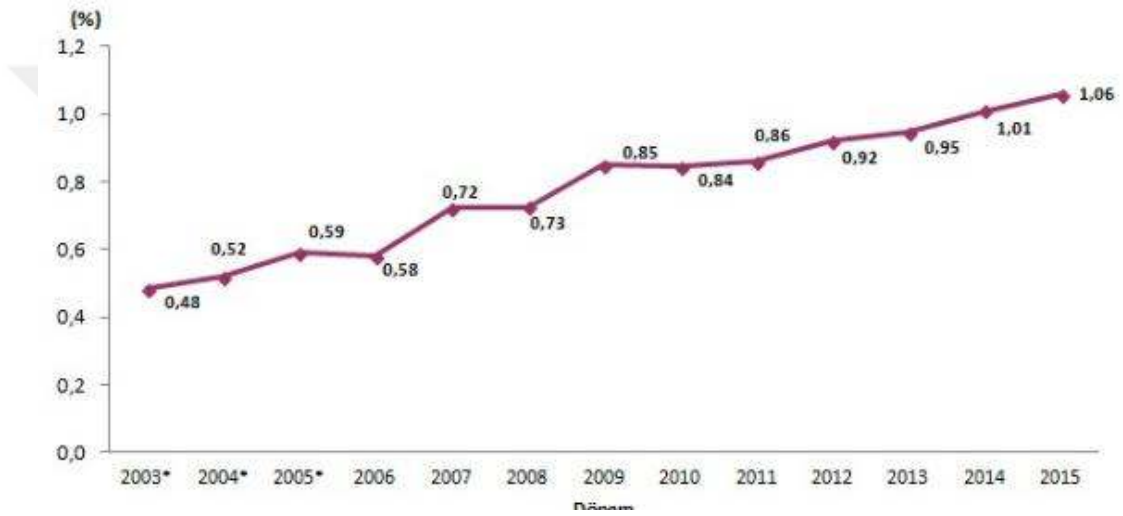


Kaynak: Eurostat (2016).

Ülkemizdeki duruma bakıldığında ise, TÜİK tarafından yayımlanan Araştırma-Geliştirme Faaliyetleri Araştırması (2015) istatistikleri incelendiğinde, Ar-Ge harcamasının gayrisafi yurtiçi hasıla içindeki payının %1,06 olduğu ve gayrisafi yurtiçi Ar-Ge harcamasının 2015 yılında bir önceki yıla göre %17,1 artarak 20 milyar 615 milyon TL olarak gerçekleştiği görülmektedir. Bir önceki yıl %1,01 olan gayrisafi yurtiçi Ar-Ge harcamasının gayrisafi yurtiçi hasıla (GSYH) içindeki payı 2015 yılında %1,06'ya yükselmiştir. Ayrıca tam zaman eşdeğeri (TZE) cinsinden

2015 yılında toplam 122 288 kişi Ar-Ge personeli olarak çalıştığı ve bir önceki yıla göre TZE cinsinden Ar-Ge personeli sayısındaki artışın %5,9 olduğu belirtilmektedir. Aşağıda yer alan Şekil 25’de ülkemizde yıllara göre Ar-Ge Harcamasının GSYH içindeki payı gösterilmektedir. Grafik incelendiğinde, ülkemizde Ar-Ge Harcamasının GSYH içindeki payının 2003 yılından 2015 yılına doğru önemli ölçüde arttığı gözlemlenmektedir.

Şekil 25: Yıllara Göre Ar-Ge Harcamasının GSYH içindeki payı



Kaynak: TÜİK (2015).

4.2. İNOVASYON PERFORMANSININ ÖLÇÜLMESİNE YÖNELİK GELİŞTİRİLEN MODELLER

Ülkeler ya da işletmelerin inovasyon konusunda yaptıkları faaliyetlerin etkin olup olmadığı belirlemek için dönemsel olarak inovasyon performanslarını ölçmeleri gerekmektedir. Böylelikle güçlü ve zayıf yönler belirlenerek güçlü yönler avantaj yaratacak şekilde kullanılacak, zayıf yönler de güçlendirilerek performans arttırılmaya çalışılacaktır. Farklı inovasyon göstergeleri dikkate alınarak ülkelerin, bölgelerin ve işletmelerin inovasyon performanslarını ölçen çeşitli modeller geliştirilmiştir. Hem makro düzeyde hem de mikro düzeyde inovasyon performansını ölçen modeller aşağıda açıklanacaktır.

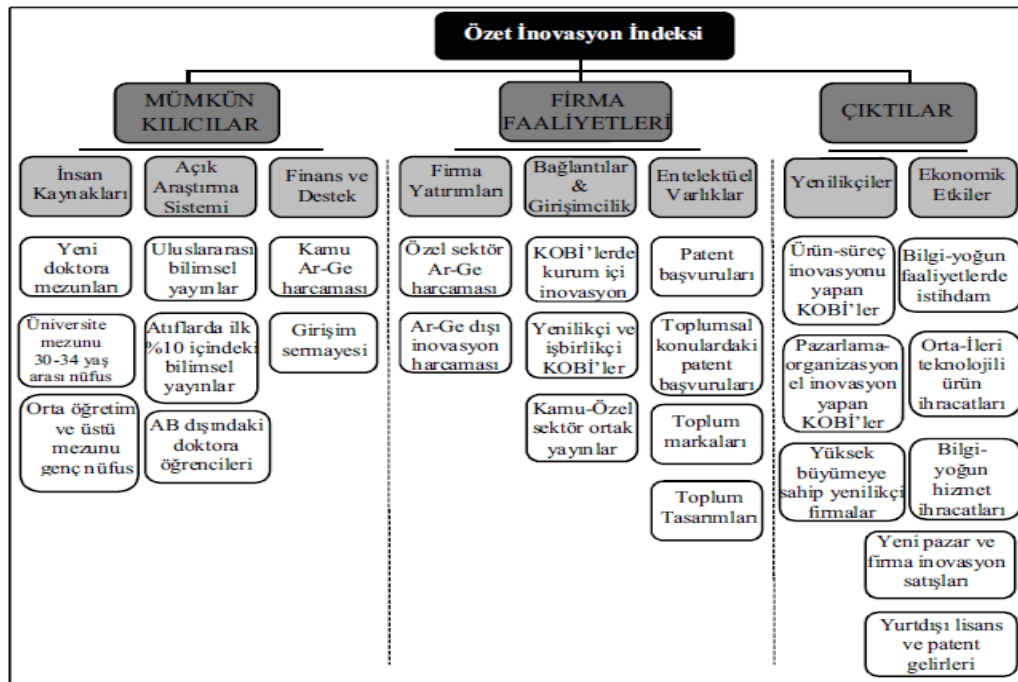
4.2.1. Makro Düzeyde İnovasyon Performansını Ölçen Modeller

Avrupa Birliği, INSEAD ve Dünya Bankası tarafından ülkelerin ve bölgelerin inovasyon performanslarını ölçen Avrupa İnovasyon Skorbordu, Bölgesel İnovasyon Skorbordu, Küresel İnovasyon Endeksi ve Bilgi Ekonomisi Endeksi olmak üzere 4 farklı inovasyon performansı ölçüm modeli ele alınacaktır.

- **Avrupa İnovasyon Skorbordu (European Innovation Scoreboard):**

Avrupa İnovasyon Skorbordu, 28 Avrupa Birliği üyesi ülke ve 8 tane de AB üyesi olmayan ülkenin inovasyon performanslarını karşılaştırmalı olarak analiz etmektedir. Ülkelerin araştırma ve inovasyon sistemlerindeki güçlü ve zayıf yönlerini ortaya koymakta ve ülkelerin inovasyon performanslarını arttırmak için hangi faktörlere odaklanmaları gerektiğini belirtmektedir. 2001 yılından itibaren yayımlanan rapor 2009 yılından sonra isim değiştirerek 2010-2015 yılları arasında “Yenilik Birliği Skorbordu (Innovation Union Scoreboard)” adıyla, 2016 yılında da eski adını alarak “Avrupa İnovasyon Skorbordu” olarak yayımlanmıştır (European Innovation Scoreboard, 2016: 1-100). İnovasyon performansında ele alınan inovasyon göstergeleri Şekil 26’da mevcuttur.

Şekil 26: Avrupa İnovasyon Skorbordu İnovasyon Göstergeleri



Kaynak: Gömleksiz, 2012: 92.

- **Bölgesel İnovasyon Skorbordu (Regional Innovation Scoreboard):**

Bölgesel İnovasyon Skorbordu, Avrupa İnovasyon Skorbordunun bölgesel bir uzantısıdır. 22 AB üyesi ülke ve bir de Norveç olmak üzere farklı 214 bölgenin inovasyon performansını ölçmektedir. 1. bölge kapsamında Belçika, Bulgaristan, Fransa, Avusturya ve İngiltere’de toplam 29 bölgenin, 2. bölge kapsamında Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Almanya, İrlanda, Yunanistan, İspanya, Hırvatistan, İtalya, Macaristan, Hollanda, Polonya, Portekiz, Romanya, Slovenya, Slovakya, Finlandiya, İsveç ve Norveç’teki toplam 185 bölgenin performans analizi yapılmaktadır. İnovasyon göstergeleri olarak Avrupa İnovasyon Skorbordu’nda kullanılan 25 adet göstergenin 12 tanesi dikkate alınmaktadır. Bu göstergeler, 30-34 yaş arası üniversite mezunu kişi sayısı, kamu kesimi Ar-Ge harcaması, özel sektör kesimi Ar-Ge harcaması, Ar-Ge harici inovasyon harcaması, KOBİ’lerde kurum içi inovasyon, yenilikçi ve işbirlikçi KOBİ’ler, toplam patent başvuruları, ürün ve süreç inovasyonu yapanlar, pazarlama ve organizasyonel inovasyon yapanlar, bilgi yoğun faaliyetlerde çalışan personel sayısı, orta-ileri teknoloji ihracatı, inovasyon satışlarıdır (Regional Innovation Scoreboard, 2016: 1-68).

- **Küresel İnovasyon Endeksi (Global Innovation Index):**

Küresel İnovasyon Endeksi, 2007 yılında Fransa’da bulunan işletme okulu olan INSEAD tarafından ülkelerin inovasyon performansını ölçmek amacıyla ortaya konulmuş ve her yıl yayımlanan bir rapordur (Global Innovation Index, 2011: 3). İnovasyon endeksinde dikkate alınan göstergeler öncelikle girdi ve çıktı olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Girdi olarak, kurumlar, insan kaynağı ve araştırma, altyapı, piyasa gelişmişliği ve iş dünyası gelişmişliği; çıktı olarak da bilimsel çıktılar ve yaratıcı çıktılar olmak üzere toplam 7 ana kritere ve bu 7 ana kriter de toplam 21 alt kritere ayrılmıştır. 21 alt kriter de 79 adet inovasyon göstergesi dikkate alınarak ölçülmektedir. Uygulama kapsamında Küresel İnovasyon Endeksi raporlarında yer alan veriler kullanılacağından bir sonraki bölümde dikkate alınan göstergeler daha ayrıntılı olarak ele alınacaktır. Küresel İnovasyon Endeksi ile 2012 yılında 141, 2013 yılında 142, 2014 yılında 143 ve 2015 yılında da 141 ülkenin inovasyon performansları ölçülmüştür (Global Innovation Index, 2012-2013-2014-2015).

- **Dünya Bankası Bilgi Ekonomi Endeksi:**

Bilgi Değerlendirme Metodu (Knowledge Assessment Methodology-KAM), Dünya Bankası Kalkınma için Bilgi

Programı tarafından geliştirilmiş etkileşimli bir kıyaslama aracıdır. Bu araç ulusların bilgi temelli bir ekonomi olmaları yolunda baş etmeleri gereken sorunları ve fırsatları ortaya koyabilmek amacıyla geliştirilmiştir. 109 adet yapısal ve niteliksel değişken kullanılmaktadır. Karşılaştırma 146 ülke arasında yapılmaktadır. OECD ülkeleri dışında 90 adet gelişmekte olan ülke söz konusudur (Karaata, 2012: 13). Endeks, bir ülke veya bölgenin, bilgi ekonomisiyle bağlantılı olarak oluşturulmuş dört sütunla - ekonomik teşvik ve kurumsal rejim, eğitim ve insan kaynakları, yenilik sistemi ve bilgi iletişim teknolojileri- ilgili ortalama performans düzeyleri üzerine kuruludur. Ekonomik ve Kurumsal Rejim ana kriteri, tarife ve tarife dışı engeller, düzenleme kalitesi ve hukuk düzeni alt kriterlerinden; eğitim ve insan kaynakları ana kriteri, yetişkinlerin okur-yazarlık oranı, ortaöğretime kayıtlılık oranı ve yükseköğretime kayıtlılık oranı alt kriterlerinden; yenilik sistemi ana kriteri, royalti ve lisans ücret ödemeleri ve tahsilatları, milyon kişiye düşen bilimsel ve teknik makale sayısı ve patent sayıları alt kriterlerinden ve bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısı ana kriteri, 1000 kişiye düşen telefon sayısı, 1000 kişiye düşen bilgisayar sayısı ve 1000 kişiye düşen internet kullanıcısı sayısı alt kriterlerinden oluşmaktadır (Kuvvetli Yavaş, 2014: 12).

4.2.2. Mikro Düzeyde İnovasyon Performansını Ölçen Modeller

Ülkelerin ve bölgelerin inovasyon performanslarını ölçen modellerin yanında birçok farklı değişken göz önüne alınarak işletmelerin de inovasyon performansını ölçen modeller geliştirilmiştir. Bremser ve Barsky (2004), yaptıkları çalışmada Kaplan ve Norton (1996) tarafından geliştirilen dengeli puan kartı (balanced scorecard) modelini inovasyon performansını ölçmeye uyarlamışlardır. Finansal perspektif, müşteri perspektifi, içsel iş süreçleri perspektifi ve öğrenim ve büyüme perspektifleri olmak üzere 4 ana kriter altında performans ölçütlerini belirlemişlerdir. Finansal perspektif kapsamında inovasyon sürecinde değer yaratımı ve ticarileşme sürecinde değer yaratımı; müşteri perspektifi kapsamında yeni ürünleri satış yüzdesi, ürün yaşam döngüsü, yeni ürünlerden müşterilerin memnuniyet düzeyi yer almaktadır. İçsel iş süreçleri perspektifi kapsamında ortalama döngü zamanı ve ürün başına maliyetleri iyileştirme oranı, yeni ürünlerin kabul oranı, yeni fikirlerin kabul

orani ve ürün güvenliği, öğrenme ve büyüme perspektifi kapsamında stratejik yetenekler, patent sayıları, A-Ge yeteneği ve çalışanların eğitimi değişkenlerini dikkate almışlardır (Zizlavsky, 2014: 216). Rylková ve Antonová (2013), işletmelerin inovasyon performansını ölçmede birçok farklı değişkenden yararlanmışlardır. Bu değişkenler arasında belirli bir zamanda uygulanan inovasyon sayısı, başarılı inovasyon projesi sayısı, inovasyon projelerinin ortalama uygulama süresi, belirli bir dönemdeki patent sayısı, inovasyon sayesinde yatırım geri dönüş oranı, toplam inovasyon harcamalarının satışlara oranı ve projelerin fayda/maliyeti yer almaktadır.

Chobotová ve Rylkova (2014), inovasyon performansını ölçme metrikleri için araştırmada mükemmellik, inovasyon yönetimi, zaman tahsisi, yeni fikirlerin problemi iyileştirme derecesi, farklılaşma derecesi, inovasyon için harcanan zaman, inovasyon derecesi, kazanç ve fırsatlar gibi değişkenleri belirlemişlerdir. Ivanov ve Avasilcăia (2014), yaptıkları çalışmada dengeli puan kartı, Malcolm Baldrige Modeli, Performans Prizma Modeli ve EFQM Mükemmellik modeli gibi yönetim modellerini analiz ederek inovasyon performansında kullanılacak değişkenleri belirlemişlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda strateji, süreçler, liderlik, yetkinlik ve organizasyonel kültür olmak üzere temel 5 değişkenin inovasyon performansını ölçmede kullanılacağını belirtmektedirler.

Kim (2014), çalışmada girdi odaklı, süreç odaklı ve çıktı odaklı olmak üzere 3 ana boyutta toplam 15 göstergiyi kullanarak inovasyon performansını ölçen bir model geliştirmiştir. İnovasyona ayrılan finansal kaynaklar, insan kaynakları, inovasyona yönelik olmayan kaynaklar, yeni ürün geliştirmede üst yönetimin harcadığı zaman vb. faaliyetleri girdi odaklı; süreç hızı, fikir süreci, inovasyon portföy dengesi, aksiyon ve planlar arasındaki fark ve farklı fırsatlar için kullanılan farklı araçları süreç odaklı; yeni geliştirilen ürün ve hizmet sayısı, yeni ürünlerden elde edilen satış oranı, yeni müşterilerden elde edilen kar oranı ve inovasyon sayesinde yatırım geri dönüş oranı değişkenlerini çıktı olarak ele almıştır. Calik ve Bardudeen (2016), üretim işletmeleri için sürdürülebilir inovasyon performansını değerlendirmede kullanılabilecek bir ölçüm skalası geliştirmişlerdir. Ekonomik, çevresel ve sosyal etki olma üzere 3 ana kriter belirlemişlerdir. Ekonomik ana kriterinin altında inovasyon harcamaları, yeni ürün geliştirme, patent, yeni süreç

geliştirme; çevre ana kriterinin altında materyal kullanımı, enerji kullanımı, diğer kaynak kullanımı, atık/emisyon değerleri, geri dönüşüm, sertifika/eko etiket sayısı; sosyal ana kriterinin altında sağlık ve güvenlik, kalite ve dayanıklılık ile ergonomi değişkenlerini incelemişlerdir. Taşgıt ve Demirel (2016), yaptıkları çalışmada inovasyon performansını ölçmede kullanılabilecek kriterleri belirlemek için bilişim sektöründe bir uygulama gerçekleştirmişlerdir. Fikir üretme aşamasında, üretilen fikir sayısı, fikir üretme maliyeti, fikirden faydalanma düzeyi; deneme sürümü aşamalarında ürünün müşteri beklentilerini ve kalite standartlarını karşılama düzeyi, hata düzeyi, bütçe, süre; tam sürüm aşamasında ürün oluşturma süresi, bütçeye uygunluk düzeyi; satış aşamasında da yeni ürünlerin müşteri memnuniyeti sağlama düzeyi, yeni ürünlerin satış miktarı, ciro ve kar içindeki etkisi gibi kriterleri analiz ederek inovasyon performansını ölçen bir model geliştirmişlerdir.

4.3. YAPAY SİNİR AĞLARI, BULANIK DANP VE AĞIRLIK KISITLI VERİ ZARFLAMA ANALİZİ YÖNTEMLERİ İLE İNOVASYON PERFORMANSININ ÖLÇÜLMESİ

4.3.1. Araştırmanın Amacı ve Yöntemi

Yapılan çalışma ile YSA, Bulanık DANP ve Ağırlık Kısıtlı VZA yaklaşımlarını entegre bir şekilde kullanarak ülkelerin inovasyon performansını ölçen objektif bir değerlendirme sisteminin kurulması amaçlanmaktadır. Klasik VZA yaklaşımında model çözüldükten sonra değişkenlerin ağırlıkları belirlendiğinden bazı önemli değişkenlerin düşük ağırlık değerine, bazı önemsiz değişkenlerin de yüksek ağırlık değerine sahip olduğu böylelikle yapılan etkinlik değerlendirmesinin de gerçeği yansıtmaması gibi birtakım sorunların ortaya çıkabildiği görülmektedir. Güven bölgesi modeli ile değişkenlere ağırlık kısıtlaması konularak bu sorun ortadan kaldırılmaktadır. Ancak güven bölgesi modelinde de ağırlıkların belirlenmesi konusu gündeme gelmektedir. Karar vericilerin subjektif yargılarına bağlı olarak ağırlıklar değişebilmektedir. Bu çalışmada değişkenlere ilişkin ağırlık değerleri YSA ve Bulanık DANP yaklaşımları bir arada kullanılarak belirlenmiştir. İnovasyon performansını ölçmede kullanılan değişkenler Tablo 18’de yer almaktadır.

Tablo 18: Çalışma Kapsamında Dikkate Alınan Kriterler

Ana Kriterler	Alt Kriterler	2. Alt Kriterler
D1 - Kurumlar	C1 - Politik Çevre	Politik istikrar, devletin etkinliği
	C2 - Düzenleyici Çevre	Düzenleyici kalite, hukukun üstünlüğü, işten çıkarma maliyeti
	C3 - İş Çevresi	İş kurma kolaylığı, iflas sorununu çözme kolaylığı, vergi ödeme kolaylığı
D2 - İnsan Kaynağı ve Araştırma	C4 - Eğitim	Eğitim harcamaları (% GSYİH), Kamu harcamaları/öğrenci (ortaöğretim), okul hayatı süresi, okuma, matematik ve bilimdeki PISA sıralaması, öğrenci/öğretmen oranı (ortaöğretim)
	C5 - Yükseköğretim	Yükseköğretime kayıt, fen ve mühendislik mezunları, yükseköğretime gelen hareketlilik
	C6 - Araştırma & Geliştirme	Araştırmacılar, Ar-Ge'ye ilişkin brüt harcamalar, üniversite sıralaması
D3 - Altyapı	C7 - Bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısı	BİT erişimi, BİT kullanımı, devletin online hizmetleri, e-katılım
	C8 - Genel altyapı	Elektrik üretimi, lojistik performans, brüt sermaye oluşumu
	C9 - Ekolojik sürdürülebilirlik	Enerji kullanımı çevresel performans, ISO 14001 çevre sertifikası
D4 - Pazar Gelişmişliği	C10 - Kredi	Kredi alma kolaylığı, özel sektöre yönelik krediler, mikrofinans brüt krediler
	C11 - Yatırım	Yatırımcıları koruma kolaylığı, piyasa değeri, işlem gören toplam stok değeri, girişim sermayesi fırsatları
	C12 - Ticaret & Rekabet	Uygulanan tarife oranı, yerel rekabetin yoğunluğu
D5 - İş Çevresi Gelişmişliği	C13 - Bilgi işçileri	Bilgi yoğun istihdam, eğitim veren firmalar, işletmeler tarafından Ar-Ge harcamaları, kadın istihdamı
	C14 - İnovasyon bağlantıları	Üniversite-sanayi işbirliği, kümelenme gelişimi, dışarıdan finanse edilen Ar-Ge harcamaları, stratejik ittifak, patent aileleri
	C15 - Bilginin özümsemesi	Telif ve lisans ücreti, ileri teknoloji ithalatları, haberleşme, bilgisayar ve bilgi hizmetleri, yabancı yatırımı net akışı
D6 - Bilgi ve Teknoloji	C16 - Bilginin üretimi	Yurtiçi patent, uluslararası patent, faydalı model, bilimsel ve teknik makaleler, atıf yapılma sayısı (H indeksi)
	C17 - Bilginin etkisi	Büyüme hızı, yeni işletmeler, yazılım harcamaları, ISO 9001 sertifikası, orta-yüksek ve ileri teknoloji üretimi
	C18 - Bilginin yayılımı	Telif ve lisans ücreti gelirleri, ileri teknoloji ihracatları, haberleşme, bilgisayar ve bilgi hizmetleri gelirleri, yabancı yatırımı net gelirleri
D7 - Yaratıcılık	C19 - Maddi olmayan duran varlıkları	Yurtiçi tescilli markalar, Madrid markaları, BİT ve iş modeli oluşturma, BİT ve organizasyonel model oluşturma
	C20 - Yaratıcı mallar ve hizmetler	Kültürel ve yaratıcı hizmetler ihracatı, ulusal filmler, küreselleşme ve medya, basım ve yayın, yaratıcı mal ihracatı
	C21 - Çevrimiçi yaratıcılık	Jenerik üst düzey alanlar, ülke kodları, wikipedia düzenleme, Youtube video yükleme

Kaynak: Global Innovation Index, 2015: 9.

Çalışma kapsamında INSEAD tarafından her yıl yayımlanan Küresel İnovasyon Endeksi ölçüm çalışmalarında yer alan değişkenler kullanılmıştır. Bu değişkenler incelendiğinde, kurumlar ana değişkeni kapsamında devlet tarafından inovasyona verilen önem, geliştirilen politikalar, girişimciler için mevzuatta yapılan kolaylık gibi konular ön plana çıkmaktadır. İnsan kaynağı ve araştırma ana değişkeni çerçevesinde, eğitim harcamaları, fen ve mühendislik mezunları, Ar-Ge harcamaları ile Ar-Ge çalışan personel sayısı hususları dikkat çekmektedir. Altyapı ana değişkeni, bilgi ve iletişim faaliyetleri ve son yıllarda önemi artan çevre konularını içermektedir. Pazar gelişmişliği ana değişkeni finans kurumları tarafından sağlanan finans kolaylığı, yatırım ve ticaret&rekabet değişkenlerini ele alırken, iş çevresi gelişmişliği, bilgi faaliyetlerindeki istihdam, üniversite-sanayi işbirliği ve lisans ücretleri konularını ele almaktadır. Bilgi ve teknoloji ile yaratıcılık çıktıları ise, patent, faydalı model, marka sayıları, makale ve atıf sayıları, medya ve yayın ile yüksek teknoloji ihracatı konuları değerlendirilmektedir.

Ülkelerin Küresel İnovasyon Endeksini ölçmek amacıyla kullanılan ana kriterler ve alt kriterler ele alınmıştır. Ayrıca her bir alt kriterin değerini hesaplamada kullanılan toplam 79 adet ikinci alt kriterler de bulunmaktadır. Bunlardan 55 tanesi sayısal veri, 19 tanesi bütünlük indeks verisi ve 5 tanesi de anket verisidir. İkinci alt kriterler öncelikle normalize edilmekte, belirli oranlarda ağırlıklandırılmakta ve ağırlıklı ortalamaları alınarak alt kriterlerin değerleri hesaplanmaktadır. Daha sonra alt kriterlerin de ortalaması alınarak ana kriterlerin değerleri bulunmakta ve son olarak da 7 adet ana kriterin de ortalaması alınarak her bir ülkenin Küresel İnovasyon Endeksi ortaya çıkmaktadır (Global Innovation Index, 2015). Küresel İnovasyon Endeksi kapsamında yapılan analizler ortalama alınarak yapılan basit bir analiz tekniğidir. Bu çalışma kapsamında aynı değişkenler kullanılarak daha kapsamlı bir metodoloji sunulması hedeflenmektedir. Çalışmanın uygulama süreci aşağıda yer alan Şekil 27'deki akış diyagramında görülmektedir. Değişkenlere ilişkin tüm veriler Küresel İnovasyon Endeksi raporlarından elde edilmiş olup, bu değişkenlere ait tanımsal istatistikler Tablo 19'da yer almaktadır.

Tablo 19: Alt Kriterlere İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler

Alt Kriterler	n	2012				2013				2014				2015			
		Ort.	Std. Sapma	Min	Max	Ort.	Std. Sapma	Min	Max	Ort.	Std. Sapma	Min	Max	Ort.	Std. Sapma	Min	Max
C1	104	61,64	19,64	21,13	99,49	61,26	18,11	21,60	97,90	61,70	17,97	22,80	97,70	56,40	22,26	9,90	98,90
C2	104	68,19	19,34	7,90	99,38	67,50	19,76	3,50	99,70	66,94	19,91	2,20	98,80	67,03	19,63	1,00	98,50
C3	104	53,41	21,96	6,67	98,50	65,99	14,56	22,40	95,90	66,47	14,34	21,90	95,00	70,68	12,45	25,90	91,80
C4	104	51,25	13,31	10,02	75,70	52,46	14,84	8,10	78,40	44,55	12,23	10,70	71,30	45,26	12,13	15,70	70,80
C5	104	35,12	16,22	2,25	83,25	33,19	15,63	2,90	81,40	35,99	17,61	2,80	100,0	34,19	15,32	2,40	81,70
C6	104	30,02	19,14	6,51	94,32	21,98	22,63	0,20	80,90	24,24	24,16	0,30	82,60	23,90	24,03	0,20	85,80
C7	104	42,93	20,54	9,17	90,16	43,73	20,65	9,40	87,30	45,47	20,59	10,30	91,30	52,47	20,43	9,00	92,40
C8	104	39,10	11,74	18,10	74,84	32,45	9,78	16,20	64,30	35,49	10,43	16,40	65,30	33,92	11,80	12,30	68,10
C9	104	35,02	15,75	0,26	69,45	33,90	14,73	0,20	67,10	39,68	13,07	12,40	73,20	41,07	12,76	12,40	71,30
C10	104	35,83	20,22	1,86	85,59	45,67	20,74	8,20	95,40	41,26	17,01	9,70	84,40	35,80	16,36	6,50	79,20
C11	104	30,07	19,42	0,25	90,98	31,20	16,06	6,20	83,00	38,66	15,88	12,60	87,30	37,77	13,85	14,80	81,50
C12	104	63,44	9,98	28,84	91,08	75,87	8,41	46,00	90,20	74,77	7,28	43,30	86,90	77,31	9,08	50,40	93,30
C13	104	50,84	18,72	16,06	91,79	46,63	15,87	11,80	81,50	42,36	18,75	7,60	88,70	40,98	17,41	3,40	76,80
C14	104	37,12	11,33	14,99	68,72	29,87	13,03	7,80	67,60	33,67	12,09	4,80	63,80	33,41	11,93	5,10	64,80
C15	104	37,90	11,86	20,76	84,47	29,30	11,80	7,30	76,10	27,12	10,70	7,30	72,10	36,06	9,77	20,90	68,60
C16	104	30,76	22,50	1,53	99,69	21,69	19,54	1,20	87,30	23,09	19,40	1,30	74,80	21,99	19,74	1,40	78,60
C17	104	36,07	13,64	2,76	70,36	35,89	13,03	0,70	65,50	39,80	12,09	2,90	65,70	39,29	10,87	4,50	67,20
C18	104	32,12	16,45	0,33	77,50	29,05	13,92	0,40	75,60	33,95	12,18	0,30	66,70	32,68	15,31	0,40	90,30
C19	104	42,14	11,70	11,97	73,25	44,40	11,54	11,40	77,40	45,35	11,14	4,00	74,20	47,38	10,37	20,60	75,50
C20	104	25,07	14,24	1,56	57,78	36,53	14,77	2,00	69,50	23,39	14,82	0,60	64,40	23,19	13,52	0,30	53,50
C21	104	31,36	22,14	0,07	81,27	35,69	20,98	3,90	92,20	29,87	22,95	0,10	81,40	27,91	24,80	0,10	97,40

Küresel İnovasyon İndeksi kapsamında 2012 yılında 141, 2013 yılında 142, 2014 yılında 143 ve 2015 yılında da 141 ülkenin inovasyon performansları ölçülmüştür. Ancak 2012 yılından itibaren yapılan analizlerde bazı ülkelerin her yıl performansı ölçülürken bazı ülkelerin ise belirli yıllarda performansının ölçüldüğü, bazı ülkelerin de bazı değişkenlerine ilişkin verilere ulaşamadığından sıfır alınarak analizler yapıldığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle çalışma kapsamında yaptığımız analizlerin tutarlı olması için hem her yıl performansı ölçülen hem de tüm verilerine ulaşılan ülkeler seçilmiş ve toplam da 104 ülkenin inovasyon performansları ölçülmüştür. Tablo 20’de ana kriterlere ait tanımlayıcı istatistikler yer almaktadır.

Tablo 20: Ana Kriterlere İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler

		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
2012	Ort.	61,08	38,80	39,02	43,11	41,95	32,98	35,18
	Std. Sapma	18,25	13,86	13,30	13,96	10,94	14,39	11,00
	Min	16,25	9,97	15,27	16,89	22,58	6,36	11,69
	Max	95,28	68,27	69,79	85,52	76,88	71,96	65,03
2013	Ort.	64,91	35,88	36,70	50,91	35,27	30,31	40,26
	Std. Sapma	16,17	15,03	12,79	12,83	10,84	11,86	11,62
	Min	20,60	7,70	11,40	25,90	17,70	5,30	11,60
	Max	95,30	67,40	63,40	88,60	69,20	61,50	73,70
2014	Ort.	65,04	34,93	40,22	51,56	34,38	32,28	35,99
	Std. Sapma	16,02	15,25	12,32	11,05	10,83	11,70	11,95
	Min	21,10	9,80	18,10	29,60	12,60	13,60	5,00
	Max	95,30	66,50	67,40	83,80	66,70	60,90	66,10
2015	Ort.	64,70	34,45	42,48	50,29	36,81	31,33	36,47
	Std. Sapma	16,81	14,51	12,82	10,44	10,25	12,45	12,49
	Min	17,00	11,50	17,30	27,30	20,30	11,90	15,50
	Max	95,80	64,90	69,50	81,50	63,10	72,40	72,40
n		104	104	104	104	104	104	104

4.3.2. Yapay Sinir Ağları İle Değişkenler Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi

Yapılan çalışma kapsamında değişkenler arasındaki ilişkiler ve değişkenlerin önem dereceleri YSA ile analiz edilmiştir. Herbir değişken bağımlı değişken, onun dışında kalan diğer tüm değişkenler de bağımsız değişken olarak ele alınarak alt kriterler için 21 model, ana kriterler için de 7 model olmak üzere toplam 28 YSA modeli kurulmuştur. Matlab R2014a programı ile YSA analizleri gerçekleştirilmiştir. YSA modeli olarak literatürde birçok çalışmada kullanılan ve tutarlı sonuçlar verdiği

ispatlanmış bir model olan çok katmanlı ileri beslemeli geri yayılım ağı kullanılmıştır. Eğitim algoritması olarak da hızlı yakınsaması, güçlü yapısı ve lokal minimuma ulaşma yeteneğine sahip doğrusal olmayan optimizasyon yöntemlerinden biri olan (Zhang ve diğerleri, 1998: 47-48) Levenberg-Marquardt yöntemi seçilmiştir. Aktivasyon fonksiyonu olarak hiperbolik tanjant kullanılmıştır. Analizler yapılmadan önce eğitim performansını arttırmak için tüm veriler $[-1,1]$ olacak şekilde normalize edilmiştir. Herbir modelde 20 bağımsız değişken olduğundan girdi nöronu 20, bağımlı değişken de 1 tane olduğundan çıktı nöronu 1 olarak ele alınmıştır. Çok katmanlı ağı mimari yapısının oluşturulmasında gizli katman sayısı ve gizli katmandaki nöron sayısının ağın hatasını minimum yapacak şekilde belirlenmesine dikkat edilmelidir. Bu parametreleri belirlemek için bazı yöntemler önerilse de her veri seti için uygulanacak standart bir yöntem yoktur. Bunun için deneme-yanılma ile ağ mimarisi oluşturulmaktadır. Bunun için farklı stratejiler geliştirilmiştir. Tek katmanlı, iki katmanlı ve üç katmanlı olmak üzere ve her katmandaki nöron sayıları da değiştirilerek çeşitli alternatifler belirlenmiştir. Tek katmanlı modellerde, 5, 10, 20 ve 30 nöronlu 4 farklı model; iki gizli katmanlı modellerde her katmanda 5, 10, 20 ve 30 nöronun olduğu 16 farklı model ve de üç gizli katmanlı modellerde ise her katmanda 5, 10, 20 ve 30 nörona sahip 4 farklı model olmak üzere toplam 24 adet farklı model denenmiştir. Performans ölçütü olarak hata kareleri ortalaması (HKO) ve korelasyon katsayısı (R) kullanılmıştır. Her yıl 104 ülke verisi ele alınmış olup toplamda 416 veri kullanılmıştır. Veriler zaman olarak eskiden yeniye doğru sıralanmıştır. Verilerin %70'i eğitim (ilk 292 veri), %15'i doğrulama (293. ile 354. arasındaki veriler: 62 veri) ve %15'i de test seti (355. ile 416. arasındaki veriler: 62 veri) olarak ayrılarak eğitime başlanmıştır. Ağ en düşük hataya ulaştığı iterasyon sayısında (İS) eğitim tamamlanmış, en düşük HKO değerine ve en yüksek R değerine sahip model seçilmiştir. En iyi ağ yapısı belirlendikten sonra da değişkenlerin önem derecelerini belirlemek amacıyla perturb yöntemi uygulanmıştır. Diğer değişkenler sabit tutulmak şartıyla her bir değişken belirli oranda arttırılarak (%10-%50) ağı HKO değeri üzerindeki değişimi incelenmiştir. Bu çalışmada değişim miktarı %20 seçilerek 28 değişken için aynı stratejiler uygulanmış ve en iyi ağ yapısı ile girdilerin önem dereceleri belirlenmiştir.

4.3.2.1. Politik Çevre Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi

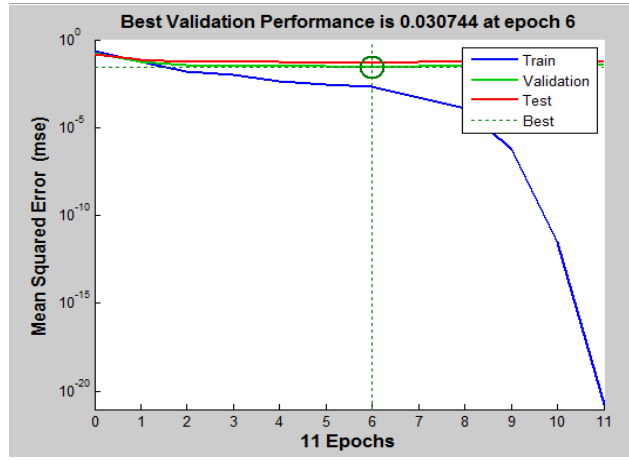
Politik çevre değişkeni bağımlı değişken, diğer değişkenler bağımsız değişkenler olarak ele alınarak öncelikle gizli katman sayısını (GKS) ve gizli katmandaki nöron sayısını (NS) belirlemek için aşağıda Tablo 21’de yer alan çeşitli denemeler yapılmıştır.

Tablo 21: Politik Çevre Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler

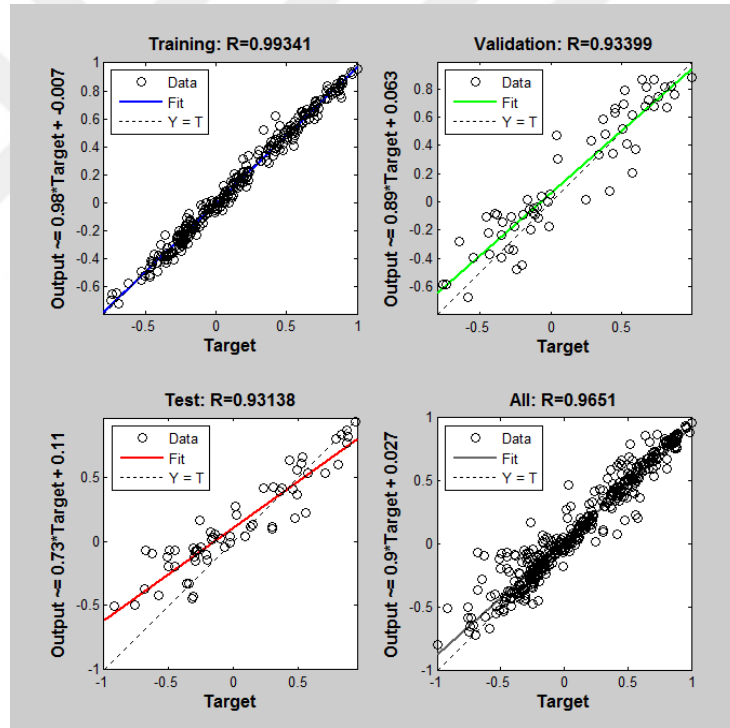
Deneme	Parametreler			Eğitim Seti		Doğrulama Seti		Test Seti	
	GKS	NS	İS	HKO	R	HKO	R	HKO	R
1	1	5	6	0,0211	0,94	0,0426	0,90	0,0653	0,90
2	1	10	12	0,0090	0,97	0,0394	0,91	0,0439	0,92
3	1	20	12	0,0038	0,98	0,0432	0,91	0,0592	0,89
4	1	30	9	0,0110	0,98	0,0367	0,92	0,0448	0,91
5	2	5-5	9	0,0220	0,93	0,0392	0,91	0,0620	0,91
6	2	5-10	10	0,0143	0,95	0,0352	0,91	0,0543	0,90
7	2	5-20	12	0,0108	0,96	0,0337	0,92	0,0597	0,92
8	2	5-30	9	0,0165	0,95	0,0472	0,88	0,0715	0,86
9	2	10-5	14	0,0079	0,97	0,0307	0,92	0,0614	0,90
10	2	10-10	12	0,0085	0,97	0,0367	0,91	0,0686	0,86
11	2	10-20	9	0,0187	0,94	0,0324	0,92	0,0523	0,91
12	2	10-30	9	0,0141	0,95	0,0448	0,90	0,0962	0,82
13	2	20-5	16	0,00009	0,99	0,0308	0,93	0,0704	0,86
14	2	20-10	9	0,0225	0,95	0,0352	0,92	0,0346	0,92
15	2	20-20	9	0,0141	0,96	0,0451	0,89	0,0671	0,87
16	2	20-30	11	0,0020	0,99	0,0292	0,93	0,0455	0,92
17	2	30-5	11	0,0057	0,98	0,0351	0,92	0,0641	0,89
18	2	30-10	11	0,0024	0,99	0,0307	0,94	0,0373	0,93
19	2	30-20	11	0,0008	0,99	0,0438	0,90	0,0647	0,86
20	2	30-30	9	0,000064	0,99	0,0429	0,90	0,0676	0,89
21	3	5-5-5	13	0,0161	0,95	0,0410	0,90	0,0565	0,90
22	3	10-10-10	12	0,0048	0,98	0,0623	0,86	0,0683	0,89
23	3	20-20-20	11	0,0017	0,99	0,0350	0,92	0,0568	0,88
24	3	30-30-30	9	8,71E-24	1,00	0,0624	0,87	0,0562	0,92

Tablo 21’deki test setinin HKO ve R değerleri incelendiğinde, 18 nolu deneme olan 2 gizli katmanlı, ilk katmanda 30 nörona ve ikinci katmanda da 10 nörona sahip ağ yapısının en iyi sonuç verdiği görülmektedir. Bu ağın eğitimine ilişkin performans grafiği aşağıda Şekil 28’de yer almaktadır.

Şekil 28: Politik Çevre Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği

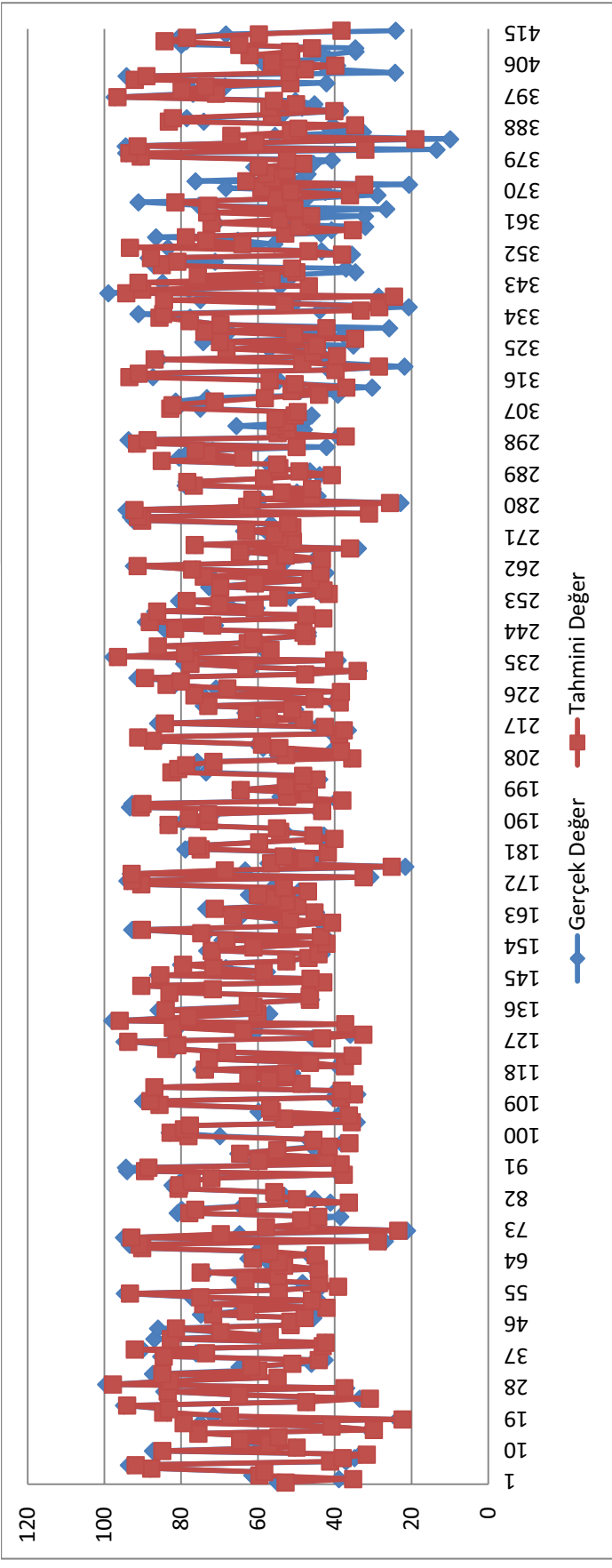


Şekil 29: Politik Çevre Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri



Tahmini değerler ile gerçek değerler arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon grafikleri Şekil 29'da gösterilmektedir. Eğitim verilerinin korelasyon katsayısı 0,99; doğrulama setinin korelasyon katsayısı 0,93; test setinin korelasyon katsayısı 0,93 ve tüm verilerin korelasyon katsayısı 0,96 olarak bulunmuştur. Bu değerler, değişkenler arasında güçlü bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Tüm verilere ilişkin, YSA tarafından tahmin edilen değerler ile gerçek değerler Şekil 30'da yer almaktadır.

Şekil 30: Politik Çevre Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması



Ağ parametreleri optimize edilip en iyi ağ yapısı oluşturulduktan sonra politik çevre değişkenini etkileyen değişkenlerin önem derecelerini belirlemek için perturb yöntemi uygulanmıştır. Diğer değişkenler sabit tutularak herbir değişkenin değeri %20'si kadar arttırılarak ağın HKO üzerindeki değişimleri incelenmiştir. Tablo 22'de politik çevre değişkenini etkileyen değişkenlerin önem dereceleri yer almaktadır.

Tablo 22: Politik Çevre Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri

Değişkenler	HKO Değişim (%)	Normalize
C2 - Düzenleyici Çevre	7,996	0,097
C3 - İş Çevresi	1,227	0,015
C4 - Eğitim	0,675	0,008
C5 - Yükseköğretim	9,530	0,115
C6 - Araştırma & Geliştirme	26,176	0,316
C7 - Bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısı	0,204	0,002
C8 - Genel altyapı	2,863	0,035
C9 - Ekolojik sürdürülebilirlik	0,818	0,010
C10 - Kredi	3,885	0,047
C11 - Yatırım	3,067	0,037
C12 - Ticaret & Rekabet	0,613	0,007
C13 - Bilgi işçileri	0,409	0,005
C14 - İnovasyon bağlantıları	3,681	0,044
C15 - Bilginin özümsemesi	0,204	0,002
C16 - Bilginin üretimi	7,362	0,089
C17 - Bilginin etkisi	0,613	0,007
C18 - Bilginin yayılımı	3,067	0,037
C19 - Maddi olmayan duran varlıklar	0,409	0,005
C20 - Yaratıcı mallar ve hizmetler	9,407	0,114
C21 - Çevrimiçi yaratıcılık	0,613	0,007

Tablo 22 incelendiğinde politik çevre değişkenini en fazla etkileyen değişkenlerin Ar-Ge, yükseköğretim, yaratıcı mallar ve hizmetler, düzenleyici çevre ve bilginin üretimi olduğu; en az etkileyen değişkenlerin de çevrimiçi yaratıcılık, bilgi işçileri, maddi olmayan duran varlıklar, bilginin özümsemesi ve bilginin etkisi olduğu anlaşılmaktadır.

4.3.2.2. Düzenleyici Çevre Değişkeni Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi

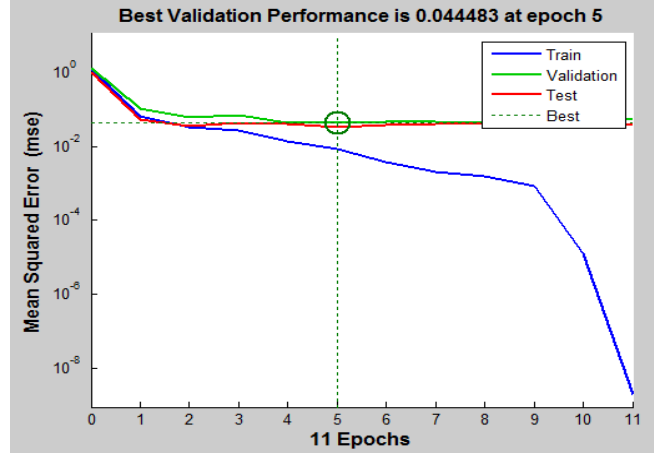
Düzenleyici çevre değişkeni bağımlı değişken, diğer değişkenler bağımsız değişkenler olarak ele alındığında, ağız gizli katman sayısını ve gizli katmandaki nöron sayısını belirlemek için aşağıda Tablo 23’de gösterilen denemeler yapılmıştır.

Tablo 23: Düzenleyici Çevre Değişkeni İlişkin Yapılan Denemeler

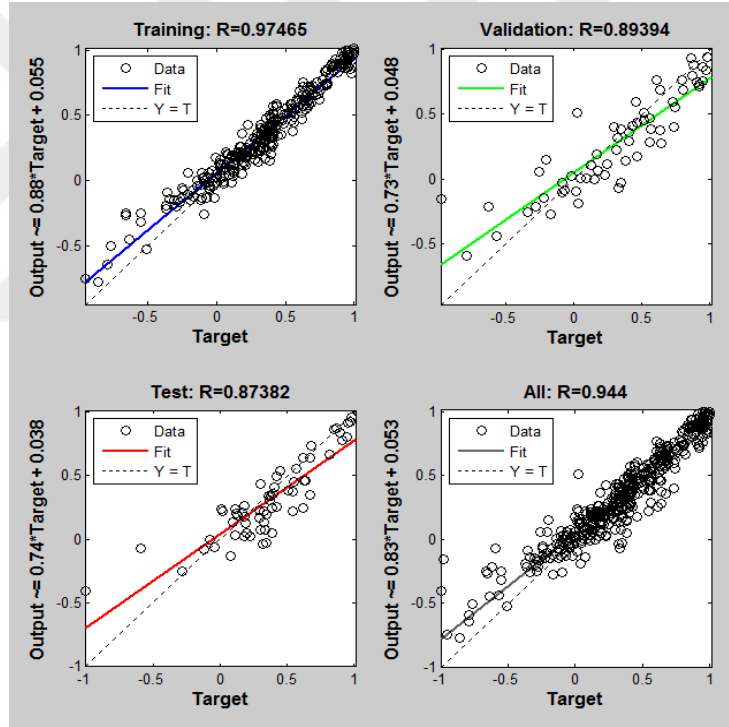
Deneme	Parametreler			Eğitim Seti		Doğrulama Seti		Test Seti	
	GKS	NS	İS	HKO	R	HKO	R	HKO	R
1	1	5	13	0,0340	0,88	0,0523	0,87	0,0564	0,78
2	1	10	11	0,0233	0,92	0,0576	0,85	0,0692	0,75
3	1	20	6	0,0030	0,99	0,0416	0,91	0,0758	0,75
4	1	30	12	0,0039	0,98	0,0430	0,89	0,0761	0,73
5	2	5-5	9	0,0314	0,89	0,0395	0,91	0,0397	0,84
6	2	5-10	9	0,0305	0,89	0,0479	0,88	0,0503	0,80
7	2	5-20	14	0,0172	0,94	0,0410	0,90	0,0581	0,77
8	2	5-30	12	0,0136	0,95	0,0587	0,85	0,0666	0,76
9	2	10-5	16	0,0056	0,98	0,0344	0,91	0,0650	0,73
10	2	10-10	16	0,0051	0,98	0,0463	0,88	0,0738	0,70
11	2	10-20	10	0,0175	0,94	0,0508	0,87	0,0771	0,80
12	2	10-30	11	0,0069	0,97	0,0530	0,86	0,0838	0,73
13	2	20-5	12	0,0043	0,98	0,0362	0,91	0,0566	0,79
14	2	20-10	15	0,0013	0,99	0,0450	0,89	0,0974	0,74
15	2	20-20	11	0,0085	0,97	0,0445	0,89	0,0341	0,87
16	2	20-30	9	4,92E-5	0,99	0,0285	0,93	0,0417	0,85
17	2	30-5	11	0,0085	0,97	0,0369	0,91	0,0510	0,83
18	2	30-10	10	0,0064	0,97	0,0511	0,88	0,0615	0,83
19	2	30-20	7	0,0341	0,91	0,0489	0,88	0,0640	0,81
20	2	30-30	8	0,0362	0,91	0,0386	0,91	0,0599	0,82
21	3	5-5-5	11	0,0286	0,90	0,0444	0,89	0,0529	0,79
22	3	10-10-10	14	0,0084	0,97	0,0406	0,89	0,0795	0,72
23	3	20-20-20	12	0,0031	0,99	0,0380	0,90	0,0570	0,78
24	3	30-30-30	10	0,0102	0,96	0,0503	0,87	0,0674	0,76

Tablo 23’deki test setinin sonuçları incelendiğinde, 2 gizli katmanlı, ilk katmanda 20 nöronu ve ikinci katmanda da 20 nöronu olan 15 nolu denemedeki ağ yapısının en az hataya sahip ve en iyi sonuç veren ağ yapısı olduğu görülmektedir. Bu ağın eğitimine ilişkin performans grafiği aşağıdaki Şekil 31’de yer almaktadır.

Şekil 31: Düzenleyici Çevre Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği

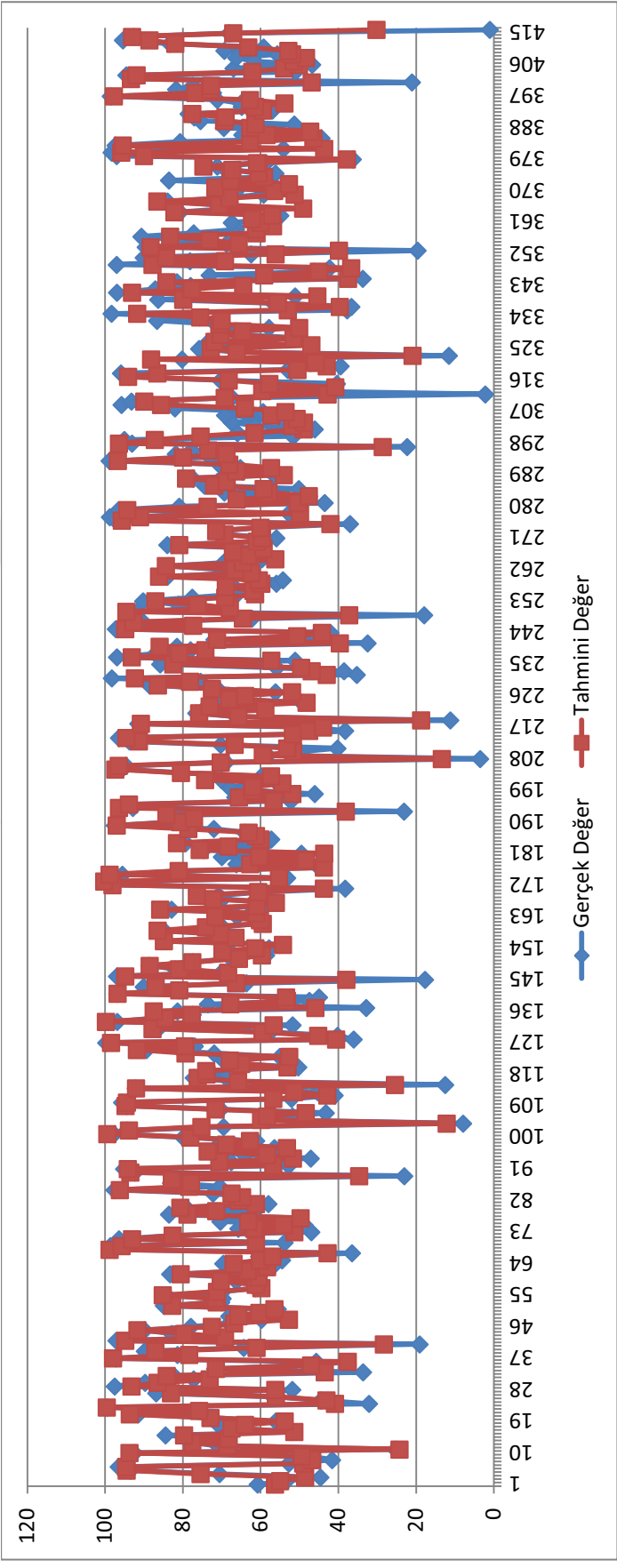


Şekil 32: Düzenleyici Çevre Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri



Tahmini ve gerçek değerler arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon grafikleri Şekil 32’de gösterilmektedir. Eğitim verilerinin korelasyon katsayısı 0,97; doğrulama setinin korelasyon katsayısı 0,89; test setinin korelasyon katsayısı 0,87 ve tüm verilerin korelasyon katsayısı 0,94 olarak bulunmuştur. Tüm verilere ilişkin, YSA tarafından tahmin edilen değerler ile gerçek değerler Şekil 33’de yer almaktadır.

Şekil 33: Düzenleyici Çevre Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması



En iyi ağ yapısı oluşturulduktan sonra, perturb yöntemi uygulanarak düzenleyici çevre değişkenini etkileyen değişkenlerin önem dereceleri belirlenmiştir. Diğer değişkenler sabit tutularak, her bir değişkenin değeri %20'si kadar arttırılarak ağın HKO üzerindeki değişimleri incelenmiştir. Tablo 24'de düzenleyici çevre değişkenini etkileyen değişkenlerin önem dereceleri yer almaktadır.

Tablo 24: Düzenleyici Çevre Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri

Değişkenler	HKO Değişim (%)	Normalize
C1 - Politik Çevre	2,054	0,018
C3 - İş Çevresi	6,661	0,060
C4 - Eğitim	0,352	0,003
C5 - Yükseköğretim	1,995	0,018
C6 - Araştırma & Geliştirme	4,167	0,037
C7 - Bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısı	0,675	0,006
C8 - Genel altyapı	0,587	0,005
C9 - Ekolojik sürdürülebilirlik	1,878	0,017
C10 - Kredi	5,869	0,053
C11 - Yatırım	1,438	0,013
C12 - Ticaret & Rekabet	0,646	0,006
C13 - Bilgi işçileri	3,668	0,033
C14 - İnovasyon bağlantıları	0,440	0,004
C15 - Bilginin özümsemesi	5,194	0,047
C16 - Bilginin üretimi	51,086	0,458
C17 - Bilginin etkisi	1,555	0,014
C18 - Bilginin yayılımı	2,054	0,018
C19 - Maddi olmayan duran varlıklar	1,086	0,010
C20 - Yaratıcı mallar ve hizmetler	7,306	0,065
C21 - Çevrimiçi yaratıcılık	12,881	0,115

Düzenleyici çevre değişkenini en fazla etkileyen değişkenlerin bilginin üretimi, çevrimiçi yaratıcılık, yaratıcı mallar ve hizmetler, iş çevresi ve kredi olduğu; en az etkileyen değişkenlerin de eğitim, inovasyon bağlantıları, genel altyapı, ticaret & rekabet ve bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısı olduğu anlaşılmaktadır.

4.3.2.3. İş Çevresi Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi

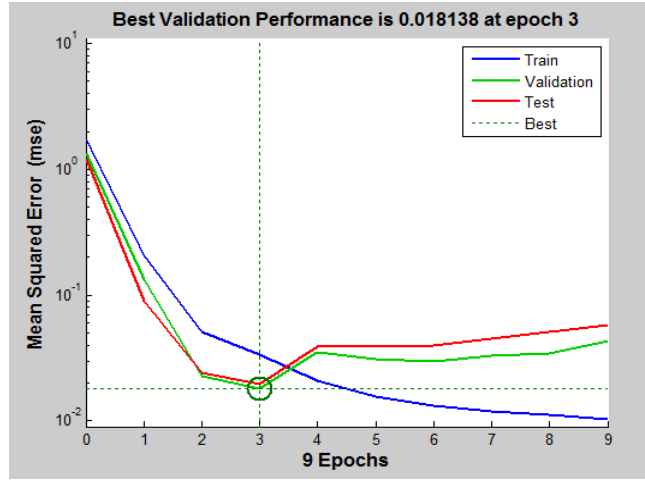
İş çevresi değişkeni bağımlı değişken, diğer değişkenler bağımsız değişkenler olarak ele alındığında aşağıda Tablo 25’de gösterilen, gizli katman sayısını ve gizli katmandaki nöron sayısını belirlemek için denemeler yapılmıştır.

Tablo 25: İş Çevresi Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler

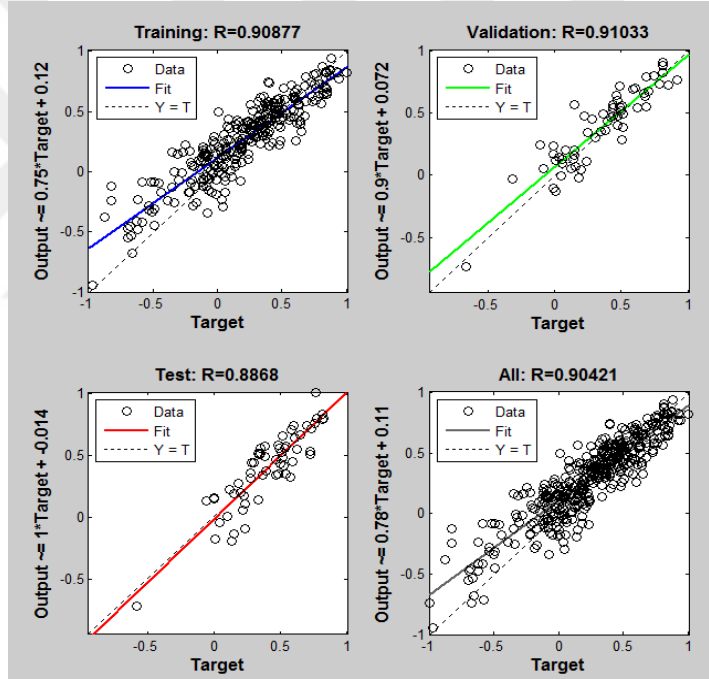
Deneme	Parametreler			Eğitim Seti		Doğrulama Seti		Test Seti	
	GKS	NS	İS	HKO	R	HKO	R	HKO	R
1	1	5	12	0,0247	0,92	0,0194	0,89	0,0374	0,79
2	1	10	9	0,0219	0,93	0,0333	0,84	0,0488	0,79
3	1	20	11	0,0049	0,98	0,0357	0,85	0,0876	0,75
4	1	30	11	0,0064	0,98	0,0376	0,89	0,0544	0,84
5	2	5-5	13	0,0295	0,90	0,0201	0,89	0,0344	0,82
6	2	5-10	9	0,0329	0,89	0,0266	0,86	0,0338	0,84
7	2	5-20	15	0,0171	0,94	0,0361	0,83	0,0375	0,83
8	2	5-30	9	0,0338	0,90	0,0181	0,91	0,0195	0,88
9	2	10-5	11	0,0194	0,93	0,0244	0,89	0,0329	0,83
10	2	10-10	14	0,0049	0,98	0,0363	0,83	0,0982	0,72
11	2	10-20	10	0,0141	0,96	0,0262	0,87	0,0416	0,77
12	2	10-30	11	0,0151	0,95	0,0254	0,86	0,0400	0,78
13	2	20-5	11	0,0145	0,95	0,0201	0,92	0,0433	0,86
14	2	20-10	11	0,0142	0,95	0,0557	0,80	0,0703	0,75
15	2	20-20	9	0,0182	0,94	0,0280	0,87	0,0449	0,81
16	2	20-30	10	0,0167	0,95	0,0335	0,85	0,0390	0,76
17	2	30-5	11	0,0106	0,96	0,0247	0,88	0,0531	0,82
18	2	30-10	12	0,0058	0,98	0,0251	0,88	0,0437	0,81
19	2	30-20	9	0,0215	0,93	0,0392	0,83	0,0616	0,73
20	2	30-30	8	0,0135	0,97	0,0455	0,85	0,0903	0,71
21	3	5-5-5	8	0,0486	0,84	0,0267	0,84	0,0435	0,74
22	3	10-10-10	11	0,0163	0,95	0,0324	0,086	0,0518	0,80
23	3	20-20-20	11	0,0075	0,98	0,0211	0,91	0,0281	0,85
24	3	30-30-30	9	0,0174	0,95	0,0389	0,85	0,0569	0,72

Tablo 25’deki test setinin HKO ve R değerleri incelendiğinde, 8 nolu deneme olan 2 gizli katmanlı, ilk katmanda 5 nörona ve ikinci katmanda da 30 nörona sahip ağ yapısının en iyi sonuç verdiği görülmektedir. Bu ağın eğitimine ilişkin performans grafiği aşağıdaki Şekil 34’de yer almaktadır.

Şekil 34: İş Çevresi Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği

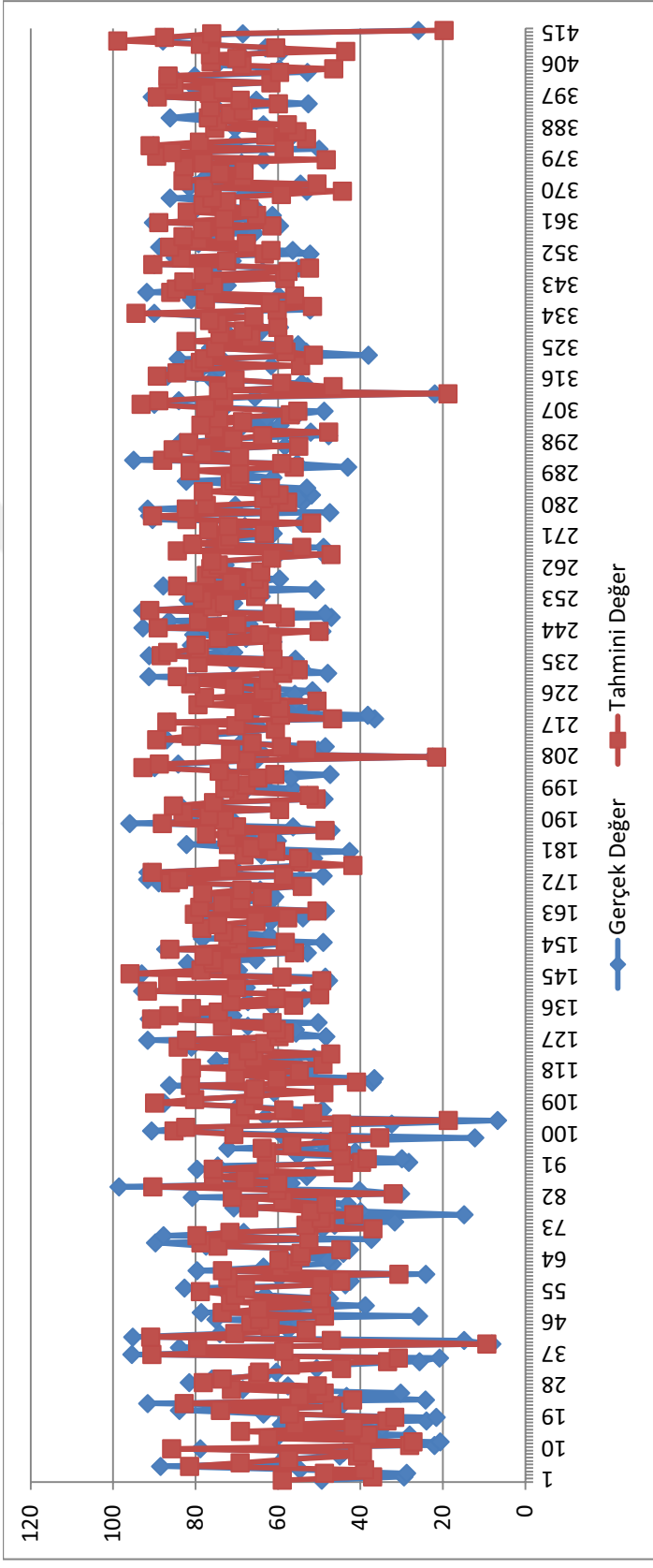


Şekil 35: İş Çevresi Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri



Şekil 35’de tahmini ve gerçek değerler arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon grafikleri yer almaktadır. Korelasyon katsayıları eğitim verileri, doğrulama seti, test seti ve tüm veriler için sırasıyla 0,90; 0,91; 0,89 ve 0,90 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler de değişkenler arasında güçlü bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. YSA tarafından tahmin edilen değerler ile gerçek değerler Şekil 36’da yer almaktadır.

Şekil 36: İş Çevresi Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması



Ağ parametreleri optimize edilip en iyi ağ yapısı oluşturulduktan sonra iş çevresi değişkenini etkileyen değişkenlerin önem derecelerini belirlemek için perturb yöntemi uygulanmıştır. Diğer değişkenler sabit tutularak herbir değişkenin değeri %20'si kadar arttırılarak ağın HKO üzerindeki değişimleri incelenmiştir. Tablo 26'da iş çevresi değişkenini etkileyen değişkenlerin önem dereceleri yer almaktadır.

Tablo 26: İş Çevresi Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri

Değişkenler	HKO Değişim (%)	Normalize
C1 - Politik Çevre	4,103	0,021
C2 – Düzenleyici Çevre	50,256	0,258
C4 - Eğitim	4,103	0,021
C5 - Yükseköğretim	37,949	0,195
C6 - Araştırma & Geliştirme	3,077	0,016
C7 - Bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısı	22,051	0,113
C8 - Genel altyapı	0,513	0,003
C9 - Ekolojik sürdürülebilirlik	3,590	0,018
C10 - Kredi	8,205	0,042
C11 - Yatırım	5,641	0,029
C12 - Ticaret & Rekabet	11,282	0,058
C13 - Bilgi işçileri	2,564	0,013
C14 - İnovasyon bağlantıları	0,513	0,003
C15 - Bilginin özümsemi	2,051	0,011
C16 - Bilginin üretimi	3,077	0,016
C17 - Bilginin etkisi	0,513	0,003
C18 - Bilginin yayılımı	22,051	0,113
C19 - Maddi olmayan duran varlıklar	3,077	0,016
C20 - Yaratıcı mallar ve hizmetler	8,718	0,045
C21 - Çevrimiçi yaratıcılık	1,538	0,008

Elde edilen önem derecelerine göre, iş çevresi değişkenini en fazla etkileyen değişkenlerin düzenleyici çevre, yükseköğretim, bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısı, bilginin yayılımı ve ticaret&rekabet olduğu; en az etkileyen değişkenlerin de bilginin özümsemi, çevrimiçi yaratıcılık, genel altyapı, inovasyon bağlantıları ve bilginin etkisi olduğu anlaşılmaktadır.

4.3.2.4. Eğitim Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi

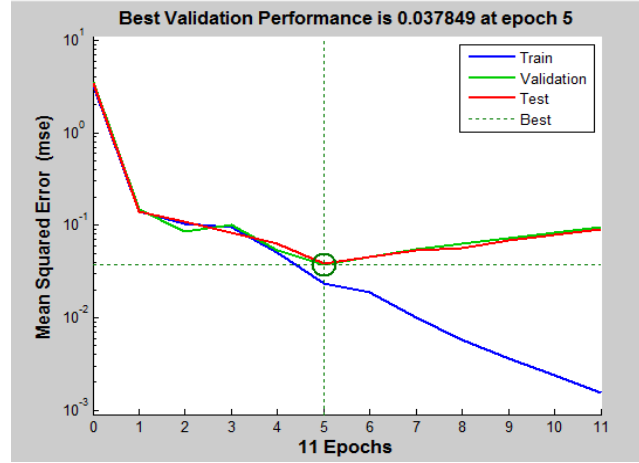
Bağımlı değişken olarak eğitim, diğer değişkenler bağımsız değişkenler olarak dikkate alınıp ağın mimari yapısını belirlemek için Tablo 27’de yer alan çeşitli denemeler yapılmıştır.

Tablo 27: Eğitim Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler

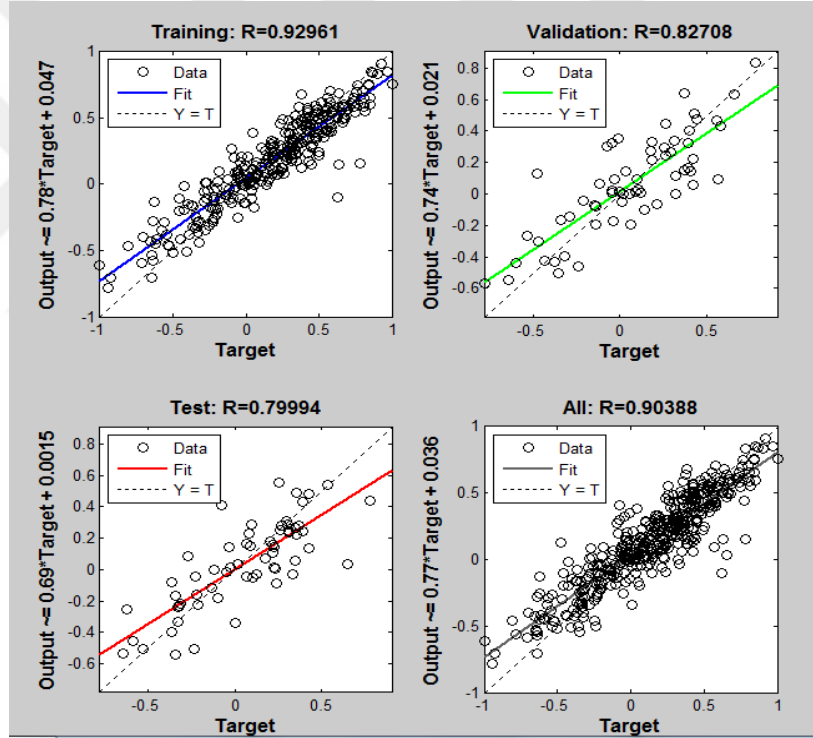
Deneme	Parametreler			Eğitim Seti		Doğrulama Seti		Test Seti	
	GKS	NS	İS	HKO	R	HKO	R	HKO	R
1	1	5	9	0,0422	0,86	0,0575	0,72	0,0663	0,66
2	1	10	14	0,0231	0,92	0,0826	0,67	0,0858	0,57
3	1	20	9	0,0290	0,90	0,0682	0,68	0,0750	0,61
4	1	30	11	0,0088	0,97	0,0684	0,75	0,0653	0,77
5	2	5-5	14	0,0262	0,91	0,0673	0,76	0,0739	0,68
6	2	5-10	17	0,0197	0,93	0,0572	0,77	0,0758	0,67
7	2	5-20	12	0,0357	0,88	0,0534	0,77	0,0768	0,64
8	2	5-30	14	0,0248	0,91	0,0588	0,75	0,0858	0,64
9	2	10-5	9	0,0325	0,89	0,0688	0,71	0,0683	0,71
10	2	10-10	13	0,0190	0,94	0,0510	0,75	0,0680	0,67
11	2	10-20	12	0,0208	0,93	0,0647	0,75	0,0734	0,71
12	2	10-30	9	0,0427	0,89	0,0549	0,75	0,0467	0,75
13	2	20-5	12	0,0166	0,94	0,0578	0,75	0,0475	0,76
14	2	20-10	10	0,0226	0,93	0,0492	0,78	0,0547	0,75
15	2	20-20	9	0,0313	0,91	0,0690	0,76	0,0704	0,68
16	2	20-30	9	0,0216	0,93	0,0518	0,75	0,0585	0,70
17	2	30-5	11	0,0234	0,92	0,0378	0,82	0,0380	0,80
18	2	30-10	10	0,0336	0,89	0,0560	0,75	0,0472	0,76
19	2	30-20	8	0,0380	0,88	0,0599	0,74	0,0522	0,72
20	2	30-30	9	0,0595	0,79	0,1189	0,55	0,1149	0,50
21	3	5-5-5	10	0,0719	0,77	0,0758	0,62	0,0619	0,65
22	3	10-10-10	10	0,0372	0,88	0,0573	0,77	0,0485	0,77
23	3	20-20-20	10	0,0291	0,92	0,0724	0,74	0,0626	0,74
24	3	30-30-30	11	0,0085	0,97	0,0766	0,68	0,0800	0,68

Yapılan tüm denemelerin HKO ve R değerlerine bakıldığında, 2 gizli katmanlı, ilk katmanda 30 nörona ve ikinci katmanda da 5 nörona sahip ağ yapısının en iyi sonuç verdiği görülmektedir. Bu ağın eğitimine ilişkin performans grafiği Şekil 37’de yer almaktadır.

Şekil 37: Eğitim Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği

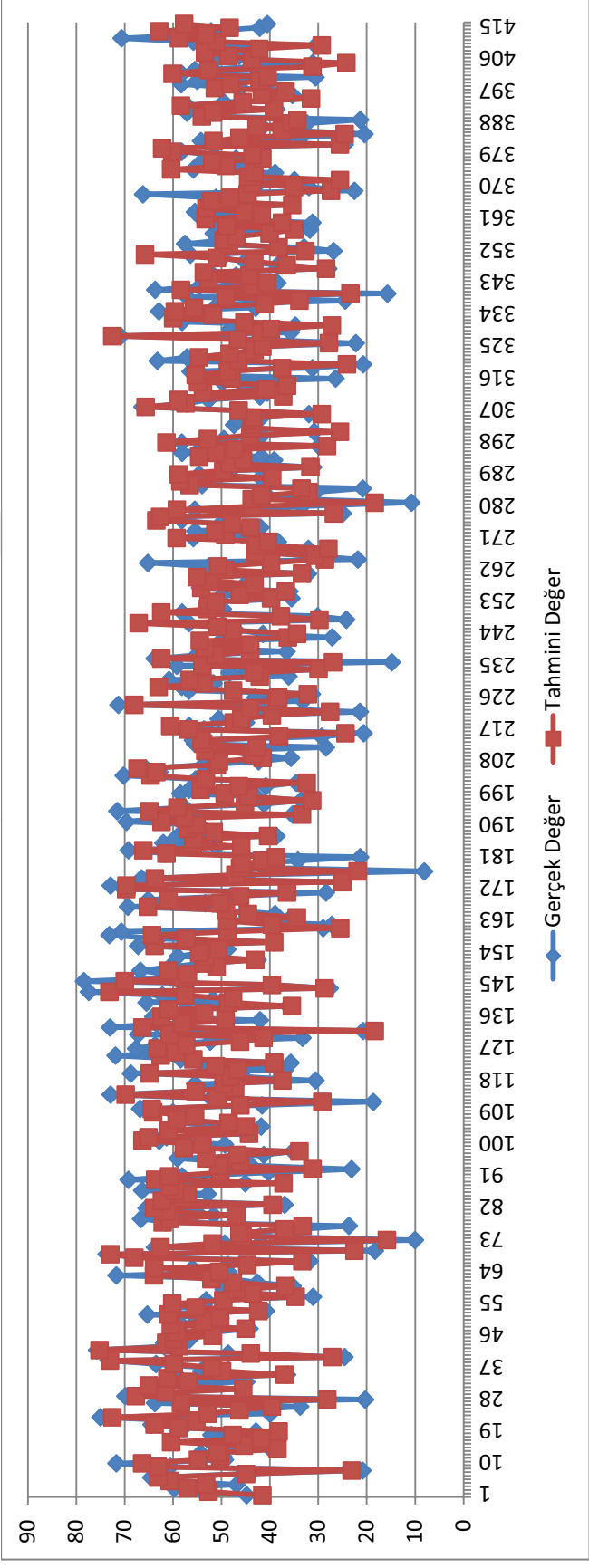


Şekil 38: Eğitim Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri



Şekil 38'deki grafikler incelendiğinde, eğitim verilerinin korelasyon katsayısı 0,92; doğrulama setinin korelasyon katsayısı 0,82; test setinin korelasyon katsayısı 0,80 ve tüm verilerin korelasyon katsayısı 0,90 olarak bulunmuştur. Bu değerler, değişkenler arasında güçlü bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Tüm verilere ilişkin, YSA tarafından tahmin edilen değerler ile gerçek değerler Şekil 39'da yer almaktadır.

Şekil 39: Eğitim Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması



En az hatayı veren ağ mimarisi belirlendikten sonra eğitim değişkenini etkileyen değişkenlerin önem derecelerini belirlemek için, diğer değişkenler sabit tutularak her bir değişkenin değeri %20'si kadar artırılarak perturb yöntemiyle ağın HKO üzerindeki değişimleri incelenmiştir. Tablo 28'de eğitim değişkenini etkileyen değişkenlerin önem dereceleri yer almaktadır.

Tablo 28: Eğitim Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri

Değişkenler	HKO Değişim (%)	Normalize
C1 - Politik Çevre	0,792	0,013
C2 – Düzenleyici Çevre	1,847	0,030
C3 – İş çevresi	0,792	0,013
C5 - Yükseköğretim	2,375	0,039
C6 - Araştırma & Geliştirme	3,694	0,061
C7 - Bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısı	8,179	0,134
C8 - Genel altyapı	2,111	0,035
C9 - Ekolojik sürdürülebilirlik	5,541	0,091
C10 - Kredi	0,264	0,004
C11 - Yatırım	2,111	0,035
C12 - Ticaret & Rekabet	13,456	0,221
C13 - Bilgi işçileri	1,583	0,026
C14 - İnovasyon bağlantıları	0,528	0,009
C15 - Bilginin özümsemesi	2,375	0,039
C16 - Bilginin üretimi	2,375	0,039
C17 - Bilginin etkisi	3,430	0,056
C18 - Bilginin yayılımı	0,528	0,009
C19 - Maddi olmayan duran varlıklar	1,055	0,017
C20 - Yaratıcı mallar ve hizmetler	0,528	0,009
C21 - Çevrimiçi yaratıcılık	7,388	0,121

Tablo 28 incelendiğinde eğitim değişkenini en fazla etkileyen değişkenlerin ticaret & rekabet, bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısı, çevrimiçi yaratıcılık, ekolojik sürdürülebilirlik ve araştırma & geliştirme olduğu; en az etkileyen değişkenlerin de kredi, yaratıcı mallar ve hizmetler, bilginin yayılımı, inovasyon bağlantıları ve iş çevresi olduğu anlaşılmaktadır.

4.3.2.5. Yükseköğretim Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi

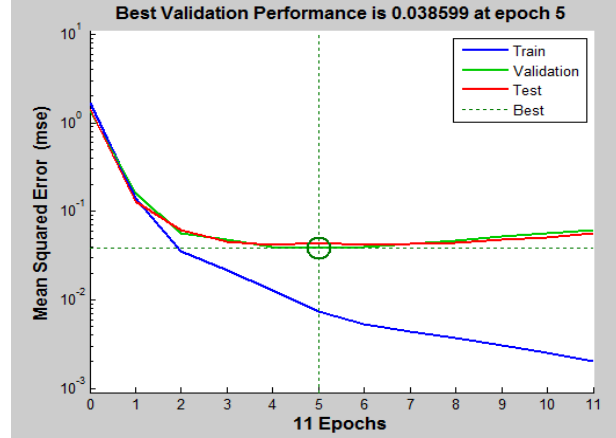
Yükseköğretim değişkeni hariç olmak üzere tüm değişkenler bağımsız değişkenler, yükseköğretim değişkeni bağımlı değişken olarak ele alınmış ve ağın en iyi mimari yapısı belirlenmiştir. Tablo 29’da yapılan çeşitli denemeler gösterilmektedir.

Tablo 29: Yükseköğretim Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler

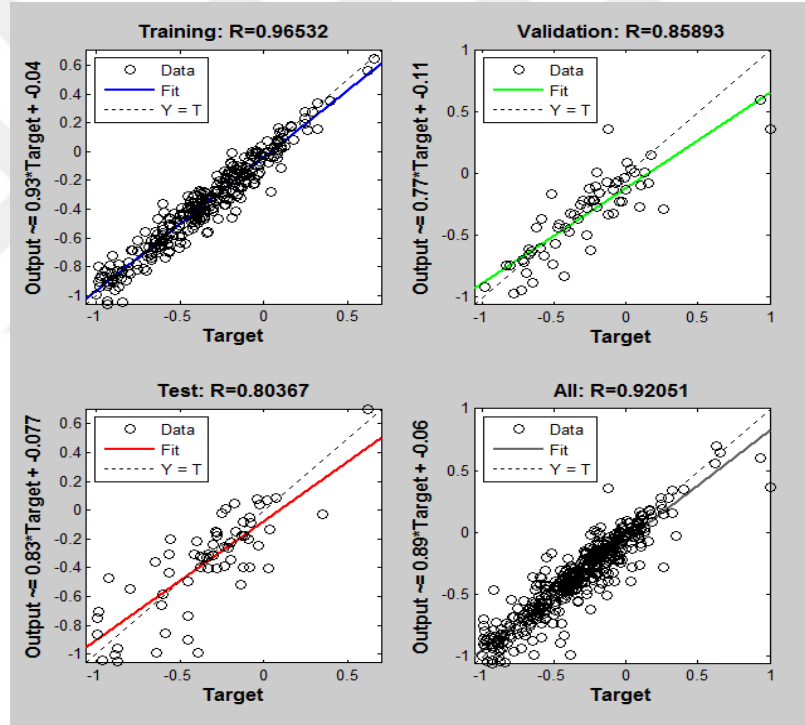
Deneme	Parametreler			Eğitim Seti		Doğrulama Seti		Test Seti	
	GKS	NS	İS	HKO	R	HKO	R	HKO	R
1	1	5	13	0,0204	0,89	0,0615	0,74	0,0580	0,72
2	1	10	8	0,0358	0,86	0,0580	0,78	0,0703	0,76
3	1	20	11	0,0073	0,96	0,0386	0,85	0,0436	0,80
4	1	30	8	0,0185	0,90	0,0617	0,75	0,0578	0,69
5	2	5-5	12	0,0194	0,90	0,0611	0,74	0,0521	0,73
6	2	5-10	9	0,0260	0,87	0,0548	0,77	0,0448	0,78
7	2	5-20	15	0,0194	0,90	0,0410	0,84	0,0510	0,79
8	2	5-30	9	0,0508	0,82	0,0829	0,67	0,1155	0,65
9	2	10-5	10	0,0267	0,87	0,0534	0,78	0,0546	0,72
10	2	10-10	11	0,0174	0,92	0,0581	0,81	0,0480	0,77
11	2	10-20	13	0,0065	0,96	0,0517	0,80	0,0682	0,65
12	2	10-30	9	0,0201	0,91	0,0609	0,76	0,1074	0,62
13	2	20-5	9	0,0275	0,90	0,0620	0,74	0,0564	0,75
14	2	20-10	9	0,0211	0,90	0,0633	0,75	0,0670	0,62
15	2	20-20	8	0,0278	0,85	0,0702	0,70	0,0547	0,73
16	2	20-30	8	0,0279	0,90	0,0613	0,76	0,0659	0,73
17	2	30-5	13	0,0029	0,98	0,0409	0,83	0,0579	0,73
18	2	30-10	13	0,0026	0,98	0,0408	0,84	0,0570	0,73
19	2	30-20	8	0,0304	0,90	0,0604	0,76	0,0719	0,73
20	2	30-30	8	0,0200	0,93	0,0522	0,79	0,0620	0,74
21	3	5-5-5	11	0,0218	0,88	0,0556	0,79	0,0472	0,75
22	3	10-10-10	10	0,0174	0,91	0,0570	0,76	0,0471	0,77
23	3	20-20-20	9	0,0194	0,90	0,0494	0,81	0,0520	0,73
24	3	30-30-30	9	0,0324	0,94	0,0664	0,73	0,0752	0,71

Performans ölçütü olan HKO ve R değerleri incelendiğinde, 3 nolu deneme olan tek gizli katmanlı ve gizli katmanda da 20 nörona sahip ağ yapısının en iyi sonuç verdiği Tablo 29’dan görülmektedir. Bu ağın eğitimine ilişkin performans grafiği aşağıda Şekil 40’da yer almaktadır.

Şekil 40: Yükseköğretim Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği

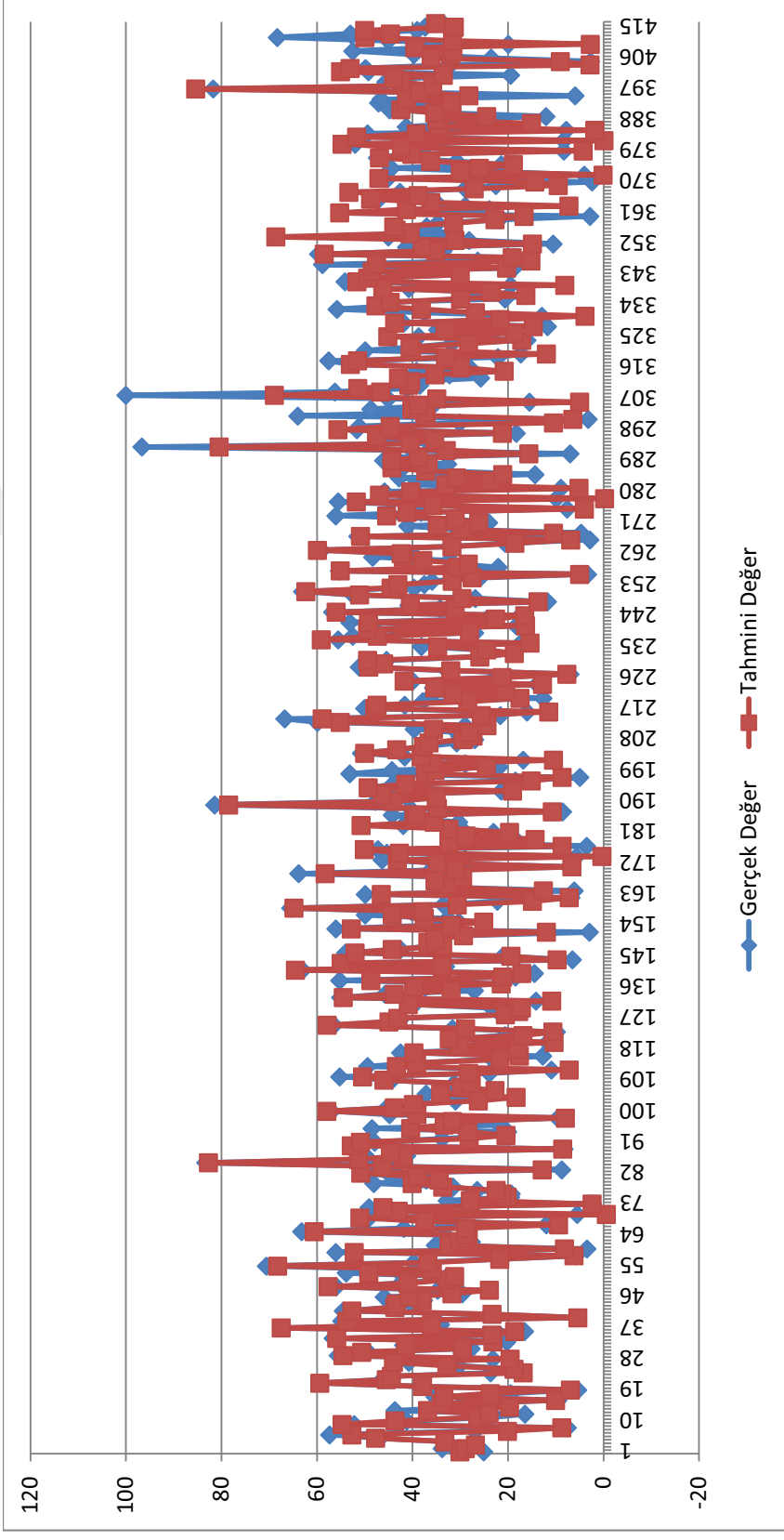


Şekil 41: Yükseköğretim Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri



Şekil 41'da yükseköğretim değişkenine ilişkin korelasyon grafikleri incelendiğinde güçlü bir ilişkiden sözedilebilir. Eğitim verilerinin korelasyon katsayısı 0,96, doğrulama setinin korelasyon katsayısı 0,85, test setinin korelasyon katsayısı 0,80 ve tüm verilerin korelasyon katsayısı 0,92 olarak bulunmuştur. YSA tarafından tahmin edilen değerler ile gerçek değerler Şekil 42'de yer almaktadır.

Şekil 42: Yükseköğretim Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması



Ağın en az hatayı verecek gizli nöron sayısı ile bu gizli katmandaki nöron sayısı tespit edildikten sonra perturb yöntemi yardımıyla ağın HKO üzerindeki değişimleri incelenmiştir. Tablo 30’da yükseköğretim değişkenini etkileyen değişkenlerin önem dereceleri yer almaktadır.

Tablo 30: Yükseköğretim Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri

Değişkenler	HKO Değişim (%)	Normalize
C1 - Politik Çevre	2,982	0,020
C2 – Düzenleyici Çevre	7,110	0,048
C3 – İş çevresi	6,193	0,042
C4 - Eğitim	5,963	0,040
C6 - Araştırma & Geliştirme	19,725	0,133
C7 - Bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısı	2,523	0,017
C8 - Genel altyapı	3,440	0,023
C9 - Ekolojik sürdürülebilirlik	1,606	0,011
C10 - Kredi	4,358	0,029
C11 - Yatırım	8,945	0,060
C12 - Ticaret & Rekabet	2,064	0,014
C13 - Bilgi işçileri	6,193	0,042
C14 - İnovasyon bağlantıları	6,193	0,042
C15 - Bilginin özümсенmesi	9,174	0,062
C16 - Bilginin üretimi	8,028	0,054
C17 - Bilginin etkisi	6,651	0,045
C18 - Bilginin yayılımı	12,844	0,087
C19 - Maddi olmayan duran varlıklar	6,651	0,045
C20 - Yaratıcı mallar ve hizmetler	2,064	0,014
C21 - Çevrimiçi yaratıcılık	25,229	0,171

Çevrimiçi yaratıcılık, Ar-Ge, bilginin yayılımı, bilginin özümсенmesi ve yatırım değişkenlerinin yükseköğretim değişkenini en fazla etkileyen değişkenler olduğu; en az etkileyen değişkenlerin ise ekolojik sürdürülebilirlik, ticaret & rekabet, yaratıcı mallar ve hizmetler, bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısı ve politik çevre olduğu görülmektedir.

4.3.2.6. Araştırma & Geliştirme Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi

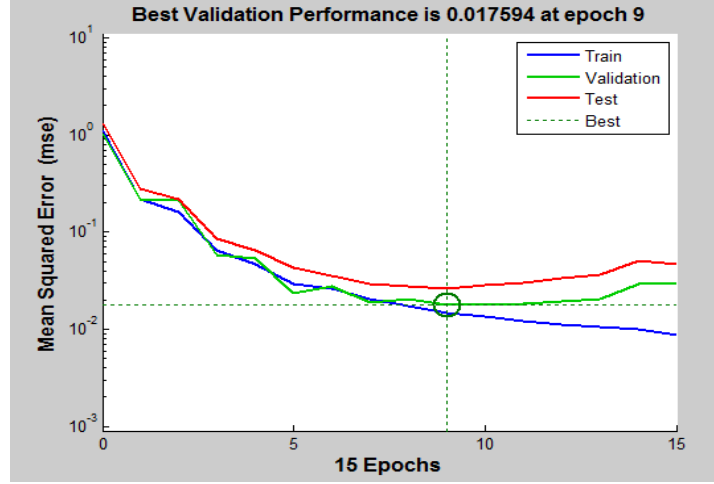
Araştırma & Geliştirme değişkeni bağımlı değişken, diğer değişkenler bağımsız değişkenler olarak ele alınarak öncelikle gizli katman sayısını ve gizli katmandaki nöron sayısını belirlemek için Tablo 31’de yer alan çeşitli denemeler yapılmıştır.

Tablo 31: Araştırma & Geliştirme Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler

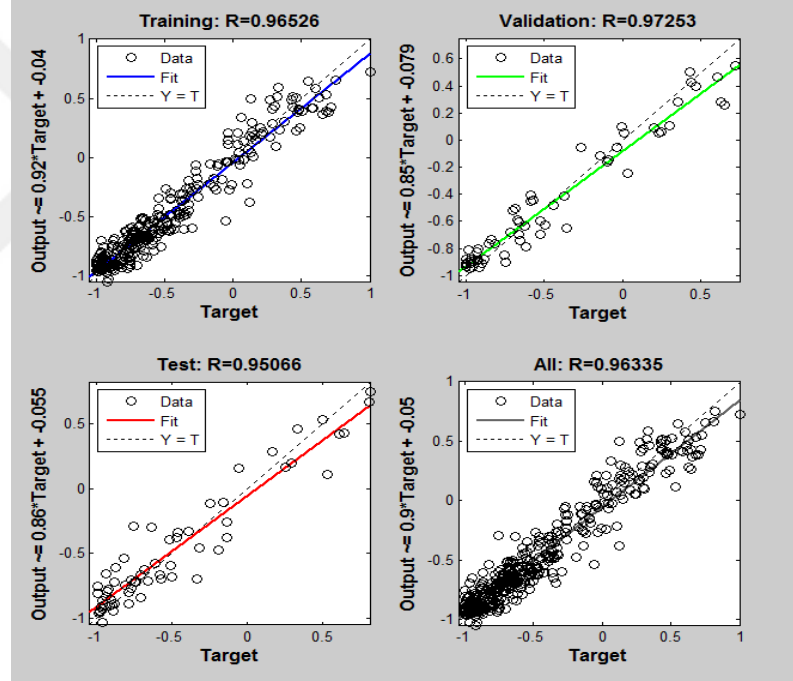
Deneme	Parametreler			Eğitim Seti		Doğrulama Seti		Test Seti	
	GKS	NS	İS	HKO	R	HKO	R	HKO	R
1	1	5	14	0,0172	0,96	0,0356	0,93	0,0479	0,91
2	1	10	12	0,0105	0,97	0,0233	0,95	0,0368	0,92
3	1	20	10	0,0077	0,98	0,0184	0,96	0,0398	0,92
4	1	30	8	0,0115	0,97	0,0214	0,96	0,0289	0,94
5	2	5-5	11	0,0271	0,93	0,0201	0,96	0,0441	0,91
6	2	5-10	10	0,0194	0,95	0,0180	0,97	0,0344	0,93
7	2	5-20	9	0,0171	0,96	0,0344	0,93	0,0461	0,91
8	2	5-30	12	0,0071	0,98	0,0227	0,96	0,0429	0,91
9	2	10-5	9	0,0167	0,96	0,0181	0,96	0,0338	0,93
10	2	10-10	10	0,0101	0,97	0,0252	0,96	0,0298	0,94
11	2	10-20	12	0,0078	0,98	0,0391	0,94	0,0520	0,90
12	2	10-30	10	0,0068	0,98	0,0597	0,88	0,0951	0,80
13	2	20-5	13	0,0045	0,98	0,0199	0,96	0,0406	0,92
14	2	20-10	11	0,0046	0,98	0,0243	0,96	0,0313	0,95
15	2	20-20	9	0,0196	0,97	0,0383	0,93	0,0565	0,91
16	2	20-30	9	0,0045	0,99	0,0251	0,95	0,0334	0,93
17	2	30-5	11	0,0044	0,99	0,0192	0,97	0,0421	0,92
18	2	30-10	10	0,0061	0,98	0,0233	0,96	0,0507	0,91
19	2	30-20	10	0,0042	0,99	0,0223	0,96	0,0422	0,92
20	2	30-30	8	0,0072	0,98	0,0333	0,94	0,0486	0,90
21	3	5-5-5	15	0,0148	0,96	0,0176	0,97	0,0262	0,95
22	3	10-10-10	11	0,0070	0,98	0,0200	0,96	0,0316	0,93
23	3	20-20-20	9	0,0089	0,98	0,0206	0,97	0,0443	0,92
24	3	30-30-30	9	0,0034	0,99	0,0441	0,91	0,0427	0,92

Tablo 31 incelendiğinde, ağın yapısını belirlemek için yapılan çeşitli denemelerin sonuçlarına göre, üç gizli katmanlı ve tüm gizli katmanlarında da 5 nöron olan ağ yapısının en az hatayı veren ağ olduğu anlaşılmaktadır. Bu ağın eğitim performans grafiği aşağıdaki Şekil 43’de mevcuttur.

Şekil 43: Araştırma & Geliştirme Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği

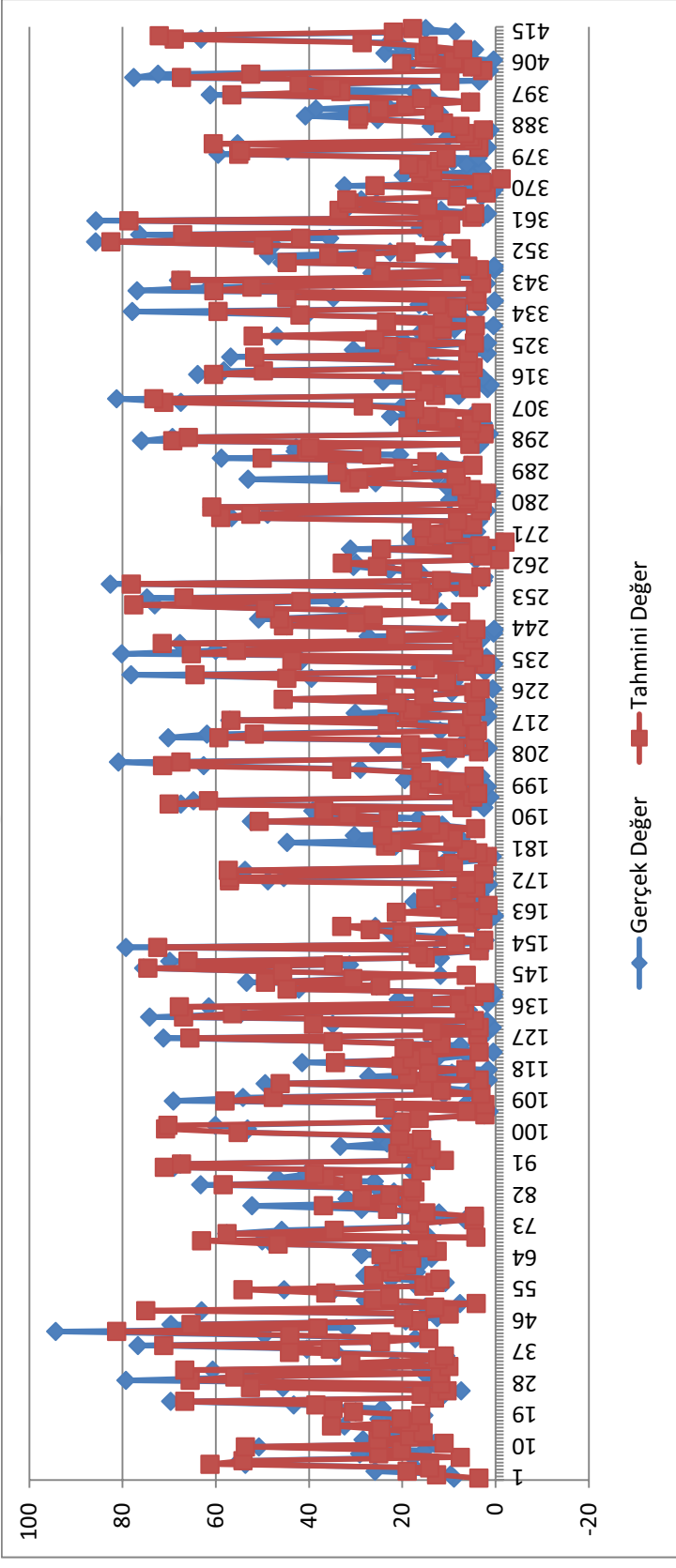


Şekil 44: Araştırma & Geliştirme Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri



Şekil 44'deki korelasyon ilişkileri değerlendirildiğinde; tüm ilişkilerin güçlü olduğu görülmektedir. Özellikle eğitim verilerine ait korelasyon katsayısı 0,96; test verilerine ilişkin korelasyon katsayısı da 0,95 olarak hesaplanmıştır. Bu da ağın genelleme yeteneğinin olduğunu göstermektedir. YSA modelinin tahmin performansı Şekil 45'de gösterilmektedir.

Şekil 45: Araştırma & Geliştirme Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması



En iyi ağ mimarisi oluşturulduktan sonra araştırma&geliştirme değişkenini etkileyen değişkenlerin önem derecelerini belirlemek için perturb yöntemi uygulanmıştır. Diğer değişkenler sabit tutularak her bir değişkenin değeri %20'si kadar arttırılarak ağın HKO üzerindeki değişimleri incelenmiştir. Tablo 32'de araştırma&geliştirme değişkenini etkileyen değişkenlerin önem dereceleri yer almaktadır.

Tablo 32: Araştırma & Geliştirme Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri

Değişkenler	HKO Değişim (%)	Normalize
C1 - Politik Çevre	5,344	0,097
C2 – Düzenleyici Çevre	0,115	0,002
C3 – İş çevresi	2,672	0,049
C4 - Eğitim	1,527	0,028
C5 – Yükseköğretim	1,908	0,035
C7 - Bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısı	3,435	0,063
C8 - Genel altyapı	2,672	0,049
C9 - Ekolojik sürdürülebilirlik	3,435	0,063
C10 - Kredi	3,817	0,070
C11 - Yatırım	1,527	0,028
C12 - Ticaret & Rekabet	3,053	0,056
C13 - Bilgi işçileri	0,153	0,003
C14 - İnovasyon bağlantıları	1,527	0,028
C15 - Bilginin özümsemesi	1,908	0,035
C16 - Bilginin üretimi	9,924	0,181
C17 - Bilginin etkisi	0,382	0,007
C18 - Bilginin yayılımı	2,290	0,042
C19 - Maddi olmayan duran varlıklar	4,198	0,077
C20 - Yaratıcı mallar ve hizmetler	3,053	0,056
C21 - Çevrimiçi yaratıcılık	1,908	0,035

Tablo 32 değerlendirildiğinde, Araştırma&Geliştirme değişkenini en fazla etkileyen değişkenlerin bilginin üretimi, politik çevre, maddi olmayan duran varlıklar, kredi ve bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısı değişkenleri olduğu; en az etkileyen değişkenlerin düzenleyici çevre, bilgi işçileri, bilginin etkisi, inovasyon bağlantıları ve yatırım olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

4.3.2.7. Bilgi ve İletişim Teknolojileri Altyapısı Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi

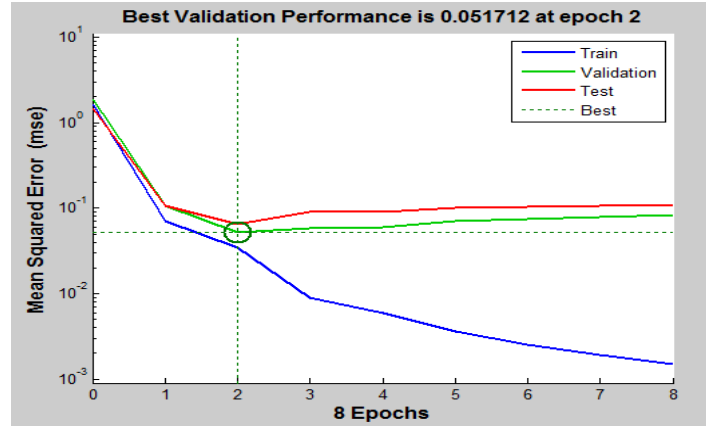
Bilgi ve iletişim teknolojileri (BİT) altyapısı değişkenini etkileyen değişkenlerin önem derecelerini belirleyebilmek için; öncelikle BİT değişkeni bağımlı değişken olarak, diğer tüm değişkenler bağımsız değişkenler olarak belirlenerek deneme-yanılma yoluyla çeşitli denemeler yapılmıştır. Yapılan tüm denemeler Tablo 33’de gösterilmektedir.

Tablo 33: BİT Altyapısı Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler

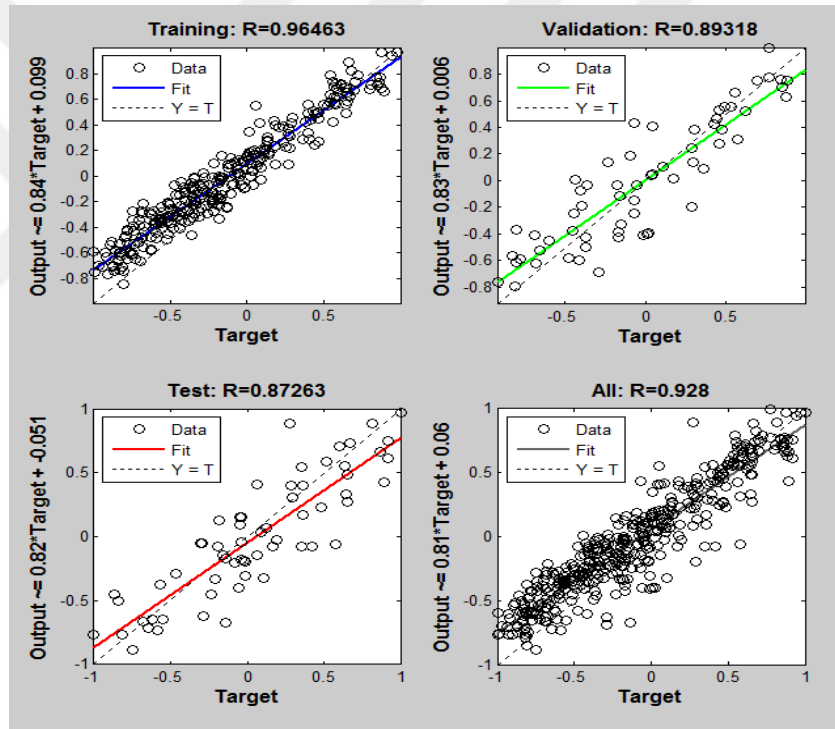
Deneme	Parametreler			Eğitim Seti		Doğrulama Seti		Test Seti	
	GKS	NS	İS	HKO	R	HKO	R	HKO	R
1	1	5	10	0,0322	0,93	0,0543	0,90	0,0908	0,87
2	1	10	10	0,0196	0,96	0,0695	0,86	0,0900	0,82
3	1	20	11	0,102	0,97	0,0539	0,90	0,0526	0,83
4	1	30	8	0,0345	0,96	0,0517	0,89	0,0655	0,87
5	2	5-5	11	0,0316	0,94	0,0541	0,89	0,0830	0,85
6	2	5-10	13	0,0181	0,96	0,0594	0,90	0,0911	0,86
7	2	5-20	8	0,0382	0,91	0,0609	0,90	0,1165	0,83
8	2	5-30	9	0,0415	0,91	0,0589	0,88	0,0880	0,84
9	2	10-5	12	0,0149	0,96	0,0554	0,90	0,0827	0,86
10	2	10-10	8	0,0355	0,94	0,0558	0,89	0,0884	0,85
11	2	10-20	11	0,0123	0,97	0,0632	0,88	0,0944	0,82
12	2	10-30	9	0,0209	0,95	0,0839	0,83	0,0886	0,81
13	2	20-5	13	0,0172	0,97	0,0565	0,88	0,0723	0,84
14	2	20-10	11	0,0087	0,98	0,0530	0,90	0,0753	0,87
15	2	20-20	10	0,0131	0,97	0,0667	0,87	0,0933	0,83
16	2	20-30	10	0,0067	0,98	0,0709	0,88	0,1120	0,83
17	2	30-5	9	0,0124	0,97	0,0679	0,87	0,1017	0,81
18	2	30-10	10	0,0133	0,97	0,0456	0,91	0,0897	0,83
19	2	30-20	9	0,0199	0,96	0,0686	0,86	0,0777	0,87
20	2	30-30	9	0,0146	0,98	0,0446	0,90	0,0772	0,84
21	3	5-5-5	14	0,0179	0,96	0,0509	0,91	0,0895	0,84
22	3	10-10-10	12	0,0127	0,97	0,0483	0,91	0,0796	0,87
23	3	20-20-20	8	0,0489	0,90	0,0592	0,87	0,0703	0,87
24	3	30-30-30	9	0,0112	0,98	0,0856	0,83	0,1139	0,80

Tablo 33’de oluşturulan tüm ağ yapılarına ilişkin sonuçlar değerlendirildiğinde, 4 nolu deneme olan tek gizli katmanlı ve gizli katmanda da 30 nörona sahip ağ yapısı en iyi sonuçlar vermektedir. Bu ağın performans grafiği Şekil 46’ da yer almaktadır.

Şekil 46: BİT Altyapısı Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği

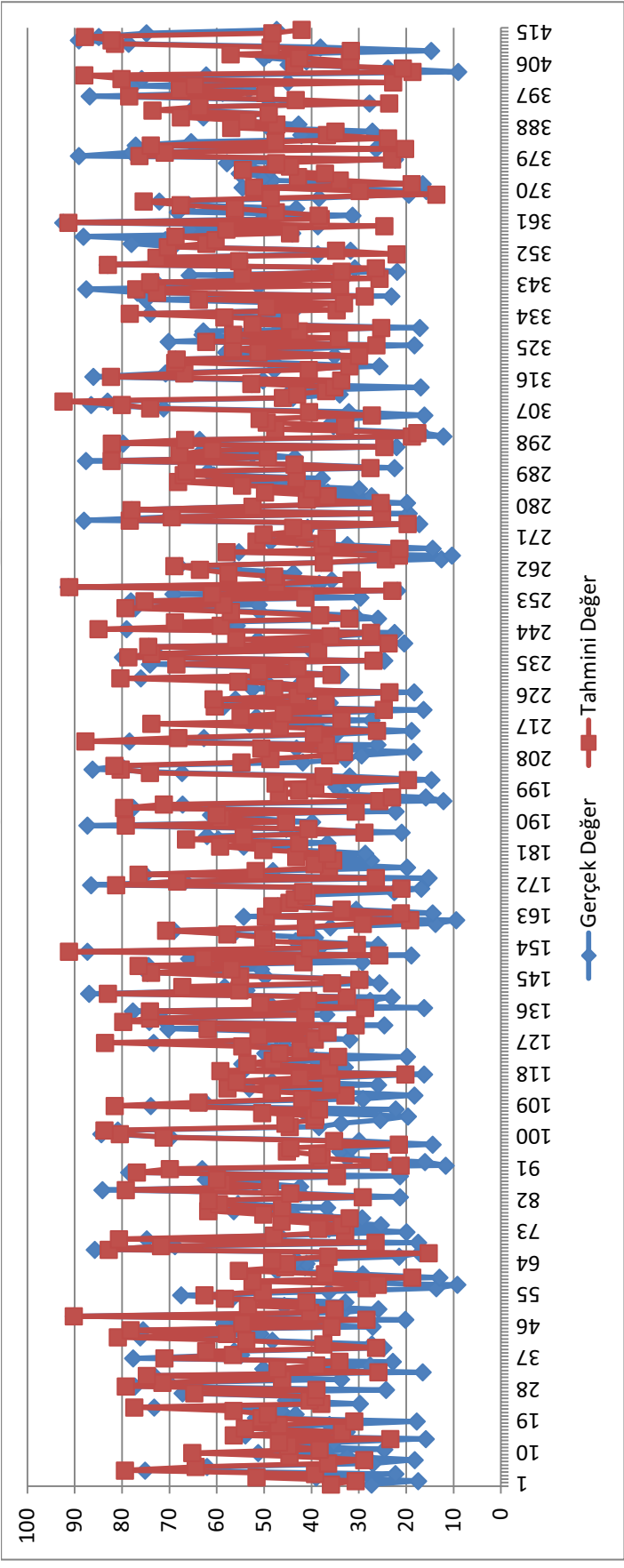


Şekil 47: BİT Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri



Tahmini değerler ile gerçek değerler arasındaki ilişkileri gösteren Şekil 47’da yer alan korelasyon grafiklerine bakıldığında, korelasyon katsayıları eğitim verileri, doğrulama seti, test seti ve tüm veriler için sırasıyla 0,96; 0,89; 0,87 ve 0,92 olduğu görülmektedir. Tüm verilere ilişkin, YSA tarafından tahmin edilen değerler ile gerçek değerler Şekil 48’de yer almaktadır.

Şekil 48: Bilgi ve İletişim Teknolojileri Altyapısı Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması



BİT altyapısı değişkeni için tek gizli katmanlı ve gizli katmanda da 30 nörona sahip bir mimari yapı oluşturulduktan sonra, diğer değişkenler sabit tutularak her bir değişkenin değeri %20'si kadar arttırılarak ağın HKO üzerindeki değişimleri incelenmiştir. Tablo 34'de BİT altyapısı değişkenini etkileyen değişkenlerin önem dereceleri yer almaktadır.

Tablo 34: BİT Altyapısı Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri

Değişkenler	HKO Değişim (%)	Normalize
C1 - Politik Çevre	0,763	0,012
C2 – Düzenleyici Çevre	2,290	0,037
C3 – İş çevresi	3,359	0,054
C4 - Eğitim	0,153	0,002
C5 – Yükseköğretim	1,069	0,017
C6 – Araştırma & Geliştirme	20,305	0,328
C8 - Genel altyapı	2,443	0,039
C9 - Ekolojik sürdürülebilirlik	1,679	0,027
C10 - Kredi	0,611	0,010
C11 - Yatırım	0,137	0,002
C12 - Ticaret & Rekabet	0,031	0,000
C13 - Bilgi işçileri	7,176	0,116
C14 - İnovasyon bağlantıları	2,748	0,044
C15 - Bilginin özümsemesi	2,137	0,035
C16 - Bilginin üretimi	2,290	0,037
C17 - Bilginin etkisi	1,069	0,017
C18 - Bilginin yayılımı	2,443	0,039
C19 - Maddi olmayan duran varlıklar	1,221	0,020
C20 - Yaratıcı mallar ve hizmetler	0,611	0,010
C21 - Çevrimiçi yaratıcılık	9,313	0,151

Tablo 34 değerlendirildiğinde, araştırma & geliştirme, çevrimiçi yaratıcılık, bilgi işçileri, iş çevresi ve inovasyon bağlantıları değişkenlerinin BİT altyapısı değişkeni üzerinde en fazla öneme sahip olduğu; ticaret & rekabet, yatırım, eğitim, kredi ve yaratıcı mallar ve hizmetler değişkenlerinin ise BİT altyapısını en az etkileyen değişkenler olduğu görülmektedir.

4.3.2.8. Genel Altyapı Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi

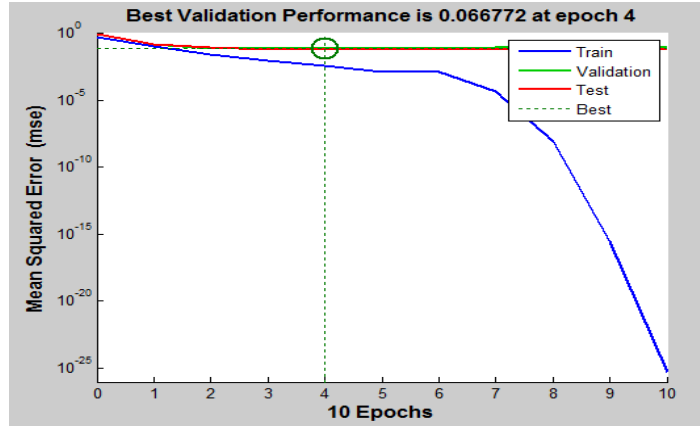
Genel altyapı değişkeni bağımlı değişken, diğer değişkenler bağımsız değişkenler olarak ele alınarak en iyi ağ yapısını belirlemek için Tablo 35’de yer alan çeşitli denemeler yapılmıştır.

Tablo 35: Genel Altyapı Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler

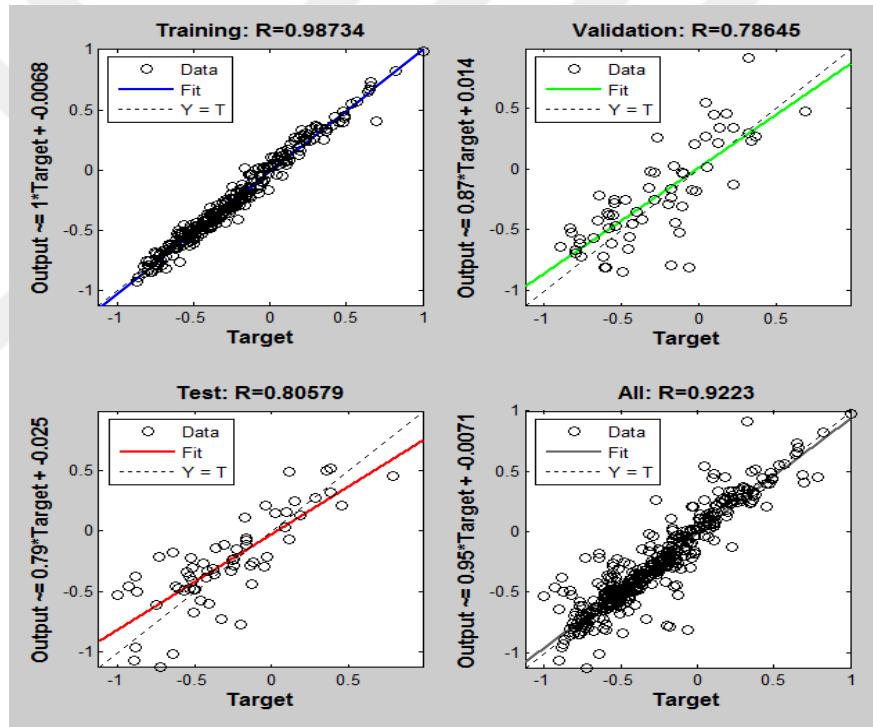
Deneme	Parametreler			Eğitim Seti		Doğrulama Seti		Test Seti	
	GKS	NS	İS	HKO	R	HKO	R	HKO	R
1	1	5	10	0,0293	0,88	0,0604	0,77	0,0770	0,69
2	1	10	15	0,0060	0,97	0,0860	0,71	0,1125	0,61
3	1	20	12	0,0030	0,98	0,0467	0,81	0,0773	0,74
4	1	30	15	0,0035	0,98	0,0557	0,82	0,0750	0,72
5	2	5-5	8	0,0562	0,77	0,0681	0,71	0,0887	0,62
6	2	5-10	11	0,0207	0,91	0,0710	0,70	0,0877	0,64
7	2	5-20	8	0,0384	0,83	0,0687	0,71	0,0856	0,66
8	2	5-30	8	0,0474	0,79	0,0817	0,64	0,0676	0,74
9	2	10-5	12	0,0232	0,90	0,0548	0,78	0,0763	0,69
10	2	10-10	8	0,0425	0,84	0,0815	0,66	0,0730	0,75
11	2	10-20	10	0,0107	0,95	0,0593	0,76	0,0709	0,72
12	2	10-30	15	0,0090	0,96	0,0659	0,72	0,0784	0,69
13	2	20-5	12	0,0089	0,96	0,0524	0,81	0,0744	0,75
14	2	20-10	9	0,0247	0,91	0,0508	0,80	0,0792	0,70
15	2	20-20	10	0,0091	0,96	0,0559	0,79	0,1024	0,60
16	2	20-30	11	0,0032	0,98	0,0661	0,74	0,1207	0,60
17	2	30-5	12	0,0145	0,94	0,0528	0,78	0,0715	0,72
18	2	30-10	12	0,0017	0,99	0,0580	0,80	0,0776	0,71
19	2	30-20	10	0,0034	0,98	0,0668	0,78	0,0560	0,80
20	2	30-30	10	0,0024	0,99	0,0624	0,79	0,0922	0,68
21	3	5-5-5	11	0,0298	0,87	0,0585	0,76	0,0614	0,76
22	3	10-10-10	8	0,0383	0,83	0,0582	0,77	0,0785	0,70
23	3	20-20-20	11	0,0065	0,98	0,0546	0,77	0,0581	0,77
24	3	30-30-30	9	0,0179	0,93	0,0547	0,78	0,0795	0,69

Tablo 35’de yer alan tüm denemelerin sonuçları incelendiğinde, en az hatayı veren ağ yapısı iki gizli katmanlı olan, ilk gizli katmanda 30 nöron ve ikinci gizli katmanda 20 nörona sahip ağ yapısıdır. Bu ağın eğitime ilişkin performans grafiği aşağıdaki Şekil 49’da yer almaktadır.

Şekil 49: Genel Altyapı Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği

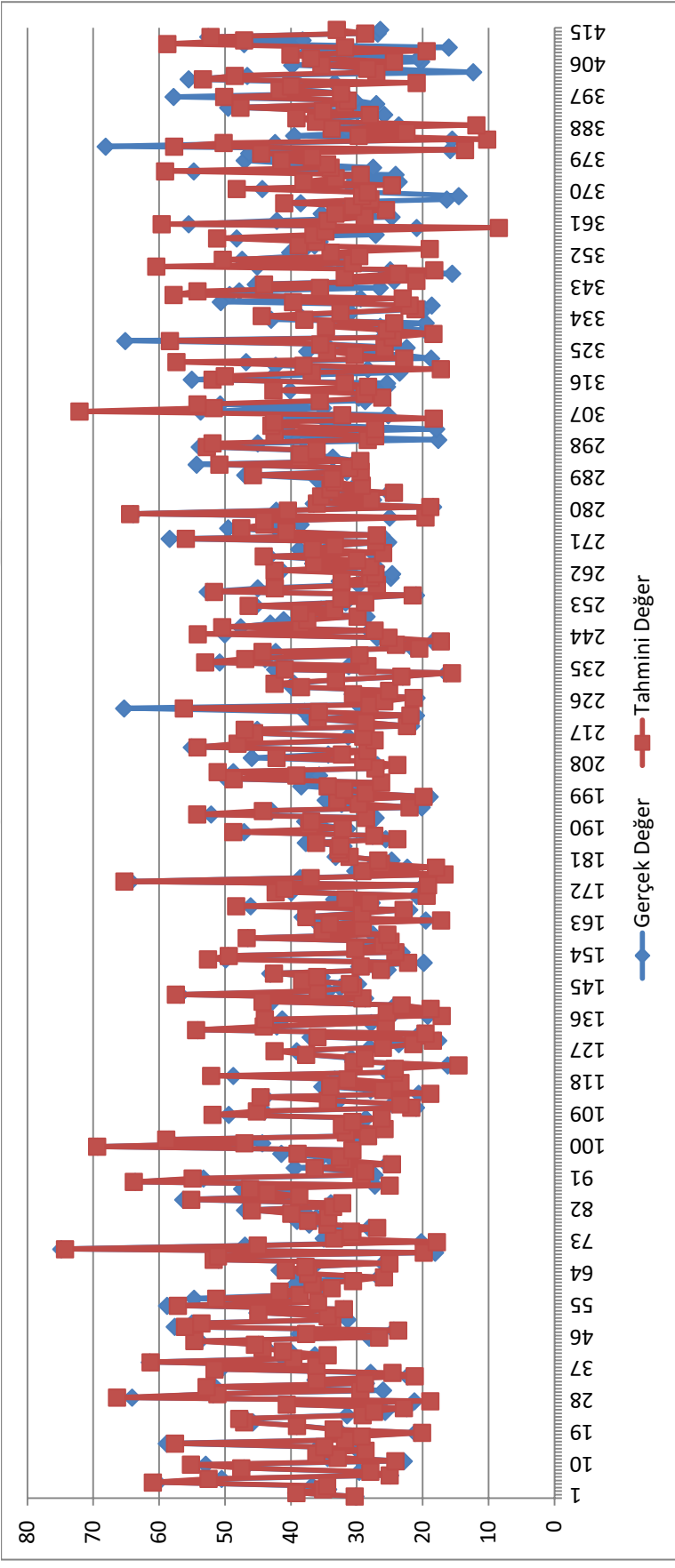


Şekil 50: Genel Altyapı Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri



Şekil 50 değerlendirildiğinde, eğitim verilerinin korelasyon katsayısı 0,98 iken doğrulama setinin korelasyon katsayısı 0,78 ve test setinin korelasyon katsayısı 0,80 hesaplanmıştır. Oluşturulan ağ yapısının tahmin gücü de Şekil 51’de yer almaktadır.

Şekil 51: Genel Altyapı Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması



Tüm yapılan denemeler sonucu en iyi ağ yapısı oluşturulduktan sonra genel altyapı değişkenini etkileyen değişkenlerin önem derecelerini belirlemek için perturb yöntemi uygulanmıştır. Tablo 36’da genel altyapı değişkenini etkileyen değişkenlerin önem dereceleri yer almaktadır.

Tablo 36: Genel Altyapı Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri

Değişkenler	HKO Değişim (%)	Normalize
C1 - Politik Çevre	3,214	0,037
C2 – Düzenleyici Çevre	5,357	0,062
C3 – İş çevresi	2,500	0,029
C4 - Eğitim	5,357	0,062
C5 – Yükseköğretim	12,321	0,142
C6 – Araştırma & Geliştirme	3,750	0,043
C7 – Bilgi ve İletişim Teknolojileri Altyapısı	1,429	0,016
C9 - Ekolojik sürdürülebilirlik	1,607	0,019
C10 - Kredi	0,357	0,004
C11 - Yatırım	4,821	0,056
C12 - Ticaret & Rekabet	5,893	0,068
C13 - Bilgi işçileri	18,750	0,216
C14 - İnovasyon bağlantıları	2,500	0,029
C15 - Bilginin özümsemesi	2,679	0,031
C16 - Bilginin üretimi	4,286	0,049
C17 - Bilginin etkisi	1,786	0,021
C18 - Bilginin yayılımı	3,571	0,041
C19 - Maddi olmayan duran varlıklar	2,321	0,027
C20 - Yaratıcı mallar ve hizmetler	2,321	0,027
C21 - Çevrimiçi yaratıcılık	1,786	0,021

Tablo 36 değerlendirildiğinde, genel altyapı değişkenini üzerinde en fazla etkili olan değişkenlerin bilgi işçileri, yükseköğretim, ticaret & rekabet, düzenleyici çevre ve eğitim değişkenleri olduğu; en az etkili olan değişkenlerin ise kredi, bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısı, ekolojik sürdürülebilirlik, bilginin etkisi ve çevrimiçi yaratıcılık olduğu anlaşılmaktadır.

4.3.2.9. Ekolojik Sürdürülebilirlik Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi

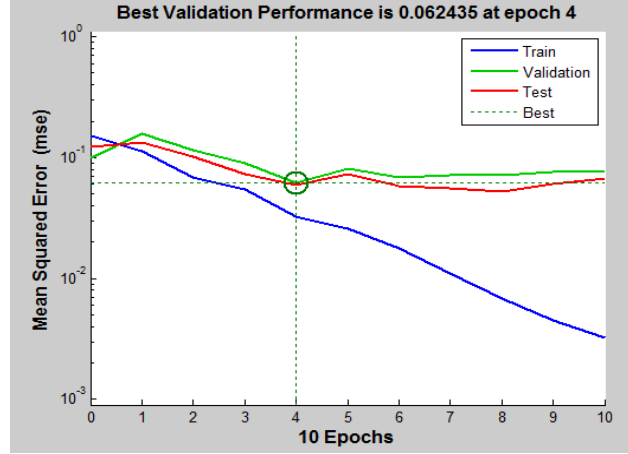
Ekolojik sürdürülebilirlik değişkeni üzerindeki en fazla ve en az etkili olan değişkenleri tespit edebilmek için öncelikle en az hatayı verecek ağ yapısının belirlenmesi gerekmektedir. Bu ağ yapısını belirlemek için yapılan çeşitli denemeler Tablo 37’de gösterilmektedir.

Tablo 37: Ekolojik Sürdürülebilirlik Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler

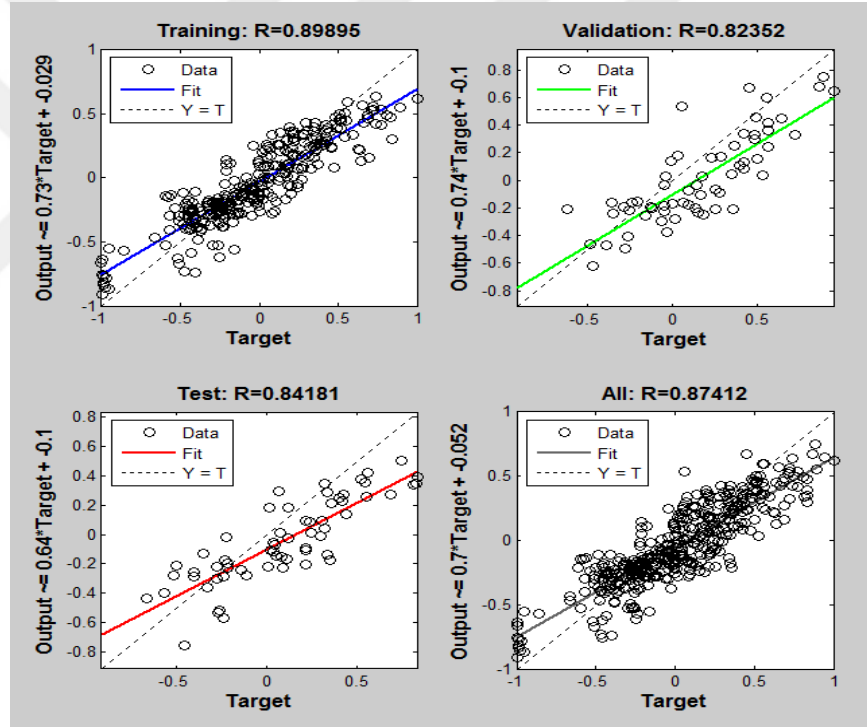
Deneme	Parametreler			Eğitim Seti		Doğrulama Seti		Test Seti	
	GKS	NS	İS	HKO	R	HKO	R	HKO	R
1	1	5	11	0,0478	0,84	0,0652	0,76	0,0612	0,79
2	1	10	7	0,0988	0,67	0,0731	0,66	0,0757	0,66
3	1	20	9	0,0273	0,91	0,0654	0,77	0,0630	0,76
4	1	30	9	0,0235	0,92	0,0836	0,76	0,0903	0,70
5	2	5-5	12	0,0532	0,82	0,0722	0,72	0,0576	0,82
6	2	5-10	9	0,0722	0,76	0,0682	0,73	0,0596	0,77
7	2	5-20	9	0,0623	0,81	0,0635	0,77	0,0703	0,77
8	2	5-30	9	0,0516	0,82	0,1036	0,64	0,1043	0,62
9	2	10-5	10	0,0546	0,84	0,0596	0,74	0,0545	0,79
10	2	10-10	8	0,1026	0,82	0,0686	0,75	0,0568	0,79
11	2	10-20	7	0,1262	0,69	0,0577	0,74	0,0799	0,71
12	2	10-30	11	0,0537	0,84	0,0713	0,68	0,0839	0,62
13	2	20-5	10	0,0322	0,89	0,0624	0,82	0,0593	0,84
14	2	20-10	11	0,0071	0,98	0,0901	0,74	0,0917	0,77
15	2	20-20	9	0,0424	0,85	0,0779	0,78	0,0703	0,78
16	2	20-30	9	0,0408	0,86	0,1085	0,66	0,1328	0,66
17	2	30-5	8	0,0753	0,78	0,0507	0,79	0,0502	0,80
18	2	30-10	8	0,0558	0,80	0,0709	0,80	0,0636	0,82
19	2	30-20	10	0,0167	0,95	0,0969	0,68	0,0872	0,71
20	2	30-30	9	0,0145	0,96	0,0831	0,72	0,0874	0,68
21	3	5-5-5	10	0,0573	0,84	0,0656	0,73	0,0572	0,78
22	3	10-10-10	7	0,0718	0,77	0,0696	0,78	0,0695	0,77
23	3	20-20-20	11	0,0213	0,94	0,0635	0,83	0,0799	0,79
24	3	30-30-30	9	0,0136	0,96	0,0594	0,76	0,0804	0,70

Tablo 37 incelendiğinde en az HKO ve en yüksek R değerine sahip ağın iki gizli katmanlı, ilk gizli katmanda 20 nörona ve ikinci gizli katmanda 5 nörona sahip ağ yapısını olduğu görülmektedir. Bu ağın eğitimine ilişkin performans grafiği Şekil 52’de yer almaktadır.

Şekil 52: Ekolojik Sürdürülebilirlik Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği

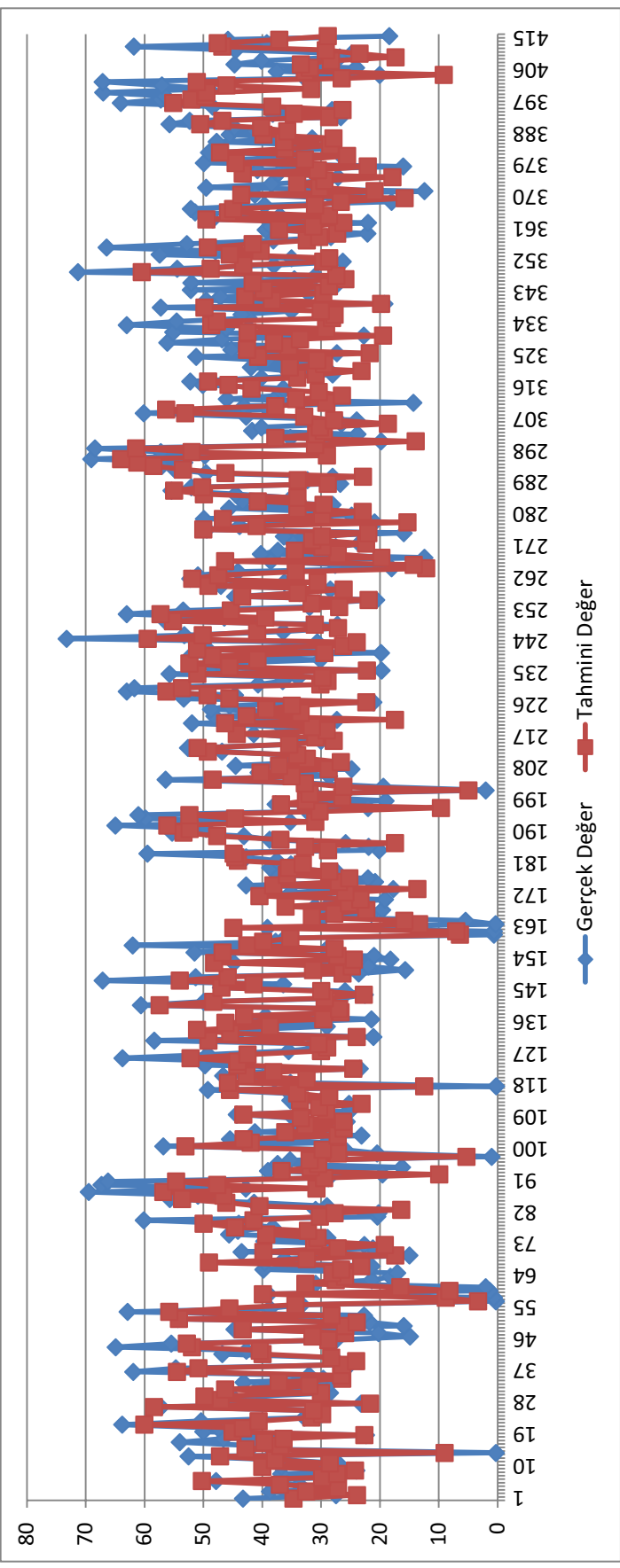


Şekil 53: Ekolojik Sürdürülebilirlik Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri



Tahmini değerler ile gerçek değerler arasındaki ilişkiler incelendiğinde; değişkenler arasında güçlü bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Eğitim verilerine ilişkin korelasyon katsayısı 0,89 iken test verilerine ait korelasyon katsayısı 0,84 bulunmuştur. Oluşturulan ağ tarafından tahmin edilen değerler ile gerçek değerler Şekil 54’de yer almaktadır.

Şekil 54: Ekolojik Sürdürülebilirlik Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması



Gerçek değere en yakın sonuç üreten en iyi ağ modeli oluşturulduktan sonra hangi değişkenlerin ekolojik sürdürülebilirlik değişkeni üzerinde etkili olduğunu belirlemek için perturb yöntemi uygulanmıştır. Diğer değişkenler sabit tutularak her bir değişkenin değeri %20'si kadar arttırılarak ağın HKO üzerindeki değişimleri incelenmiştir. Tablo 38'de ekolojik sürdürülebilirlik değişkenini etkileyen değişkenlerin önem dereceleri yer almaktadır.

Tablo 38: Ekolojik Sürdürülebilirlik Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri

Değişkenler	HKO Değişim (%)	Normalize
C1 - Politik Çevre	8,446	0,101
C2 – Düzenleyici Çevre	7,770	0,093
C3 – İş çevresi	1,520	0,018
C4 - Eğitim	1,520	0,018
C5 – Yükseköğretim	0,845	0,010
C6 – Araştırma & Geliştirme	3,378	0,040
C7 – Bilgi ve İletişim Teknolojileri Altyapısı	7,770	0,093
C8 – Genel Altyapı	1,014	0,012
C10 - Kredi	3,209	0,038
C11 - Yatırım	1,520	0,018
C12 - Ticaret & Rekabet	11,993	0,143
C13 - Bilgi işçileri	0,507	0,006
C14 - İnovasyon bağlantıları	1,182	0,014
C15 - Bilginin özümsemesi	1,182	0,014
C16 - Bilginin üretimi	6,250	0,075
C17 - Bilginin etkisi	6,081	0,073
C18 - Bilginin yayılımı	6,588	0,079
C19 - Maddi olmayan duran varlıklar	0,676	0,008
C20 - Yaratıcı mallar ve hizmetler	1,858	0,022
C21 - Çevrimiçi yaratıcılık	10,473	0,125

Tablo 38 incelendiğinde, ekolojik sürdürülebilirlik değişkenini en fazla etkileyen değişkenlerin ticaret & rekabet, çevrimiçi yaratıcılık, politik çevre, düzenleyici çevre ve bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısı değişkenleri olduğu; en az etkileyen değişkenlerin de bilgi işçileri, maddi olmayan duran varlıklar, yükseköğretim, genel altyapı, inovasyon bağlantıları ve bilginin özümsemesi olduğu görülmektedir.

4.3.2.10. Kredi Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi

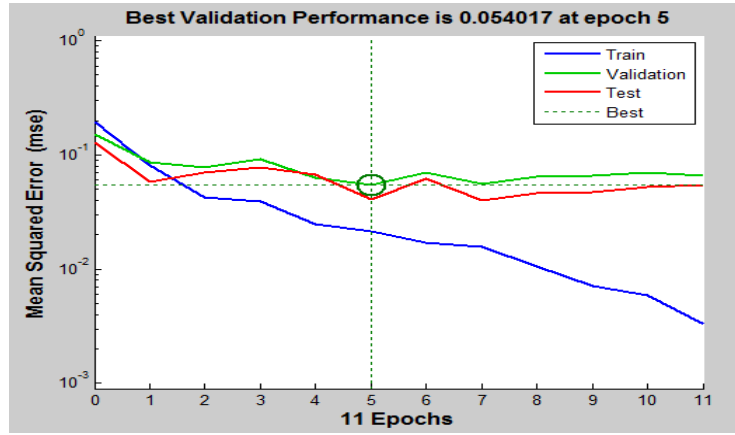
Kredi değişkenini etkileyen değişkenleri belirleyebilmek için öncelikle gerçeğe yakın bir sonuç üreten ağ yapısının oluşturulması gerekmektedir. Bunun için kredi değişkeni bağımlı değişken, diğer değişkenler bağımsız değişkenler olarak ele alınarak gizli katman sayısını ve gizli katmandaki nöron sayısını belirlemek için aşağıdaki Tablo 39’da yer alan çeşitli denemeler yapılmıştır.

Tablo 39: Kredi Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler

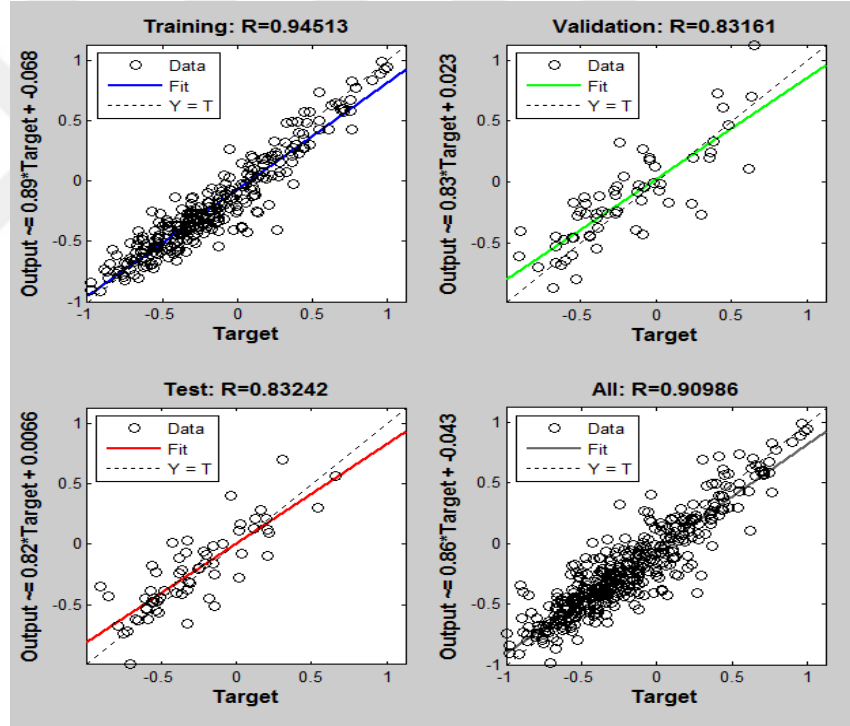
Deneme	Parametreler			Eğitim Seti		Doğrulama Seti		Test Seti	
	GKS	NS	İS	HKO	R	HKO	R	HKO	R
1	1	5	12	0,0407	0,89	0,0604	0,79	0,0528	0,80
2	1	10	11	0,0297	0,92	0,0703	0,77	0,0615	0,74
3	1	20	10	0,0111	0,97	0,0488	0,85	0,0730	0,75
4	1	30	9	0,0133	0,96	0,0566	0,83	0,0669	0,77
5	2	5-5	13	0,0333	0,91	0,0628	0,79	0,0615	0,78
6	2	5-10	10	0,0498	0,86	0,0525	0,80	0,0524	0,76
7	2	5-20	10	0,0403	0,88	0,0584	0,81	0,0664	0,80
8	2	5-30	14	0,0194	0,94	0,0682	0,81	0,0622	0,81
9	2	10-5	10	0,0240	0,93	0,0552	0,81	0,0572	0,78
10	2	10-10	11	0,0099	0,97	0,0615	0,79	0,0628	0,78
11	2	10-20	9	0,0242	0,92	0,0742	0,78	0,0709	0,81
12	2	10-30	10	0,0212	0,93	0,0649	0,79	0,0629	0,80
13	2	20-5	8	0,0548	0,85	0,0533	0,80	0,0410	0,82
14	2	20-10	9	0,0460	0,90	0,0558	0,79	0,0459	0,78
15	2	20-20	11	0,0204	0,96	0,0611	0,80	0,0666	0,78
16	2	20-30	10	0,0159	0,96	0,0580	0,84	0,1029	0,72
17	2	30-5	8	0,0555	0,87	0,0508	0,84	0,0467	0,81
18	2	30-10	8	0,0352	0,91	0,0493	0,82	0,0420	0,81
19	2	30-20	9	0,0044	0,98	0,0917	0,75	0,1082	0,70
20	2	30-30	9	0,0199	0,96	0,0547	0,83	0,0631	0,82
21	3	5-5-5	8	0,0623	0,84	0,0583	0,78	0,0497	0,78
22	3	10-10-10	11	0,0213	0,94	0,0540	0,83	0,0405	0,83
23	3	20-20-20	9	0,0509	0,85	0,0813	0,70	0,0880	0,67
24	3	30-30-30	9	0,0040	0,98	0,0866	0,70	0,1123	0,64

Tablo 39 incelendiğinde; 22 nolu deneme olan üç gizli katmanlı, ilk gizli katmanda 10 nörona, ikinci gizli katmanda 10 ve üçüncü gizli katmanında da 10 nörona sahip ağ yapısının en iyi sonuç ürettiği gözlemlenmektedir. Bu ağa ait eğitime performans grafiği Şekil 55’de yer almaktadır.

Şekil 55: Kredi Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği

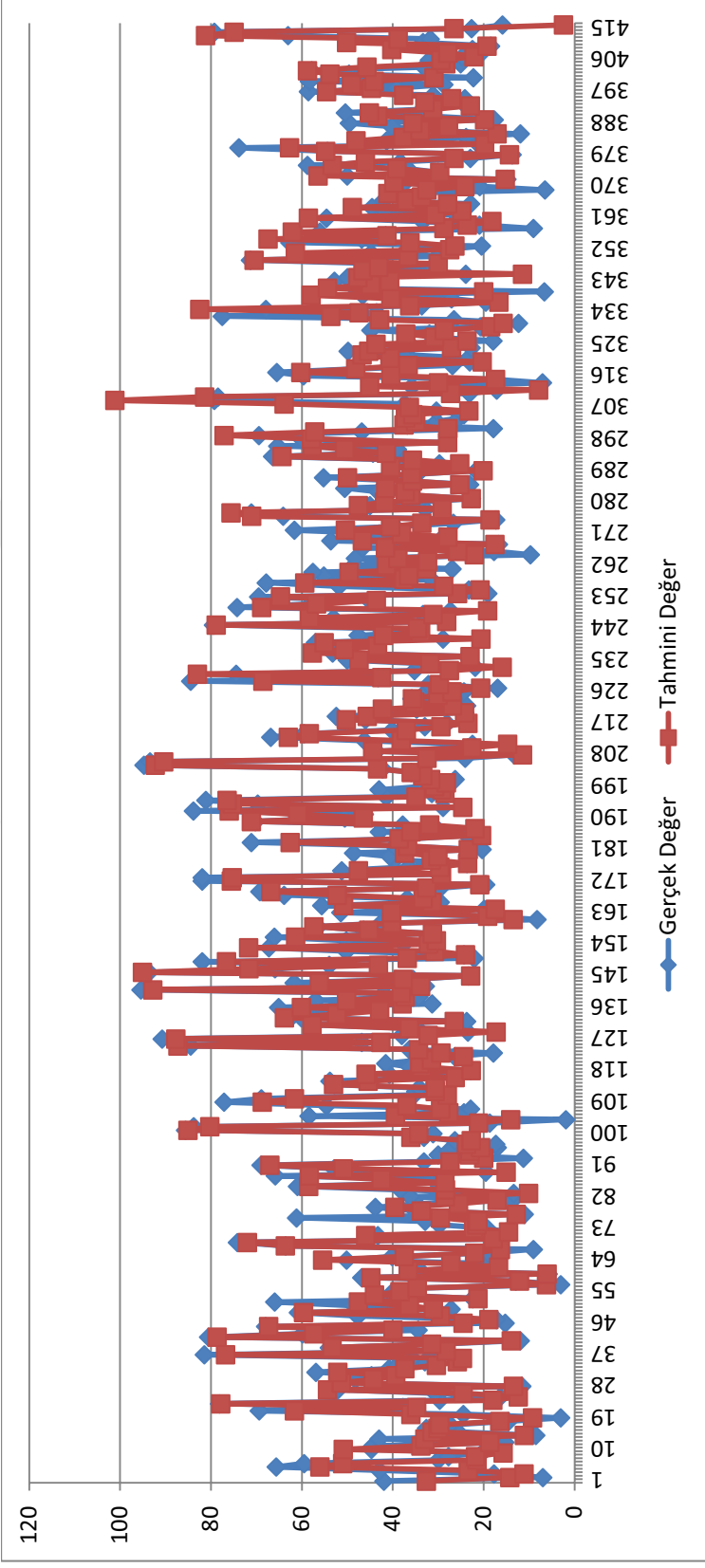


Şekil 56: Kredi Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri



Korelasyon grafikleri analiz edildiğinde, eğitim verilerinin ilişki gücü 0,94 iken doğrulama setinin ve test setinin ilişki güçleri 0,83 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler değişkenler arasında güçlü bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. YSA tarafından tahmin edilen değerler ile gerçek değerler Şekil 57’de yer almaktadır.

Şekil 57: Kredi Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması



Gizli katman sayısı ve gizli katmanlardaki nöron sayılarının optimal değerleri hesaplandıktan sonra perturb yöntemi ile kredi değişkenini etkileyen değişkenlerin önem derecelerini tespit edebilmek için diğer değişkenlerin HKO üzerinde yaptığı etki incelenmiştir. Tablo 40’da kredi değişkenini etkileyen değişkenlerin önem dereceleri yer almaktadır.

Tablo 40: Kredi Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri

Değişkenler	HKO Değişim (%)	Normalize
C1 - Politik Çevre	0,494	0,005
C2 – Düzenleyici Çevre	13,086	0,133
C3 – İş çevresi	11,358	0,115
C4 - Eğitim	4,198	0,043
C5 – Yükseköğretim	2,469	0,025
C6 – Araştırma & Geliştirme	13,333	0,136
C7 – Bilgi ve İletişim Teknolojileri Altyapısı	0,494	0,005
C8 – Genel Altyapı	24,198	0,246
C9 – Ekolojik Sürdürülebilirlik	1,235	0,013
C11 - Yatırım	0,247	0,003
C12 - Ticaret & Rekabet	8,148	0,083
C13 - Bilgi işçileri	0,988	0,010
C14 - İnovasyon bağlantıları	1,481	0,015
C15 - Bilginin özümсенmesi	5,432	0,055
C16 - Bilginin üretimi	0,005	0,000
C17 - Bilginin etkisi	0,494	0,005
C18 - Bilginin yayılımı	5,679	0,058
C19 - Maddi olmayan duran varlıklar	0,741	0,008
C20 - Yaratıcı mallar ve hizmetler	0,104	0,001
C21 - Çevrimiçi yaratıcılık	4,198	0,043

Tablo 40 incelendiğinde genel altyapı, araştırma & geliştirme, düzenleyici çevre, iş çevresi ve ticaret & rekabet değişkenlerinin kredi değişkeni üzerinde en fazla öneme sahip değişkenler olduğu; bilginin üretimi, yaratıcı mallar ve hizmetler, yatırım, bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısı ve bilginin etkisi değişkenlerinin de kredi değişkenini üzerinde en az etkiye sahip olduğu anlaşılmaktadır.

4.3.2.11. Yatırım Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi

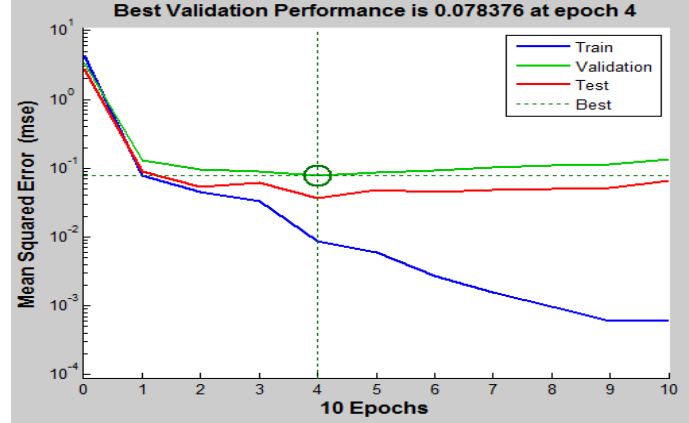
Diğer değişkenlerin yatırım değişkeni üzerindeki etki derecelerini belirlemek için yatırım değişkeni bağımlı değişken olarak ele alınmış ve çeşitli denemelerle en iyi ağ yapısı oluşturulmaya çalışılmıştır. Tablo 41’de yapılan çeşitli denemeler gösterilmektedir.

Tablo 41: Yatırım Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler

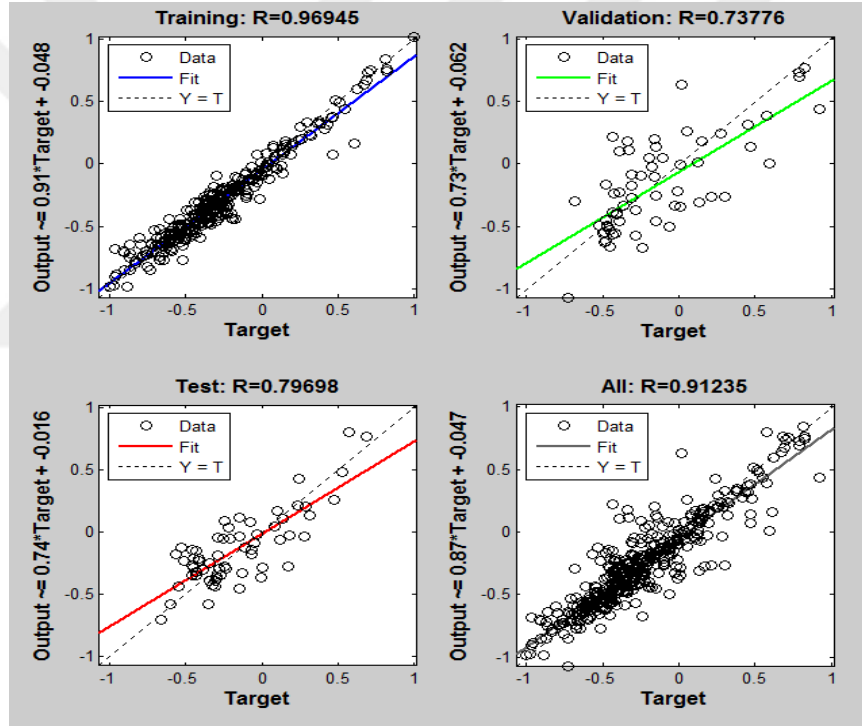
Deneme	Parametreler			Eğitim Seti		Doğrulama Seti		Test Seti	
	GKS	NS	İS	HKO	R	HKO	R	HKO	R
1	1	5	11	0,0314	0,87	0,0792	0,72	0,0702	0,61
2	1	10	11	0,0207	0,92	0,0738	0,72	0,0505	0,73
3	1	20	10	0,0147	0,94	0,0850	0,71	0,0710	0,65
4	1	30	11	0,0073	0,97	0,0724	0,74	0,0591	0,71
5	2	5-5	14	0,0249	0,90	0,0716	0,73	0,0526	0,67
6	2	5-10	9	0,0395	0,85	0,0973	0,61	0,0573	0,65
7	2	5-20	12	0,0257	0,90	0,0982	0,70	0,0927	0,60
8	2	5-30	12	0,0256	0,90	0,0845	0,70	0,0665	0,72
9	2	10-5	10	0,0241	0,91	0,0649	0,75	0,0458	0,73
10	2	10-10	9	0,0578	0,79	0,0842	0,68	0,0660	0,60
11	2	10-20	10	0,0184	0,93	0,0868	0,66	0,0634	0,64
12	2	10-30	10	0,0253	0,91	0,0750	0,72	0,0704	0,70
13	2	20-5	13	0,0107	0,96	0,0820	0,70	0,0717	0,60
14	2	20-10	14	0,0032	0,98	0,0727	0,75	0,0830	0,60
15	2	20-20	10	0,0089	0,96	0,0784	0,73	0,0369	0,80
16	2	20-30	10	0,0096	0,96	0,0581	0,78	0,0741	0,64
17	2	30-5	10	0,0220	0,92	0,0610	0,77	0,0581	0,66
18	2	30-10	12	0,0128	0,95	0,0706	0,74	0,0607	0,63
19	2	30-20	9	0,0131	0,95	0,1045	0,68	0,0857	0,63
20	2	30-30	8	0,0267	0,90	0,0770	0,71	0,0671	0,60
21	3	5-5-5	13	0,0244	0,90	0,0865	0,67	0,0468	0,73
22	3	10-10-10	9	0,0316	0,87	0,0868	0,67	0,0719	0,61
23	3	20-20-20	10	0,0199	0,94	0,1048	0,63	0,0824	0,56
24	3	30-30-30	10	0,0037	0,99	0,0871	0,71	0,0983	0,46

Tablo 41’de yer alan tüm alternatif ağ yapılarının sonuçları incelendiğinde, 15 nolu deneme olan iki gizli katmanlı, ilk gizli katmanda 20 nörona ve ikinci gizli katmanda da 20 nörona sahip ağ yapısının en iyi model olduğu görülmektedir. Bu ağın eğitime ilişkin performans grafiği Şekil 58’de yer almaktadır.

Şekil 58: Yatırım Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği

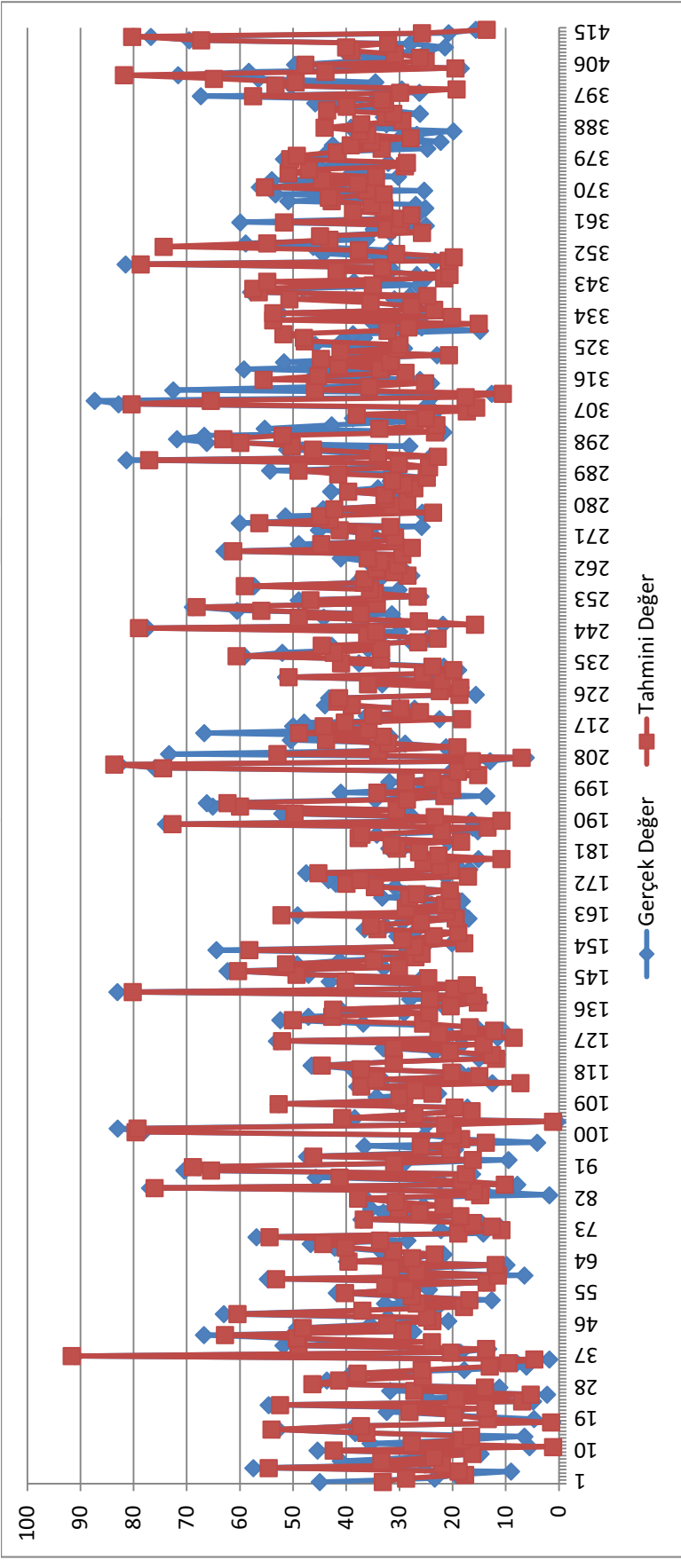


Şekil 59: Yatırım Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri



Tahmini değerler ile gerçek değerler arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon grafikleri Şekil 59'da mevcuttur. Eğitim verilerinin korelasyon katsayısı 0,96; doğrulama setinin korelasyon katsayısı 0,73; test setinin korelasyon katsayısı 0,80 ve tüm verilerin korelasyon katsayısı 0,91 olarak bulunmuştur. Oluşturulan ağ modeli tarafından tahmin edilen değerlerin gerçek değerler arasındaki ilişkisi Şekil 60'da yer almaktadır.

Şekil 60: Yatırım Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması



En az hatayı üreten ağ yapısı oluşturulduktan sonra yatırım değişkenini etkileyen değişkenlerin önem derecelerini belirlemek için, diğer değişkenler sabit tutularak herbir değişkenin değerinin ağı HKO üzerindeki etkisi incelenmiştir. Tablo 42’de yatırım değişkenini etkileyen değişkenlerin önem dereceleri yer almaktadır.

Tablo 42: Yatırım Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri

Değişkenler	HKO Değişim (%)	Normalize
C1 - Politik Çevre	5,149	0,072
C2 – Düzenleyici Çevre	0,542	0,008
C3 – İş çevresi	8,130	0,114
C4 - Eğitim	4,065	0,057
C5 – Yükseköğretim	8,672	0,122
C6 – Araştırma & Geliştirme	0,271	0,004
C7 – Bilgi ve İletişim Teknolojileri Altyapısı	1,084	0,015
C8 – Genel Altyapı	1,897	0,027
C9 – Ekolojik Sürdürülebilirlik	5,149	0,072
C10 – Kredi	1,626	0,023
C12 - Ticaret & Rekabet	8,130	0,114
C13 - Bilgi işçileri	4,065	0,057
C14 - İnovasyon bağlantıları	2,168	0,030
C15 - Bilginin özümsemesi	1,084	0,015
C16 - Bilginin üretimi	0,813	0,011
C17 - Bilginin etkisi	2,710	0,038
C18 - Bilginin yayılımı	0,271	0,004
C19 - Maddi olmayan duran varlıklar	3,523	0,049
C20 - Yaratıcı mallar ve hizmetler	2,710	0,038
C21 - Çevrimiçi yaratıcılık	9,214	0,129

Tablo 42 değerlendirildiğinde, yatırım değişkenini en fazla etkileyen değişkenlerin çevrimiçi yaratıcılık, yükseköğretim, iş çevresi, ticaret & rekabet, politik çevre ve ekolojik sürdürülebilirlik değişkenleri olduğu; en az etkileyen değişkenlerin de araştırma & geliştirme, bilginin yayılımı, düzenleyici çevre, bilginin üretimi ve bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısı olduğu anlaşılmaktadır.

4.3.2.12. Ticaret & Rekabet Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi

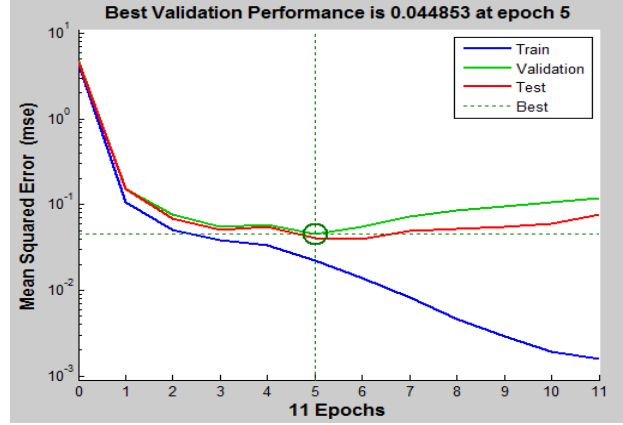
Ticaret & Rekabet değişkeni bağımlı değişken, diğer değişkenler bağımsız değişkenler olarak ele alınarak ağı mimari yapısını belirlemek için Tablo 43’de yer alan çeşitli denemeler yapılmıştır.

Tablo 43: Ticaret & Rekabet Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler

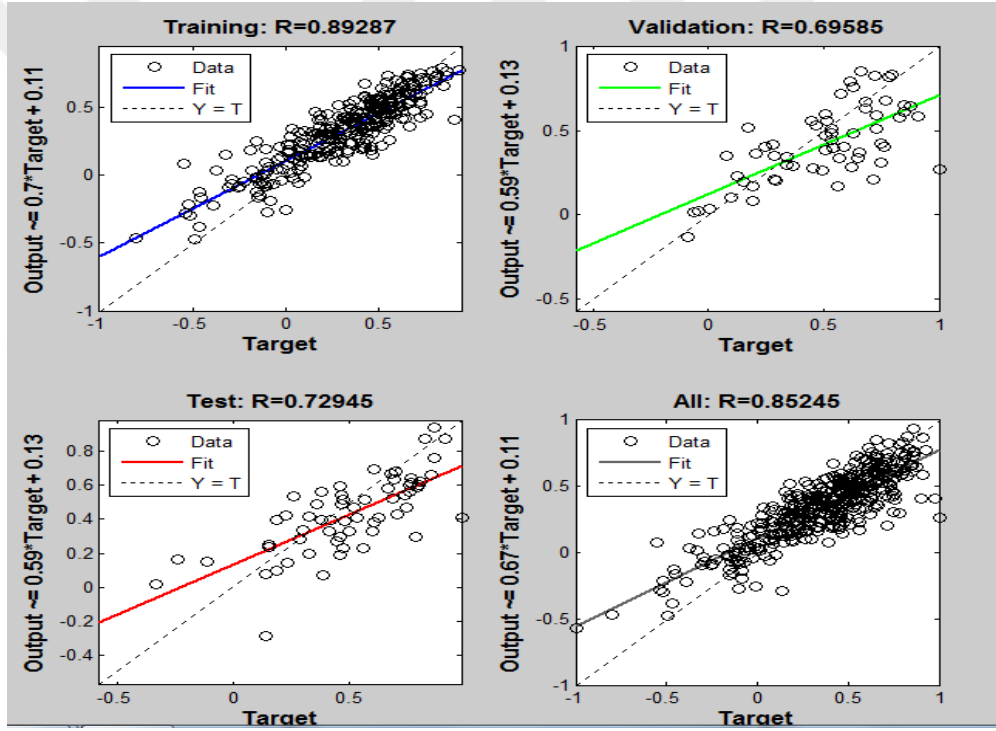
Deneme	Parametreler			Eğitim Seti		Doğrulama Seti		Test Seti	
	GKS	NS	İS	HKO	R	HKO	R	HKO	R
1	1	5	9	0,0411	0,71	0,0725	0,51	0,0867	0,49
2	1	10	8	0,0333	0,82	0,0632	0,67	0,0726	0,64
3	1	20	8	0,0248	0,87	0,0709	0,63	0,0850	0,54
4	1	30	8	0,0394	0,87	0,0856	0,66	0,0741	0,63
5	2	5-5	11	0,0496	0,73	0,0623	0,63	0,0761	0,52
6	2	5-10	11	0,0324	0,82	0,0605	0,68	0,0715	0,67
7	2	5-20	11	0,0396	0,79	0,0646	0,56	0,0712	0,51
8	2	5-30	10	0,0343	0,83	0,0573	0,55	0,0704	0,52
9	2	10-5	8	0,0469	0,74	0,0611	0,64	0,0718	0,55
10	2	10-10	11	0,0133	0,93	0,0642	0,63	0,0695	0,63
11	2	10-20	9	0,0241	0,87	0,0682	0,49	0,0847	0,42
12	2	10-30	8	0,805	0,75	0,0565	0,59	0,0472	0,63
13	2	20-5	11	0,0225	0,90	0,0449	0,70	0,0408	0,73
14	2	20-10	10	0,0202	0,90	0,0627	0,63	0,0671	0,60
15	2	20-20	11	0,0056	0,97	0,0756	0,59	0,0906	0,51
16	2	20-30	10	0,0115	0,95	0,0872	0,45	0,0765	0,47
17	2	30-5	8	0,0441	0,83	0,0616	0,54	0,0616	0,50
18	2	30-10	8	0,0515	0,74	0,0650	0,52	0,0550	0,59
19	2	30-20	8	0,0382	0,83	0,0600	0,53	0,0722	0,40
20	2	30-30	9	0,0131	0,93	0,0769	0,65	0,0743	0,64
21	3	5-5-5	12	0,0158	0,86	0,0465	0,67	0,0649	0,53
22	3	10-10-10	8	0,0515	0,72	0,1070	0,56	0,1263	0,55
23	3	20-20-20	8	0,0803	0,65	0,0601	0,50	0,0649	0,50
24	3	30-30-30	8	0,0526	0,81	0,0490	0,62	0,0554	0,58

Tablo 43 değerlendirildiğinde, en iyi sonucu veren ağ iki gizli katmanlı, ilk gizli katmanda 20 nörona ve ikinci gizli katmanda da 5 nörona sahip ağıdır. Bu ağın eğitimine ilişkin performans grafiği aşağıda Şekil 61’de yer almaktadır.

Şekil 61: Ticaret & Rekabet Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği

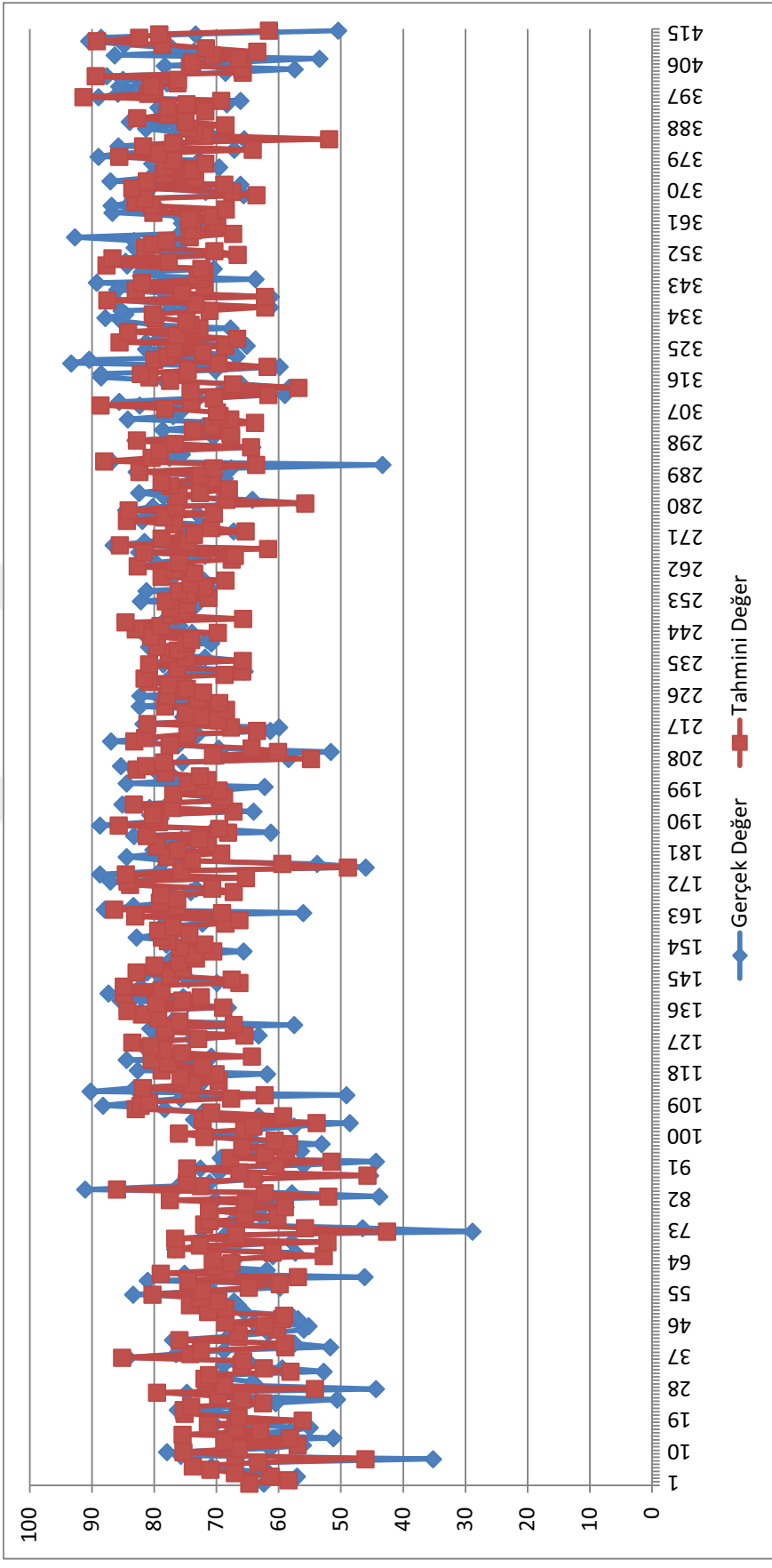


Şekil 62: Ticaret & Rekabet Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri



Tahmini değerler ile gerçek değerler arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon grafikleri Şekil 62’de gösterilmektedir. Eğitim verilerinin korelasyon katsayısı 0,90; doğrulama setinin korelasyon katsayısı 0,70; test setinin korelasyon katsayısı 0,73 ve tüm verilerin korelasyon katsayısı 0,85 olarak bulunmuştur. YSA tarafından tahmin edilen değerler ile gerçek değerler Şekil 63’de yer almaktadır.

Şekil 63: Ticaret & Rekabet Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması



En düşük HKO ve en yüksek korelasyon katsayısına sahip ağ yapısı belirlendikten sonra ticaret & rekabet değişkenini etkileyen değişkenlerin önem derecelerini belirlemek için perturb yöntemi uygulanmıştır. Tablo 44’de ticaret & rekabet değişkenini etkileyen değişkenlerin önem dereceleri yer almaktadır.

Tablo 44: Ticaret & Rekabet Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri

Değişkenler	HKO Değişim (%)	Normalize
C1 - Politik Çevre	6,634	0,099
C2 – Düzenleyici Çevre	4,914	0,074
C3 – İş çevresi	5,897	0,088
C4 - Eğitim	5,160	0,077
C5 – Yükseköğretim	3,194	0,048
C6 – Araştırma & Geliştirme	5,651	0,085
C7 – Bilgi ve İletişim Teknolojileri Altyapısı	9,582	0,144
C8 – Genel Altyapı	0,737	0,011
C9 – Ekolojik Sürdürülebilirlik	0,737	0,011
C10 – Kredi	2,948	0,044
C11 – Yatırım	0,983	0,015
C13 - Bilgi işçileri	4,668	0,070
C14 - İnovasyon bağlantıları	1,720	0,026
C15 - Bilginin özümsemesi	0,172	0,003
C16 - Bilginin üretimi	3,931	0,059
C17 - Bilginin etkisi	0,246	0,004
C18 - Bilginin yayılımı	3,194	0,048
C19 - Maddi olmayan duran varlıklar	1,966	0,029
C20 - Yaratıcı mallar ve hizmetler	2,211	0,033
C21 - Çevrimiçi yaratıcılık	2,211	0,033

Tablo 44 incelendiğinde, bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısı, politik çevre, iş çevresi, araştırma & geliştirme ve düzenleyici çevre değişkenleri ticaret & rekabet değişkenini en fazla etkilerken; bilginin özümsemesi, bilginin etkisi, genel altyapı, ekolojik sürdürülebilirlik ve inovasyon bağlantıları değişkenleri en fazla etkilemektedir.

4.3.2.13. Bilgi İşçileri Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi

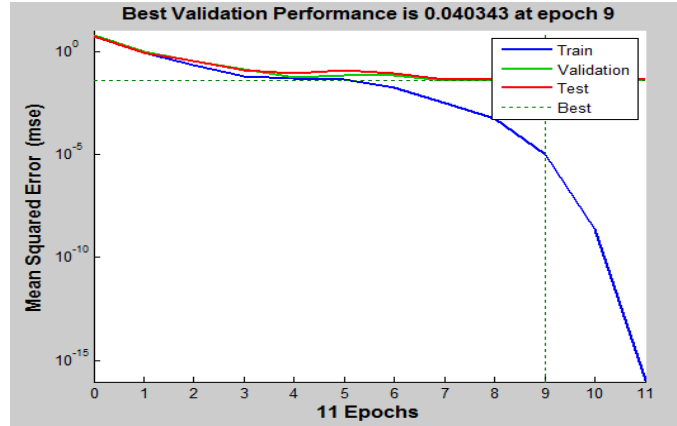
Bilgi işçileri değişkeni bağımlı değişken, diğer değişkenler bağımsız değişkenler olarak ele alınarak Tablo 45’de yer alan çeşitli alternatif modeller denenerek en iyi ağ yapısı belirlenmeye çalışılmıştır.

Tablo 45: Bilgi İşçileri Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler

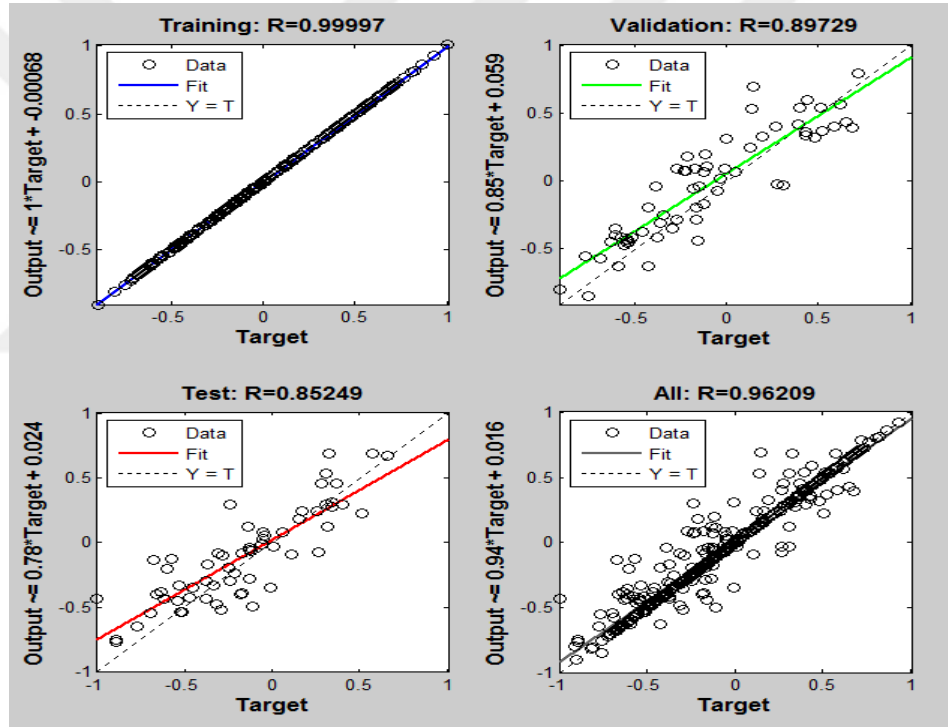
Deneme	Parametreler			Eğitim Seti		Doğrulama Seti		Test Seti	
	GKS	NS	İS	HKO	R	HKO	R	HKO	R
1	1	5	18	0,0173	0,94	0,0416	0,90	0,0666	0,83
2	1	10	10	0,0157	0,95	0,0344	0,90	0,0782	0,79
3	1	20	8	0,0704	0,83	0,0804	0,85	0,0939	0,90
4	1	30	8	0,0184	0,95	0,0351	0,91	0,0574	0,82
5	2	5-5	16	0,0292	0,90	0,0397	0,89	0,0616	0,82
6	2	5-10	9	0,0372	0,90	0,0427	0,91	0,0739	0,83
7	2	5-20	10	0,0196	0,93	0,0298	0,92	0,0823	0,78
8	2	5-30	9	0,0334	0,90	0,0427	0,91	0,0860	0,77
9	2	10-5	11	0,0165	0,95	0,0340	0,90	0,0682	0,80
10	2	10-10	8	0,0273	0,92	0,0458	0,87	0,0647	0,80
11	2	10-20	11	0,0082	0,97	0,0461	0,88	0,0766	0,80
12	2	10-30	14	0,0043	0,98	0,0968	0,77	0,1392	0,68
13	2	20-5	12	0,0138	0,96	0,0339	0,90	0,0625	0,80
14	2	20-10	10	0,0124	0,96	0,0317	0,91	0,0735	0,78
15	2	20-20	8	0,0216	0,93	0,0531	0,86	0,0778	0,77
16	2	20-30	11	0,0058	0,98	0,0592	0,85	0,0717	0,77
17	2	30-5	8	0,0256	0,92	0,0350	0,90	0,0566	0,81
18	2	30-10	9	0,0277	0,94	0,0483	0,85	0,0615	0,77
19	2	30-20	10	0,0094	0,97	0,0402	0,89	0,0604	0,83
20	2	30-30	9	0,0093	0,97	0,0438	0,90	0,0742	0,80
21	3	5-5-5	9	0,0258	0,92	0,0354	0,91	0,0668	0,83
22	3	10-10-10	10	0,0170	0,94	0,0365	0,91	0,0638	0,83
23	3	20-20-20	11	0,00001	0,99	0,0403	0,90	0,0457	0,85
24	3	30-30-30	10	0,0025	0,99	0,0560	0,85	0,0896	0,76

Tablo 45 incelendiğinde, test setinin HKO ve R değerleri incelendiğinde, 23 nolu deneme olan üç gizli katmanlı, ilk gizli katmanda 20 nörona, ikinci gizli katmanda 20 nörona ve üçüncü gizli katmanda da 20 nörona sahip ağ yapısının en iyi sonuç verdiği görülmektedir. Bu ağa ait performans grafiği Şekil 64’de yer almaktadır.

Şekil 64: Bilgi İşçileri Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği

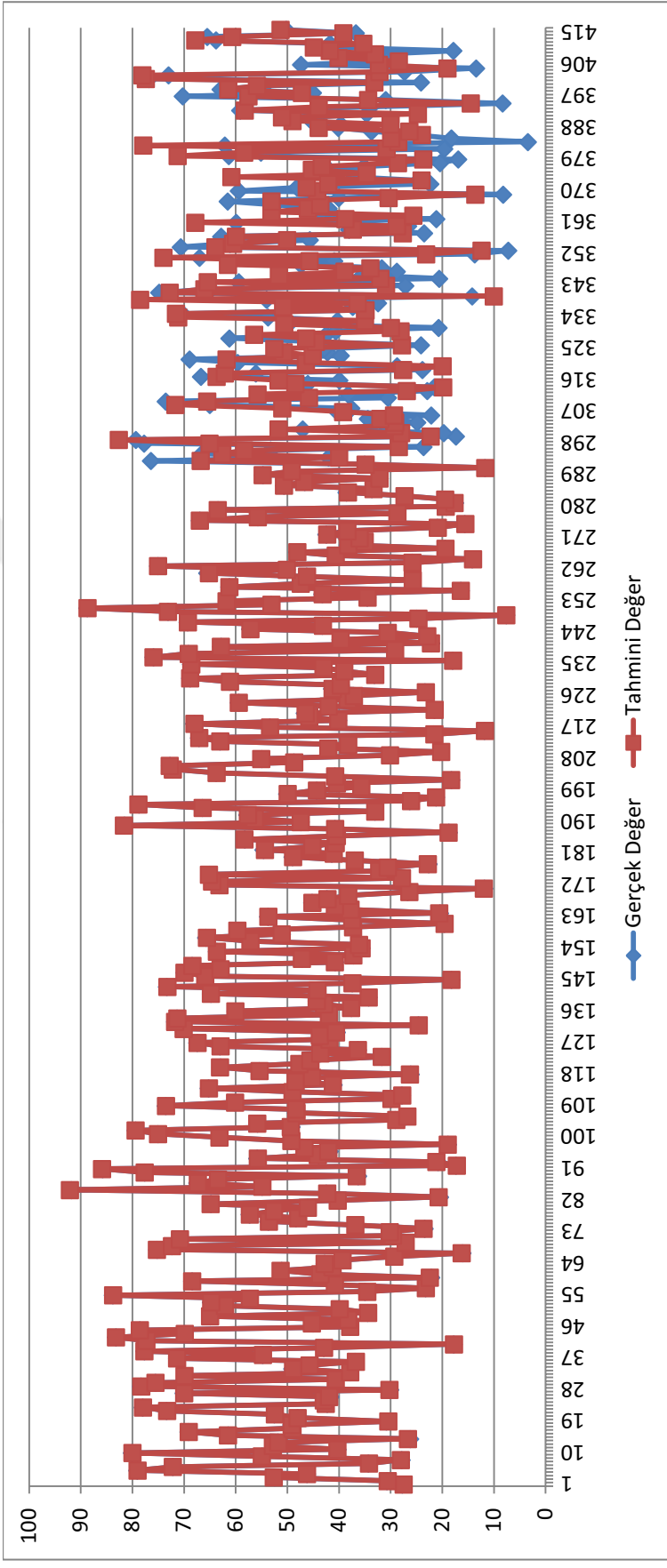


Şekil 65: Bilgi İşçileri Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri



Şekil 65’de yer alan korelasyon grafikleri değerlendirildiğinde, eğitim verilerinin korelasyon katsayısı 0,99; doğrulama setinin korelasyon katsayısı 0,90; test setinin korelasyon katsayısı 0,85 ve tüm verilerin korelasyon katsayısı 0,96 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, değişkenler arasında güçlü bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. YSA tarafından tahmin edilen değerler ile gerçek değerler Şekil 66’da gösterilmektedir.

Şekil 66: Bilgi İşçileri Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması



Ağın mimari yapısı optimize edildikten sonra bilgi işçileri değişkeni üzerinde etkili olan değişkenleri belirlemek için perturb yöntemi uygulanmıştır. Herbir değişkenin değerindeki artışın HKO üzerindeki değişime etkisi incelenmiştir. Tablo 46’da bilgi işçileri değişkenini etkileyen değişkenlerin önem dereceleri yer almaktadır.

Tablo 46: Bilgi İşçileri Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri

Değişkenler	HKO Değişim (%)	Normalize
C1 - Politik Çevre	10,941	0,107
C2 – Düzenleyici Çevre	3,939	0,038
C3 – İş çevresi	2,626	0,026
C4 - Eğitim	1,313	0,013
C5 – Yükseköğretim	3,720	0,036
C6 – Araştırma & Geliştirme	4,158	0,041
C7 – Bilgi ve İletişim Teknolojileri Altyapısı	15,974	0,156
C8 – Genel Altyapı	12,473	0,122
C9 – Ekolojik Sürdürülebilirlik	1,751	0,017
C10 – Kredi	1,313	0,013
C11 – Yatırım	0,020	0,001
C12- Ticaret & Rekabet	17,943	0,175
C14 - İnovasyon bağlantıları	1,313	0,013
C15 - Bilginin özümsemesi	7,440	0,072
C16 - Bilginin üretimi	1,094	0,011
C17 - Bilginin etkisi	4,595	0,045
C18 - Bilginin yayılımı	2,407	0,023
C19 - Maddi olmayan duran varlıklar	2,626	0,026
C20 - Yaratıcı mallar ve hizmetler	3,939	0,038
C21 - Çevrimiçi yaratıcılık	3,063	0,030

Tablo 46 incelendiğinde, bilgi işçileri değişkenini en fazla etkileyen değişkenlerin ticaret & rekabet, bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısı, genel altyapı, politik çevre ve bilginin özümsemesi değişkenleri olduğu; en az etkileyen değişkenlerin yatırım, bilginin üretimi, kredi, eğitim ve ekolojik sürdürülebilirlik olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

4.3.2.14. İnovasyon Bağlantıları Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi

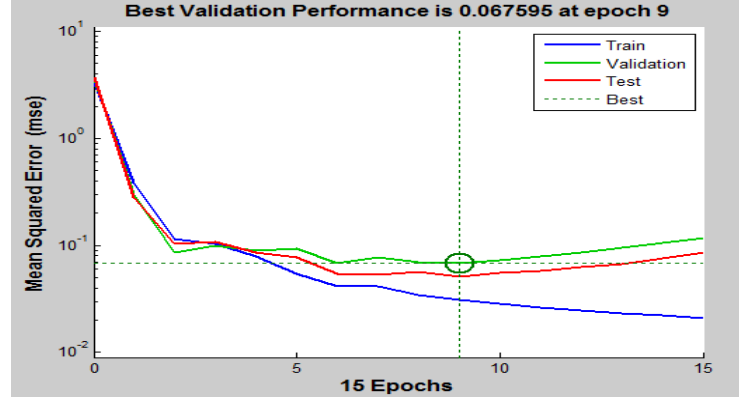
İnovasyon bağlantıları değişkeni bağımlı değişken, diğer değişkenler bağımsız değişkenler olarak ele alınarak öncelikle gizli katman sayısını ve gizli katmandaki nöron sayısını belirlemek için Tablo 47’de yer alan çeşitli alternatifler denenerek sonuçları karşılaştırılmıştır.

Tablo 47: İnovasyon Bağlantıları Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler

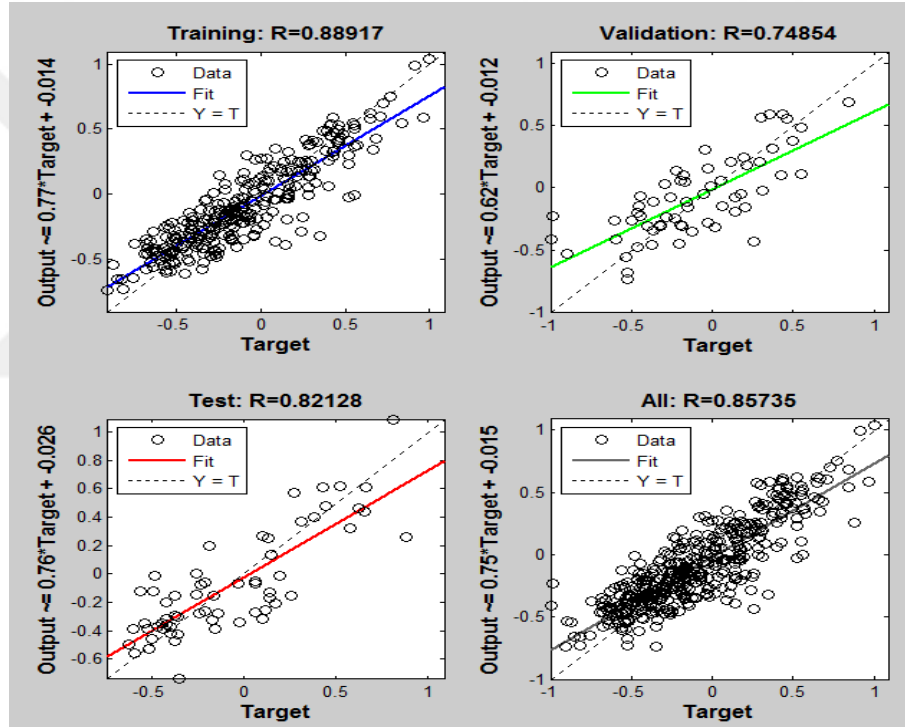
Deneme	Parametreler			Eğitim Seti		Doğrulama Seti		Test Seti	
	GKS	NS	İS	HKO	R	HKO	R	HKO	R
1	1	5	14	0,0838	0,87	0,0709	0,75	0,0726	0,75
2	1	10	14	0,0218	0,92	0,0697	0,74	0,0905	0,70
3	1	20	12	0,0110	0,96	0,0594	0,80	0,0894	0,70
4	1	30	9	0,0192	0,93	0,0757	0,75	0,0899	0,70
5	2	5-5	15	0,0310	0,88	0,0676	0,74	0,0516	0,82
6	2	5-10	11	0,0450	0,83	0,0591	0,78	0,0724	0,73
7	2	5-20	11	0,0326	0,88	0,0583	0,80	0,0689	0,76
8	2	5-30	12	0,0336	0,88	0,0666	0,78	0,0836	0,70
9	2	10-5	10	0,0303	0,89	0,0588	0,79	0,0869	0,71
10	2	10-10	10	0,0316	0,88	0,0616	0,77	0,0845	0,71
11	2	10-20	11	0,0148	0,95	0,0692	0,76	0,0781	0,75
12	2	10-30	11	0,0263	0,90	0,0998	0,68	0,0814	0,76
13	2	20-5	11	0,0359	0,89	0,0491	0,83	0,0681	0,77
14	2	20-10	10	0,0478	0,83	0,0618	0,77	0,0706	0,73
15	2	20-20	10	0,0300	0,90	0,0634	0,76	0,0808	0,72
16	2	20-30	10	0,0013	0,99	0,0766	0,78	0,1169	0,73
17	2	30-5	8	0,0599	0,80	0,0756	0,71	0,0796	0,71
18	2	30-10	9	0,0334	0,89	0,0541	0,80	0,0776	0,73
19	2	30-20	11	0,0208	0,93	0,0671	0,74	0,0792	0,70
20	2	30-30	9	0,0290	0,91	0,0722	0,77	0,0814	0,78
21	3	5-5-5	8	0,0661	0,74	0,0816	0,67	0,0732	0,72
22	3	10-10-10	9	0,0475	0,82	0,0659	0,76	0,0572	0,80
23	3	20-20-20	12	0,0085	0,97	0,0826	0,70	0,1273	0,60
24	3	30-30-30	9	0,0262	0,91	0,0815	0,73	0,0930	0,71

Tablo 47 değerlendirildiğinde, elde edilen sonuçlara göre 5 nolu deneme olan iki gizli katmanlı, ilk gizli katmanda 5 nörona ve ikinci gizli katmanda da 5 nörona sahip ağ yapısı en iyi modeldir. Bu ağın eğitime ilişkin performans grafiği aşağıdaki Şekil 67’de yer almaktadır.

Şekil 67: İnovasyon Bağlantıları Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği

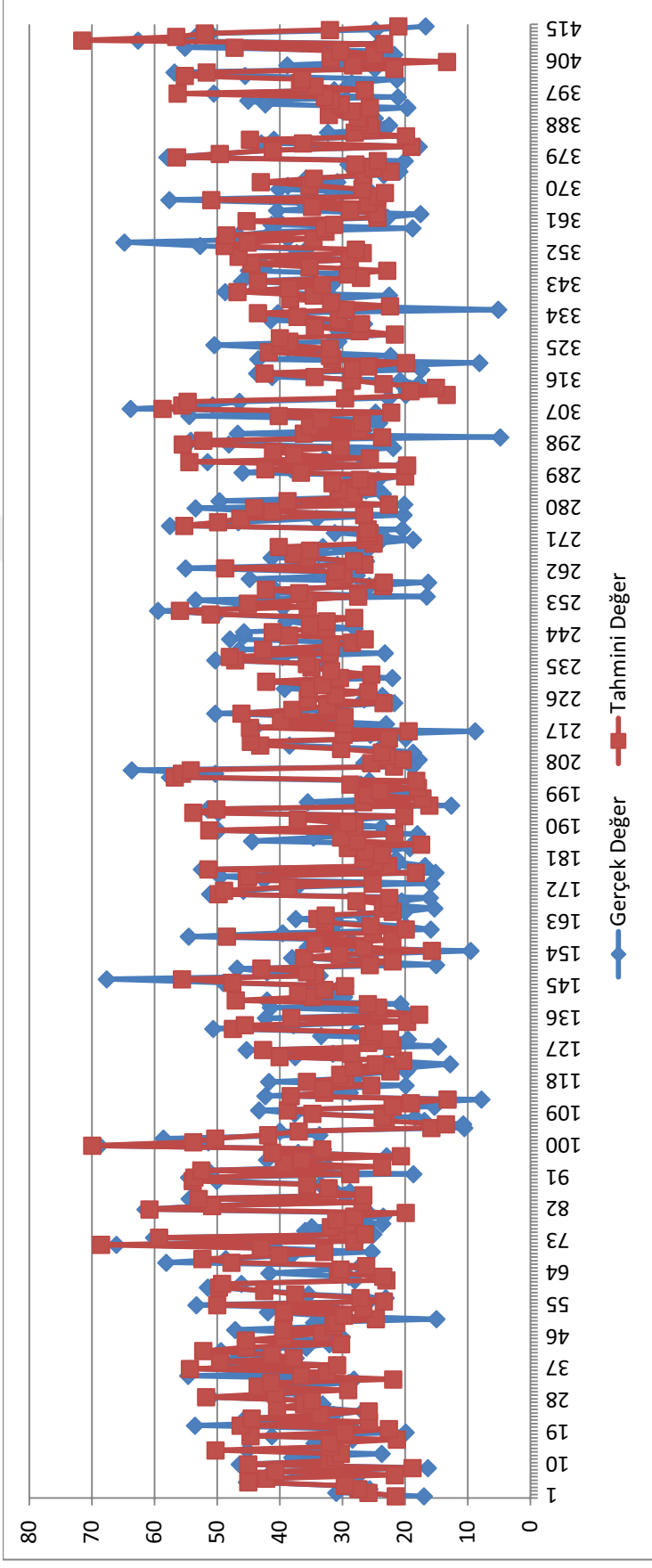


Şekil 68: İnovasyon Bağlantıları Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri



Şekil 68’de gösterien korelasyon grafikleri incelendiğinde tüm veri seti için korelasyon katsayının 0,85 olarak hesaplandığı ve değişkenler arasındaki ilişkilerin güçlü olduğu görülmektedir. Gerçek değer ve tahmini değerler arasındaki fark en düşük düzeydedir. Oluşturulan YSA modeli tarafından tahmin edilen değerler ile gerçek değerler Şekil 69’da mevcuttur.

Şekil 69: İnovasyon Bağlantıları Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması



İnovasyon bağlantıları değişkeni için en iyi ağ parametre değerleri hesaplandıktan sonra bu değişken üzerindeki etkili değişkenlerin önem derecelerini belirlemek için perturb yöntemi uygulanmıştır. Tablo 48’de inovasyon bağlantıları değişkenini etkileyen değişkenlerin önem dereceleri yer almaktadır.

Tablo 48: İnovasyon Bağlantıları Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri

Değişkenler	HKO Değişim (%)	Normalize
C1 - Politik Çevre	5,243	0,056
C2 – Düzenleyici Çevre	6,990	0,075
C3 – İş çevresi	6,796	0,073
C4 - Eğitim	1,942	0,021
C5 – Yükseköğretim	3,495	0,038
C6 – Araştırma & Geliştirme	10,097	0,109
C7 – Bilgi ve İletişim Teknolojileri Altyapısı	5,631	0,061
C8 – Genel Altyapı	0,194	0,002
C9 – Ekolojik Sürdürülebilirlik	3,883	0,042
C10 – Kredi	1,553	0,017
C11 – Yatırım	1,359	0,015
C12- Ticaret & Rekabet	3,301	0,036
C13 – Bilgi İşçileri	0,194	0,002
C15 - Bilginin özümsemesi	0,777	0,008
C16 - Bilginin üretimi	10,291	0,111
C17 - Bilginin etkisi	1,359	0,015
C18 - Bilginin yayılımı	6,214	0,067
C19 - Maddi olmayan duran varlıklar	0,971	0,010
C20 - Yaratıcı mallar ve hizmetler	8,738	0,094
C21 - Çevrimiçi yaratıcılık	13,786	0,149

Tablo 48 incelendiğinde inovasyon bağlantıları değişkenini en fazla etkileyen değişkenlerin çevrimiçi yaratıcılık, bilginin üretimi, araştırma & geliştirme, yaratıcı mallar ve hizmetler ve düzenleyici çevre değişkenleri olduğu; en az etkileyen değişkenlerin ise genel altyapı, bilgi işçileri, bilginin özümsemesi, maddi olmayan duran varlıklar ve bilginin yayılımı olduğu görülmektedir.

4.3.2.15. Bilginin ÖzümSENmesi Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi

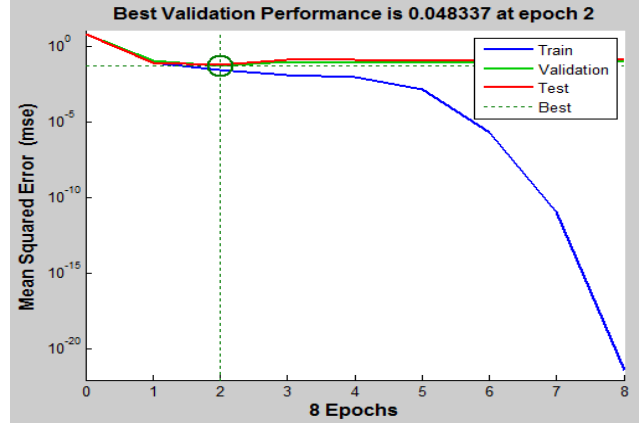
Diğer değişkenlerde olduğu gibi bilginin özümSENmesi değişkenini etkileyen değişkenleri tespit edebilmek için bilginin özümSENmesi değişkeni bağımlı değişken, diğer değişkenler bağımsız değişkenler olarak çeşitli alternatifler denenmiştir. Bu alternatif modellerin sonuçları Tablo 49’da yer almaktadır.

Tablo 49: Bilginin ÖzümSENmesi Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler

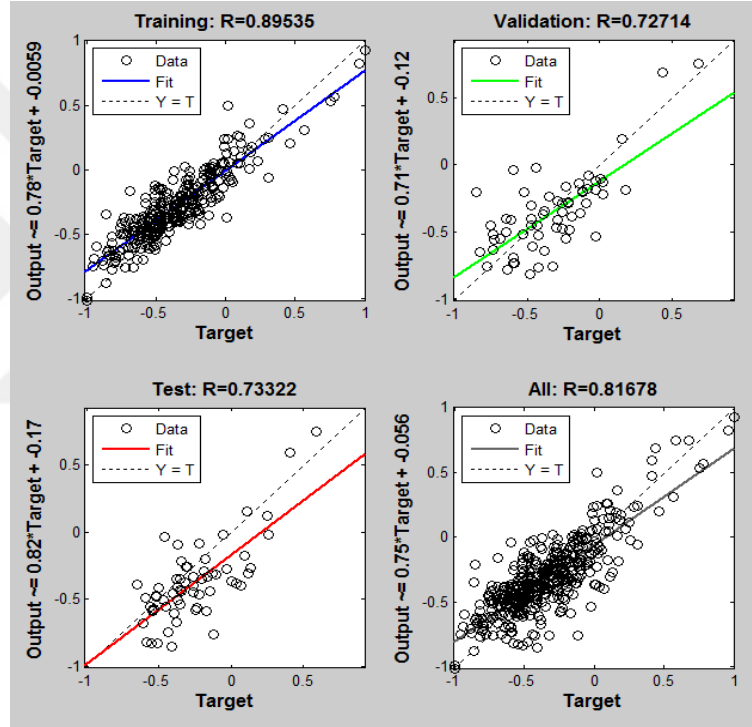
Deneme	Parametreler			Eğitim Seti		Doğrulama Seti		Test Seti	
	GKS	NS	İS	HKO	R	HKO	R	HKO	R
1	1	5	8	0,0525	0,70	0,0634	0,62	0,0717	0,63
2	1	10	10	0,0357	0,82	0,0609	0,63	0,0729	0,74
3	1	20	13	0,0068	0,96	0,0893	0,56	0,0946	0,48
4	1	30	10	0,0077	0,96	0,0638	0,70	0,0926	0,60
5	2	5-5	14	0,0314	0,83	0,0733	0,54	0,0840	0,60
6	2	5-10	13	0,0239	0,88	0,1175	0,40	0,1007	0,55
7	2	5-20	11	0,0404	0,78	0,0603	0,65	0,0755	0,60
8	2	5-30	9	0,0399	0,77	0,0709	0,53	0,0707	0,62
9	2	10-5	11	0,0323	0,82	0,0860	0,58	0,1097	0,51
10	2	10-10	9	0,0408	0,80	0,0584	0,64	0,0562	0,67
11	2	10-20	8	0,0487	0,74	0,0808	0,43	0,0713	0,56
12	2	10-30	12	0,0097	0,95	0,0857	0,60	0,1120	0,67
13	2	20-5	10	0,0367	0,81	0,0638	0,56	0,0570	0,66
14	2	20-10	8	0,0343	0,81	0,0596	0,64	0,0698	0,68
15	2	20-20	9	0,0305	0,86	0,0608	0,70	0,0546	0,67
16	2	20-30	10	0,0114	0,94	0,0743	0,70	0,0919	0,71
17	2	30-5	9	0,0368	0,87	0,0740	0,50	0,0527	0,66
18	2	30-10	9	0,0227	0,90	0,0697	0,53	0,0815	0,57
19	2	30-20	8	0,0325	0,84	0,0606	0,61	0,0556	0,70
20	2	30-30	9	0,0129	0,94	0,0653	0,67	0,0703	0,66
21	3	5-5-5	12	0,0402	0,77	0,0676	0,52	0,0626	0,61
22	3	10-10-10	8	0,0535	0,71	0,0659	0,55	0,0534	0,67
23	3	20-20-20	8	0,0414	0,80	0,0692	0,51	0,0579	0,62
24	3	30-30-30	8	0,0257	0,90	0,0483	0,73	0,0559	0,73

Tablo 49’da değerlendirildiğinde en iyi performans ölçütüne sahip ağ yapısı üç gizli katmanlı, ilk gizli katmanda 30 nöronu, ikinci gizli katmanda 30 nöronu ve üçüncü gizli katmanda da 30 nöronu olan ağ yapısıdır. Bu ağın eğitimine ilişkin performans grafiği aşağıdaki Şekil 70’de yer almaktadır.

Şekil 70: Bilginin ÖzümSENmesi Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği

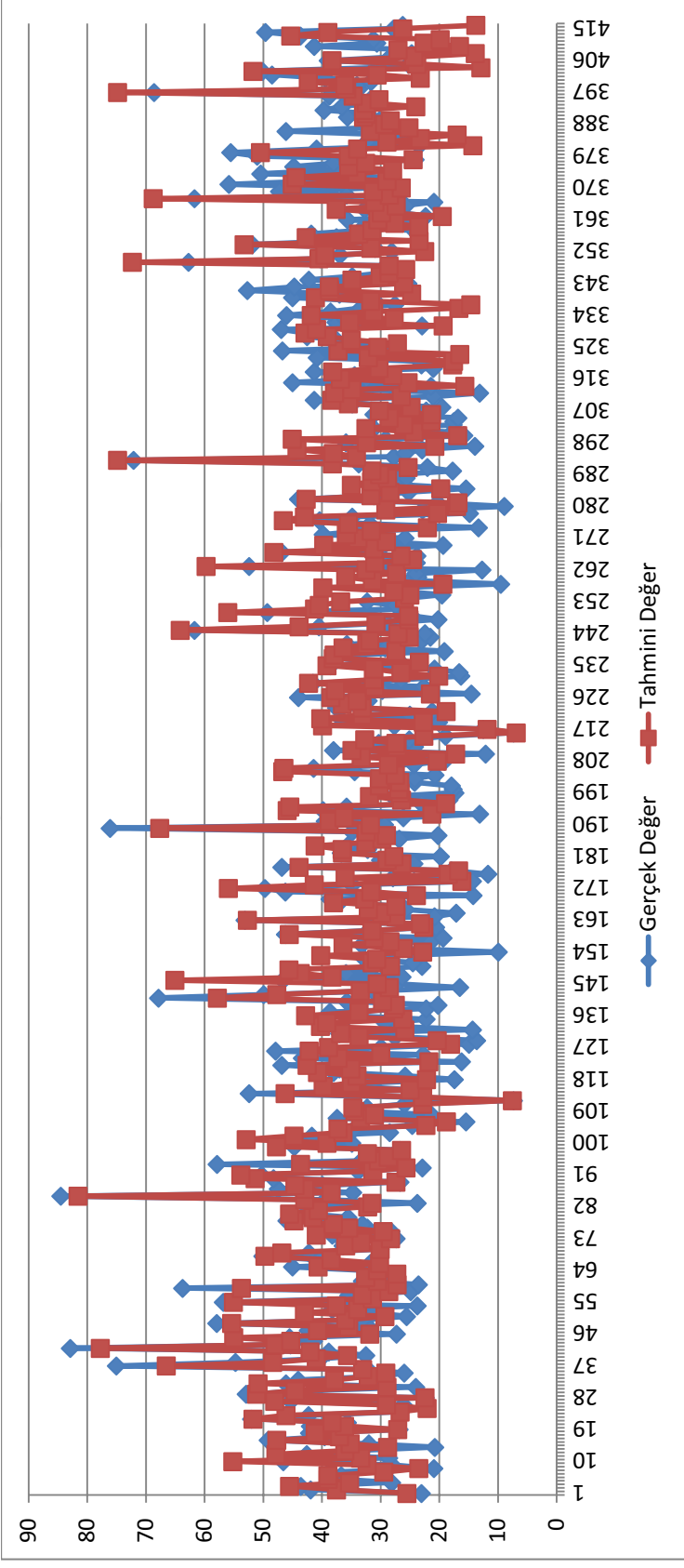


Şekil 71: Bilginin ÖzümSENmesi Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri



Tahmini değerler ile gerçek değerler arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon grafikleri Şekil 71'de gösterilmektedir. Eğitim verilerinin korelasyon katsayısı 0,90 iken test setinin korelasyon katsayısı 0,73 olarak bulunmuştur. Tüm verilere ilişkin korelasyon katsayısı da 0,81 hesaplanmıştır. YSA tarafından tahmin edilen değerler ile gerçek değerler Şekil 72'de yer almaktadır.

Şekil 72: Bilginin ÖzümSENmesi Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması



Ağ parametreleri optimize edilip en iyi ağ yapısı oluşturulduktan sonra bilginin özümsemişi değişkenini etkileyen değişkenlerin önem derecelerini belirlemek için perturb yöntemi uygulanmıştır. Diğer değişkenler sabit tutularak her bir değişkenin değeri %20'si kadar artırılarak ağın HKO üzerindeki değişimleri incelenmiştir. Tablo 50'de bilginin özümsemişi değişkenini etkileyen değişkenlerin önem dereceleri yer almaktadır.

Tablo 50: Bilginin Özümsemişi Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri

Değişkenler	HKO Değişim (%)	Normalize
C1 - Politik Çevre	4,839	0,049
C2 – Düzenleyici Çevre	3,226	0,033
C3 – İş çevresi	4,659	0,047
C4 - Eğitim	1,971	0,020
C5 – Yükseköğretim	3,943	0,040
C6 – Araştırma & Geliştirme	21,326	0,215
C7 – Bilgi ve İletişim Teknolojileri Altyapısı	7,706	0,078
C8 – Genel Altyapı	6,272	0,063
C9 – Ekolojik Sürdürülebilirlik	0,358	0,004
C10 – Kredi	4,480	0,045
C11 – Yatırım	5,376	0,054
C12- Ticaret & Rekabet	1,434	0,014
C13 – Bilgi İşçileri	1,075	0,011
C14 – İnovasyon Bağlantıları	11,828	0,119
C16 - Bilginin üretimi	2,509	0,025
C17 - Bilginin etkisi	0,538	0,005
C18 - Bilginin yayılımı	4,480	0,045
C19 - Maddi olmayan duran varlıklar	0,896	0,009
C20 - Yaratıcı mallar ve hizmetler	1,075	0,011
C21 - Çevrimiçi yaratıcılık	11,111	0,112

Tablo 50 incelendiğinde bilginin özümsemişi değişkenini en fazla etkileyen değişkenlerin araştırma & geliştirme, inovasyon bağlantıları, çevrimiçi yaratıcılık, bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısı ve genel altyapı değişkenleri olduğu; en az etkileyen değişkenlerin ekolojik sürdürülebilirlik, bilginin etkisi, maddi olmayan duran varlıklar, bilgi işçileri ve yaratıcı mallar ve hizmetler olduğu anlaşılmaktadır.

4.3.2.16. Bilginin Üretimi Değişkeni Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi

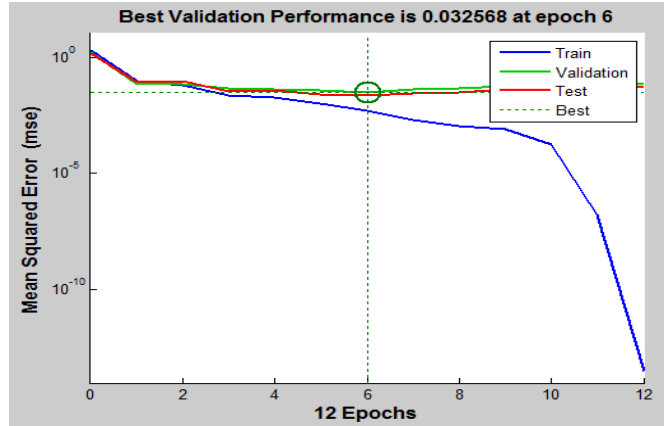
Bilginin üretimi değişkeni bağımlı değişken, diğer değişkenler bağımsız değişkenler olarak ele alınarak ağın mimarisindeki parametreleri belirlemek için yapılan çeşitli alternatif model denemeleri Tablo 51’de gösterilmektedir.

Tablo 51: Bilginin Üretimi Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler

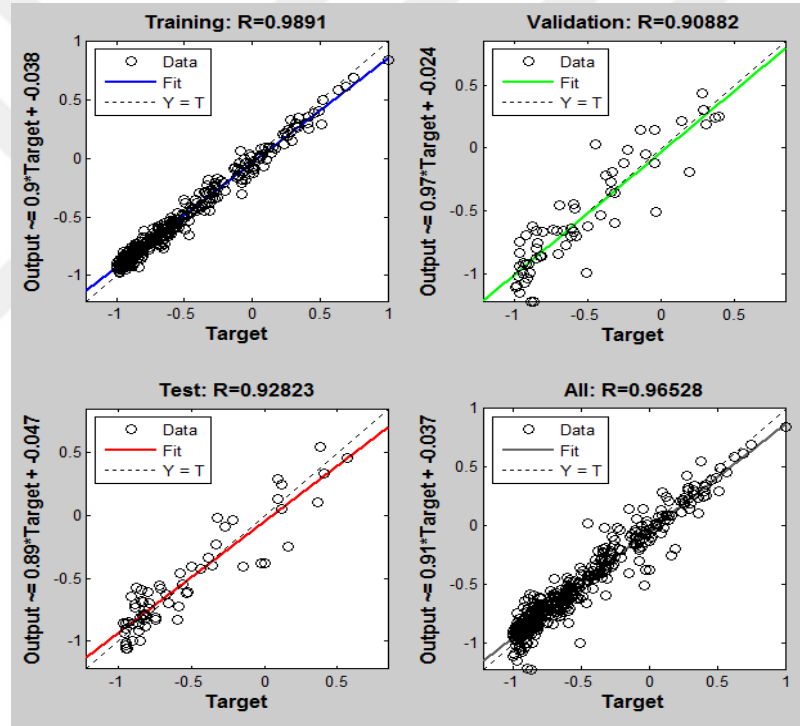
Deneme	Parametreler			Eğitim Seti		Doğrulama Seti		Test Seti	
	GKS	NS	İS	HKO	R	HKO	R	HKO	R
1	1	5	9	0,0392	0,89	0,0366	0,88	0,0454	0,87
2	1	10	11	0,0144	0,95	0,0340	0,91	0,0448	0,87
3	1	20	9	0,0120	0,96	0,0384	0,90	0,0350	0,90
4	1	30	8	0,0193	0,94	0,0330	0,92	0,0426	0,90
5	2	5-5	15	0,0178	0,94	0,0325	0,90	0,0475	0,85
6	2	5-10	10	0,0350	0,91	0,0381	0,88	0,0489	0,85
7	2	5-20	15	0,0117	0,96	0,0474	0,88	0,0399	0,89
8	2	5-30	10	0,0244	0,93	0,0483	0,87	0,0367	0,90
9	2	10-5	14	0,0143	0,96	0,0293	0,91	0,0338	0,90
10	2	10-10	9	0,0274	0,92	0,0335	0,89	0,0420	0,87
11	2	10-20	10	0,0194	0,94	0,0433	0,88	0,0395	0,88
12	2	10-30	10	0,0123	0,96	0,0387	0,88	0,0400	0,89
13	2	20-5	9	0,0293	0,93	0,0314	0,90	0,0344	0,89
14	2	20-10	11	0,0074	0,98	0,0288	0,92	0,0312	0,92
15	2	20-20	9	0,0161	0,95	0,0360	0,91	0,0407	0,90
16	2	20-30	12	0,0024	0,99	0,0701	0,83	0,0557	0,88
17	2	30-5	12	0,0087	0,97	0,0353	0,90	0,0386	0,90
18	2	30-10	12	0,0052	0,98	0,0326	0,90	0,0243	0,92
19	2	30-20	10	0,0075	0,98	0,0467	0,88	0,0433	0,90
20	2	30-30	8	0,0220	0,93	0,0337	0,89	0,0434	0,88
21	3	5-5-5	12	0,0177	0,94	0,0292	0,90	0,0363	0,89
22	3	10-10-10	11	0,0127	0,96	0,0407	0,87	0,0380	0,89
23	3	20-20-20	11	0,000026	0,99	0,0457	0,86	0,0360	0,89
24	3	30-30-30	10	0,000015	0,99	0,0400	0,90	0,0645	0,86

Tablo 51’deki test setinin HKO ve R değerleri incelendiğinde, 18 nolu deneme olan iki gizli katmanlı, ilk gizli katmanda 30 nörona ve ikinci gizli katmanda da 10 nörona sahip ağ yapısının en düşük HKO ve en yüksek korelasyon değeri verdiği hesaplanmıştır. Bu ağa ait performans grafiği Şekil 73’de yer almaktadır.

Şekil 73: Bilginin Üretimi Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği

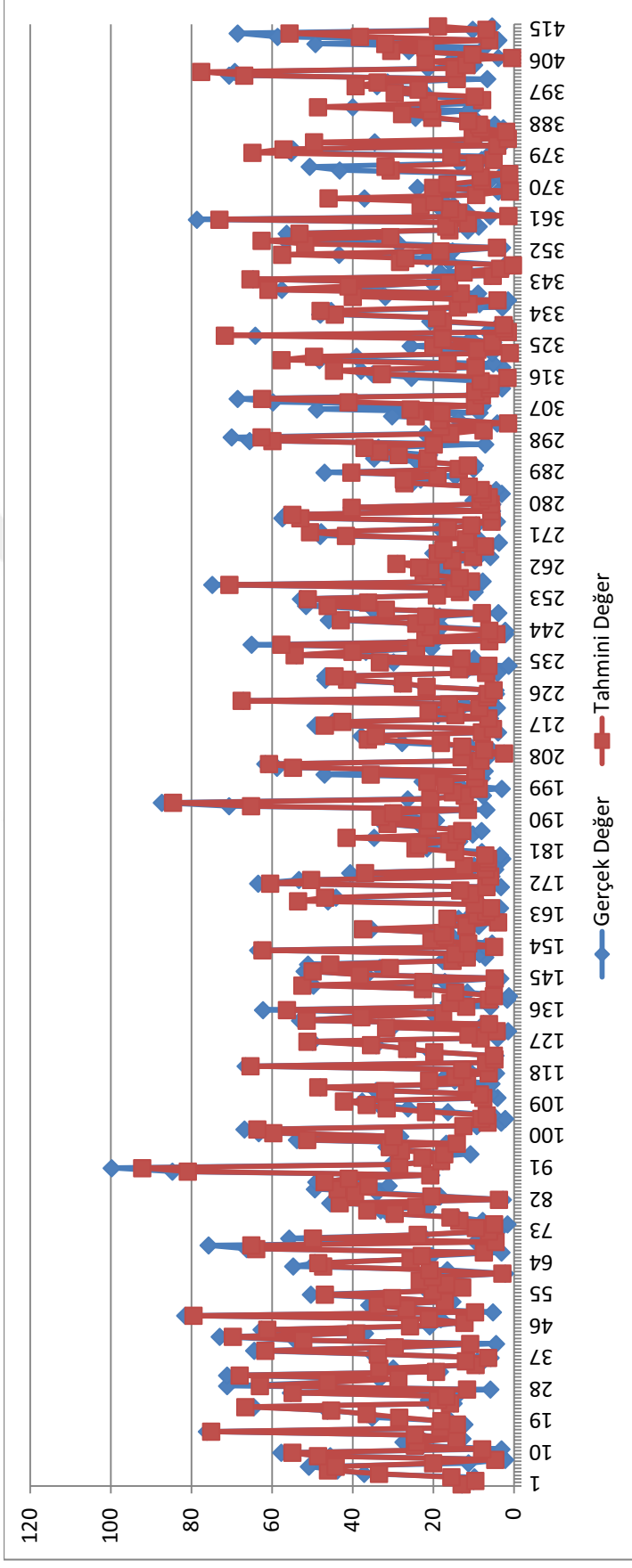


Şekil 74: Bilginin Üretimi Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri



Şekil 74’de yer alan korelasyon grafikleri değerlendirildiğinde tüm veri setlerine ait korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olduğu bulunmuştur. Böylelikle değişkenler arasında güçlü bir ilişkinin olduğu görülmektedir. YSA tarafından tahmin edilen değerler ile gerçek değerler Şekil 75’de yer almaktadır.

Şekil 75: Bilginin Üretimi Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması



Çeşitli denemeler sonucunda ağ parametreleri optimize edildikten sonra bilginin üretimi değişkenini etkileyen değişkenlerin önem derecelerini belirlemek için diğer değişkenler sabit tutularak herbir değişkenin değeri %20'si kadar arttırılarak ağın HKO üzerindeki değişimleri incelenmiştir. Tablo 52'de bilginin üretimi değişkenini etkileyen değişkenlerin önem dereceleri yer almaktadır.

Tablo 52: Bilginin Üretimi Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri

Değişkenler	HKO Değişim (%)	Normalize
C1 - Politik Çevre	20,988	0,182
C2 – Düzenleyici Çevre	14,403	0,125
C3 – İş çevresi	9,877	0,086
C4 - Eğitim	1,646	0,014
C5 – Yükseköğretim	5,761	0,050
C6 – Araştırma & Geliştirme	32,099	0,279
C7 – Bilgi ve İletişim Teknolojileri Altyapısı	0,823	0,007
C8 – Genel Altyapı	0,395	0,003
C9 – Ekolojik Sürdürülebilirlik	2,058	0,018
C10 – Kredi	1,646	0,014
C11 – Yatırım	1,235	0,011
C12- Ticaret & Rekabet	2,058	0,018
C13 – Bilgi İşçileri	2,881	0,025
C14 – İnovasyon bağlantıları	0,370	0,003
C15 - Bilginin özümsemesi	1,646	0,014
C17 - Bilginin etkisi	1,646	0,014
C18 - Bilginin yayılımı	1,646	0,014
C19 - Maddi olmayan duran varlıklar	1,646	0,014
C20 - Yaratıcı mallar ve hizmetler	0,823	0,007
C21 - Çevrimiçi yaratıcılık	11,523	0,100

Tablo 52 yorumlandığında araştırma & geliştirme, politik çevre, düzenleyici çevre, çevrimiçi yaratıcılık ve iş çevresi değişkenlerinin bilginin üretimi üzerinde en fazla etkili, inovasyon bağlantıları, genel altyapı, bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısı, yaratıcı mallar ve hizmetler ve yatırım değişkenlerinin ise bilginin üretimi değişkeni üzerinde en az etkili değişkenler olduğu görülmektedir.

4.3.2.17. Bilginin Etkisi Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi

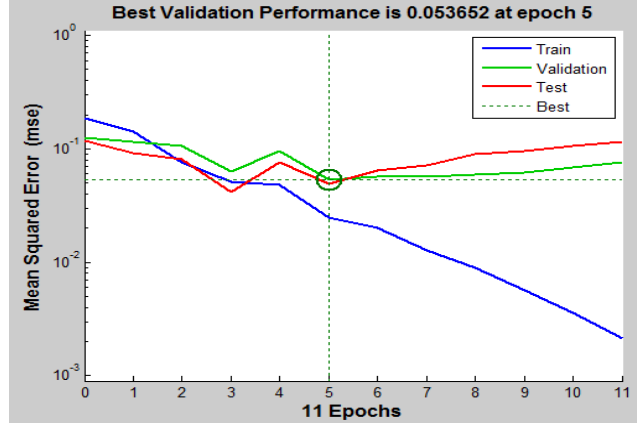
Bilginin etkisi değişkeni üzerinde en fazla ve en az etkili olan değişkenleri belirleyebilmek için öncelikle ağın en iyi mimari yapısını oluşturmak için yapılan çeşitli model denemeleri Tablo 53’de yer almaktadır.

Tablo 53: Bilginin Etkisi Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler

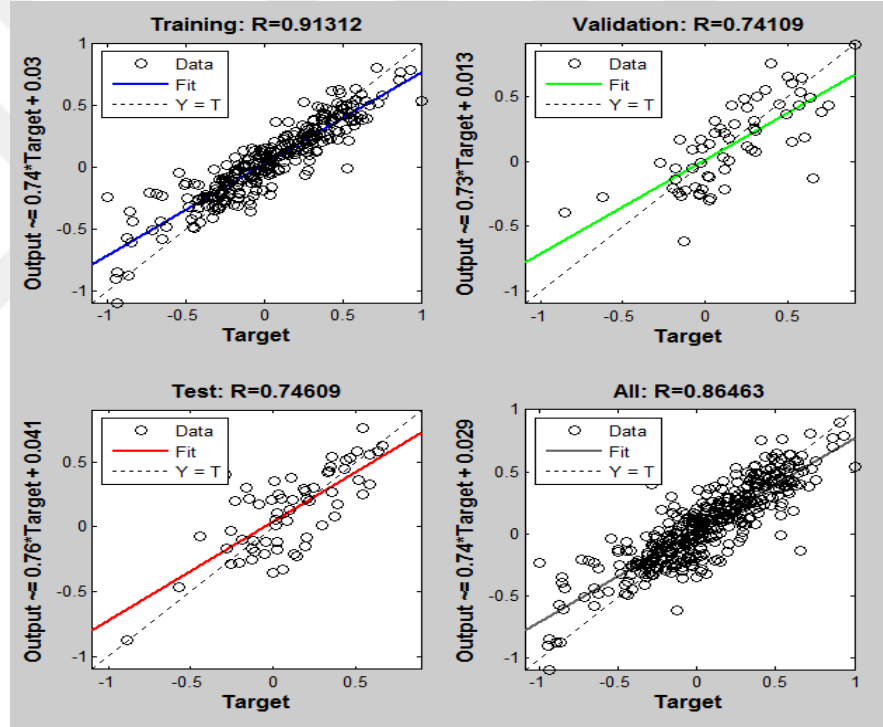
Deneme	Parametreler			Eğitim Seti		Doğrulama Seti		Test Seti	
	GKS	NS	İS	HKO	R	HKO	R	HKO	R
1	1	5	10	0,0698	0,71	0,0880	0,61	0,0868	0,60
2	1	10	9	0,0489	0,83	0,0484	0,73	0,0502	0,71
3	1	20	10	0,0286	0,90	0,0764	0,71	0,0645	0,72
4	1	30	8	0,0574	0,85	0,0563	0,72	0,0563	0,70
5	2	5-5	11	0,0582	0,76	0,0697	0,67	0,0701	0,60
6	2	5-10	8	0,0706	0,71	0,0532	0,71	0,0571	0,67
7	2	5-20	8	0,0822	0,66	0,0662	0,63	0,0663	0,54
8	2	5-30	9	0,0651	0,73	0,0649	0,63	0,0864	0,51
9	2	10-5	12	0,0283	0,90	0,0551	0,73	0,0981	0,55
10	2	10-10	10	0,0344	0,87	0,0638	0,70	0,0538	0,70
11	2	10-20	10	0,0245	0,92	0,0784	0,70	0,0702	0,64
12	2	10-30	9	0,0330	0,87	0,0979	0,61	0,0592	0,70
13	2	20-5	12	0,0382	0,86	0,0602	0,68	0,0599	0,67
14	2	20-10	9	0,0594	0,80	0,0552	0,68	0,0572	0,62
15	2	20-20	10	0,0303	0,88	0,0659	0,70	0,0657	0,70
16	2	20-30	9	0,0282	0,90	0,0614	0,70	0,0601	0,70
17	2	30-5	11	0,0249	0,91	0,0537	0,74	0,0490	0,74
18	2	30-10	10	0,0519	0,81	0,0504	0,73	0,0566	0,67
19	2	30-20	9	0,0276	0,90	0,0521	0,72	0,0543	0,70
20	2	30-30	10	0,0087	0,97	0,0736	0,67	0,1041	0,55
21	3	5-5-5	14	0,0486	0,82	0,0552	0,71	0,0561	0,67
22	3	10-10-10	13	0,0356	0,87	0,0465	0,74	0,0539	0,68
23	3	20-20-20	12	0,0086	0,97	0,0649	0,72	0,0976	0,60
24	3	30-30-30	9	0,0548	0,80	0,0992	0,44	0,1077	0,30

Tablo 53’deki test setinin HKO ve R değerleri incelendiğinde, 17 nolu deneme olan iki gizli katmanlı, ilk gizli katmanda 30 nörona ve ikinci gizli katmanda da 5 nörona sahip ağ yapısının en iyi sonuç verdiği görülmektedir. Bu ağın eğitimine ilişkin performans grafiği aşağıdaki Şekil 76’da yer almaktadır.

Şekil 76: Bilginin Etkisi Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği

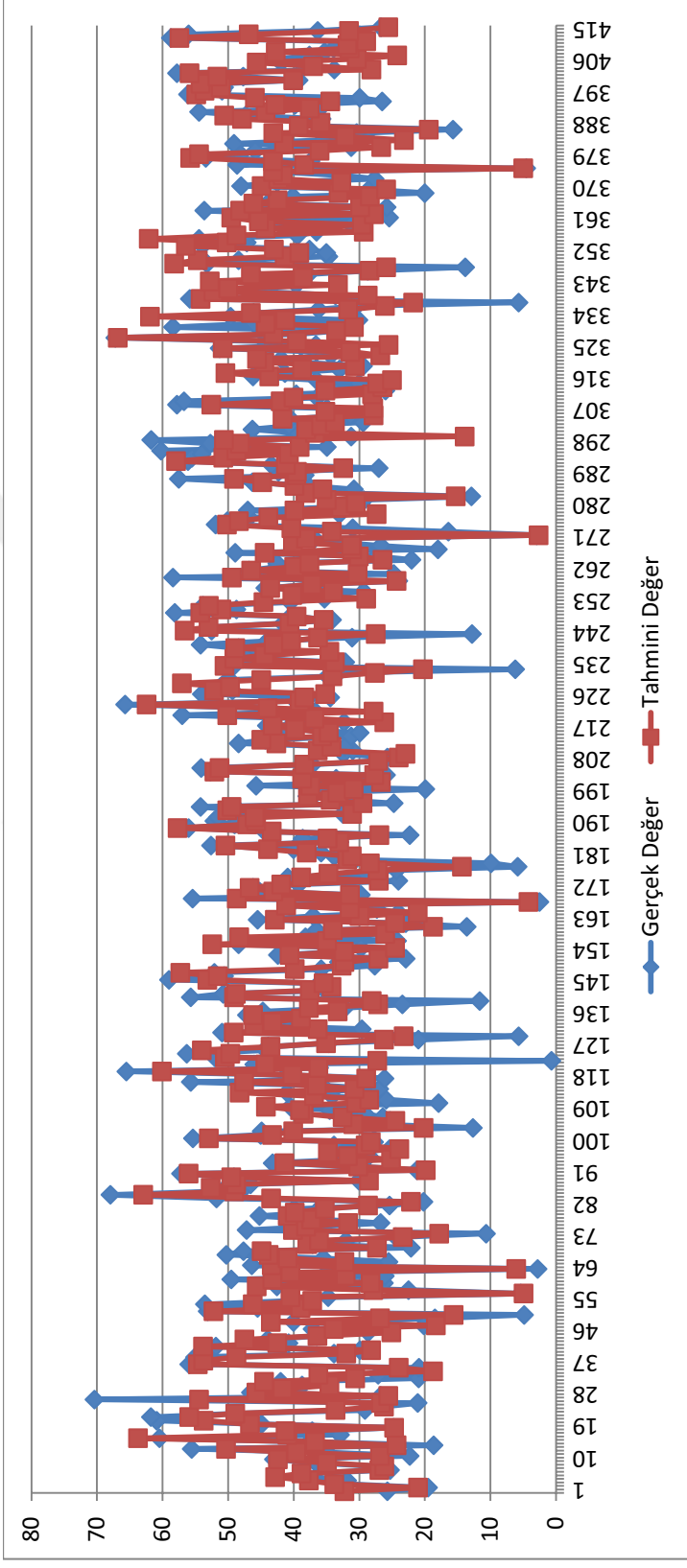


Şekil 77: Bilginin Etkisi Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri



Tahmini değerler ile gerçek değerler arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon grafikleri Şekil 77’de gösterilmektedir. Eğitim, doğrulama, test ve tüm verilerin korelasyon katsayıları sırasıyla 0,91, 0,74, 0,74 ve 0,86 olarak bulunmuştur. Oluşturulan YSA modeli tarafından tahmin edilen değerler ile gerçek değerler Şekil 78’de yer almaktadır.

Şekil 78: Bilginin Etkisi Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması



En iyi ağ mimarisi oluşturulduktan sonra bilginin etkisi değişkenini etkileyen değişkenlerin önem derecelerini belirlemek için perturb yöntemi uygulanmıştır. Herbir değişkenin değeri % 20'si arttırılarak ağın HKO üzerindeki etkisi gözlemlenmiştir. Tablo 54'de bilginin etkisi değişkenini etkileyen değişkenlerin önem dereceleri yer almaktadır.

Tablo 54: Bilginin Etkisi Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri

Değişkenler	HKO Değişim (%)	Normalize
C1 - Politik Çevre	7,771	0,117
C2 – Düzenleyici Çevre	3,272	0,049
C3 – İş çevresi	4,294	0,064
C4 - Eğitim	1,022	0,015
C5 – Yükseköğretim	3,885	0,058
C6 – Araştırma & Geliştirme	9,816	0,147
C7 – Bilgi ve İletişim Teknolojileri Altyapısı	2,658	0,040
C8 – Genel Altyapı	3,272	0,049
C9 – Ekolojik Sürdürülebilirlik	4,499	0,067
C10 – Kredi	0,204	0,003
C11 – Yatırım	4,499	0,067
C12- Ticaret & Rekabet	6,544	0,098
C13 – Bilgi İşçileri	0,818	0,012
C14 – İnovasyon bağlantıları	1,636	0,025
C15 - Bilginin özümsemi	4,703	0,071
C16 - Bilginin üretimi	0,204	0,003
C18 - Bilginin yayılımı	1,840	0,028
C19 - Maddi olmayan duran varlıklar	2,045	0,031
C20 - Yaratıcı mallar ve hizmetler	2,249	0,034
C21 - Çevrimiçi yaratıcılık	1,431	0,021

Tablo 54 değerlendirildiğinde bilginin etkisi değişkenini en fazla etkileyen değişkenlerin araştırma & geliştirme, politik çevre, ticaret & rekabet, bilginin özümsemi, ekolojik sürdürülebilirlik ve yatırım değişkenleri olduğu; en az etkileyen değişkenlerin kredi, bilginin üretimi, bilgi işçileri, eğitim ve çevrimiçi yaratıcılık olduğu anlaşılmaktadır.

4.3.2.18. Bilginin Yayılımı Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi

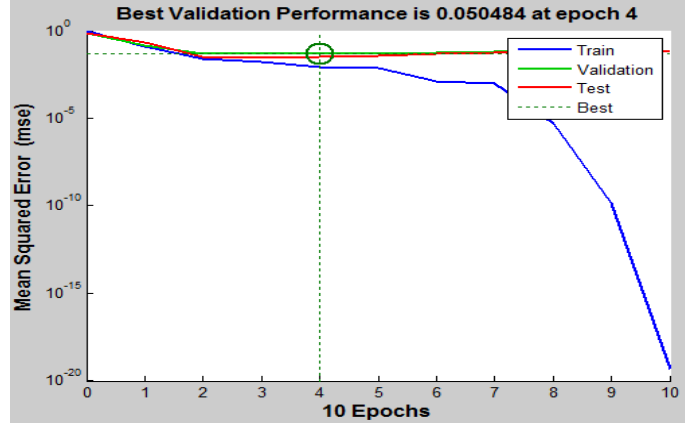
Bilginin yayılımı değişkeni bağımlı değişken, diğer değişkenler bağımsız değişkenler olarak dikkate alınarak optimal sayıdaki gizli katman sayısını ve gizli katmandaki nöron sayısını tespit edebilmek için çeşitli modeller uygulanmıştır. Tablo 55’de uygulanan çeşitli modellere yer verilmektedir.

Tablo 55: Bilginin Yayılımı Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler

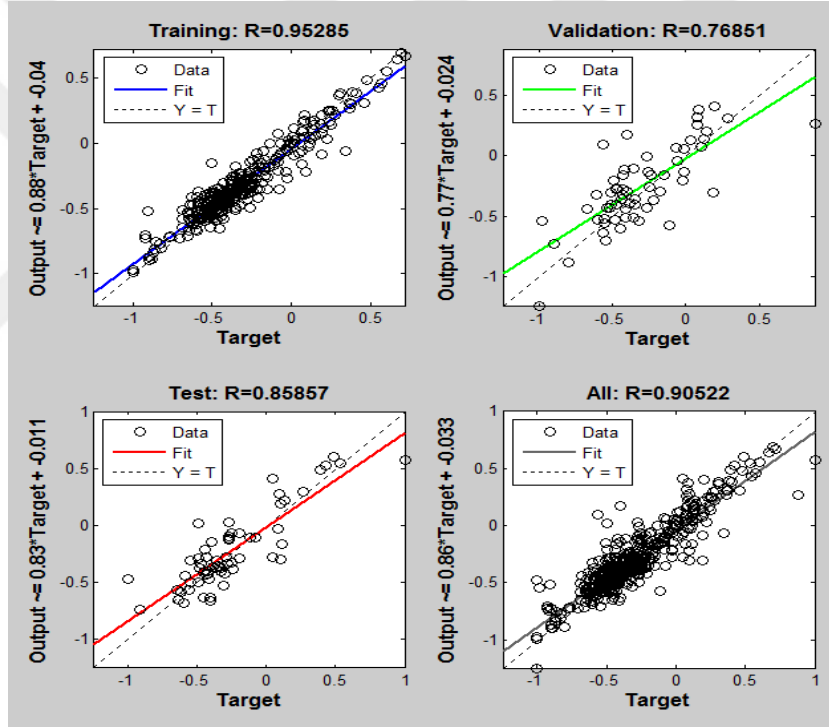
Deneme	Parametreler			Eğitim Seti		Doğrulama Seti		Test Seti	
	GKS	NS	İS	HKO	R	HKO	R	HKO	R
1	1	5	9	0,0454	0,75	0,0526	0,73	0,0483	0,78
2	1	10	9	0,0326	0,82	0,0613	0,66	0,0472	0,78
3	1	20	9	0,0166	0,91	0,0639	0,69	0,0929	0,62
4	1	30	10	0,0204	0,91	0,0580	0,72	0,0533	0,81
5	2	5-5	10	0,0506	0,73	0,0508	0,72	0,0534	0,77
6	2	5-10	8	0,0537	0,70	0,0542	0,70	0,0638	0,68
7	2	5-20	9	0,0405	0,77	0,0607	0,72	0,0528	0,75
8	2	5-30	7	0,0640	0,61	0,0776	0,70	0,0518	0,78
9	2	10-5	9	0,0372	0,80	0,0455	0,76	0,0443	0,80
10	2	10-10	11	0,0207	0,90	0,0624	0,67	0,0464	0,80
11	2	10-20	8	0,0641	0,70	0,0555	0,71	0,0560	0,77
12	2	10-30	9	0,0309	0,84	0,0542	0,71	0,0477	0,78
13	2	20-5	13	0,0093	0,95	0,0446	0,78	0,0623	0,76
14	2	20-10	10	0,0081	0,96	0,0407	0,81	0,0632	0,75
15	2	20-20	9	0,0311	0,85	0,0584	0,73	0,0819	0,72
16	2	20-30	11	0,0062	0,96	0,0674	0,72	0,0719	0,72
17	2	30-5	8	0,0543	0,75	0,0440	0,77	0,0563	0,79
18	2	30-10	10	0,0291	0,84	0,0490	0,74	0,0444	0,80
19	2	30-20	10	0,0107	0,94	0,0678	0,67	0,0639	0,74
20	2	30-30	9	0,0213	0,90	0,0681	0,70	0,0692	0,70
21	3	5-5-5	13	0,0306	0,83	0,0427	0,78	0,0416	0,81
22	3	10-10-10	8	0,0489	0,73	0,0456	0,77	0,0424	0,80
23	3	20-20-20	9	0,0307	0,84	0,0523	0,72	0,0433	0,80
24	3	30-30-30	10	0,0094	0,95	0,0505	0,76	0,0343	0,85

Tablo 55’de yer alan tüm modellere ilişkin sonuçlar değerlendirildiğinde en az hataya ve en yüksek korelasyona sahip ağ yapısı üç gizli katmanlı ve tüm katmanlarında 30 nöronun olduğu bir modeldir. Bu ağın eğitime ilişkin performans grafiği aşağıdaki Şekil 79’da yer almaktadır.

Şekil 79: Bilginin Yayılımı Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği

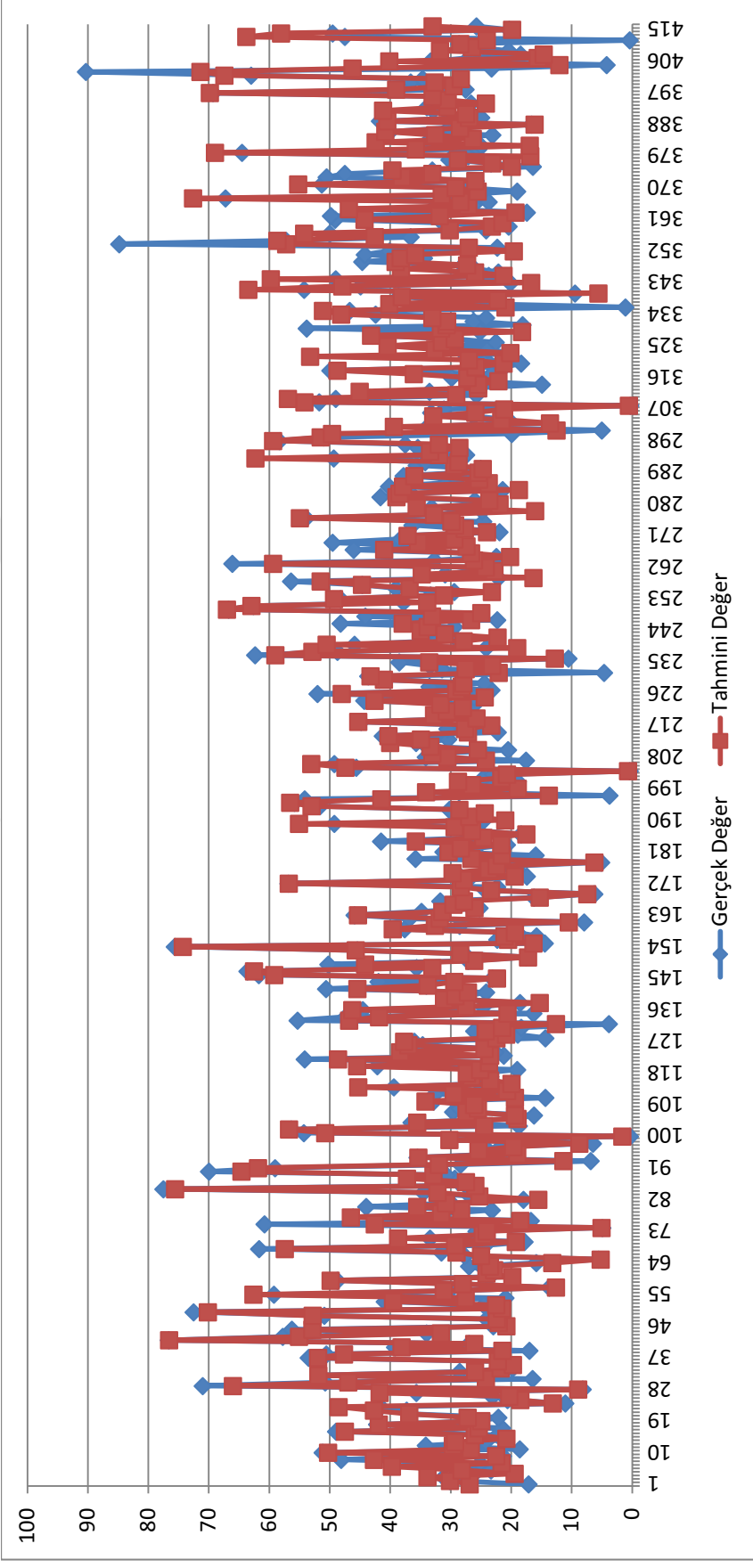


Şekil 80: Bilginin Yayılımı Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri



Şekil 80’de yer alan korelasyon grafikleri incelendiğinde, eğitim verilerinin korelasyon katsayısı 0,95; doğrulama setinin korelasyon katsayısı 0,76; test setinin korelasyon katsayısı 0,85 ve tüm verilerin korelasyon katsayısı 0,90 olarak hesaplanmıştır. YSA tarafından tahmin edilen değerler ile gerçek değerler Şekil 81’de yer almaktadır.

Şekil 81: Bilginin Yayılımı Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması



Çeşitli model denemeleri sonucu en iyi ağ yapısı oluşturulduktan sonra bilginin yayılımı değişkenini üzerinde etkili olan değişkenlerin etki derecelerini belirlemek için perturb yöntemi uygulanmıştır. Bilginin yayılımı değişkenini etkileyen değişkenlerin önem dereceleri Tablo 56’da yer almaktadır.

Tablo 56: Bilginin Yayılımı Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri

Değişkenler	HKO Değişim (%)	Normalize
C1 - Politik Çevre	12,573	0,176
C2 – Düzenleyici Çevre	0,292	0,004
C3 – İş çevresi	1,170	0,016
C4 - Eğitim	0,877	0,012
C5 – Yükseköğretim	6,433	0,090
C6 – Araştırma & Geliştirme	0,877	0,012
C7 – Bilgi ve İletişim Teknolojileri Altyapısı	11,404	0,159
C8 – Genel Altyapı	7,895	0,110
C9 – Ekolojik Sürdürülebilirlik	0,269	0,004
C10 – Kredi	1,170	0,016
C11 – Yatırım	1,754	0,024
C12- Ticaret & Rekabet	6,140	0,086
C13 – Bilgi İşçileri	0,585	0,008
C14 – İnovasyon bağlantıları	1,462	0,020
C15 - Bilginin özümsemesi	1,170	0,016
C16 - Bilginin üretimi	5,556	0,078
C17 - Bilginin etkisi	1,170	0,016
C19 - Maddi olmayan duran varlıklar	1,170	0,016
C20 - Yaratıcı mallar ve hizmetler	2,339	0,033
C21 - Çevrimiçi yaratıcılık	7,310	0,102

Tablo 56 değerlendirildiğinde; politik çevre, bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısı, genel altyapı, çevrimiçi yaratıcılık ve yükseköğretim değişkenlerinin bilginin yayılımı değişkenini üzerinde en fazla etkili değişkenler olduğu, en az etkileyen değişkenlerin ise ekolojik sürdürülebilirlik, düzenleyici çevre, bilgi işçileri, eğitim ve araştırma & geliştirme olduğu anlaşılmaktadır.

4.3.2.19. Maddi Olmayan Duran Varlıklar Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi

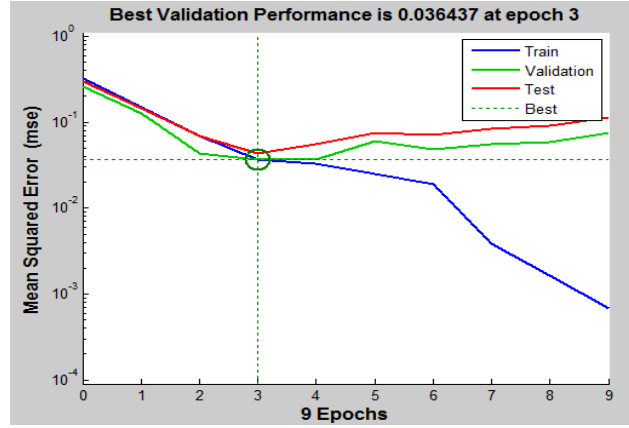
Maddi olmayan duran varlıklar değişkeni bağımlı değişken, diğer değişkenler bağımsız değişkenler olarak dikkate alınarak öncelikle gizli katman sayısının ve gizli katmandaki nöron sayısının optimal değerini hesaplamak için deneme-yanılma yöntemi ile çeşitli modeller ele alınmıştır. Tablo 57’de deneme yapılan modellerin sonuçları görülmektedir.

Tablo 57: Maddi Olmayan Duran Varlıklar Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler

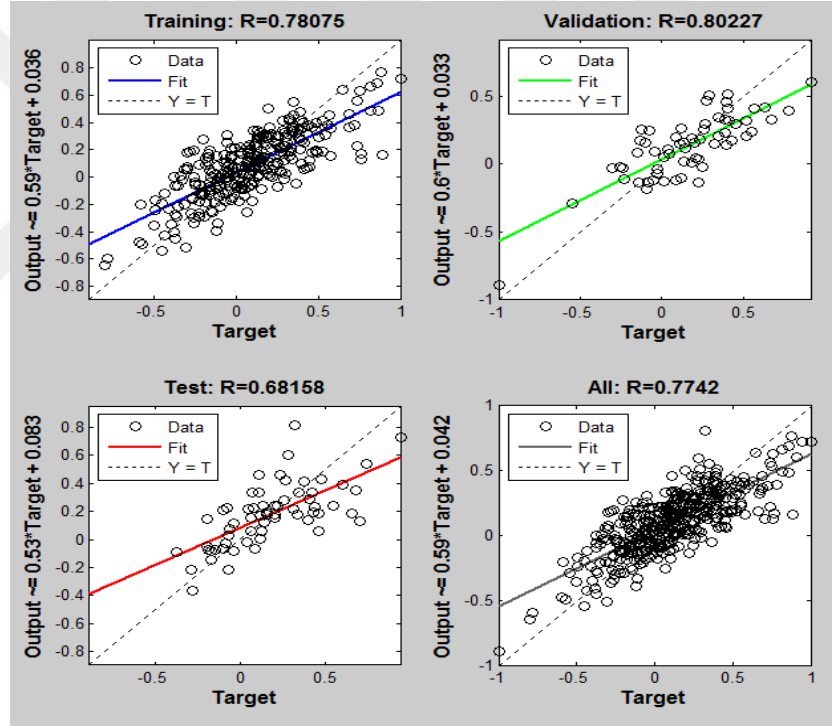
Deneme	Parametreler			Eğitim Seti		Doğrulama Seti		Test Seti	
	GKS	NS	İS	HKO	R	HKO	R	HKO	R
1	1	5	8	0,0647	0,60	0,0569	0,65	0,0617	0,50
2	1	10	10	0,0413	0,77	0,0498	0,74	0,0702	0,60
3	1	20	8	0,0507	0,71	0,0667	0,68	0,0713	0,58
4	1	30	9	0,0303	0,84	0,0653	0,67	0,0873	0,51
5	2	5-5	8	0,0766	0,50	0,0597	0,68	0,0590	0,51
6	2	5-10	9	0,0521	0,67	0,0460	0,74	0,0684	0,47
7	2	5-20	10	0,0538	0,67	0,0548	0,67	0,0854	0,34
8	2	5-30	9	0,0506	0,71	0,0530	0,70	0,0633	0,56
9	2	10-5	11	0,0389	0,78	0,0474	0,74	0,0709	0,57
10	2	10-10	9	0,0500	0,70	0,0536	0,68	0,0595	0,58
11	2	10-20	11	0,0189	0,90	0,0496	0,75	0,0609	0,63
12	2	10-30	11	0,0317	0,84	0,0600	0,67	0,1080	0,51
13	2	20-5	11	0,0445	0,73	0,0547	0,73	0,0826	0,57
14	2	20-10	10	0,0406	0,78	0,0482	0,75	0,0892	0,50
15	2	20-20	10	0,0181	0,90	0,0529	0,72	0,0609	0,59
16	2	20-30	8	0,0687	0,77	0,0737	0,73	0,0792	0,53
17	2	30-5	8	0,0650	0,57	0,0454	0,74	0,0664	0,52
18	2	30-10	13	0,0173	0,90	0,0554	0,70	0,0859	0,56
19	2	30-20	9	0,0300	0,83	0,0481	0,74	0,0709	0,60
20	2	30-30	9	0,0187	0,90	0,0565	0,72	0,0899	0,45
21	3	5-5-5	11	0,0484	0,71	0,0566	0,65	0,0673	0,44
22	3	10-10-10	12	0,0228	0,88	0,0530	0,70	0,0905	0,41
23	3	20-20-20	9	0,0373	0,78	0,0364	0,80	0,0433	0,68
24	3	30-30-30	8	0,0367	0,81	0,0663	0,65	0,0791	0,54

Tablo 57 değerlendirildiğinde en az hatayı üreten modelin 23 nolu deneme olan üç gizli katmanlı, ilk gizli katmanda 20 nörona, ikinci gizli katmanda 20 nörona ve üçüncü gizli katmanda da 20 nörona sahip ağ yapısı olduğu anlaşılmaktadır. Bu ağın eğitime ilişkin performans grafiği Şekil 82’de yer almaktadır.

Şekil 82: Maddi Olmayan Duran Varlıklar Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği

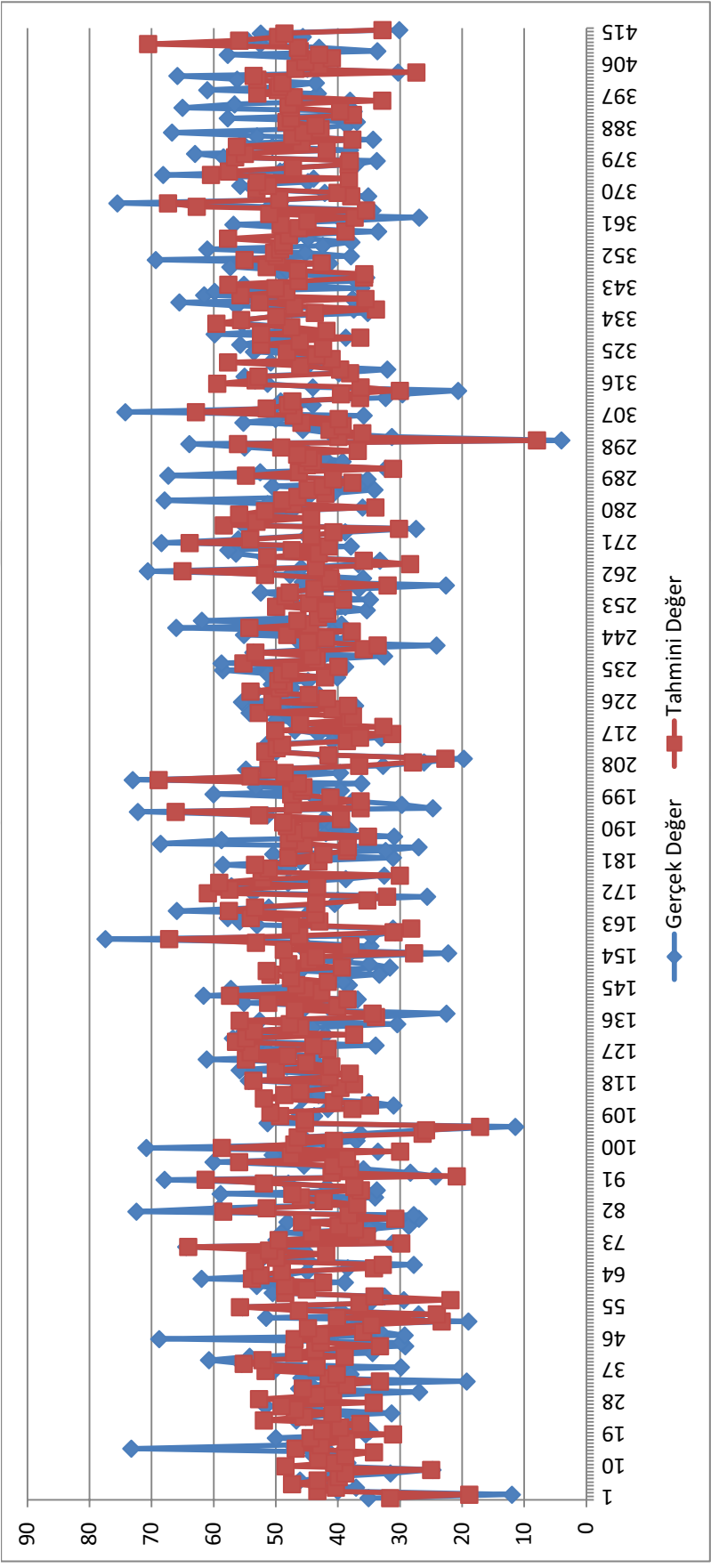


Şekil 83: Maddi Olmayan Duran Varlıklar Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri



Tahmini değerler ile gerçek değerler arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon grafikleri Şekil 83’de gösterilmektedir. Eğitim ve test setinin korelasyon katsayıları biraz düşük olsa da değişkenler arasındaki ilişkinin iyi olduğu söylenebilir. YSA tarafından tahmin edilen değerler ile gerçek değerler Şekil 84’de yer almaktadır.

Şekil 84: Maddi Olmayan Duran Varlıklar Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması



En iyi ağ yapısı oluşturulduktan sonra maddi olmayan duran varlıklar değişkenini etkileyen değişkenlerin önem derecelerini belirlemek için perturb yöntemi uygulanmıştır. Diğer değişkenler sabit tutularak her bir değişkenin değeri % 20'si kadar arttırılarak ağın HKO üzerindeki değişimleri incelenmiştir. Tablo 58'de maddi olmayan duran varlıklar değişkenini etkileyen değişkenlerin önem dereceleri yer almaktadır.

Tablo 58: Maddi Olmayan Duran Varlıklar Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri

Değişkenler	HKO Değişim (%)	Normalize
C1 - Politik Çevre	3,935	0,082
C2 – Düzenleyici Çevre	2,083	0,043
C3 – İş çevresi	0,463	0,010
C4 - Eğitim	1,389	0,029
C5 – Yükseköğretim	3,472	0,072
C6 – Araştırma & Geliştirme	3,241	0,067
C7 – Bilgi ve İletişim Teknolojileri Altyapısı	3,704	0,077
C8 – Genel Altyapı	0,926	0,019
C9 – Ekolojik Sürdürülebilirlik	0,694	0,014
C10 – Kredi	1,389	0,029
C11 – Yatırım	0,694	0,014
C12- Ticaret & Rekabet	13,657	0,284
C13 – Bilgi İşçileri	2,778	0,058
C14 – İnovasyon bağlantıları	1,389	0,029
C15 - Bilginin özümsemesi	1,389	0,029
C16 - Bilginin üretimi	1,852	0,038
C17 - Bilginin etkisi	0,463	0,010
C18 – Bilginin yayılımı	2,546	0,053
C20 - Yaratıcı mallar ve hizmetler	0,694	0,014
C21 - Çevrimiçi yaratıcılık	1,389	0,029

Tablo 58 incelendiğinde maddi olmayan duran varlıklar değişkenini en fazla etkileyen değişkenlerin ticaret & rekabet, politik çevre, bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısı, yükseköğretim ve araştırma & geliştirme değişkenleri olduğu; en az etkileyen iş çevresi, bilginin etkisi, ekolojik sürdürülebilirlik, yatırım ve yaratıcı mallar ve hizmetler olduğu anlaşılmaktadır.

4.3.2.20. Yaratıcı Mallar ve Hizmetler Değişkeni Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi

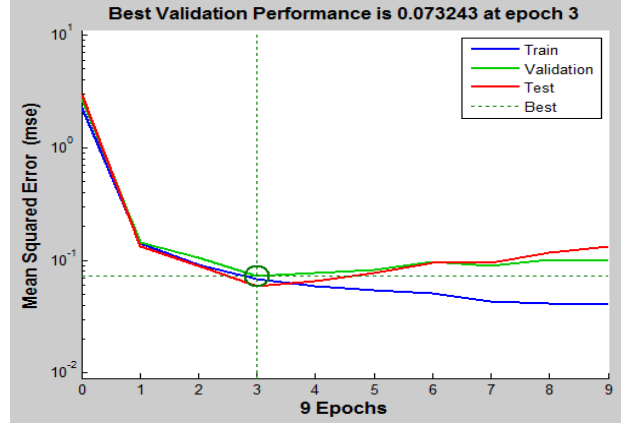
Yaratıcı mallar ve hizmetler değişkeni bağımlı değişken, diğer değişkenler bağımsız değişkenler olarak ele alınarak öncelikle gizli katman sayısını ve gizli katmandaki nöron sayısını belirlemek için Tablo 59’da yer alan çeşitli denemeler yapılmıştır.

Tablo 59: Yaratıcı Mallar ve Hizmetler Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler

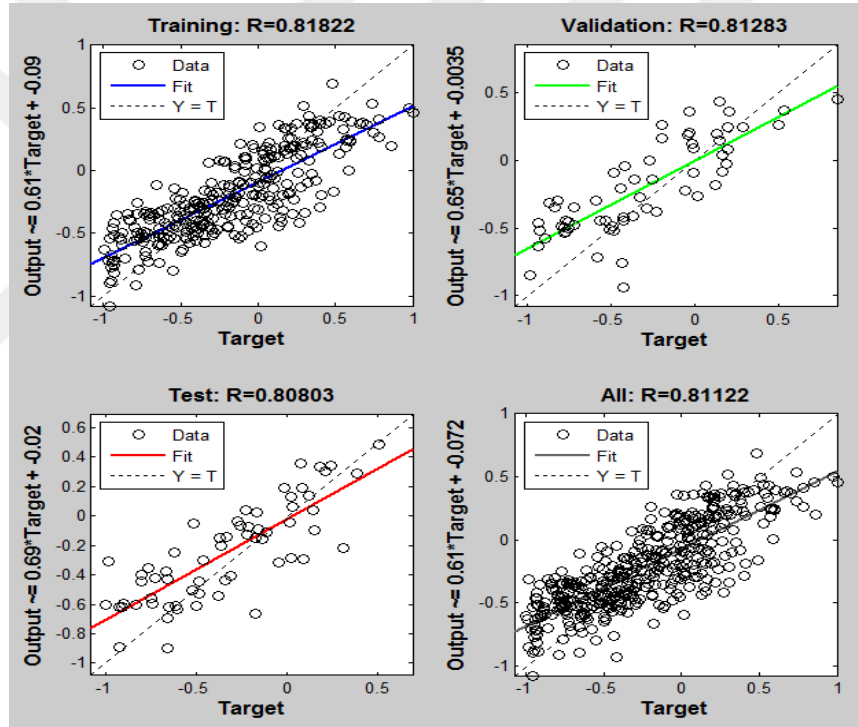
Deneme	Parametreler			Eğitim Seti		Doğrulama Seti		Test Seti	
	GKS	NS	İS	HKO	R	HKO	R	HKO	R
1	1	5	13	0,0483	0,87	0,0694	0,80	0,0774	0,75
2	1	10	12	0,0403	0,89	0,1035	0,71	0,0840	0,72
3	1	20	10	0,0282	0,92	0,0661	0,81	0,0963	0,70
4	1	30	9	0,0274	0,93	0,0923	0,78	0,0989	0,70
5	2	5-5	12	0,0849	0,80	0,0715	0,80	0,0715	0,73
6	2	5-10	11	0,0752	0,80	0,0636	0,81	0,0741	0,73
7	2	5-20	14	0,0329	0,92	0,0747	0,81	0,1135	0,70
8	2	5-30	9	0,0685	0,81	0,0732	0,81	0,0588	0,80
9	2	10-5	11	0,0568	0,85	0,0751	0,80	0,0810	0,75
10	2	10-10	11	0,0437	0,90	0,0729	0,81	0,0776	0,77
11	2	10-20	8	0,0664	0,82	0,0563	0,83	0,0715	0,73
12	2	10-30	10	0,0370	0,91	0,0705	0,82	0,1050	0,67
13	2	20-5	7	0,1141	0,77	0,0683	0,80	0,0718	0,72
14	2	20-10	11	0,0351	0,91	0,0699	0,80	0,0838	0,73
15	2	20-20	9	0,0355	0,91	0,0722	0,80	0,0903	0,73
16	2	20-30	8	0,0661	0,84	0,0736	0,77	0,0764	0,70
17	2	30-5	10	0,0696	0,86	0,0724	0,82	0,1032	0,70
18	2	30-10	9	0,0463	0,88	0,0703	0,81	0,0832	0,74
19	2	30-20	9	0,0413	0,90	0,0935	0,77	0,1113	0,67
20	2	30-30	10	0,0144	0,97	0,1349	0,75	0,1898	0,77
21	3	5-5-5	17	0,0343	0,91	0,0600	0,84	0,1151	0,68
22	3	10-10-10	11	0,0454	0,88	0,0698	0,80	0,1064	0,63
23	3	20-20-20	8	0,0801	0,80	0,0821	0,77	0,0752	0,74
24	3	30-30-30	9	0,0836	0,87	0,0799	0,81	0,1189	0,71

Tablo 59’daki test setinin HKO ve R değerleri incelendiğinde, 8 nolu deneme olan iki gizli katmanlı, ilk gizli katmanda 5 nörona ve ikinci gizli katmanda da 30 nörona sahip ağ yapısının en iyi sonuç verdiği görülmektedir. Bu ağın eğitimine ilişkin performans grafiği Şekil 85’de yer almaktadır.

Şekil 85: Yaratıcı Mallar ve Hizmetler Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği

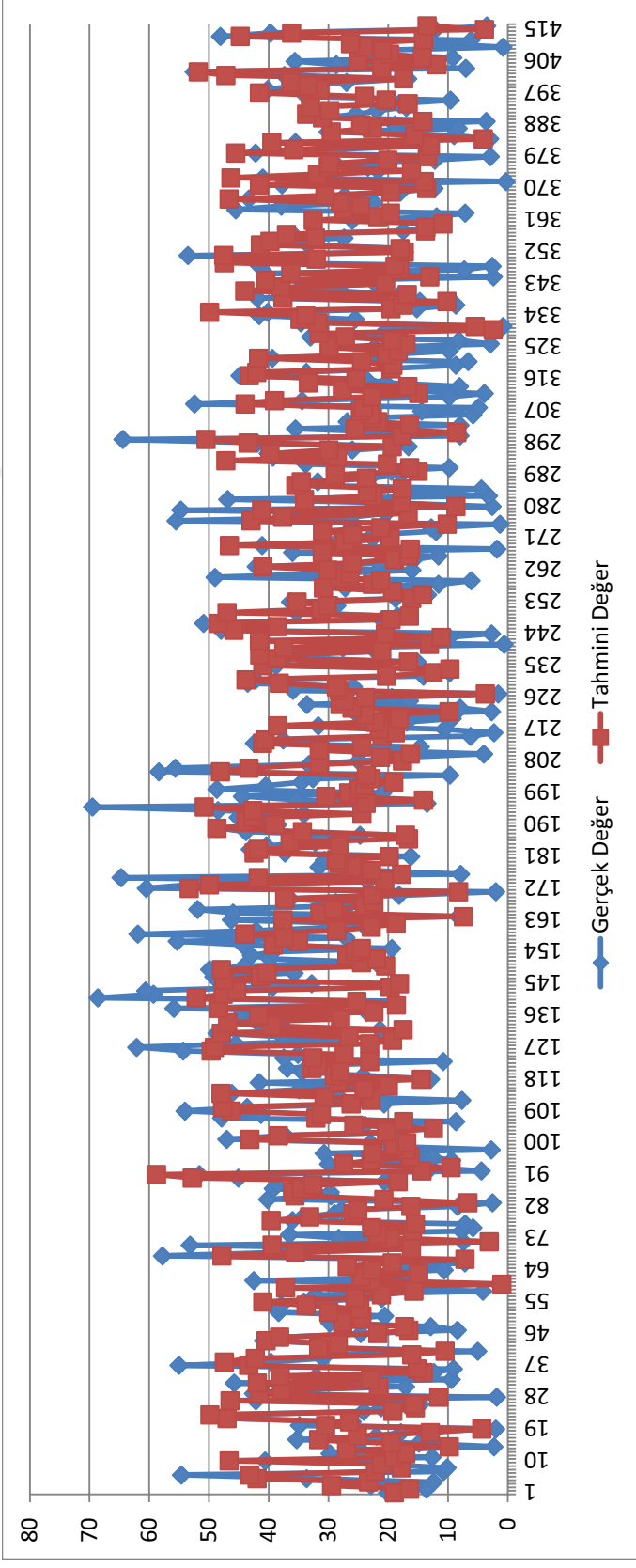


Şekil 86: Yaratıcı Mallar ve Hizmetler Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri



Tahmini değerler ile gerçek değerler arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon grafikleri Şekil 86'da gösterilmektedir. Eğitim verilerinin korelasyon katsayısı 0,81; doğrulama setinin korelasyon katsayısı 0,81; test setinin korelasyon katsayısı 0,80 ve tüm verilerin korelasyon katsayısı 0,81 olarak bulunmuştur. Bu değerler, değişkenler arasında güçlü bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Tüm verilere ilişkin, YSA tarafından tahmin edilen değerler ile gerçek değerler Şekil 87'de yer almaktadır.

Şekil 87: Yaratıcı Mallar ve Hizmetler Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması



Ağ parametreleri optimize edilip en iyi ağ yapısı oluşturulduktan sonra yaratıcı mallar ve hizmetler değişkenini etkileyen değişkenlerin önem derecelerini belirlemek için perturb yöntemi uygulanmıştır. Diğer değişkenler sabit tutularak her bir değişkenin değeri %20'si kadar arttırılarak ağın HKO üzerindeki değişimleri incelenmiştir. Tablo 60'da eğitim değişkeninin etkileyen değişkenlerin önem dereceleri yer almaktadır.

Tablo 60: Yaratıcı Mallar ve Hizmetler Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri

Değişkenler	HKO Değişim (%)	Normalize
C1 - Politik Çevre	1,531	0,031
C2 – Düzenleyici Çevre	0,680	0,014
C3 – İş çevresi	4,592	0,092
C4 - Eğitim	0,850	0,017
C5 – Yükseköğretim	0,088	0,002
C6 – Araştırma & Geliştirme	3,231	0,065
C7 – Bilgi ve İletişim Teknolojileri Altyapısı	8,503	0,170
C8 – Genel Altyapı	2,211	0,044
C9 – Ekolojik Sürdürülebilirlik	6,633	0,132
C10 – Kredi	5,952	0,119
C11 – Yatırım	0,680	0,014
C12- Ticaret & Rekabet	0,170	0,003
C13 – Bilgi İşçileri	2,211	0,044
C14 – İnovasyon bağlantıları	2,041	0,041
C15 - Bilginin özümsemesi	1,020	0,020
C16 - Bilginin üretimi	1,190	0,024
C17 - Bilginin etkisi	0,850	0,017
C18 – Bilginin yayılımı	3,231	0,065
C19 – Maddi olmayan duran varlıklar	3,571	0,071
C21 - Çevrimiçi yaratıcılık	0,850	0,017

Tablo 60 incelendiğinde yaratıcı mallar ve hizmetler değişkenini en fazla etkileyen değişkenlerin bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısı, ekolojik sürdürülebilirlik, kredi, iş çevresi ve maddi olmayan duran varlıklar değişkenleri olduğu; en az etkileyen değişkenlerin yükseköğretim, ticaret & rekabet, düzenleyici çevre, yatırım ve eğitim olduğu anlaşılmaktadır.

4.3.2.21. Çevrimiçi Yaratıcılık Değişkeni Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi

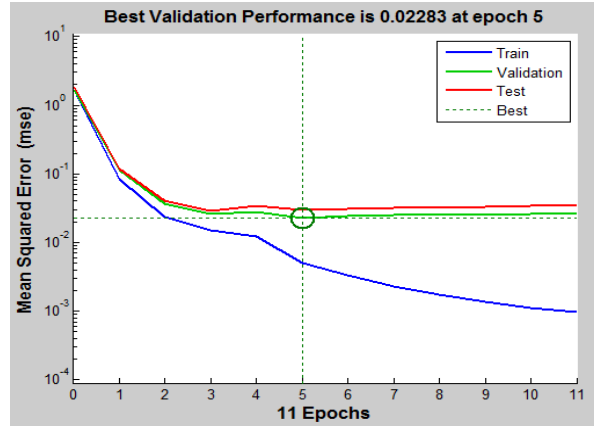
Çevrimiçi yaratıcılık değişkeni bağımlı değişken, diğer değişkenler bağımsız değişkenler olarak ele alınarak öncelikle gizli katman sayısını ve gizli katmandaki nöron sayısını belirlemek için Tablo 61’de yer alan çeşitli denemeler yapılmıştır.

Tablo 61: Çevrimiçi Yaratıcılık Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler

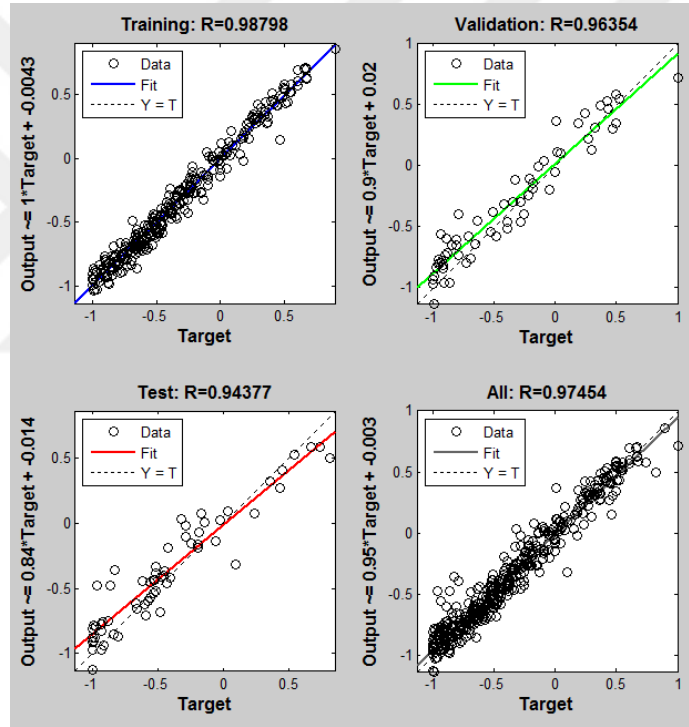
Deneme	Parametreler			Eğitim Seti		Doğrulama Seti		Test Seti	
	GKS	NS	İS	HKO	R	HKO	R	HKO	R
1	1	5	17	0,0176	0,95	0,0401	0,93	0,0445	0,91
2	1	10	13	0,0064	0,98	0,0376	0,92	0,0500	0,89
3	1	20	11	0,0047	0,99	0,0592	0,90	0,0469	0,91
4	1	30	10	0,0053	0,98	0,0344	0,94	0,0355	0,93
5	2	5-5	15	0,0192	0,96	0,0376	0,93	0,0487	0,90
6	2	5-10	9	0,0161	0,96	0,0430	0,92	0,0395	0,92
7	2	5-20	10	0,0141	0,96	0,0385	0,94	0,0554	0,88
8	2	5-30	11	0,0162	0,96	0,0386	0,93	0,0454	0,90
9	2	10-5	11	0,0120	0,97	0,0368	0,94	0,0634	0,88
10	2	10-10	11	0,0081	0,98	0,0239	0,96	0,0542	0,90
11	2	10-20	10	0,0231	0,95	0,0487	0,90	0,0505	0,91
12	2	10-30	9	0,0276	0,96	0,0456	0,91	0,0423	0,91
13	2	20-5	10	0,0089	0,98	0,0322	0,94	0,0372	0,92
14	2	20-10	11	0,0050	0,98	0,0228	0,96	0,0295	0,94
15	2	20-20	10	0,0035	0,99	0,0425	0,92	0,0469	0,90
16	2	20-30	10	0,0016	0,90	0,0561	0,90	0,0566	0,88
17	2	30-5	10	0,0052	0,98	0,0439	0,92	0,0442	0,91
18	2	30-10	11	0,0047	0,98	0,0361	0,93	0,0437	0,91
19	2	30-20	9	0,0210	0,97	0,0463	0,92	0,0489	0,91
20	2	30-30	8	0,0131	0,97	0,0406	0,92	0,0367	0,92
21	3	5-5-5	12	0,0214	0,94	0,0415	0,92	0,0467	0,91
22	3	10-10-10	11	0,0075	0,98	0,0343	0,94	0,0549	0,89
23	3	20-20-20	9	0,0099	0,97	0,0360	0,93	0,0388	0,92
24	3	30-30-30	9	0,0052	0,99	0,0430	0,92	0,0653	0,87

Tablo 61’deki test setinin HKO ve R değerleri incelendiğinde, 14 nolu deneme olan iki gizli katmanlı, ilk gizli katmanda 20 nörona ve ikinci gizli katmanda da 10 nörona sahip ağ yapısının en iyi sonuç verdiği görülmektedir. Bu ağın eğitimine ilişkin performans grafiği aşağıdaki Şekil 88’de yer almaktadır.

Şekil 88: Çevrimiçi Yaratıcılık Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği

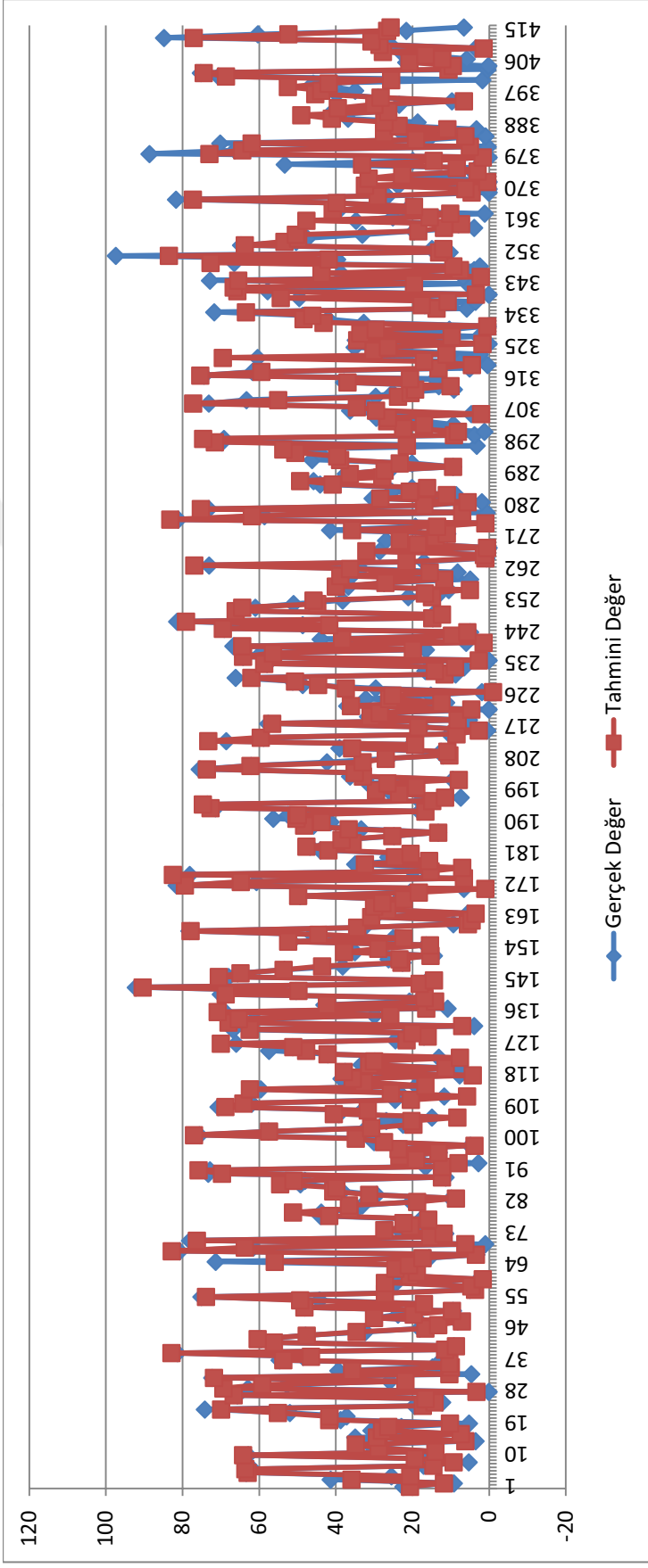


Şekil 89: Çevrimiçi Yaratıcılık Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri



Şekil 89’da yer alan korelasyon grafikleri incelendiğinde, tüm veri setlerinin korelasyon katsayıları oldukça yüksek bulunmuştur. Bu değerler, değişkenler arasında güçlü bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Oluşturulan YSA modeli tarafından tahmin edilen değerler ile gerçek değerler Şekil 90’da yer almaktadır.

Şekil 90: Çevrimiçi Yaratıcılık Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması



En az hatayı üreten ağ yapısı oluşturulduktan sonra çevrimiçi yaratıcılık değişkenini etkileyen değişkenlerin önem derecelerini belirlemek için perturb yöntemi uygulanmıştır. Tablo 62’de çevrimiçi yaratıcılık değişkeninin etkileyen değişkenlerin önem dereceleri yer almaktadır.

Tablo 62: Çevrimiçi Yaratıcılık Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri

Değişkenler	HKO Değişim (%)	Normalize
C1 - Politik Çevre	0,680	0,018
C2 – Düzenleyici Çevre	3,061	0,081
C3 – İş çevresi	0,340	0,009
C4 - Eğitim	0,680	0,018
C5 – Yükseköğretim	1,361	0,036
C6 – Araştırma & Geliştirme	2,041	0,054
C7 – Bilgi ve İletişim Teknolojileri Altyapısı	1,701	0,045
C8 – Genel Altyapı	5,442	0,144
C9 – Ekolojik Sürdürülebilirlik	2,041	0,054
C10 – Kredi	1,020	0,027
C11 – Yatırım	0,340	0,009
C12- Ticaret & Rekabet	6,122	0,162
C13 – Bilgi İşçileri	1,020	0,027
C14 – İnovasyon bağlantıları	2,041	0,054
C15 - Bilginin özümsemesi	3,061	0,081
C16 - Bilginin üretimi	2,721	0,072
C17 - Bilginin etkisi	0,340	0,009
C18 – Bilginin yayılımı	0,269	0,007
C19 – Maddi olmayan duran varlıklar	0,680	0,018
C20 - Yaratıcı mallar ve hizmetler	2,721	0,072

Tablo 62 incelendiğinde çevrimiçi yaratıcılık değişkenini en fazla etkileyen değişkenlerin ticaret & rekabet, genel altyapı, düzenleyici çevre, bilginin özümsemesi, bilginin üretimi ve yaratıcı mallar ve hizmetler değişkenleri olduğu; en az etkileyen değişkenlerin bilginin yayılımı, iş çevresi, yatırım, bilginin etkisi, eğitim ve maddi olmayan duran varlıklar olduğu anlaşılmaktadır.

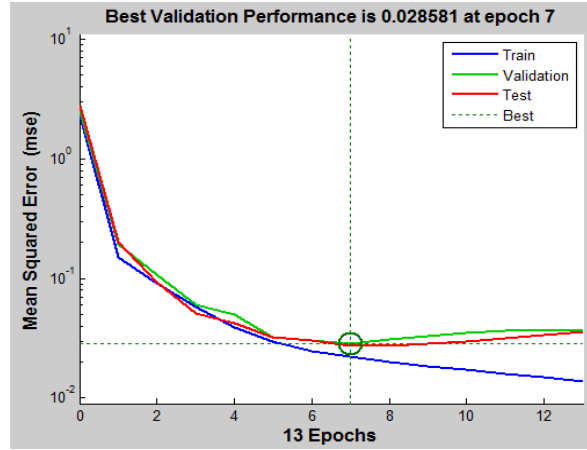
4.3.2.22. Kurumlar Ana Değişkenini Etkileyen Ana Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi

Alt değişkenlerde olduğu gibi ana değişkenlere yönelik oluşturulan YSA modelleri için de aynı stratejiler uygulanmıştır. Kurumlar ana değişkeni bağımlı değişken, diğer ana değişkenler bağımsız değişkenler olarak ele alınarak öncelikle gizli katman sayısını ve gizli katmandaki nöron sayısını belirlemek için Tablo 63’de yer alan çeşitli modeller denenmiştir.

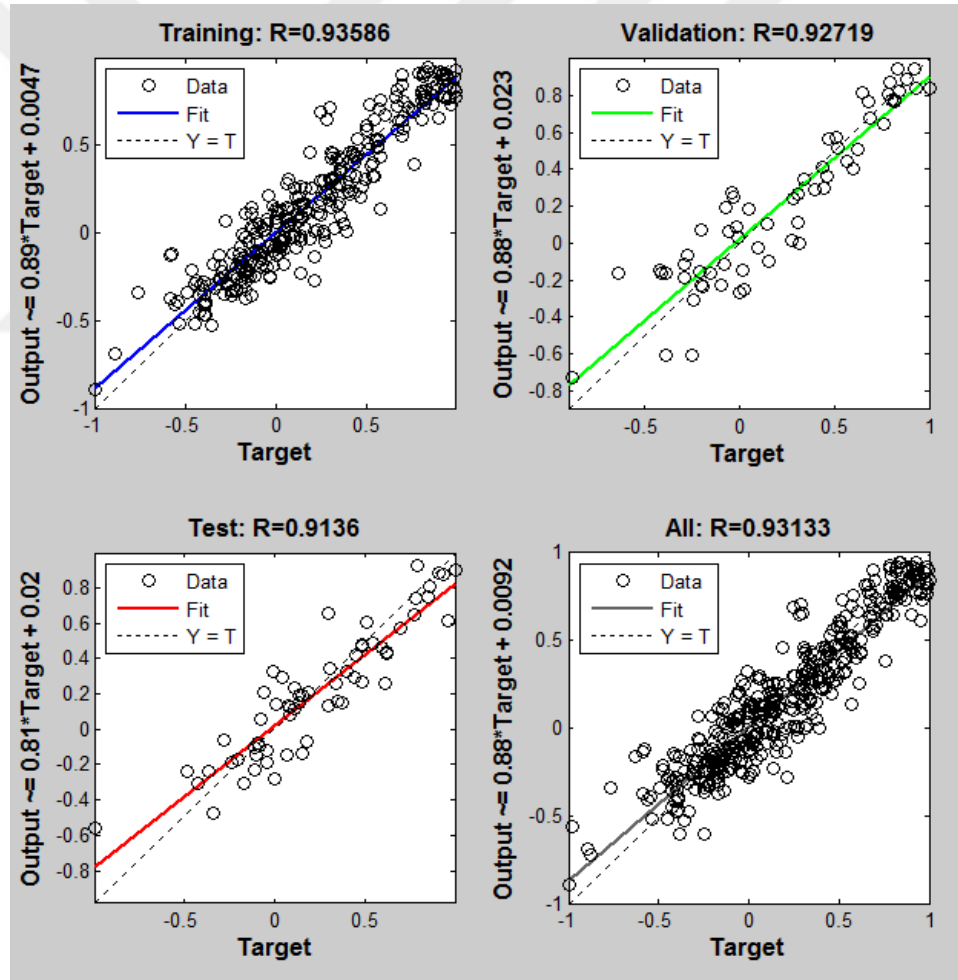
Tablo 63: Kurumlar Ana Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler

Deneme	Parametreler			Eğitim Seti		Doğrulama Seti		Test Seti	
	GKS	NS	İS	HKO	R	HKO	R	HKO	R
1	1	5	11	0,0347	0,90	0,0327	0,91	0,0340	0,90
2	1	10	10	0,0329	0,90	0,0336	0,92	0,0351	0,89
3	1	20	11	0,0243	0,92	0,0329	0,91	0,0421	0,86
4	1	30	12	0,0232	0,93	0,0347	0,91	0,0343	0,88
5	2	5-5	13	0,0334	0,90	0,0369	0,90	0,0368	0,88
6	2	5-10	34	0,0154	0,95	0,0257	0,93	0,0327	0,90
7	2	5-20	12	0,0288	0,91	0,0337	0,91	0,0390	0,87
8	2	5-30	14	0,0285	0,91	0,0389	0,90	0,0405	0,86
9	2	10-5	15	0,0277	0,91	0,0348	0,91	0,0350	0,88
10	2	10-10	11	0,0314	0,90	0,0342	0,91	0,0349	0,88
11	2	10-20	18	0,0137	0,96	0,0346	0,91	0,0524	0,83
12	2	10-30	16	0,0147	0,95	0,0315	0,91	0,0498	0,84
13	2	20-5	13	0,0223	0,93	0,0286	0,92	0,0276	0,91
14	2	20-10	12	0,0199	0,94	0,0297	0,92	0,0470	0,89
15	2	20-20	9	0,0259	0,92	0,0347	0,91	0,0320	0,90
16	2	20-30	11	0,0182	0,94	0,0424	0,89	0,0355	0,88
17	2	30-5	19	0,0109	0,96	0,0259	0,93	0,0334	0,89
18	2	30-10	16	0,0102	0,97	0,0361	0,91	0,0354	0,88
19	2	30-20	11	0,0139	0,96	0,0411	0,89	0,0376	0,88
20	2	30-30	11	0,0129	0,96	0,0331	0,91	0,0374	0,87
21	3	5-5-5	42	0,0237	0,93	0,0279	0,92	0,0420	0,86
22	3	10-10-10	12	0,0262	0,92	0,0328	0,91	0,0373	0,88
23	3	20-20-20	13	0,0120	0,96	0,0499	0,86	0,0502	0,83
24	3	30-30-30	10	0,0206	0,94	0,0302	0,92	0,0342	0,89

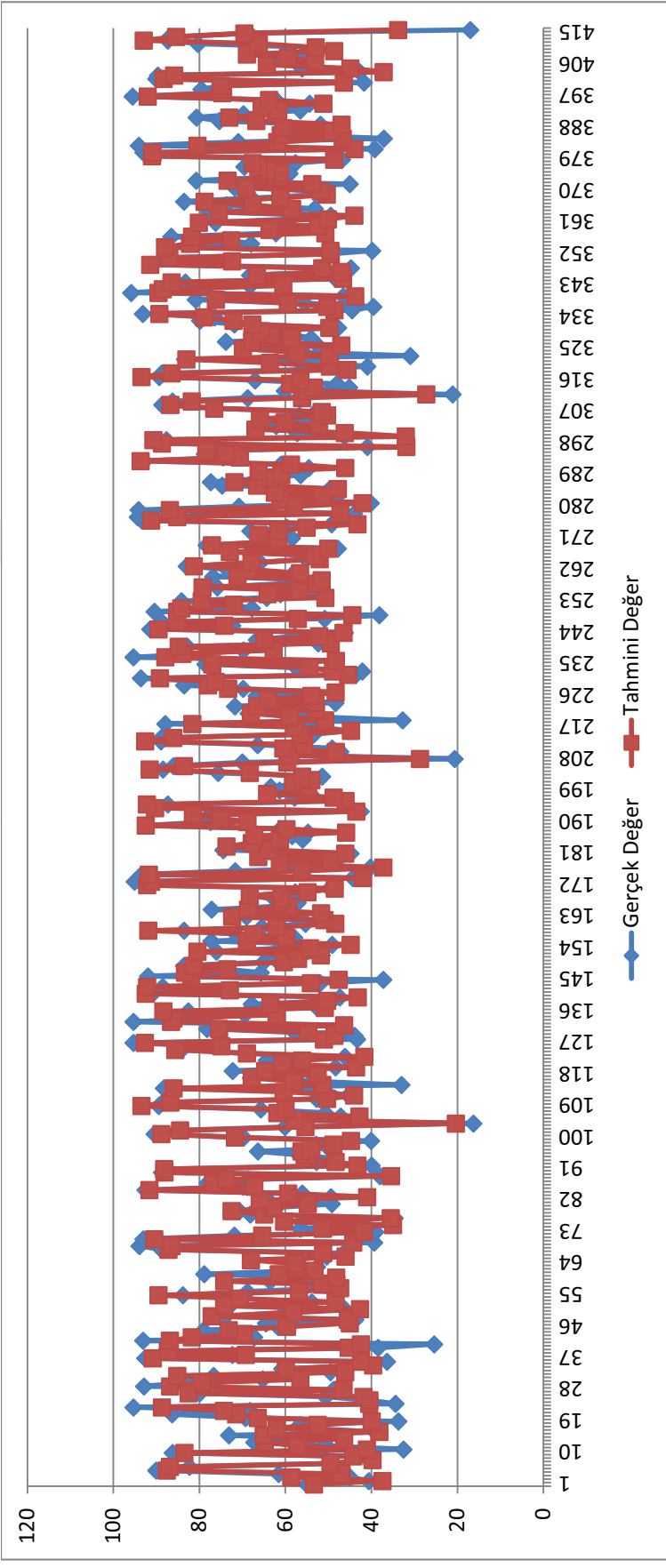
Şekil 91: Kurumlar Ana Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği



Şekil 92: Kurumlar Ana Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri



Şekil 93: Kurumlar Ana Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması



Tablo 63 incelendiğinde, 13 nolu deneme olan iki gizli katmanlı, ilk gizli katmanda 20 nörona ve ikinci gizli katmanda da 5 nörona sahip ağ yapısının en iyi sonuç verdiği görülmektedir. Bu ağın eğitimine ilişkin performans grafiği aşağıdaki Şekil 91’de yer almaktadır.

Tahmini değerler ile gerçek değerler arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon grafikleri Şekil 92’de gösterilmektedir. Tüm veri setlerine ait korelasyon katsayıları oldukça yüksektir ve bu da değişkenler arasında güçlü bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. YSA tarafından tahmin edilen değerler ile gerçek değerler Şekil 93’de yer almaktadır.

En iyi ağ yapısı oluşturulduktan sonra kurumlar ana değişkenini etkileyen değişkenlerin önem derecelerini belirlemek için perturb yöntemi uygulanmıştır. Diğer değişkenler sabit tutularak her bir değişkenin değeri %20’si kadar arttırılarak ağın HKO üzerindeki değişimleri incelenmiştir. Tablo 64’de kurumlar ana değişkenini etkileyen değişkenlerin önem dereceleri yer almaktadır.

Tablo 64: Kurumlar Ana Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri

Değişkenler	HKO Değişim (%)	Normalize
D2 – İnsan Kaynağı ve Araştırma	12,681	0,188
D3 – Altyapı	6,884	0,102
D4 – Pazar Gelişmişliği	7,609	0,113
D5 – İş Çevresi Gelişmişliği	15,217	0,226
D6 – Bilgi ve Teknoloji	20,290	0,301
D7 – Yaratıcılık	4,710	0,070

Tablo 64 incelendiğinde, Kurumlar Ana değişkenini en fazla etkileyen değişkenlerin bilgi ve teknoloji, iş çevresi gelişmişliği, insan kaynağı ve araştırma değişkenleri olduğu; en az etkileyen değişkenlerin ise yaratıcılık, altyapı ve pazar gelişmişliği olduğu anlaşılmaktadır.

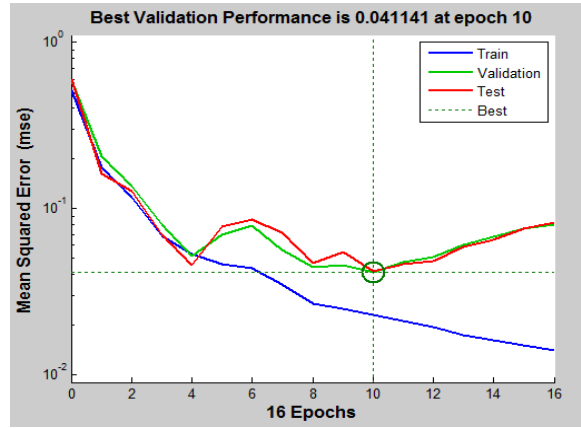
4.3.2.23. İnsan Kaynağı ve Araştırma Ana Değişkenini Etkileyen Ana Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi

İnsan kaynağı ve araştırma ana değişkeni üzerinde etkili olan değişkenleri belirlemek için öncelikle en az hatayı veren ağı belirlemek için uygulanan çeşitli modeller Tablo 65’de gösterilmektedir.

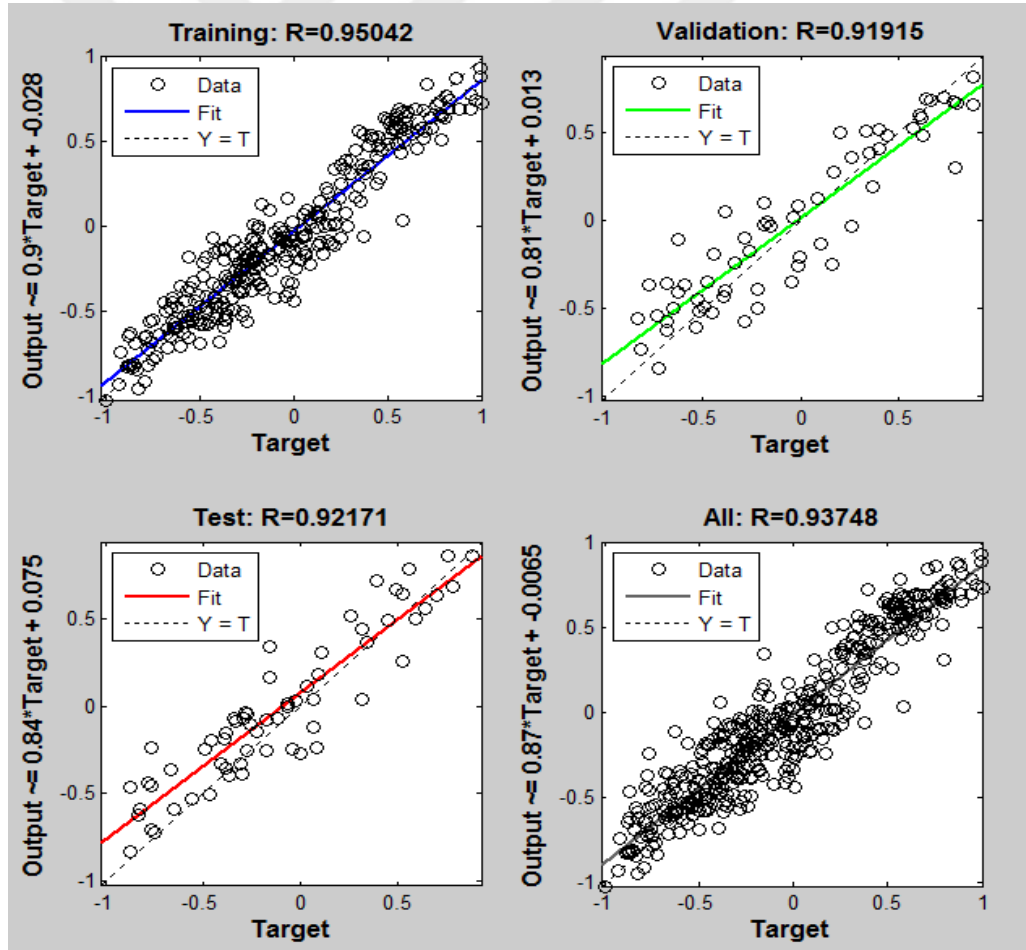
Tablo 65: İnsan Kaynağı ve Araştırma Ana Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler

Deneme	Parametreler			Eğitim Seti		Doğrulama Seti		Test Seti	
	GKS	NS	İS	HKO	R	HKO	R	HKO	R
1	1	5	17	0,0329	0,92	0,0387	0,92	0,0556	0,90
2	1	10	13	0,0313	0,93	0,0394	0,92	0,0571	0,90
3	1	20	10	0,0335	0,92	0,0457	0,90	0,0557	0,88
4	1	30	12	0,0255	0,94	0,0554	0,88	0,0512	0,90
5	2	5-5	18	0,0338	0,92	0,0436	0,91	0,0481	0,90
6	2	5-10	18	0,0325	0,92	0,0458	0,91	0,0533	0,89
7	2	5-20	14	0,0297	0,93	0,0469	0,91	0,0549	0,90
8	2	5-30	21	0,0223	0,95	0,0467	0,90	0,0783	0,86
9	2	10-5	24	0,0281	0,93	0,0432	0,92	0,0659	0,87
10	2	10-10	16	0,0242	0,94	0,0442	0,91	0,0678	0,86
11	2	10-20	18	0,0286	0,93	0,0424	0,91	0,0437	0,91
12	2	10-30	10	0,0369	0,91	0,0606	0,87	0,0561	0,88
13	2	20-5	15	0,0289	0,93	0,0423	0,92	0,0559	0,90
14	2	20-10	13	0,0289	0,93	0,0493	0,90	0,0573	0,90
15	2	20-20	9	0,0288	0,93	0,0459	0,91	0,0572	0,90
16	2	20-30	11	0,0192	0,95	0,0492	0,90	0,0543	0,89
17	2	30-5	16	0,0230	0,95	0,0411	0,91	0,0420	0,92
18	2	30-10	11	0,0218	0,95	0,0469	0,90	0,0605	0,87
19	2	30-20	14	0,0150	0,96	0,0558	0,88	0,0644	0,86
20	2	30-30	10	0,0218	0,95	0,0563	0,88	0,0417	0,91
21	3	5-5-5	17	0,0354	0,92	0,0470	0,91	0,0565	0,89
22	3	10-10-10	21	0,0250	0,94	0,0406	0,92	0,0498	0,91
23	3	20-20-20	12	0,0255	0,94	0,0482	0,90	0,0669	0,87
24	3	30-30-30	10	0,0220	0,95	0,0492	0,90	0,0597	0,87

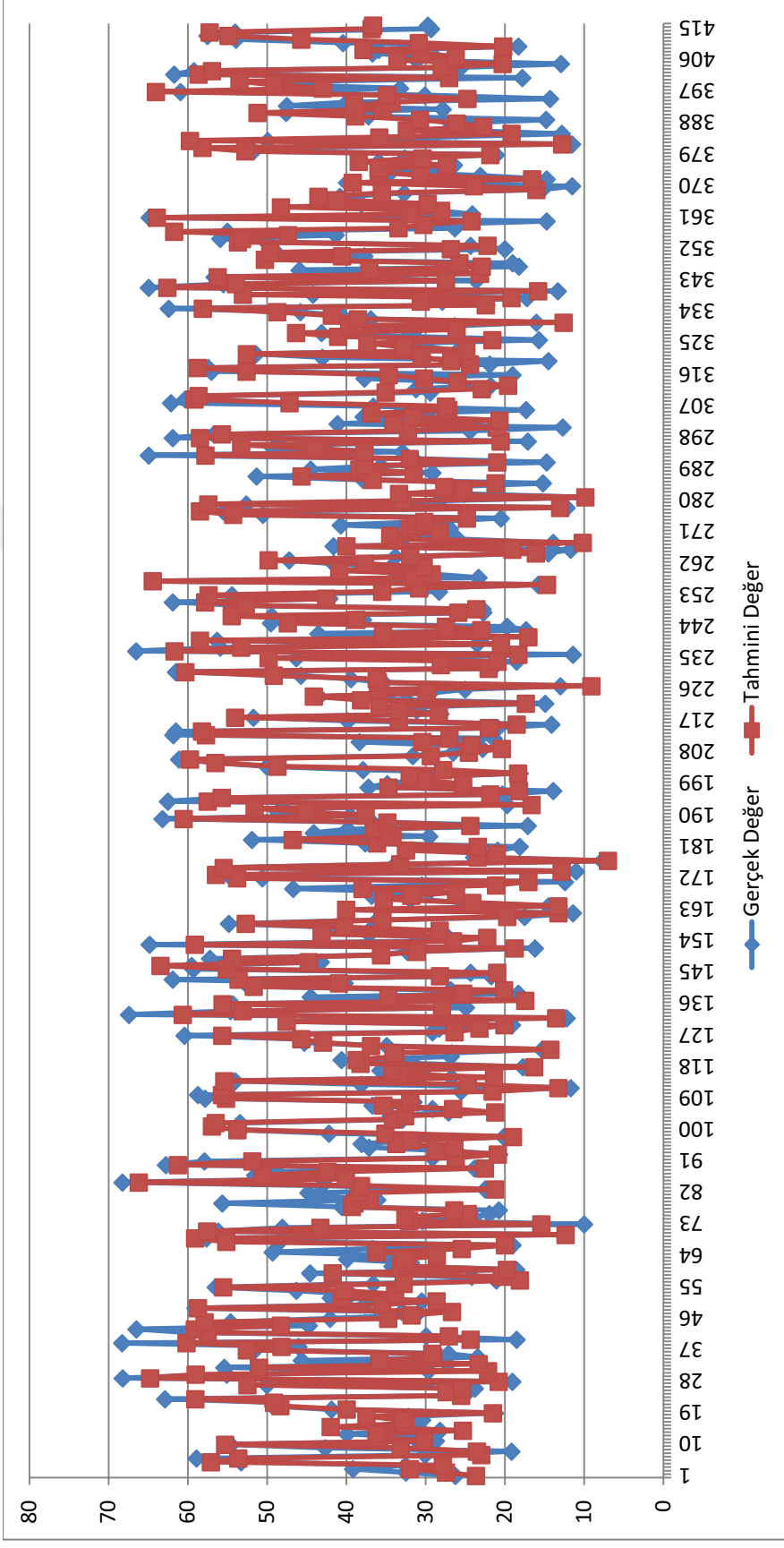
Şekil 94: İnsan Kaynağı ve Araştırma Ana Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği



Şekil 95: İnsan Kaynağı ve Araştırma Ana Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri



Şekil 96: İnsan Kaynağı ve Araştırma Ana Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması



Tablo 65 incelendiğinde, iki gizli katmanlı, ilk gizli katmanda 30 nöronu ve ikinci gizli katmanda da 5 nöronu olan ağ yapısı diğer modellere göre en düşük HKO ve en yüksek korelasyon katsayısına sahiptir. Bu ağın performans grafiği Şekil 94’de yer almaktadır.

Şekil 95’de yer alan korelasyon grafikleri değerlendirildiğinde, eğitim verilerinin korelasyon katsayısı 0,95; doğrulama setinin korelasyon katsayısı 0,91; test setinin korelasyon katsayısı 0,92 ve tüm verilerin korelasyon katsayısı 0,93 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, değişkenler arasında güçlü bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Oluşturulan YSA modeli tarafından tahmin edilen değerler ile gerçek değerler Şekil 96’da yer almaktadır.

Çeşitli modeller denendikten sonra en iyi ağ yapısı oluşturulmuş, insan kaynağı ve araştırma ana değişkenini etkileyen değişkenlerin önem derecelerini belirlemek için perturb yöntemi uygulanmıştır. Diğer değişkenler sabit tutularak her bir değişkenin değeri % 20’si kadar arttırılarak ağın HKO üzerindeki değişimleri incelenmiştir. Tablo 66’da insan kaynağı ve araştırma ana değişkenini etkileyen değişkenlerin önem dereceleri yer almaktadır.

Tablo 66: İnsan Kaynağı ve Araştırma Ana Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri

Değişkenler	HKO Değişim (%)	Normalize
D1 – Kurumlar	20,714	0,554
D3 – Altyapı	0,238	0,006
D4 – Pazar Gelişmişliği	2,857	0,076
D5 – İş Çevresi Gelişmişliği	5,714	0,153
D6 – Bilgi ve Teknoloji	1,429	0,038
D7 – Yaratıcılık	6,429	0,172

Tablo 66 incelendiğinde, İnsan Kaynağı ve Araştırma Ana değişkenini en fazla etkileyen değişkenlerin kurumlar, yaratıcılık ve iş çevresi gelişmişliği değişkenleri olduğu; en az etkileyen değişkenlerin ise altyapı, bilgi ve teknoloji, pazar gelişmişliği olduğu anlaşılmaktadır.

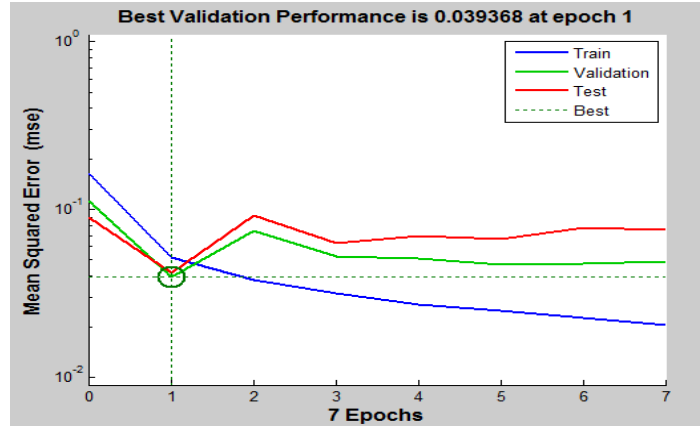
4.3.2.24. Altyapı Ana Değişkenini Etkileyen Ana Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi

Altyapı ana değişkeni bağımlı değişken, diğer ana değişkenler bağımsız değişkenler olarak ele alınarak öncelikle gizli katman sayısını ve gizli katmandaki nöron sayısını belirlemek için Tablo 67’de yer alan çeşitli denemeler yapılmıştır.

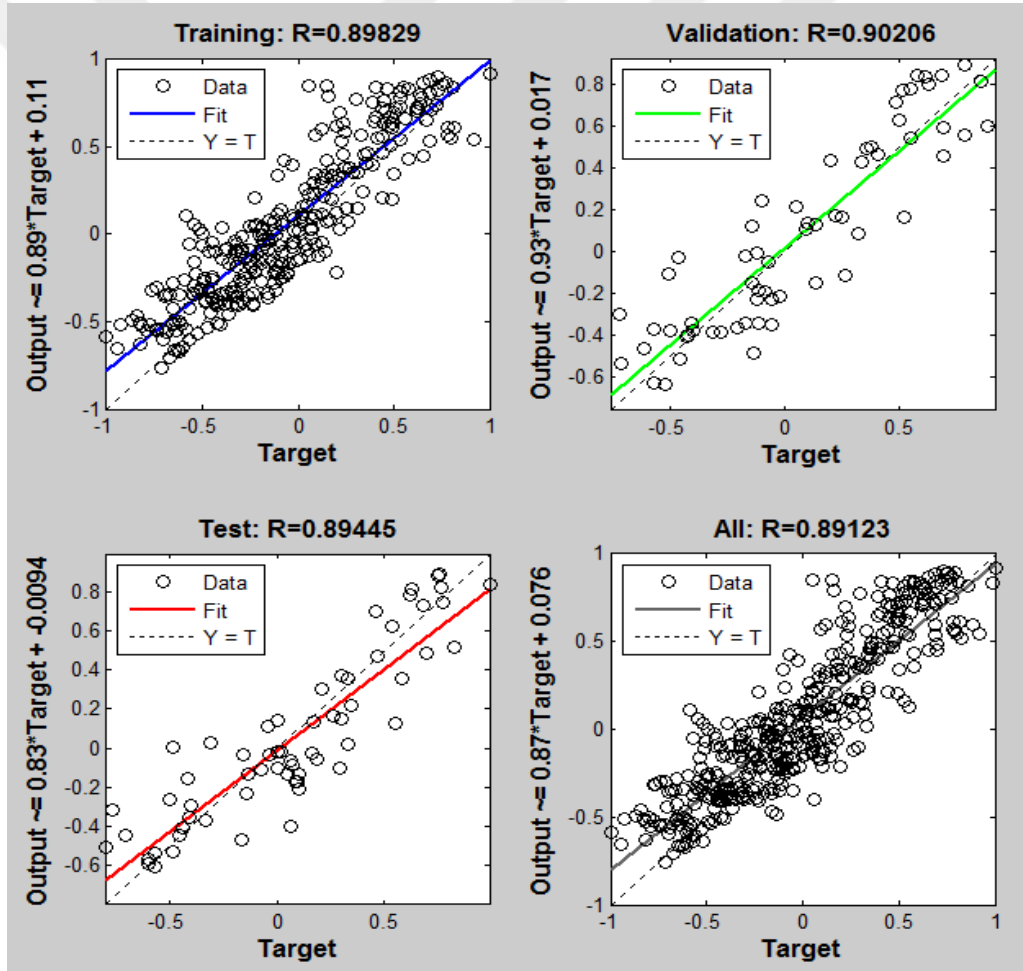
Tablo 67: Altyapı Ana Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler

Deneme	Parametreler			Eğitim Seti		Doğrulama Seti		Test Seti	
	GKS	NS	İS	HKO	R	HKO	R	HKO	R
1	1	5	10	0,0359	0,90	0,0427	0,91	0,0633	0,87
2	1	10	8	0,0346	0,90	0,0410	0,90	0,0607	0,87
3	1	20	8	0,0346	0,91	0,0430	0,91	0,0617	0,88
4	1	30	16	0,0185	0,95	0,0402	0,92	0,0769	0,85
5	2	5-5	9	0,0540	0,89	0,0370	0,90	0,0509	0,86
6	2	5-10	11	0,0316	0,91	0,0416	0,91	0,0560	0,88
7	2	5-20	15	0,0249	0,93	0,0427	0,91	0,0809	0,83
8	2	5-30	8	0,0384	0,90	0,0442	0,89	0,0626	0,86
9	2	10-5	11	0,0491	0,90	0,0385	0,89	0,0544	0,86
10	2	10-10	12	0,0241	0,93	0,0426	0,91	0,0656	0,88
11	2	10-20	13	0,0188	0,94	0,0507	0,90	0,0814	0,84
12	2	10-30	12	0,0203	0,94	0,0538	0,89	0,0711	0,86
13	2	20-5	7	0,0514	0,89	0,0394	0,90	0,0418	0,89
14	2	20-10	9	0,0276	0,92	0,0567	0,88	0,0727	0,87
15	2	20-20	8	0,0399	0,91	0,0357	0,90	0,0548	0,86
16	2	20-30	11	0,0162	0,96	0,0415	0,89	0,0626	0,86
17	2	30-5	13	0,0190	0,94	0,0494	0,90	0,0919	0,83
18	2	30-10	12	0,0155	0,95	0,0426	0,90	0,0779	0,84
19	2	30-20	11	0,0212	0,94	0,0399	0,91	0,0668	0,86
20	2	30-30	9	0,0206	0,94	0,0448	0,90	0,0701	0,87
21	3	5-5-5	16	0,0254	0,93	0,0441	0,91	0,0678	0,87
22	3	10-10-10	8	0,0419	0,90	0,0336	0,91	0,0509	0,88
23	3	20-20-20	14	0,0078	0,97	0,0550	0,88	0,0822	0,84
24	3	30-30-30	11	0,0100	0,97	0,0444	0,90	0,0927	0,85

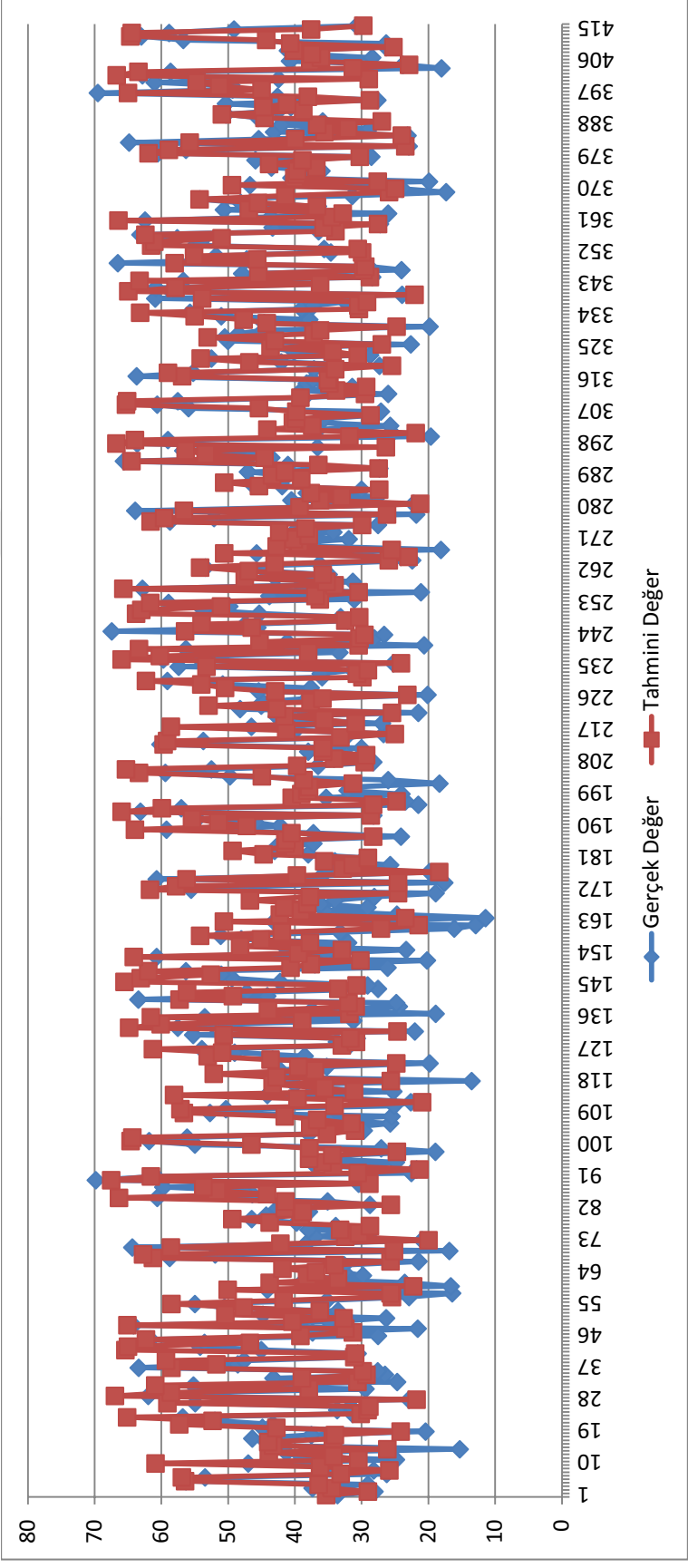
Şekil 97: Altyapı Ana Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği



Şekil 98: Altyapı Ana Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri



Şekil 99: Altyapı Ana Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması



Tablo 67’de test setinin HKO ve R değerleri incelendiğinde, 13 nolu deneme olan iki gizli katmanlı, ilk gizli katmanda 20 nörona ve ikinci gizli katmanda da 5 nörona sahip ağ yapısının en iyi sonuç verdiği görülmektedir. Bu ağın eğitimine ilişkin performans grafiği Şekil 97’da yer almaktadır.

Tahmini değerler ile gerçek değerler arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon grafikleri Şekil 98’de gösterilmektedir. Eğitim verilerinin korelasyon katsayısı 0,89, doğrulama setinin korelasyon katsayısı 0,90, test setinin korelasyon katsayısı 0,89 ve tüm verilerin korelasyon katsayısı 0,89 olarak bulunmuştur. Bu değerler, değişkenler arasında güçlü bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Tüm verilere ilişkin, YSA tarafından tahmin edilen değerler ile gerçek değerler Şekil 99’da yer almaktadır.

Ağ parametreleri optimize edilip en iyi ağ yapısı oluşturulduktan sonra altyapı ana değişkenini etkileyen değişkenlerin önem derecelerini belirlemek için perturb yöntemi uygulanmıştır. Diğer değişkenler sabit tutularak herbir değişkenin değeri %20’si kadar arttırılarak ağın HKO üzerindeki değişimleri incelenmiştir. Tablo 68’de eğitim değişkeninin etkileyen değişkenlerin önem dereceleri yer almaktadır.

Tablo 68: Altyapı Ana Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri

Değişkenler	HKO Değişim (%)	Normalize
D1 – Kurumlar	2,153	0,118
D2 – İnsan Kaynağı ve Araştırma	9,330	0,513
D4 – Pazar Gelişmişliği	1,196	0,066
D5 – İş Çevresi Gelişmişliği	2,632	0,145
D6 – Bilgi ve Teknoloji	2,153	0,118
D7 – Yaratıcılık	0,718	0,039

Tablo 68 incelendiğinde, altyapı ana değişkenini en fazla etkileyen değişkenlerin insan kaynağı ve araştırma, iş çevresi gelişmişliği, kurumlar, bilgi ve teknoloji değişkenleri olduğu; en az etkileyen değişkenlerin ise yaratıcılık ve pazar gelişmişliği olduğu anlaşılmaktadır.

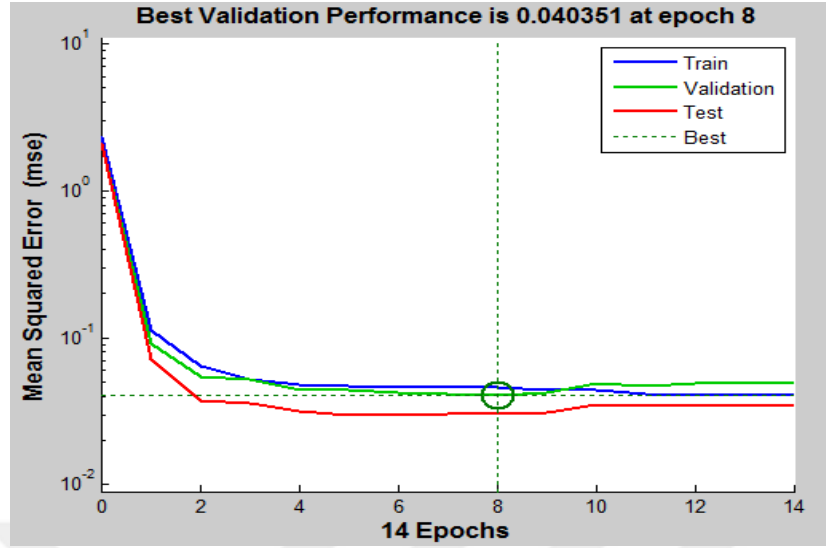
4.3.2.25. Pazar Gelişmişliği Ana Değişkenini Etkileyen Ana Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi

Pazar gelişmişliği ana değişkeni bağımlı değişken, diğer ana değişkenler bağımsız değişkenler olarak ele alınarak ağın mimari yapısını belirlemek için Tablo 69'da yer alan çeşitli denemeler yapılmıştır.

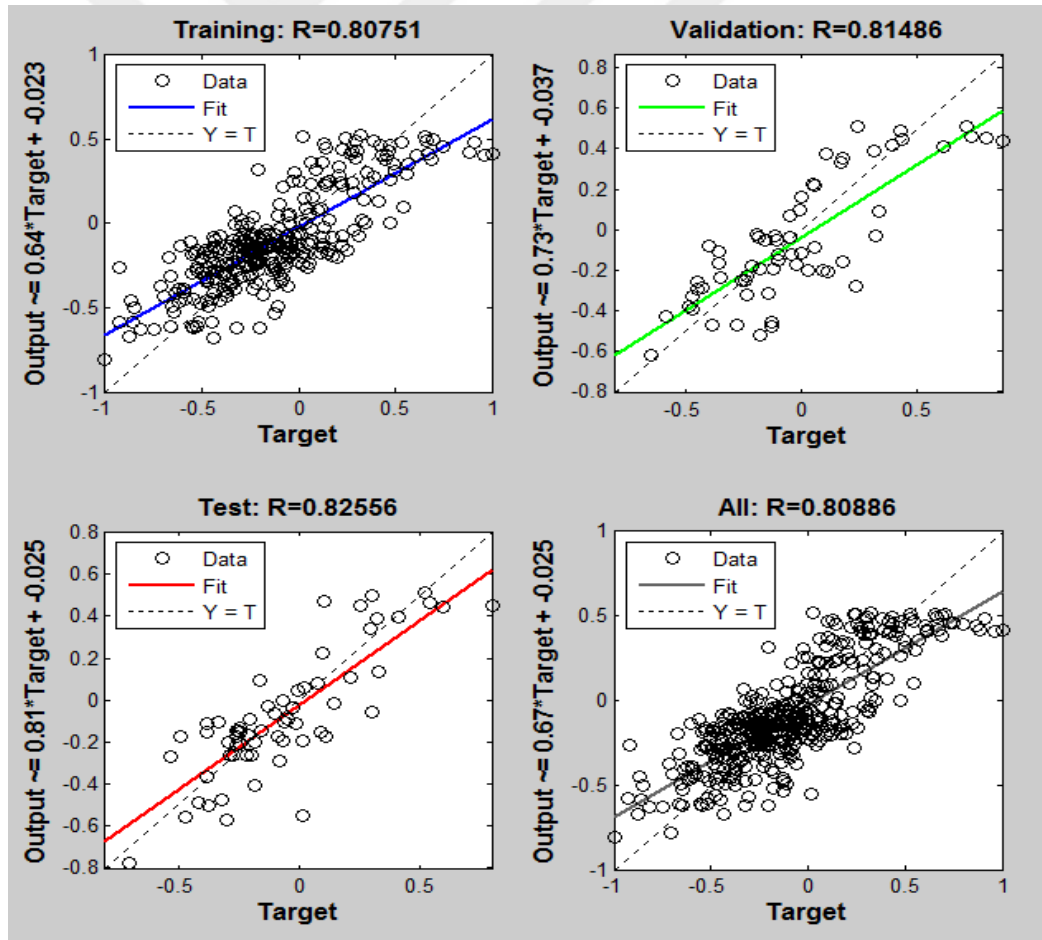
Tablo 69: Pazar Gelişmişliği Ana Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler

Deneme	Parametreler			Eğitim Seti		Doğrulama Seti		Test Seti	
	GKS	NS	İS	HKO	R	HKO	R	HKO	R
1	1	5	13	0,0416	0,83	0,0501	0,76	0,0361	0,78
2	1	10	10	0,0428	0,82	0,0412	0,80	0,0366	0,81
3	1	20	11	0,0358	0,85	0,0379	0,82	0,0339	0,80
4	1	30	12	0,0299	0,87	0,0435	0,80	0,0407	0,78
5	2	5-5	14	0,0456	0,80	0,0404	0,81	0,0305	0,82
6	2	5-10	14	0,0392	0,83	0,0424	0,81	0,0373	0,80
7	2	5-20	11	0,0376	0,84	0,0437	0,79	0,0402	0,78
8	2	5-30	12	0,0388	0,83	0,0400	0,82	0,0396	0,79
9	2	10-5	15	0,0302	0,87	0,0394	0,82	0,0389	0,80
10	2	10-10	18	0,0268	0,89	0,0498	0,79	0,0495	0,78
11	2	10-20	12	0,0338	0,85	0,0488	0,79	0,0455	0,77
12	2	10-30	12	0,0242	0,90	0,0475	0,81	0,0520	0,76
13	2	20-5	13	0,0296	0,87	0,0435	0,79	0,0429	0,78
14	2	20-10	10	0,0404	0,82	0,0441	0,81	0,0348	0,80
15	2	20-20	10	0,0291	0,88	0,0459	0,79	0,0449	0,78
16	2	20-30	10	0,0279	0,88	0,0521	0,77	0,0521	0,75
17	2	30-5	13	0,0363	0,84	0,0425	0,80	0,0321	0,82
18	2	30-10	12	0,0236	0,90	0,0456	0,79	0,0542	0,73
19	2	30-20	9	0,0274	0,89	0,0472	0,77	0,0468	0,76
20	2	30-30	10	0,0266	0,89	0,0398	0,82	0,0489	0,77
21	3	5-5-5	12	0,0446	0,81	0,0407	0,80	0,0354	0,80
22	3	10-10-10	12	0,0376	0,86	0,0429	0,79	0,0462	0,73
23	3	20-20-20	11	0,0330	0,86	0,0503	0,78	0,0471	0,76
24	3	30-30-30	10	0,0226	0,90	0,0595	0,71	0,0448	0,76

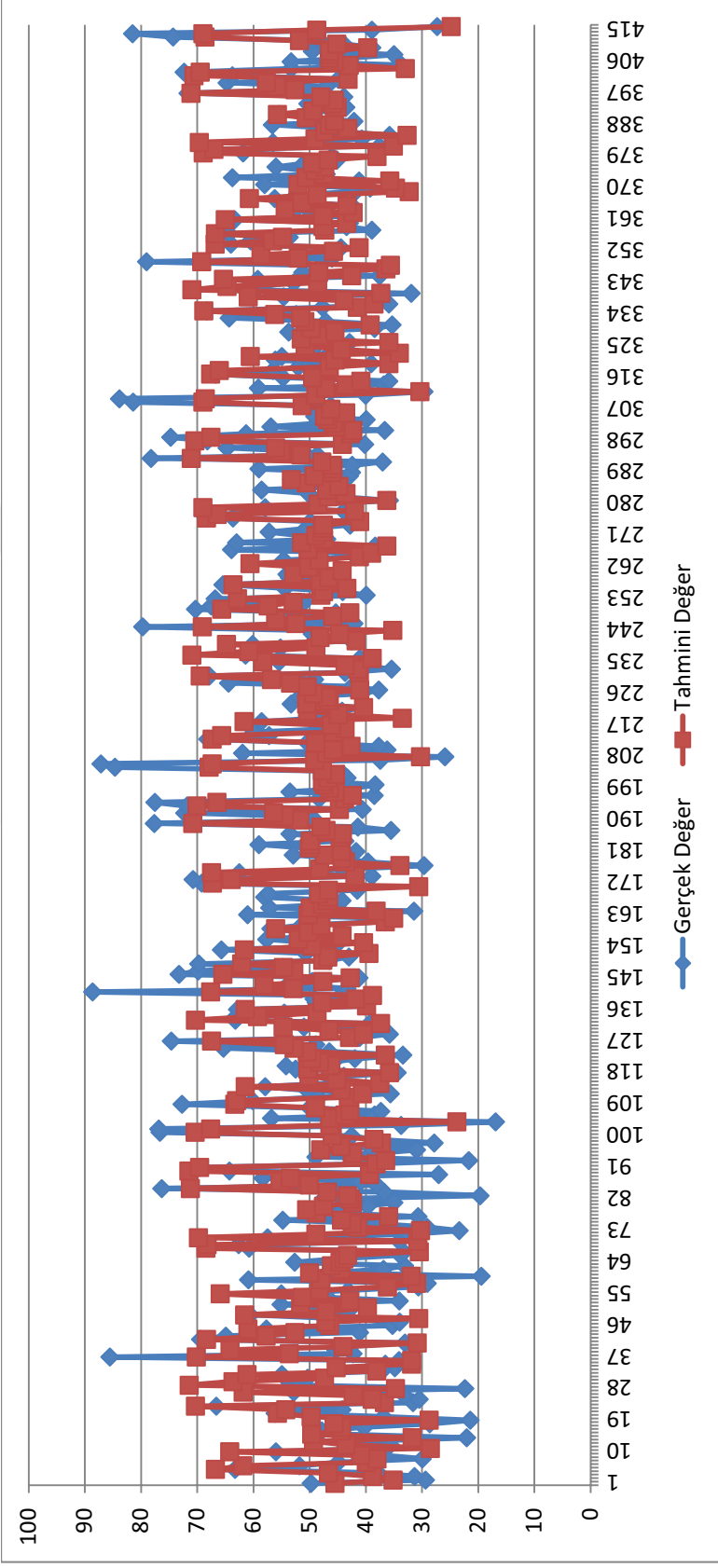
Şekil 100: Pazar Gelişmişliği Ana Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği



Şekil 101: Pazar Gelişmişliği Ana Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri



Şekil 102: Pazar Gelişmişliği Ana Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması



Tablo 69’da yapılan çeşitli modellerin denemeleri sonucunda en iyi ağ yapısı 5 nolu deneme olan iki gizli katmanlı, ilk gizli katmanda 5 nörona ve ikinci gizli katmanda da 5 nörona sahip ağdır. Bu ağın eğitimine ilişkin performans grafiği aşağıdaki Şekil 100’de yer almaktadır.

Tahmini değerler ile gerçek değerler arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon grafikleri Şekil 101’de gösterilmektedir. Eğitim verilerinin korelasyon katsayısı 0,80; doğrulama setinin korelasyon katsayısı 0,81; test setinin korelasyon katsayısı 0,82 ve tüm verilerin korelasyon katsayısı 0,80 olarak bulunmuştur. Bu değerler, değişkenler arasında güçlü bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Tüm verilere ilişkin, YSA tarafından tahmin edilen değerler ile gerçek değerler Şekil 102’de yer almaktadır.

En az hatayı üreten ağ yapısı oluşturulduktan sonra pazar gelişmişliği ana değişkenini etkileyen değişkenlerin önem derecelerini belirlemek için perturb yöntemi uygulanmıştır. Tablo 70’de pazar gelişmişliği ana değişkenini etkileyen değişkenlerin önem dereceleri yer almaktadır.

Tablo 70: Pazar Gelişmişliği Ana Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri

Değişkenler	HKO Değişim (%)	Normalize
D1 – Kurumlar	13,443	0,256
D2 – İnsan Kaynağı ve Araştırma	2,951	0,056
D3 – Altyapı	22,295	0,425
D5 – İş Çevresi Gelişmişliği	5,246	0,100
D6 – Bilgi ve Teknoloji	5,902	0,113
D7 – Yaratıcılık	2,623	0,050

Tablo 70 incelendiğinde, pazar gelişmişliği ana değişkenini en fazla etkileyen değişkenlerin altyapı, kurumlar, bilgi ve teknoloji değişkenleri olduğu; en az etkileyen değişkenlerin ise yaratıcılık, insan kaynağı ve araştırma, iş çevresi gelişmişliği olduğu anlaşılmaktadır.

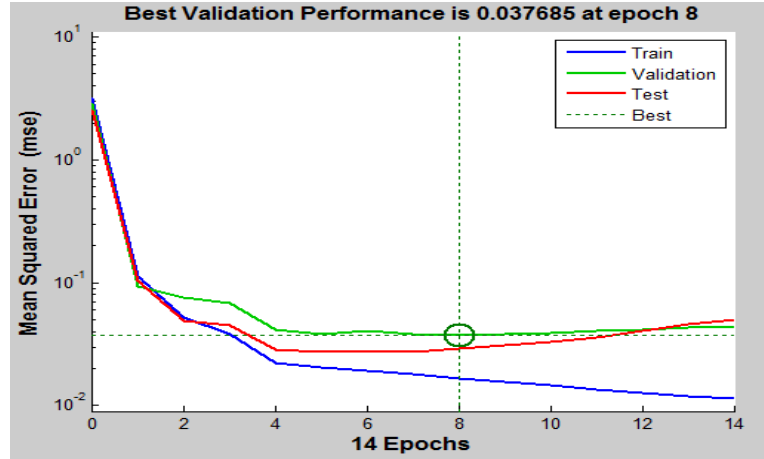
4.3.2.26. İş Çevresi Gelişmişliği Ana Değişkeni Etkileyen Ana Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi

İş çevresi dışındaki ana değişkenler bağımsız değişkenler, iş çevresi değişkeni bağımlı değişken olarak dikkate alınarak en az hatayı üreten ağ yapısını oluşturmak için çeşitli yapılarıdaki ağ modelleri denemiştir. Aşağıda Tablo 71’de yer alan çeşitli denemeler yapılmıştır.

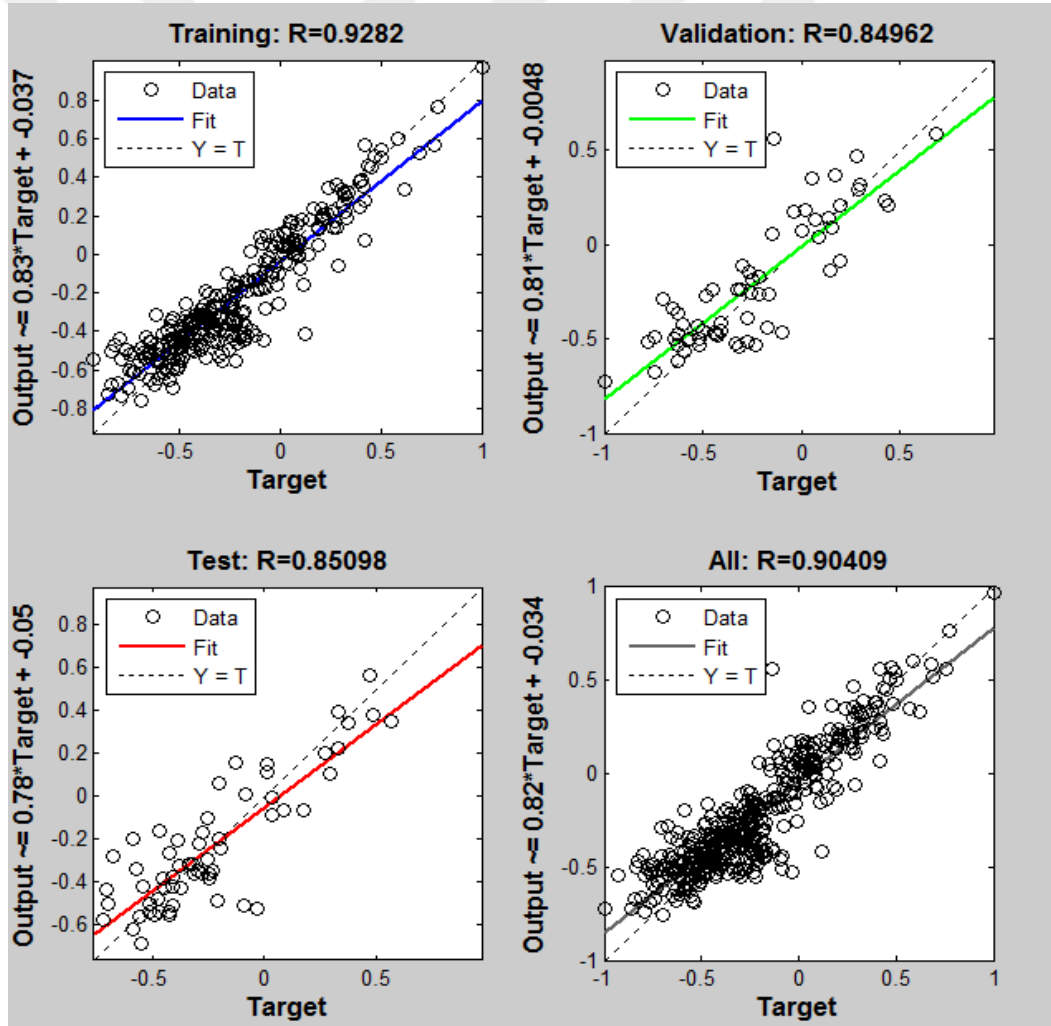
Tablo 71: İş Çevresi Gelişmişliği Ana Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler

Deneme	Parametreler			Eğitim Seti		Doğrulama Seti		Test Seti	
	GKS	NS	İS	HKO	R	HKO	R	HKO	R
1	1	5	11	0,0292	0,87	0,0338	0,85	0,0351	0,82
2	1	10	15	0,0206	0,91	0,0410	0,83	0,0311	0,84
3	1	20	11	0,0191	0,91	0,0284	0,88	0,0343	0,83
4	1	30	10	0,0152	0,93	0,0432	0,83	0,0371	0,83
5	2	5-5	15	0,0259	0,88	0,0344	0,86	0,0323	0,83
6	2	5-10	7	0,0419	0,82	0,0270	0,88	0,0336	0,83
7	2	5-20	12	0,0240	0,89	0,0484	0,81	0,0359	0,82
8	2	5-30	11	0,0239	0,89	0,0401	0,84	0,0352	0,83
9	2	10-5	15	0,0227	0,90	0,0335	0,86	0,0306	0,84
10	2	10-10	9	0,0301	0,87	0,0305	0,86	0,0313	0,84
11	2	10-20	14	0,0168	0,92	0,0377	0,84	0,0290	0,85
12	2	10-30	8	0,0373	0,86	0,0360	0,86	0,0447	0,81
13	2	20-5	12	0,0239	0,90	0,0341	0,86	0,0330	0,82
14	2	20-10	8	0,0303	0,86	0,0310	0,86	0,0325	0,83
15	2	20-20	11	0,0166	0,92	0,0389	0,84	0,0305	0,84
16	2	20-30	9	0,0199	0,91	0,0425	0,82	0,0327	0,84
17	2	30-5	13	0,0162	0,93	0,0369	0,86	0,0338	0,83
18	2	30-10	10	0,0185	0,92	0,0418	0,81	0,0393	0,81
19	2	30-20	9	0,0189	0,91	0,0294	0,88	0,0297	0,84
20	2	30-30	9	0,0156	0,93	0,0442	0,84	0,0401	0,81
21	3	5-5-5	12	0,0291	0,87	0,0311	0,87	0,0297	0,85
22	3	10-10-10	10	0,0276	0,88	0,0334	0,85	0,0353	0,82
23	3	20-20-20	10	0,0221	0,91	0,0398	0,85	0,0380	0,83
24	3	30-30-30	12	0,0129	0,95	0,0505	0,82	0,0513	0,79

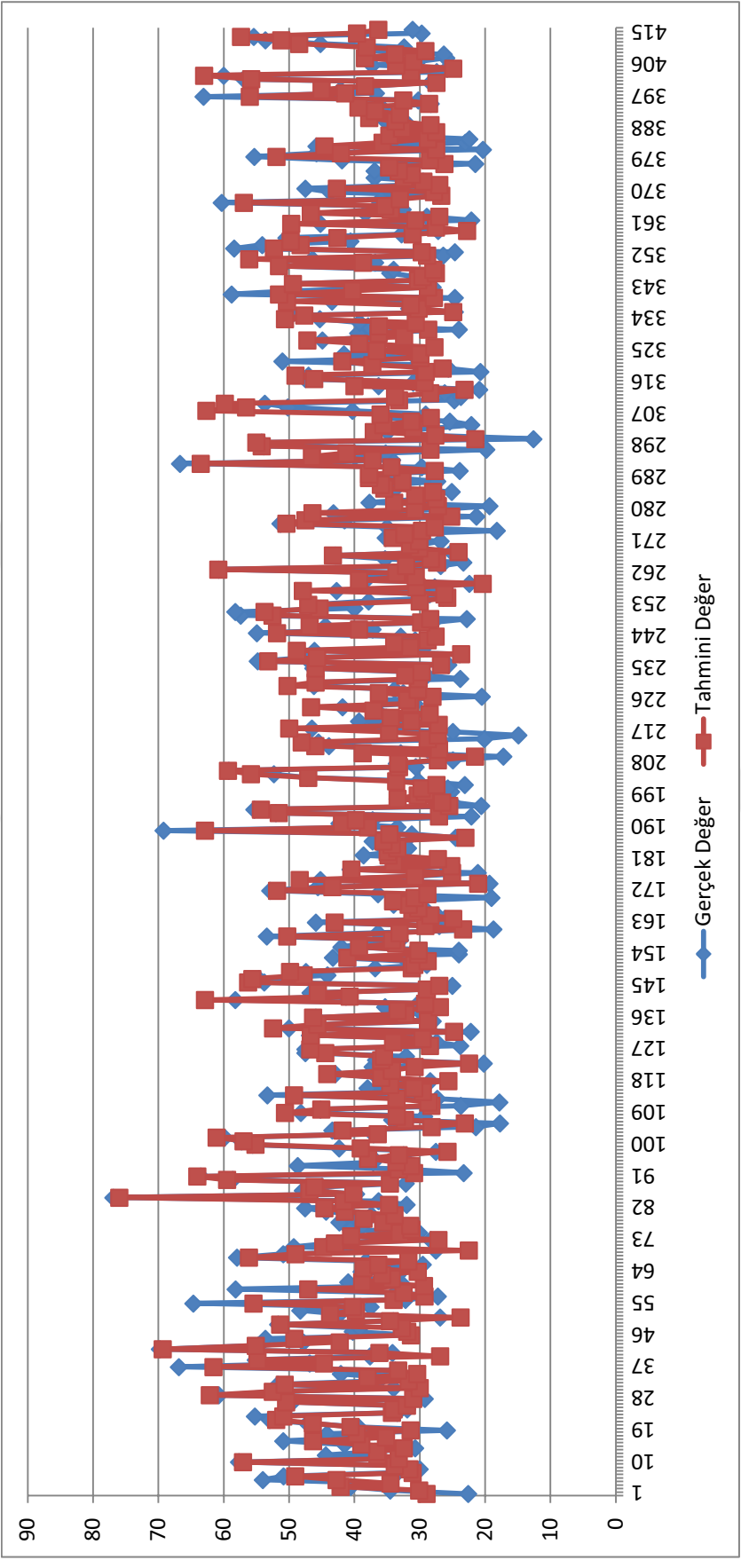
Şekil 103: İş Çevresi Gelişmişliği Ana Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği



Şekil 104: İş Çevresi Gelişmişliği Ana Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri



Şekil 105: İş Çevresi Gelişmişliği Ana Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması



Tablo 71’deki test setinin sonuçları incelendiğinde, 11 nolu deneme olan iki gizli katmanlı, ilk gizli katmanda 10 nörona ve ikinci gizli katmanda da 20 nörona sahip ağ yapısının en iyi sonuç verdiği görülmektedir. Bu ağın eğitimine ilişkin performans grafiği aşağıdaki Şekil 103’de yer almaktadır.

Tahmini değerler ile gerçek değerler arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon grafikleri Şekil 104’de gösterilmektedir. Eğitim verilerinin korelasyon katsayısı 0,92, doğrulama setinin korelasyon katsayısı 0,84, test setinin korelasyon katsayısı 0,85 ve tüm verilerin korelasyon katsayısı 0,90 olarak bulunmuştur. Bu değerler, değişkenler arasında güçlü bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Tüm verilere ilişkin, YSA tarafından tahmin edilen değerler ile gerçek değerler Şekil 105’de yer almaktadır.

En iyi ağ mimari oluşturulduktan sonra iş çevresi gelişmişliği ana değişkenini etkileyen değişkenlerin önem derecelerini belirlemek için perturb yöntemi uygulanmıştır. Tablo 72’de iş çevresi gelişmişliği ana değişkenini etkileyen değişkenlerin önem dereceleri yer almaktadır.

Tablo 72: İş Çevresi Gelişmişliği Ana Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri

Değişkenler	HKO Değişim (%)	Normalize
D1 – Kurumlar	1,038	0,018
D2 – İnsan Kaynağı ve Araştırma	5,882	0,101
D3 – Altyapı	21,799	0,373
D4 – Pazar Gelişmişliği	4,844	0,083
D6 – Bilgi ve Teknoloji	19,723	0,337
D7 – Yaratıcılık	5,190	0,089

Tablo 72 incelendiğinde, iş çevresi gelişmişliği ana değişkenini en fazla etkileyen değişkenlerin altyapı, bilgi ve teknoloji, insan kaynağı ve araştırma değişkenleri olduğu; en az etkileyen değişkenlerin ise kurumlar, pazar gelişmişliği ve yaratıcılık olduğu anlaşılmaktadır.

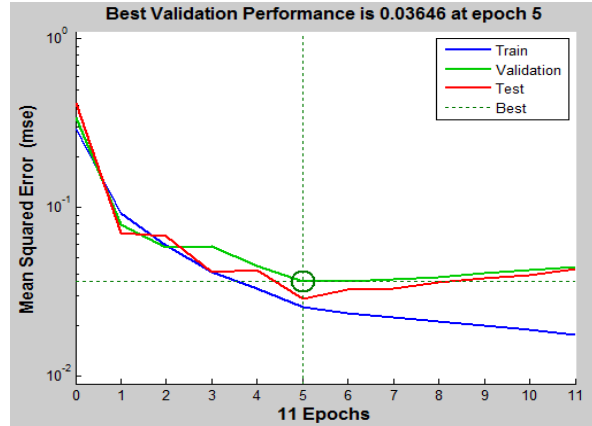
4.3.2.27. Bilgi ve Teknoloji Ana Değişkeni Etkileyen Ana Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi

Bilgi ve teknoloji ana değişkeni bağımlı değişken, diğer ana değişkenler bağımsız değişkenler olarak ele alınarak öncelikle gizli katman sayısını ve gizli katmandaki nöron sayısını belirlemek için Tablo 73’de yer alan çeşitli denemeler yapılmıştır.

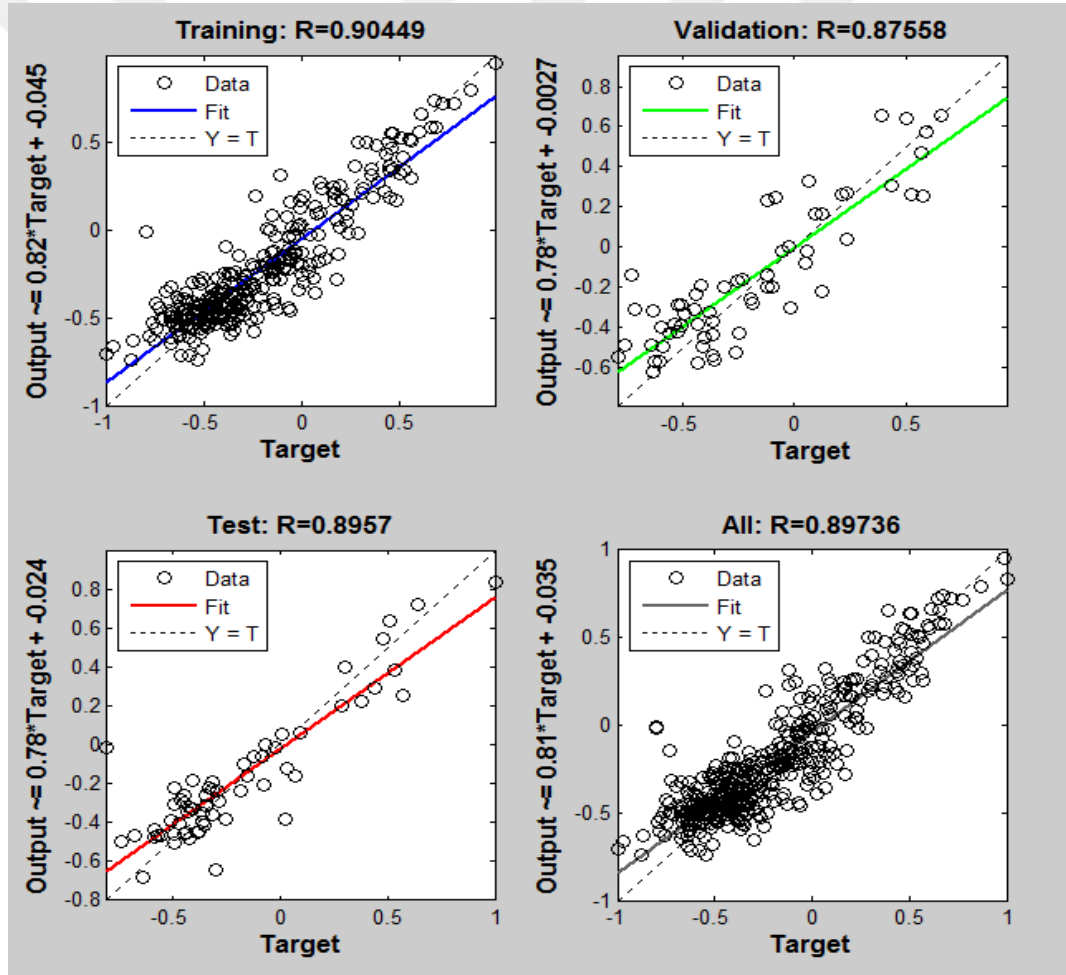
Tablo 73: Bilgi ve Teknoloji Ana Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler

Deneme	Parametreler			Eğitim Seti		Doğrulama Seti		Test Seti	
	GKS	NS	İS	HKO	R	HKO	R	HKO	R
1	1	5	26	0,0342	0,86	0,0402	0,85	0,0673	0,80
2	1	10	19	0,0329	0,87	0,0380	0,86	0,0356	0,87
3	1	20	13	0,0295	0,88	0,0446	0,84	0,0553	0,80
4	1	30	10	0,0269	0,90	0,0552	0,80	0,0432	0,84
5	2	5-5	28	0,0314	0,88	0,0398	0,86	0,0416	0,84
6	2	5-10	16	0,0351	0,86	0,0372	0,86	0,0335	0,87
7	2	5-20	26	0,0251	0,90	0,0368	0,87	0,0573	0,79
8	2	5-30	21	0,0231	0,91	0,0402	0,86	0,0550	0,79
9	2	10-5	10	0,0390	0,85	0,0508	0,81	0,0353	0,86
10	2	10-10	20	0,0279	0,89	0,0391	0,85	0,0479	0,81
11	2	10-20	11	0,0337	0,88	0,0404	0,85	0,0505	0,81
12	2	10-30	16	0,0182	0,93	0,0421	0,85	0,0389	0,86
13	2	20-5	11	0,0376	0,85	0,0429	0,84	0,0307	0,88
14	2	20-10	11	0,0255	0,90	0,0365	0,87	0,0286	0,89
15	2	20-20	10	0,0270	0,90	0,0456	0,83	0,0420	0,84
16	2	20-30	11	0,0222	0,91	0,0584	0,79	0,0402	0,85
17	2	30-5	15	0,0250	0,90	0,0353	0,87	0,0387	0,85
18	2	30-10	11	0,0329	0,88	0,0432	0,85	0,0452	0,83
19	2	30-20	11	0,0227	0,92	0,0752	0,78	0,0601	0,79
20	2	30-30	9	0,0323	0,90	0,0499	0,83	0,0466	0,84
21	3	5-5-5	18	0,0327	0,87	0,0388	0,86	0,0424	0,83
22	3	10-10-10	13	0,0282	0,89	0,0441	0,84	0,0526	0,81
23	3	20-20-20	12	0,0206	0,92	0,0440	0,84	0,0469	0,83
24	3	30-30-30	10	0,0228	0,91	0,0452	0,83	0,0381	0,85

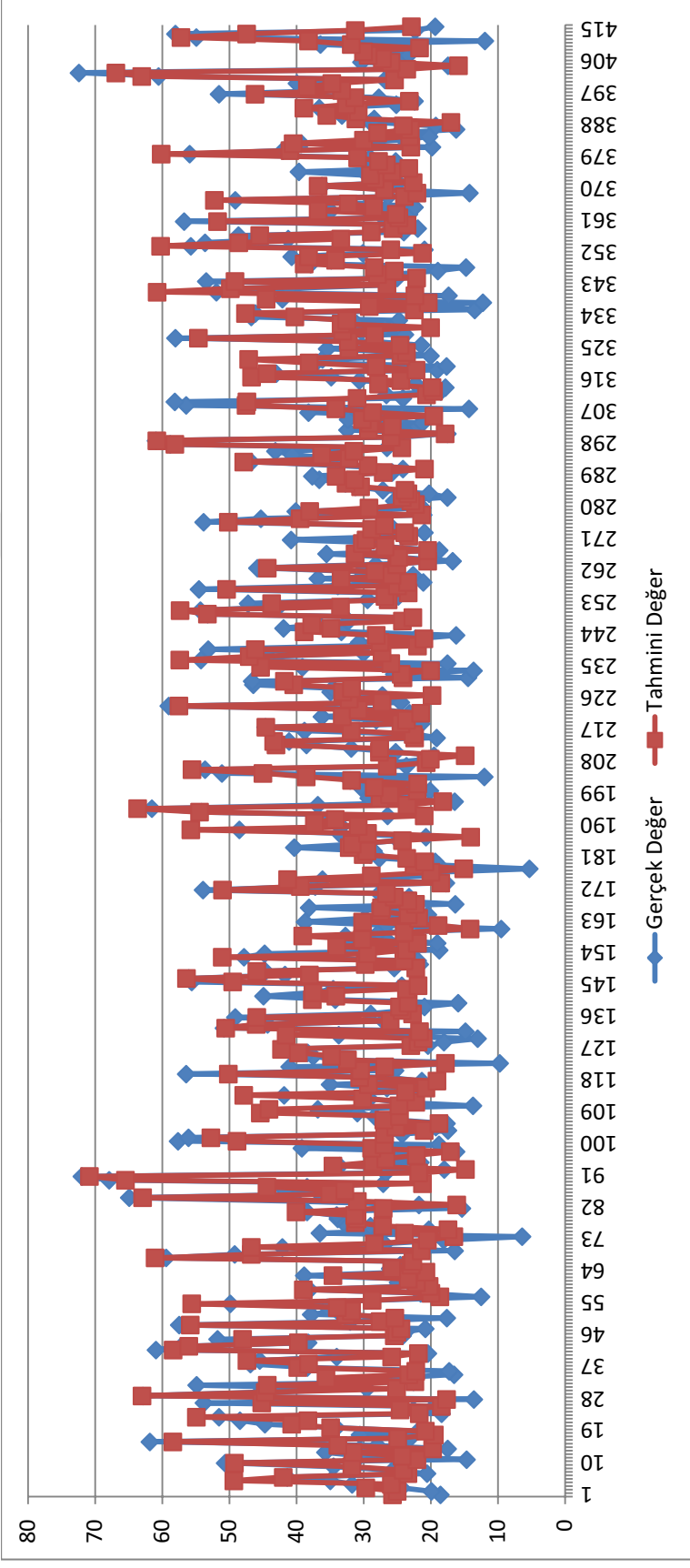
Şekil 106: Bilgi ve Teknoloji Ana Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği



Şekil 107: Bilgi ve Teknoloji Ana Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri



Şekil 108: Bilgi ve Teknoloji Ana Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması



Tablo 73'deki test setinin HKO ve R değerleri incelendiğinde, 14 nolu deneme olan iki gizli katmanlı, ilk gizli katmanda 20 nörona ve ikinci gizli katmanda da 10 nörona sahip ağ yapısının en iyi sonuç verdiği görülmektedir. Bu ağın eğitimine ilişkin performans grafiği aşağıdaki Şekil 106'da yer almaktadır.

Tahmini değerler ile gerçek değerler arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon grafikleri Şekil 107'de gösterilmektedir. Eğitim verilerinin korelasyon katsayısı 0,90, doğrulama setinin korelasyon katsayısı 0,87, test setinin korelasyon katsayısı 0,89 ve tüm verilerin korelasyon katsayısı 0,89 olarak bulunmuştur. Bu değerler, değişkenler arasında güçlü bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Tüm verilere ilişkin, YSA tarafından tahmin edilen değerler ile gerçek değerler Şekil 108'de yer almaktadır.

Ağ parametreleri optimize edilip en iyi ağ yapısı oluşturulduktan sonra bilgi ve teknoloji ana değişkenini etkileyen değişkenlerin önem derecelerini belirlemek için perturb yöntemi uygulanmıştır. Diğer değişkenler sabit tutularak herbir değişkenin değeri %20'si kadar artırılarak ağın HKO üzerindeki değişimleri incelenmiştir. Tablo 74'de eğitim değişkeninin etkileyen değişkenlerin önem dereceleri yer almaktadır.

Tablo 74: Bilgi ve Teknoloji Ana Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri

Değişkenler	HKO Değişim (%)	Normalize
D1 – Kurumlar	17,133	0,495
D2 – İnsan Kaynağı ve Araştırma	1,049	0,030
D3 – Altyapı	2,797	0,081
D4 – Pazar Gelişmişliği	4,545	0,131
D5 – İş Çevresi Gelişmişliği	1,399	0,040
D7 – Yaratıcılık	7,692	0,222

Tablo 74 incelendiğinde, bilgi ve teknoloji ana değişkenini en fazla etkileyen değişkenlerin kurumlar, yaratıcılık, pazar gelişmişliği değişkenleri olduğu; en az etkileyen değişkenlerin ise insan kaynağı ve araştırma, iş çevresi gelişmişliği, altyapı olduğu anlaşılmaktadır.

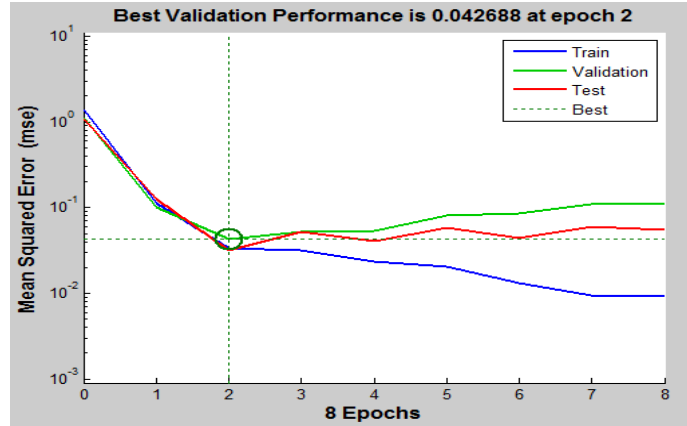
4.3.2.28. Yaratıcılık Ana Değişkeni Etkileyen Ana Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi

Yaratıcılık ana değişkeni bağımlı değişken, diğer ana değişkenler bağımsız değişkenler olarak ele alınarak öncelikle gizli katman sayısını ve gizli katmandaki nöron sayısını belirlemek için aşağıdaki Tablo 75’de yer alan çeşitli denemeler yapılmıştır.

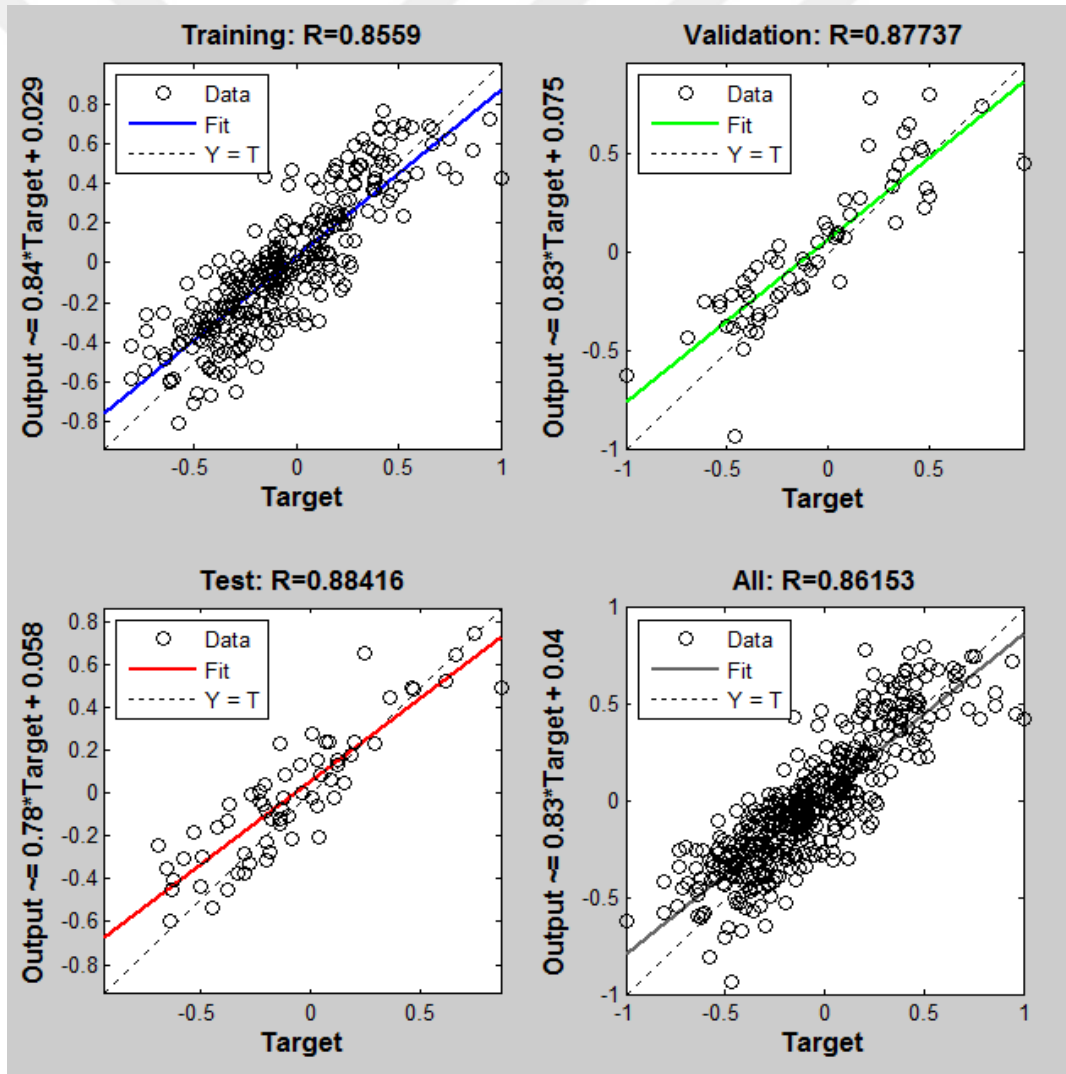
Tablo 75: Yaratıcılık Ana Değişkenine İlişkin Yapılan Denemeler

Deneme	Parametreler			Eğitim Seti		Doğrulama Seti		Test Seti	
	GKS	NS	İS	HKO	R	HKO	R	HKO	R
1	1	5	21	0,0342	0,83	0,0274	0,92	0,0417	0,82
2	1	10	8	0,0403	0,81	0,0295	0,90	0,0437	0,81
3	1	20	10	0,0266	0,87	0,0312	0,90	0,0409	0,82
4	1	30	12	0,0220	0,91	0,0438	0,86	0,0626	0,78
5	2	5-5	15	0,0343	0,83	0,0282	0,81	0,0396	0,82
6	2	5-10	12	0,0325	0,84	0,0358	0,89	0,0342	0,86
7	2	5-20	11	0,0303	0,85	0,0253	0,92	0,0375	0,84
8	2	5-30	13	0,0282	0,87	0,0231	0,92	0,0550	0,77
9	2	10-5	15	0,0264	0,87	0,0281	0,91	0,0335	0,85
10	2	10-10	9	0,0307	0,85	0,0319	0,90	0,0352	0,84
11	2	10-20	10	0,0317	0,87	0,0226	0,92	0,0431	0,81
12	2	10-30	11	0,0238	0,89	0,0354	0,88	0,0473	0,81
13	2	20-5	13	0,0317	0,85	0,0307	0,90	0,0343	0,84
14	2	20-10	10	0,0296	0,86	0,0291	0,90	0,0335	0,84
15	2	20-20	11	0,0215	0,90	0,0337	0,88	0,0346	0,84
16	2	20-30	9	0,0244	0,89	0,0366	0,89	0,0402	0,83
17	2	30-5	8	0,0525	0,82	0,0356	0,89	0,0612	0,78
18	2	30-10	9	0,0325	0,84	0,0290	0,90	0,0338	0,85
19	2	30-20	8	0,0337	0,85	0,0427	0,87	0,0321	0,88
20	2	30-30	9	0,0202	0,90	0,0271	0,90	0,0326	0,86
21	3	5-5-5	10	0,0375	0,81	0,0346	0,89	0,0429	0,81
22	3	10-10-10	11	0,0306	0,86	0,0314	0,90	0,0415	0,81
23	3	20-20-20	8	0,0330	0,84	0,0281	0,91	0,0350	0,85
24	3	30-30-30	10	0,0199	0,94	0,0408	0,85	0,0434	0,81

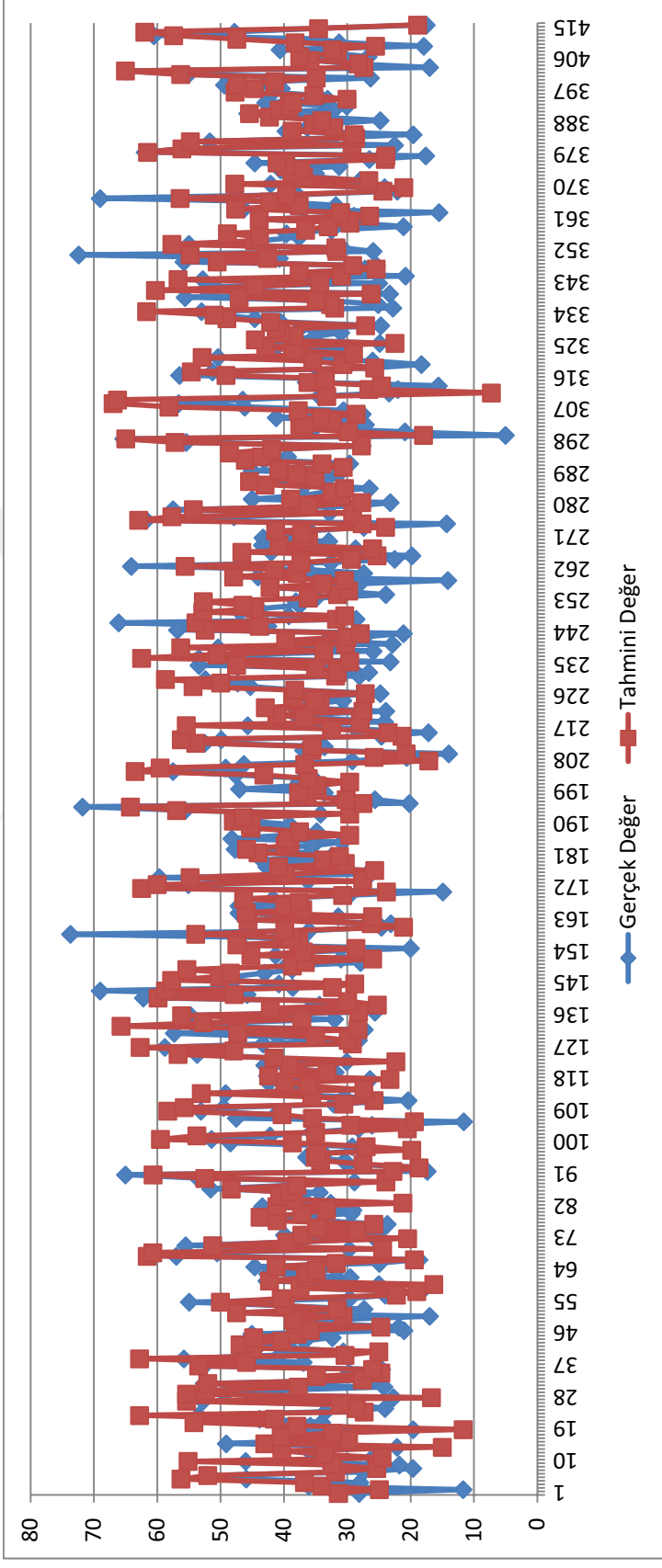
Şekil 109: Yaratıcılık Ana Değişkenine İlişkin Ağ Eğitim Performans Grafiği



Şekil 110: Yaratıcılık Ana Değişkenine İlişkin Korelasyon Grafikleri



Şekil 111: Yaratıcılık Ana Değişkenine Ait Tahmini Değer ile Gerçek Değerin Karşılaştırılması



Tablo 75'deki test setinin HKO ve R değerleri incelendiğinde, 19 nolu deneme olan iki gizli katmanlı, ilk gizli katmanda 30 nörona ve ikinci gizli katmanda da 20 nörona sahip ağ yapısının en iyi sonuç verdiği görülmektedir. Bu ağın eğitimine ilişkin performans grafiği aşağıdaki Şekil 109'da yer almaktadır.

Tahmini değerler ile gerçek değerler arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon grafikleri Şekil 110'da gösterilmektedir. Eğitim verilerinin korelasyon katsayısı 0,85; doğrulama setinin korelasyon katsayısı 0,87; test setinin korelasyon katsayısı 0,88 ve tüm verilerin korelasyon katsayısı 0,86 olarak bulunmuştur. Bu değerler, değişkenler arasında güçlü bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Tüm verilere ilişkin, YSA tarafından tahmin edilen değerler ile gerçek değerler Şekil 111'de yer almaktadır.

Ağ parametreleri optimize edilip en iyi ağ yapısı oluşturulduktan sonra yaratıcılık ana değişkenini etkileyen değişkenlerin önem derecelerini belirlemek için perturb yöntemi uygulanmıştır. Diğer değişkenler sabit tutularak herbir değişkenin değeri %20'si kadar arttırılarak ağın HKO üzerindeki değişimleri incelenmiştir. Tablo 76'da eğitim değişkeninin etkileyen değişkenlerin önem dereceleri yer almaktadır.

Tablo 76: Yaratıcılık Ana Değişkenini Etkileyen Değişkenlerin Önem Dereceleri

Değişkenler	HKO Değişim (%)	Normalize
D1 – Kurumlar	28,037	0,573
D2 – İnsan Kaynağı ve Araştırma	8,411	0,172
D3 – Altyapı	3,115	0,064
D4 – Pazar Gelişmişliği	0,623	0,013
D5 – İş Çevresi Gelişmişliği	4,673	0,096
D6 – Bilgi ve Teknoloji	4,050	0,083

Tablo 76 incelendiğinde, yaratıcılık ana değişkenini en fazla etkileyen değişkenlerin kurumlar, insan kaynağı ve araştırma, iş çevresi gelişmişliği değişkenleri olduğu, en az etkileyen değişkenlerin ise pazar gelişmişliği, altyapı, bilgi ve teknoloji olduğu anlaşılmaktadır.

4.3.3. Bulanık DANP ile Değişkenlerin Ağırlıklandırılması

YSA ile hem alt kriterler hem de ana kriterler arasındaki ilişkiler belirlendikten sonra bu ilişkiler Bulanık DANP yönteminde kullanılarak bulanık direkt ilişki matrisi elde edilmiştir. YSA modelleri kurulduktan sonra perturb yöntemiyle elde edilen her bir değişkeninin diğer tüm değişkenleri etkileme derecelerinden faydalanılmıştır. Bu etkileme dereceleri, ağırlık HKO üzerindeki yüzdesel değişimleridir. Bu YSA katsayıları, Bulanık DANP yönteminde kullanılan dilsel değişkenlere ve o dilsel değişkenlere karşılık gelen bulanık katsayılarla çevrilmiştir. Her bir alt kriteri etkileyen 20 alt kriter ve toplam da 21 tane alt kriter olduğundan alt kriterler için toplam $21 \times 20 = 420$ tane YSA katsayısı bulunmaktadır. Aynı şekilde herbir ana kriteri etkileyen 6 ana kriter ve toplamda 7 ana kriter olduğundan ana kriterler için $6 \times 7 = 42$ tane YSA katsayısı mevcuttur. Öncelikle alt kriterler için elde edilen 420 tane YSA katsayısı küçükten büyüğe doğru sıralanmıştır. Çünkü YSA katsayılarının değeri büyüdükçe değişkenleri etkileme dereceleri de artmaktadır. Daha sonra doğrusal olmayan normalizasyon yöntemlerinden biri olan sigmoid normalizasyon işlemi uygulanmıştır. Normalizasyon işleminden sonra tüm normalize edilen veriler toplanmış, herbir değer de bu toplam değere bölünerek verilerin toplamı “1” olacak şekilde düzenlenmiştir. Verilerin toplamının “1” olacak şekilde düzenlenmesinin nedeni, Bulanık DANP yönteminde de ilişkilerin derecelerinin 0 ile 1 arasında olmasındandır. Bulanık DANP yönteminde değişkenler arasındaki ilişkileri ölçen toplam beş seviye olduğundan veriler beş bölüme ayrılmıştır. Kümülatif toplamı 0,20’ye kadar olan veriler “etki yok”, 0,20 ile 0,40 arasında olan veriler “düşük derecede etkili”, 0,40 ile 0,60 arasında olan veriler “orta derecede etkili”, 0,60 ile 0,80 arasındaki veriler “yüksek derecede etkili”, 0,80 ile 1,00 arasındaki veriler de “çok yüksek derecede etkili” olarak gruplandırılmıştır. Alt kriterler için YSA katsayılarının Bulanık DANP katsayılarına dönüştürülme süreci EK-1’de yer almaktadır. YSA katsayılarının Bulanık DANP katsayılarına dönüştürme sürecinde uygulanan tüm aşamalar ana kriterler içinde aynı şekilde gerçekleştirilmiş olup, EK-2’de ana kriterler için dönüştürme tablosu yer almaktadır. Hem ana kriter hem de alt kriterler için YSA katsayılarının Bulanık DANP katsayılarına dönüştürme

sürecindeki, hangi aralıktaki YSA katsayılarının, hangi Bulanık DANP dilsel değişkeni ve bulanık katsayısını aldığını gösteren Tablo 77’de yer almaktadır.

Tablo 77: YSA-Bulanık DANP Dönüştürme Süreci

Değişkenler	YSA Katsayı Aralıkları	Bulanık DANP Katsayıları	Dilsel Değişkenler
Alt Kriterler	0-1,389	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
	1,429-2,339	(0.00,0.25,0.50)	Düşük Derecede Etki
	2,375-3,931	(0.25,0.50,0.75)	Orta Derecede Etki
	3,935-7,176	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
	7,306-51,086	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
Ana Kriterler	0-2,153	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
	2,623-4,545	(0.00,0.25,0.50)	Düşük Derecede Etki
	4,673-5,902	(0.25,0.50,0.75)	Orta Derecede Etki
	6,429-13,443	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
	15,217-28,037	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki

YSA katsayılarından faydalanılarak ilk aşamada hem alt kriterler hem de ana kriterler için bulanık direkt ilişki matrisi oluşturulmuş olup, EK-3’de alt kriterlere ait Tablo 78’de de ana kriterlere ait bulanık direkt ilişki matrisleri yer almaktadır.

Tablo 78: Ana Kriterlere İlişkin Bulanık Direkt İlişki Matrisi

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
D1	(0.00,0.00,0.00)	(0.75,1.00,1.00)	(0.00,0.00,0.25)	(0.50,0.75,1.00)	(0.00,0.00,0.25)	(0.75,1.00,1.00)	(0.75,1.00,1.00)
D2	(0.50,0.75,1.00)	(0.00,0.00,0.00)	(0.50,0.75,1.00)	(0.00,0.25,0.50)	(0.25,0.50,0.75)	(0.00,0.00,0.25)	(0.50,0.75,1.00)
D3	(0.50,0.75,1.00)	(0.00,0.00,0.25)	(0.00,0.00,0.00)	(0.75,1.00,1.00)	(0.75,1.00,1.00)	(0.00,0.25,0.50)	(0.00,0.25,0.50)
D4	(0.50,0.75,1.00)	(0.00,0.25,0.50)	(0.00,0.00,0.25)	(0.00,0.00,0.00)	(0.25,0.50,0.75)	(0.00,0.25,0.50)	(0.00,0.00,0.25)
D5	(0.75,1.00,1.00)	(0.25,0.50,0.75)	(0.00,0.25,0.50)	(0.25,0.50,0.75)	(0.00,0.00,0.00)	(0.00,0.00,0.25)	(0.25,0.50,0.75)
D6	(0.75,1.00,1.00)	(0.00,0.00,0.25)	(0.00,0.00,0.25)	(0.25,0.50,0.75)	(0.75,1.00,1.00)	(0.00,0.00,0.00)	(0.00,0.25,0.50)
D7	(0.25,0.50,0.75)	(0.50,0.75,1.00)	(0.00,0.00,0.25)	(0.00,0.25,0.50)	(0.25,0.50,0.75)	(0.50,0.75,1.00)	(0.00,0.00,0.00)

Alt kriterler için bulanık direkt ilişki matrisi oluşturulduktan sonra (118) ve (119) nolu formül kullanılarak EK-4’de yer alan bulanık normalize direkt ilişki matrisi oluşturulmuştur. Daha sonra bu matris yardımıyla (120) nolu formülden faydalanılarak bulanık toplam etki matrisi elde edilmiş olup, EK-5’de mevcuttur. Ayrıca EK-6’da bulanık toplam etki matrisinin durulaştırılmış hali yer almaktadır. Toplam etki matrisi incelendiğinde, $(r+c)$ değeri diğer değişkenlere göre yüksek olan

C5-Yükseköğretim, C3-İş Çevresi, C6-Araştırma & Geliştirme, C12-Ticaret & Rekabet, C1-Politik Çevre ve C2-Düzenleyici Çevre değişkenlerinin diğer değişkenler ile daha fazla ilişkili olduğu belirlenmiştir. ($r-c$) değerleri pozitif olan C1-Politik Çevre, C2-Düzenleyici Çevre, C6-Araştırma & Geliştirme, C7-Bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısı, C12-Ticaret & Rekabet, C16-Bilginin üretimi, C18-Bilginin yayılımı, C20-Yaratıcı mallar ve hizmetler ve C21-Çevrimiçi yaratıcılık değişkenlerinin etkileyen, C3-İş Çevresi, C4-Eğitim, C5-Yükseköğretim, C8-Genel altyapı, C9-Ekolojik sürdürülebilirlik, C10-Kredi, C11-Yatırım, C13-Bilgi işçileri, C14-İnovasyon bağlantıları, C15-Bilginin özümsemesi, C17-Bilginin etkisi ve C19-Maddi olmayan duran varlıklar değişkenlerinin de etkilenen değişkenler olduğu görülmektedir.

Ana kriterler için de aynı hesaplamalar yapılmış ve öncelikle (118) ve (119) nolu formülden faydalanılarak Tablo 79’da yer alan bulanık normalize direkt ilişki matrisi elde edilmiştir.

Tablo 79: Ana Kriterlere İlişkin Bulanık Normalize Direkt İlişki Matrisi

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
D1	(0.000,0.000,0.000)	(0.231,0.211,0.174)	(0.000,0.000,0.043)	(0.154,0.158,0.174)	(0.000,0.000,0.043)	(0.231,0.211,0.174)	(0.231,0.211,0.174)
D2	(0.154,0.158,0.174)	(0.000,0.000,0.000)	(0.154,0.158,0.174)	(0.000,0.053,0.087)	(0.077,0.105,0.130)	(0.000,0.000,0.043)	(0.154,0.158,0.174)
D3	(0.154,0.158,0.174)	(0.000,0.000,0.043)	(0.000,0.000,0.000)	(0.231,0.211,0.174)	(0.231,0.211,0.174)	(0.000,0.053,0.087)	(0.000,0.053,0.087)
D4	(0.154,0.158,0.174)	(0.000,0.053,0.087)	(0.000,0.000,0.043)	(0.000,0.000,0.000)	(0.077,0.105,0.130)	(0.000,0.053,0.087)	(0.000,0.000,0.043)
D5	(0.231,0.211,0.174)	(0.077,0.105,0.130)	(0.000,0.053,0.087)	(0.077,0.105,0.130)	(0.000,0.000,0.000)	(0.000,0.000,0.043)	(0.077,0.105,0.130)
D6	(0.231,0.211,0.174)	(0.000,0.000,0.043)	(0.000,0.000,0.043)	(0.077,0.105,0.130)	(0.231,0.211,0.174)	(0.000,0.000,0.000)	(0.000,0.053,0.087)
D7	(0.077,0.105,0.130)	(0.154,0.158,0.174)	(0.000,0.000,0.043)	(0.000,0.053,0.087)	(0.077,0.105,0.130)	(0.154,0.158,0.174)	(0.000,0.000,0.000)

Bulanık normalize direkt ilişki matrisi elde edildikten sonra da (120) nolu formül kullanılarak Tablo 80’de yer alan bulanık toplam etki matrisine ulaşılmıştır.

Tablo 80: Ana Kriterlere İlişkin Bulanık Toplam Etki Matrisi

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
D1	(0.244,0.269,0.376)	(0.354,0.362,0.425)	(0.055,0.067,0.219)	(0.243,0.310,0.449)	(0.165,0.196,0.339)	(0.342,0.345,0.405)	(0.354,0.367,0.431)
D2	(0.302,0.365,0.532)	(0.123,0.163,0.285)	(0.173,0.197,0.332)	(0.109,0.218,0.394)	(0.180,0.250,0.411)	(0.109,0.147,0.306)	(0.256,0.305,0.442)
D3	(0.321,0.378,0.505)	(0.115,0.166,0.305)	(0.018,0.044,0.160)	(0.314,0.354,0.443)	(0.298,0.335,0.421)	(0.092,0.186,0.319)	(0.115,0.206,0.344)
D4	(0.218,0.281,0.433)	(0.069,0.153,0.290)	(0.011,0.034,0.174)	(0.049,0.099,0.232)	(0.108,0.179,0.329)	(0.061,0.136,0.270)	(0.069,0.111,0.261)
D5	(0.345,0.388,0.492)	(0.192,0.253,0.372)	(0.029,0.099,0.241)	(0.151,0.242,0.393)	(0.073,0.129,0.261)	(0.109,0.140,0.277)	(0.192,0.253,0.377)
D6	(0.383,0.395,0.468)	(0.131,0.161,0.282)	(0.020,0.042,0.186)	(0.172,0.242,0.376)	(0.294,0.310,0.391)	(0.109,0.130,0.215)	(0.131,0.203,0.320)
D7	(0.228,0.309,0.477)	(0.235,0.282,0.415)	(0.036,0.057,0.216)	(0.073,0.189,0.370)	(0.168,0.237,0.395)	(0.222,0.260,0.391)	(0.102,0.151,0.275)

Ana kriterlere ilişkin bulanık toplam etki matrisinin durulaştırılmış hali ve ana değişkenlere ait satır toplamı ($\tilde{r}$) ve sütun toplamı ($\tilde{c}$) toplamaları ve farkları Tablo 81’de yer almaktadır.

Tablo 81: Ana Kriterlere İlişkin Etkileyen ve Etkilenen Değişkenler

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	$r+c$	$r-c$
D1	0,296	0,380	0,114	0,334	0,233	0,364	0,384	4,675	-0,464
D2	0,400	0,190	0,234	0,240	0,280	0,187	0,334	3,577	0,155
D3	0,402	0,195	0,074	0,370	0,352	0,199	0,221	2,616	1,009
D4	0,311	0,171	0,073	0,126	0,205	0,156	0,147	2,995	-0,617
D5	0,408	0,272	0,123	0,262	0,154	0,175	0,274	3,492	-0,154
D6	0,415	0,191	0,083	0,263	0,332	0,151	0,218	3,177	0,130
D7	0,338	0,311	0,103	0,211	0,267	0,291	0,176	3,451	-0,059

Toplam etki matrisi incelendiğinde, ($r+c$) değeri diğer değişkenlere göre yüksek olan D1-Kurumlar, D2-İnsan Kaynağı ve Araştırma, D5-İş Çevresi Gelişmişliği ve D7-Yaratıcılık değişkenlerinin diğer değişkenler ile daha fazla ilişkili olduğu belirlenmiştir. ($r-c$) değerleri pozitif olan D2-İnsan Kaynağı ve Araştırma, D3-Altyapı ve D6-Bilgi ve Teknoloji değişkenleri etkileyen, D1-Kurumlar, D4-Pazar Gelişmişliği, D5-İş Çevresi Gelişmişliği ve D7-Yaratıcılık değişkenleri etkilenen değişkenler olduğu görülmektedir.

Ana kriterler için toplam etki matrisinin satırları toplanmış ve her bir hücre bu satır toplamına bölünerek satır toplamları “1” olacak şekilde düzenlenmiştir. Daha sonra matrisin transpozesi alınarak başlangıç süpermatris elde edilmiş olup, Tablo 82’de yer almaktadır. Bu matrisin belirli bir oranda üssü alınarak limit süpermatris oluşturulmuş ve Tablo 83’de yer almaktadır.

Tablo 82: Ana Kriterlere İlişkin Başlangıç Süpermatris

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
D1	0,141	0,214	0,222	0,261	0,244	0,251	0,199
D2	0,181	0,102	0,108	0,144	0,163	0,116	0,183
D3	0,054	0,125	0,041	0,061	0,074	0,050	0,061
D4	0,159	0,129	0,204	0,106	0,157	0,159	0,124
D5	0,111	0,150	0,194	0,173	0,092	0,201	0,157
D6	0,173	0,100	0,110	0,131	0,105	0,091	0,172
D7	0,182	0,179	0,122	0,124	0,164	0,132	0,104

Tablo 83: Ana Kriterlere İlişkin Limit Süpermatris

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
D1	0,213	0,213	0,213	0,213	0,213	0,213	0,213
D2	0,148	0,148	0,148	0,148	0,148	0,148	0,148
D3	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068
D4	0,144	0,144	0,144	0,144	0,144	0,144	0,144
D5	0,147	0,147	0,147	0,147	0,147	0,147	0,147
D6	0,131	0,131	0,131	0,131	0,131	0,131	0,131
D7	0,148	0,148	0,148	0,148	0,148	0,148	0,148

Tablo 83 incelendiğinde, en önemli ana kriterin D1-Kurumlar olduğu, D2-İnsan Kaynağı ve Araştırma, D4-Pazar Gelişmişliği, D5-İş Çevresi Gelişmişliği, D6-Bilgi ve Teknoloji ve D7-Yaratıcılık değişkenlerinin ağırlıklarının yaklaşık aynı olduğu, D3-Altyapı değişkeninin ise en az öneme sahip olduğu görülmektedir.

Ana kriterler için yapılan hesaplamaların aynısı alt kriterler için de yapılmıştır. Öncelikle toplam etki matrisinin satırları her bir ana kriter dikkate alınarak normalize edilmiş, transpozesi alınarak bulanık başlangıç süpermatris elde edilmiş ve EK-7’de yer almaktadır. Daha sonra bulanık başlangıç süpermatris ile Tablo 82’de yer alan ana kriterlere ilişkin başlangıç süpermatrisin ilgili hücreleri birbirleriyle çarpılarak EK-8’de yer alan bulanık ağırlıklandırılmış süpermatris oluşturulmuştur. Son olarak da bulanık ağırlıklandırılmış süpermatrisin belirli bir oranda üssü alınarak bulanık limit süpermatris elde edilmiş ve EK-9’da yer almaktadır. Tablo 84’de ise hem ana hem de alt kriterlerin önem dereceleri görülmektedir.

Tablo 84: Kriterlerin Önem Dereceleri

Ana Kriterler	Ana Kriterlerin Ağırlıkları	Alt Kriterler	Lokal Ağırlıklar	Global Ağırlıklar
D1 - Kurumlar	0,213	C1 - Politik Çevre	0,286	0,061
		C2 - Düzenleyici Çevre	0,286	0,061
		C3 - İş Çevresi	0,428	0,091
D2 - İnsan Kaynağı ve Araştırma	0,148	C4 - Eğitim	0,229	0,034
		C5 - Yükseköğretim	0,507	0,075
		C6 - Araştırma & Geliştirme	0,264	0,039
D3 - Altyapı	0,068	C7 - Bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısı	0,220	0,015
		C8 - Genel altyapı	0,456	0,031
		C9 - Ekolojik sürdürülebilirlik	0,324	0,022
D4 - Pazar Gelişmişliği	0,144	C10 - Kredi	0,333	0,048
		C11 - Yatırım	0,361	0,052
		C12 - Ticaret & Rekabet	0,306	0,044
D5 - İş Çevresi Gelişmişliği	0,147	C13 - Bilgi işçileri	0,353	0,052
		C14 - İnovasyon bağlantıları	0,294	0,043
		C15 - Bilginin özümsemesi	0,353	0,052
D6 - Bilgi ve Teknoloji	0,131	C16 - Bilginin üretimi	0,345	0,045
		C17 - Bilginin etkisi	0,378	0,049
		C18 - Bilginin yayılımı	0,277	0,036
D7 - Yaratıcılık	0,148	C19 - Maddi olmayan duran varlıkları	0,331	0,049
		C20 - Yaratıcı mallar ve hizmetler	0,364	0,054
		C21 - Çevrimiçi yaratıcılık	0,305	0,045

Tablo 84 incelendiğinde, en önemli değişkenlerin C3-İş Çevresi, C5-Yükseköğretim, C1-Politik Çevre, C2-Düzenleyici Çevre ve C20-Yaratıcı mallar ve hizmetler değişkenleri olduğu, en az öneme sahip değişkenlerin ise C7-Bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısı, C9-Ekolojik sürdürülebilirlik, C8-Genel altyapı, C4-Eğitim ve C18-Bilginin yayılımı değişkenleri olduğu belirlenmiştir. Ana kriterler değerlendirildiğinde, D1-Kurumlar ana kriterinin en önemli ana kriter, D3-Altyapı ana kriterinin ise en az öneme sahip olduğu görülmektedir. D1-Kurumlar kümesindeki en önemli kriterin C3-İş Çevresi kriteri olduğu, D2-İnsan Kaynağı ve Araştırma kümesindeki en önemli kriterin C5-Yükseköğretim kriteri olduğu, D3-Altyapı kümesindeki en önemli kriterin C8-Genel altyapı kriteri olduğu, D4-Pazar Gelişmişliği kümesindeki en önemli kriterin C11-Yatırım kriteri olduğu, D5-İş Çevresi Gelişmişliği kümesindeki en önemli kriterin C13-Bilgi işçileri ve C15-Bilginin özümsemesi olduğu, D6-Bilgi ve Teknoloji kümesindeki en önemli kriterin C17-Bilginin etkisi olduğu ve D7-Yaratıcılık kümesindeki en önemli kriterin C20-Yaratıcı mallar ve hizmetler olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

4.3.4. Ağırlık Kısıtlı Veri Zarflama Analizi ile İnovasyon Performansının Ölçülmesi

YSA ile değişkenler arasındaki ilişkiler belirlenip daha sonra Bulanık DANP yönteminde bu ilişkiler kullanılarak tüm değişkenlerin ağırlıkları bulunmuştur. Bu bulanık ağırlıklar VZA'da ağırlık kısıtı olarak kullanılarak 15 adet girdi ve 6 adet çıktı değişkeni dikkate alınarak her yıl 104 ülkenin 2012, 2013, 2014 ve 2015 yıllarındaki inovasyon performansları ölçülmüştür. EK-10, EK-11, EK-12 ve EK-13'de 2012-2015 yılları arasındaki girdi ve çıktı değişkenlerine ilişkin veriler yer almaktadır.

Endeks çalışmalarında genellikle her bir veri diğer veriler dikkate alınarak normalize edilmektedir. Küresel İnovasyon Endeksi çalışmasında da veriler normalize edildiğinden, bir ülkenin herhangi bir kriterine ilişkin değerinin artması o ülkenin o kriter çerçevesinde diğer ülkelere göre daha iyi olduğunu göstermektedir. Veriler herhangi bir düzenleme yapılmadan analize başlandığında VZA'nın temel mantığı olan çıktı/girdi oranı dikkate alınarak yapılan hesaplamalarda girdi değeri yüksek olan ülkelerin etkinlik değerleri düşük, girdi değeri düşük olan ülkelerin ise etkinlik değerleri yüksek çıkmakta bu da tutarsız sonuçlara yol açmaktadır. Bu dezavantajı gidermek için girdi değişkenlerine ilişkin verilerin çarpmaya göre tersi alınarak (1/x) analizlere başlanmıştır.

Ülkelerin inovasyon performansının ölçülmesinde klasik VZA modellerinden CCR modeli ile süperetkinlik (Reduced CCR) modeli ile analiz yapılmıştır. Ayrıca Bulanık DANP ile elde edilen ağırlıklardan faydalanarak oluşturulan Güven Bölgesi (AR) kısıtları hem CCR hem de süperetkinlik (RCCR) modeline eklenerek analizler yapılmıştır. VZA ile ilgili tüm analizler EMS (Efficiency Measurement System) programından faydalanılarak gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan Güven Bölgesi (AR) kısıtları programa matris şeklinde tanıtıldığından dolayı kısıtlara ilişkin matris oluşturulmuş olup, söz konusu matris EK-14'de yer almaktadır. Güven Bölgesi (ARI) modelinde girdiler kendi arasında çıktılar da kendi arasında ilişkilendirilip kısıtlar belirlendiğinden dolayı, öncelikle girdi ve çıktılar kendi aralarında ağırlık toplamaları "1" olacak şekilde normalize edildikten sonra Tablo 85'de yer alan alt ve üst limitler elde edilmiştir.

Tablo 85: Ağırlık Kısıtlarında Kullanılan Alt ve Üst Limitler

Değişkenler	Alt Kriterler	Alt Limit	Üst Limit
Girdi Değişkenleri	C1 - Politik Çevre	0,090	0,095
	C2 - Düzenleyici Çevre	0,080	0,104
	C3 - İş Çevresi	0,127	0,151
	C4 - Eğitim	0,043	0,061
	C5 - Yükseköğretim	0,096	0,135
	C6 - Araştırma & Geliştirme	0,049	0,067
	C7 - Bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısı	0,020	0,029
	C8 - Genel altyapı	0,041	0,052
	C9 - Ekolojik sürdürülebilirlik	0,032	0,034
	C10 - Kredi	0,072	0,076
	C11 - Yatırım	0,075	0,086
	C12 - Ticaret & Rekabet	0,060	0,073
	C13 - Bilgi işçileri	0,076	0,083
	C14 - İnovasyon bağlantıları	0,061	0,070
	C15 - Bilginin özümsemesi	0,078	0,081
Çıktı Değişkenleri	C16 - Bilginin üretimi	0,164	0,175
	C17 - Bilginin etkisi	0,182	0,186
	C18 - Bilginin yayılımı	0,126	0,145
	C19 - Maddi olmayan duran varlıkları	0,178	0,193
	C20 - Yaratıcı mallar ve hizmetler	0,193	0,204
	C21 - Çevrimiçi yaratıcılık	0,156	0,178

4.3.5. Araştırma Bulguları

Çalışma kapsamında dikkate alınan 104 ülkenin CCR, süperetkinlik (RCCR), ağırlık kısıtlı VZA (CCR/AR) ve ağırlık kısıtlı süperetkinlik (RCCR/AR) modelleri ile 2012, 2013, 2014 ve 2015 yıllarına ait ölçülen inovasyon etkinlik değerleri EK-15’de yer almaktadır. EK-15’de yer alan Tablo incelendiğinde; CCR modeline göre 2012 yılında 26, 2013 ve 2014 yılında 24, 2015 yılında ise 21 ülkenin etkin olduğu görülmektedir. Süperetkinlik modeline göre, en yüksek üç etkinlik değerine sahip ülkelerin 2012 yılında Singapur, İsviçre ve Hong Kong; 2013 yılında İsviçre, Hong Kong ve Lüksemburg; 2014 yılında Birleşik Arap Emirlikleri, Singapur ve Çin ve 2015 yılında da İsviçre, Çin ve Singapur olduğu sonucuna ulaşılmıştır. CCR modeline göre dört yılda da etkin olan ülkelerin Çin, Danimarka, Finlandiya, Hong Kong, İzlanda, İrlanda, Kore, Lüksemburg, Hollanda, Norveç, Singapur, İsveç, İsviçre, Birleşik Arap Emirlikleri, İngiltere ve Amerika olduğu anlaşılmaktadır. Ağırlık kısıtlı VZA modeline göre, 2012, 2013, 2014 ve 2015 yıllarında sadece 1 ülkenin etkin olduğu ve o ülkenin de İsviçre olduğu görülmektedir. Ağırlık

kısıtlarının CCR modeline eklenmesiyle birlikte tüm ülkelerin etkinlik değerlerinin düştüğü gözlemlenmiştir. Aşağıda yer alan Tablo 86’da etkinlik değerlerine ilişkin tanımlayıcı istatistiksel analizler mevcuttur.

Tablo 86: Etkinlik Değerlerine İlişkin Tanımlayıcı İstatistiksel Analizler

VZA Modelleri	Tanımlayıcı İstatistikler	2012	2013	2014	2015
CCR	Maksimum	1,000	1,000	1,000	1,000
	Minimum	0,296	0,328	0,387	0,337
	Ortalama	0,721	0,744	0,774	0,747
	Etkin Olan KVB	26	24	24	21
	Etkin Olmayan KVB	78	80	80	83
	Etkin Olmayan KVB'lerin Ort.	0,629	0,668	0,707	0,683
RCCR	Maksimum	1,783	1,586	1,747	1,620
	Minimum	0,296	0,328	0,387	0,337
	Ortalama	0,777	0,797	0,832	0,792
	Etkin Olan KVB	26	24	24	21
	Etkin Olmayan KVB	78	80	80	83
	Etkin Olmayan KVB'lerin Ort.	0,629	0,668	0,707	0,683
CCR/AR	Maksimum	1,000	1,000	1,000	1,000
	Minimum	0,014	0,018	0,024	0,018
	Ortalama	0,324	0,325	0,350	0,309
	Etkin Olan KVB	1	1	1	1
	Etkin Olmayan KVB	103	103	103	103
	Etkin Olmayan KVB'lerin Ort.	0,318	0,319	0,344	0,302
RCCR/AR	Maksimum	1,135	1,189	1,086	1,202
	Minimum	0,014	0,018	0,024	0,018
	Ortalama	0,326	0,327	0,351	0,311
	Etkin Olan KVB	1	1	1	1
	Etkin Olmayan KVB	103	103	103	103
	Etkin Olmayan KVB'lerin Ort.	0,318	0,319	0,344	0,302

Tablo 86 incelendiğinde, CCR modeline göre ortalama etkinlik değeri 2012 yılında 0,721; 2013 yılında 0,744; 2014 yılında 0,774 ve 2015 yılında 0,747 olduğu belirlenmiştir. Ağırlık kısıtlı VZA (CCR/AR) modeline göre, etkinlik ortalamaları 2012 yılında 0,324; 2013 yılında 0,325; 2014 yılında 0,350 ve 2015 yılında ise 0,309 olarak gözlemlenmektedir. Ayrıca ağırlık kısıtlı VZA modelinde etkin olan KVB’lerin sayısının ciddi şekilde düştüğü ve AR modelinin etkin olan KVB’leri daha iyi ayırttığı görülmektedir.

4.3.5.1. Araştırma Sonuçlarının Küresel İnovasyon Endeksi Sonuçları ile Karşılaştırılması

104 ülkenin etkinlik değerleri bulunduktan sonra hem süperetkinlik modeline göre hem de ağırlık kısıtlı süperetkinlik modeline göre ülkelerin etkinlik değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanmış ve Küresel İnovasyon Endeksi (GII) sonuçları ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. EK-16'da RCCR, RCCR/AR ve GII sonuçlarına göre ülkelerin sıralamaları yer almaktadır. EK-16'da yer alan tablo incelendiğinde, GII raporuna göre 2012 yılında inovasyon konusunda performansı yüksek ilk 3 ülke Singapur, İsviçre ve İsveç iken, RCCR modeline göre Singapur, İsviçre ve Hong Kong ve RCCR/AR modeline göre İsviçre, İsveç ve Singapur olmuştur. 2013 yılı dikkate alındığında GII raporuna göre İsviçre, Singapur ve Hong Kong; RCCR modeline göre İsviçre, Hong Kong ve Lüksemburg ve RCCR/AR modeline göre İsviçre, İsveç ve İngiltere performansı en yüksek ilk 3 ülke olmuştur. 2014 yılında GII raporuna göre ilk üç sıradaki ülkeler İsviçre, Singapur ve İngiltere iken RCCR modeline Birleşik Arap Emirlikleri, Singapur ve Çin ve RCCR/AR modeline göre İsviçre, İngiltere ve İsveç olmuştur. GII raporuna göre 2015 yılında ilk üç ülkenin İsviçre, Singapur ve İngiltere iken RCCR modeline göre İsviçre, Çin ve Singapur ve de RCCR/AR modeline göre İsviçre, İngiltere ve İsveç olduğu görülmektedir.

Tablo 87: RCCR/AR Modeli ile GII Raporu Sonuçlarının Karşılaştırılması

Değişkenler	Sıralar	Sayı	Ortalama Sıra	Sıralar Toplamı	Z	p
RCCR/AR – GII RCCR-GII	Negatif Sıralar	104	52,5	5460	-8,853	0,000*
	Pozitif Sıralar	0	0	0		
	Eşit	0				

(Tüm yıllara ait sonuçlar aynı) (*0,05 düzeyinde anlamlı)

Ayrıca RCCR ve RCCR/AR modelleri ile GII raporu sonuçlarının birbirlerinden farklı olup olmadığını belirlemek için istatistiksel analizler yapılmıştır. VZA modelleri ile GII raporlarının sonuçları farklı ölçeklerde olduğundan sıra ilişkilerini ele alan parametrik olmayan testlerden Wilcoxon işaret sıra testi yapılmış olup, sonuçlar Tablo 87'de yer almaktadır. RCCR/AR modeli ile GII raporu sonuçları arasında farklılık olup olmadığı tüm yıllarda test edilmiş ve tüm yıllarda

sonuçların (Z ve p değerleri) aynı olduğuna ulaşılmıştır. Ayrıca RCCR modeli ile GII raporu sonuçları arasında farklılık olup olmadığı da test edilmiş olup, sonuçlar (Z ve p değerleri) RCCR/AR modeli ile aynı çıktığından yukarıda yer alan Tablo'da bir bütün olarak gösterilmektedir. Analiz sonuçlarına göre, çalışma kapsamında oluşturulan ağırlık kısıtlı model ve klasik VZA modeli ile GII raporu sonuçlarının birbirinden farklı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yani, GII raporunda kullanılan kriter ağırlıkları eşit alınarak yapılan basit bir analiz yöntemi yerine, ağırlıkların farklı olarak probleme dahil edilmesi ve VZA modellerinin kullanılması ile farklı sonuçların elde edilebileceği görülmektedir.

4.3.5.2. Yıllara Göre İnovasyon Performansının Karşılaştırılması

CCR ve CCR/AR modeline göre elde edilen inovasyon performansının yıllara göre değişip değişmediğini analiz etmek için eşleştirilmiş t testi yapılmış olup, sonuçlar Tablo 88'de gösterilmektedir.

Tablo 88: CCR ve CCR/AR Modellerinin Yıllara Göre Karşılaştırılması

Değişkenler		Ortalama	Sayı	t	p
CCR2012-CCR2013	CCR2012	0,722	104	-1,916	0,058
	CCR2013	0,745	104		
CCR2013-CCR2014	CCR2013	0,745	104	-2,817	0,006*
	CCR2014	0,775	104		
CCR2014-CCR2015	CCR2014	0,775	104	3,100	0,002*
	CCR2015	0,747	104		
CCR/AR2012-CCR/AR2013	CCR/AR2012	0,325	104	-0,136	0,892
	CCR/AR2013	0,326	104		
CCR/AR2013-CCR/AR2014	CCR/AR2013	0,326	104	-7,840	0,000*
	CCR/AR2014	0,351	104		
CCR/AR2014-CCR/AR2015	CCR/AR2014	0,351	104	12,889	0,000*
	CCR/AR2015	0,309	104		

(*0,05 düzeyinde anlamlı)

Tablo 88 incelendiğinde, CCR modeline göre 2012 ve 2013 yılları sonuçları arasında farklılığın olmadığı, 2013 ile 2014 ve 2014 ile 2015 yılları sonuçlarının birbirinden farklı olduğu gözlemlenmektedir. 2014 yılında inovasyon performansının 2013 yılına göre arttığı, 2015 yılında ise 2014 yılına göre inovasyon performansının

azaldığı görülmektedir. Benzer şekilde CCR/AR modeline göre de 2012 ve 2013 sonuçlarının birbirinden farklı olmadığı, 2014 yılında 2013 yılına göre inovasyon performansının arttığı, 2015 yılında da 2014 yılına göre inovasyon performansının azaldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Bununla birlikte klasik VZA ile ağırlık kısıtlı VZA modelleri arasında farklılık olup olmadığı test edilmiş olup, sonuçlar Tablo 89’da yer almaktadır.

Tablo 89: CCR ve CCR/AR Modellerinin Karşılaştırılması

Değişkenler		Ortalama	Sayı	<i>t</i>	<i>p</i>
CCR2012-CCR/AR2012	CCR2012	0,722	104	27,181	0,000*
	CCR/AR2012	0,325	104		
CCR2013-CCR/AR2013	CCR2013	0,745	104	29,423	0,000*
	CCR/AR2013	0,326	104		
CCR2014-CCR/AR2014	CCR2014	0,775	104	25,251	0,000*
	CCR/AR2014	0,351	104		
CCR2015-CCR/AR2015	CCR2015	0,747	104	31,015	0,000*
	CCR/AR2015	0,309	104		

(*0,05 düzeyinde anlamlı)

Tablo 89 incelendiğinde, tüm yıllarda CCR ve CCR/AR modeli sonuçlarının birbirinden farklılık gösterdiği ve ağırlık kısıtlarının eklenmesiyle farklı sonuçlara ulaşılabilceği görülmektedir. Ayrıca CCR/AR modeli ile ülkelerin etkinlik dereceleri CCR modeline göre düşüş göstermektedir.

4.3.5.3. Bölgelere Göre Ülkelerin İnovasyon Performansının Karşılaştırılması

Ülkelerin inovasyon performanslarının bulundukları bölgelere göre değişiklik gösterip göstermediğini analiz etmek için tek yönlü varyans analizi (one-way ANOVA) testi yapılmıştır. Hem CCR hem de CCR/AR modeline göre tüm yılların ortalaması alınarak analizler gerçekleştirilmiş olup, sonuçlar Tablo 90’da yer almaktadır. Tablo incelendiğinde; Levene testi sonuçlarına göre varyansların eşit olmadığı anlaşılmaktadır. ANOVA testinin ön koşulunun sağlanamaması nedeniyle bu testin alternatifi olan Welch ve Brown-Forsythe testleri uygulanmıştır. Bu test

sonuçlarına göre bölgelere göre inovasyon etkinlik değerlerinin farklılaştığı gözlemlenmektedir.

Tablo 90: ANOVA ve Robust Testi Sonuçları

Değişkenler	Bölgeler	Sayı	Ortalama	Levene İstatistiği	<i>p</i>	Robust Testler	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
CCRORT	Avrupa	45	0,820	3,713	0,014*			11,047	0,000*
	Afrika	18	0,579			Welch	0,000*		
	Amerika	18	0,669						
	Asya	23	0,799			Brown-Forsythe	0,000*		
CCRARORT	Avrupa	45	0,451	10,808	0,000*			15,289	0,000*
	Afrika	18	0,103			Welch	0,000*		
	Amerika	18	0,196						
	Asya	23	0,366			Brown-Forsythe	0,000*		

(*0,05 düzeyinde anlamlı)

Hangi bölgeler arasında farklılık olup olmadığını test etmek için de Post Hoc testlerinden varyansların eşit olmadığı durumlarda kullanılan Tamhane testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 91’de yer almaktadır.

Tablo 91: Tamhane Testi Sonuçları

Değişkenler	Bölgeler	Ortalamalar Arası Fark	<i>p</i>
CCRORT	Avrupa	Afrika	0,240 0,000*
		Amerika	0,150 0,003*
		Asya	0,021 0,999
	Afrika	Avrupa	-0,240 0,000*
		Amerika	-0,090 0,219
		Asya	-0,220 0,001*
	Amerika	Avrupa	-0,150 0,003*
		Afrika	0,090 0,219
		Asya	-0,130 0,104
CCRARORT	Avrupa	Africa	0,348 0,000*
		Amerika	0,254 0,000*
		Asya	0,085 0,669
	Afrika	Avrupa	-0,348 0,000*
		Amerika	-0,093 0,208
		Asya	-0,263 0,000*
	Amerika	Avrupa	-0,254 0,000*
		Afrika	0,093 0,208
		Asya	-0,170 0,061

(*0,05 düzeyinde anlamlı)

Tablo 91 incelendiğinde, CCR ve CCR/AR modellerine göre Avrupa ile Asya arasında herhangi bir farklılık bulunmazken, Avrupa'nın inovasyon performansı hem Afrika'dan hem de Amerika'dan daha yüksektir. Asya'nın da inovasyon performansının Afrika'dan daha iyi olduğu görülmektedir.

4.3.5.4. Gelir Sınıfına Göre Ülkelerin İnovasyon Performansının Karşılaştırılması

Ülkelerin Dünya Bankası tarafından yapılan sınıflandırmada bulundukları gelir sınıfına göre inovasyon performanslarının değişip değişmediğini analiz etmek için tek yönlü varyans analizi yapılmış olup, sonuçlar Tablo 92'de yer almaktadır.

Tablo 92: ANOVA Testi Sonuçları

Değişkenler	Gelir Sınıfı	Sayı	Mean	Levene İstatistiği	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
CCRORT	Yüksek	39	0,925	1,081	0,361	50,413	0,000*
	Orta-Yüksek	32	0,696				
	Düşük-Orta	21	0,620				
	Düşük	12	0,529				
CCRARORT	Yüksek	39	0,572	18,786	0,000*	63,445	0,000*
	Orta-Yüksek	32	0,248	Robust Testleri	<i>p</i>		
	Düşük-Orta	21	0,138	Welch	0,000*		
	Düşük	12	0,078	Brown-Forsythe	0,000*		

(*0,05 düzeyinde anlamlı)

Tablo 92 incelendiğinde, Levene testi sonuçlarına göre CCR modelinde varyansların eşit olduğu, CCR/AR modelinde ise varyansların eşit olmadığı görülmektedir. CCR/AR modeli için Welch ve Brown-Forsythe testleri uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre hem CCR hem de CCR/AR modeli için inovasyon etkinlik değerlerinin gelir sınıfına göre değiştiği anlaşılmaktadır. Hangi gelir sınıfları arasında farklılık olup olmadığını test etmek için Post Hoc testlerinden CCR modeli için varyanslar eşit olduğundan Bonferroni, CCR/AR modeli için de varyansları eşit olmadığından Tamhane testi yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 93'de gösterilmektedir.

CCR modeline göre yüksek gelir sınıfındaki ülkeler, daha alt gelir grubuna sahip ülkelere nazaran daha iyi performans göstermektedirler. Orta-yüksek gelir

sınıftaki ülkelerin, düşük gelir sınıfındaki ülkelere daha iyi performansı olduğu, düşük-orta ve orta-yüksek gelir sınıfındaki ülkeler arasında herhangi bir farklılığın olmadığı görülmektedir. CCR/AR modeline göre, yüksek gelir sınıfındaki ülkelerin orta-yüksek, orta-yüksek gelir sınıfındaki ülkelerin orta-düşük ve orta-düşük gelir sınıfındaki ülkelerin ise düşük gelir sınıfındaki ülkelere daha iyi inovasyon performansı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 93: Bonferroni ve Tamhane Testi Sonuçları

Değişkenler	Gelir Sınıfı		Ortalamalar Arası Fark	p
CCRORT Bonferroni	Yüksek	Orta-Yüksek	0,228	0,000*
		Düşük-Orta	0,304	0,000*
		Düşük	0,396	0,000*
	Orta-Yüksek	Yüksek	-0,228	0,000*
		Düşük-Orta	0,076	0,169
		Düşük	0,168	0,001*
	Düşük-Orta	Yüksek	-0,304	0,000*
		Orta-Yüksek	-0,076	0,169
		Düşük	0,092	0,234
CCRARORT Tamhane	Yüksek	Orta-Yüksek	0,324	0,000*
		Düşük-Orta	0,434	0,000*
		Düşük	0,494	0,000*
	Orta-Yüksek	Yüksek	-0,324	0,000*
		Düşük-Orta	0,110	0,000*
		Düşük	0,170	0,000*
	Düşük-Orta	Yüksek	-0,434	0,000*
		Orta-Yüksek	-0,110	0,000*
		Düşük	0,059	0,009*

(*0,05 düzeyinde anlamlı)

4.3.5.5. Girişimcilik Endeksine Göre Ülkelerin İnovasyon Performansının Karşılaştırılması

Ülkelerin inovasyon ve girişimcilik performansı arasındaki ilişkileri inceleyebilmek için ülkelerin girişimcilik endekslerini ölçen “Küresel Girişimcilik Endeksi (Global Entrepreneurship Index)” raporlarından faydalanılmıştır. Küresel İnovasyon Endeksi kapsamında analize dahil edilen Belarus, Moğolistan ve Yeni Zellanda Küresel Girişimcilik Endeksi raporlarında yer almadığından dolayı bu üç

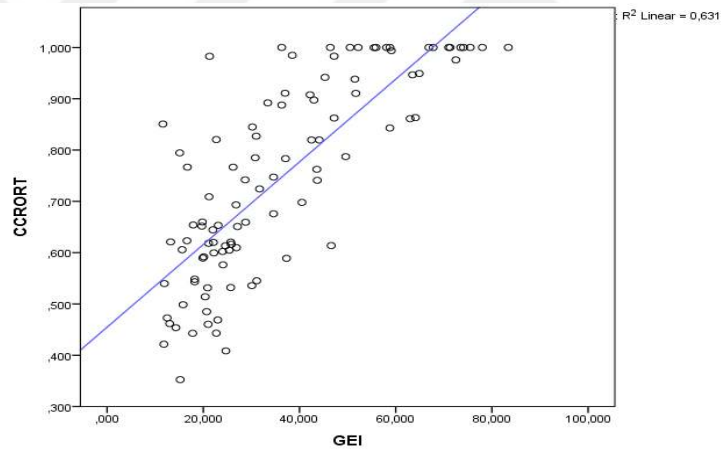
ülke analiz dışı bırakılarak inovasyon ve girişimcilik arasındaki korelasyon incelenmiş ve sonuçlar Tablo 94 ve Şekil 112 ve Şekil 113’de yer almaktadır.

Tablo 94: Korelasyon Analizi Sonuçları

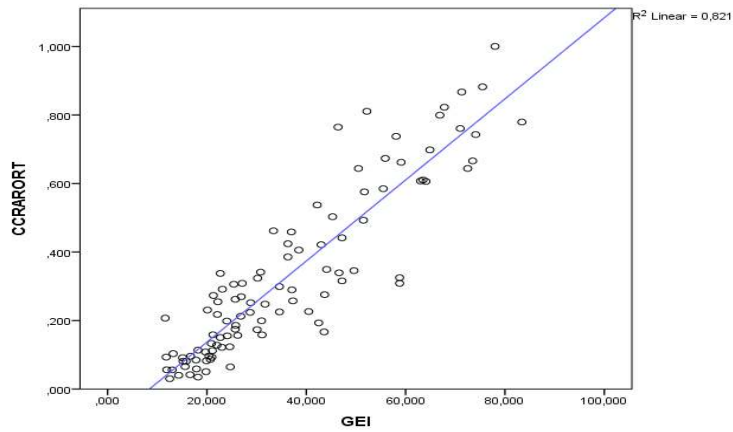
		GEI
CCRORT	Korelasyon Katsayısı	,794**
	<i>p</i>	0,000
	<i>N</i>	101
CCRARORT	Korelasyon Katsayısı	,906**
	<i>p</i>	0,000
	<i>N</i>	101

(**0,01 düzeyinde anlamlı)

Şekil 112: CCR ile GEI Arasındaki İlişki Grafiği



Şekil 113: CCR/AR ile GEI Arasındaki İlişki Grafiği



Yukarıda yer alan Tablo 94 ve Şekil 111 ve Şekil 112’den görüleceği üzere, hem CCR hem de CCR/AR modeli ile GEI arasında güçlü, pozitif ve anlamlı bir ilişki mevcuttur. Girişimcilik endeksi yüksek olan ülkelerin inovasyon performanslarının da yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. İnovasyon, girişimciliğin en önemli kaynağıdır. Girişimcilik ise, inovatif faaliyetlerin ticarileştirilmesi için bir zorunluluktur. Bu nedenle girişimcilik ve inovasyon birbiriyle yüksek derecede ilişkilidir ve istatistiksel sonuçlarda bunu desteklemektedir.



SONUÇ

Teknolojik, sosyal ve çevresel değişimlerin hızı ile birlikte gün geçtikçe işletmelerde olduğu gibi ülkeler arasındaki rekabet ortamı da sertleşmekte ve ülkeler diğer ülkelere göre ekonomik anlamda hep üstün olmak istemektedirler. Sürdürülebilir bir büyüme elde etmek, toplumsal refahı yükseltmek ve insanların yaşam kalitesini arttırmak isteyen her ülke inovasyonu bir kalkınma aracı olarak kullanmak zorundadır. Son yıllarda ülkelerin gelişmişlik düzeylerinde kullanılan en önemli kriterler olarak Ar-Ge, inovasyon, teknoloji, bilimsel yayınlar, patent gibi konular ön plana çıkmaktadır. Her ülke gelişmiş ülkelere teknoloji transferi yaparak üretmek yerine kendi teknolojisini üreterek, teknolojilerini diğer ülkelere satarak ve inovatif ürünler üreterek büyümek istemektedirler. Bu nedenle tüm ülkeler bütçelerinden ciddi payları Ar-Ge ve inovasyon faaliyetlerine ayırmaya başlamışlar ve her geçen gün bu payları arttırmaya devam etmektedirler. Ayrılan bu kaynakların amacına ulaşacak şekilde kullanılıp kullanılmadığının tespit edilebilmesi, ülkelerin diğer ülkeler karşısındaki durumlarını net bir şekilde görebilmesi, ülkelerin güçlü ve zayıf noktalarının belirlenebilmesi için sürekli olarak inovasyon performanslarının ölçülmesi önemli bir konudur. Performans ölçümü sonucunda ülkeler diğer ülkeler arasındaki sıralamasını görebilmekte ve zayıf noktalarına yönelik gerekli tedbirleri alarak iyileştirebilmektedir.

Performans ölçümünde yaygın olarak kullanılan ve birçok uygulamada kendisini kanıtlamış yöntemlerden biri olan VZA, birçok girdi ve çıktı değişkenlerini dikkate alarak KVB'lerin etkinliklerini ölçen parametrik olmayan doğrusal programlama tabanlı bir yöntemdir. Kamu, eğitim, sağlık, bankacılık, imalat vb. birçok sektörde olduğu gibi şehirlerin, bölgelerin ya da ülkelerin de etkinlik ölçümünde de kullanılabilmektedir. VZA modellerinden ilk CCR modeli geliştirilmiştir. CCR modeli ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında analizleri gerçekleştirmektedir. Daha sonra ölçek etkinliğini de ele alan ve ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında analizleri yapan BCC modeli ortaya konulmuştur. Bunların dışında etkin olan KVB'lerin sıralamasına ve etkinlik değerlerinin 1'den büyük olmasına imkan sağlayan süperetkinlik modeli geliştirilmiştir. CCR, BCC ve süperetkinlik modellerinde her bir KVB'nin etkinliğini maksimum yapacak girdi ve çıktı değişkenlerinin optimum ağırlıkları belirlenmektedir. Bu noktada karar

vericilerin modele herhangi bir etkisi söz konusu olmamaktadır. Ancak klasik modellerde çözüm sonucunda bazen en önemli değişkenler çok küçük değerler alabilmekte, diğer değişkenlere göre daha az önemli değişkenlerde daha fazla ağırlık değeri alarak normalde etkin olmayacak KVB'lerin etkin olmasına, etkin olan KVB'lerin de etkin olmamasına yol açacaktır. Bu dezavantajlı durumu gidermek için girdi ve çıktı değişkenlerine ağırlık kısıtları eklenerek daha tutarlı sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu ağırlıkların belirlenmesinde karar vericilerden, piyasa verilerinden, AHP, ANP, DEMATEL vb. gibi ağırlıklandırma yöntemlerinden faydalanılabilmektedir. AHP, ANP, DEMATEL gibi sistematik ve bilimsel yöntemler kullanılsa da ister istemez karar vericinin subjektif yargılarının probleme dahil edilmesine neden olunmaktadır. Her karar vericinin görüşlerine göre sonuçlar değişmekte ve tam anlamıyla objektif bir değerlendirme sistemi ortaya konulamamaktadır. Çoğu kez de özellikle makroekonomik verileri içeren bir problem yapısında karar vericilere ulaşmak mümkün olmamaktadır. Bu sakıncayı gidermek için bu çalışmada YSA ve Bulanık DANIŞ yöntemleri birlikte kullanılarak değişkenlerin ağırlıkları belirlenmiştir.

YSA, biyolojik sinir sisteminden esinlenerek geliştirilmiş insan beyninin en önemli özelliklerinden biri olan öğrenme ve öğrendiklerini yorumlayabilme yeteneğine sahip yapay zeka tekniklerindendir. YSA, birçok katmandan ve her katmanda belirli nöronlardan oluşan bir yapıya sahiptir ve değişkenler arasındaki gizli ve doğrusal olmayan dinamik ilişkileri ortaya çıkarabilme özelliğine sahiptir. Bu anlamda karşılaştırıldığında klasik yöntemlere (regresyon analizi, lojistik regresyon analizi vb.) göre daha iyi çözümler sunmaktadır. İşletmecilik alanında özellikle tahmin ve sınıflandırma amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. YSA modeli kurarken en önemli hususlardan biri ağırlık mimari yapısının seçilmesi ve bu mimari yapıya uygun bir öğrenme algoritmasının belirlenmesidir. Tüm parametreler dikkate alınarak kurulan optimum bir YSA modelinin tutarlı ve gerçeğe yakın sonuçlar verebilmesi mümkündür.

YSA modeline örnekler gösterildikçe kullandığı öğrenme algoritmasına göre YSA nöronlar arasındaki bağlantı ağırlıklarını günceller ve tüm örnekler ağırlık gösterilince ağırlık en düşük hatayı verecek şekilde öğrenme işlemini gerçekleştirir. Öğrenme tamamlanıktan sonra ağırlık herhangi bir girdi verisi verildiğinde ağırlık daha önce gördüğü örneklere dayanarak bir çıktı üretir. Ancak YSA'nın bu çıktıyı üretirken

hangi girdi değişkenlerini ne derecede dikkate aldığı bilinmemektedir. Ancak tüm disiplinlerde özellikle de sosyal bilimler alanında değişkenler arasındaki ilişkilerin bilinmesi büyük önem arz etmektedir. Bu durum, literatürde “kara kutu” şeklinde eleştiri getirilen YSA’nın en önemli dezavantajlarından biri olarak kabul edilmektedir. Bu dezavantajı gidermek için girdilerin önem düzeyini belirleyen yöntemler geliştirilmiştir. Sinir yorumlama şeması, garson algoritması, ilişkili ağırlıklar yöntemi, kısmi türevler yöntemi, perturb yöntemi, profil yöntemi, stepwise yöntemi bu yöntemler arasında sayılabilir.

Bulanık DANP yöntemi ise, Bulanık DEMATEL ve DEMATEL Tabanlı ANP yönteminin kombinasyonu neticesinde ortaya atılmış yeni bir ÇKKV tekniğidir. Son yıllarda birçok karar verme probleminin çözümü için birden fazla kriter ele alındığından ÇKKV teknikleri hemen hemen her alanda uygulanmaktadır. Gün geçtikçe de yeni ÇKKV teknikleri geliştirilmektedir. Bulanık mantık ise, belirsizlik ortamlarında kullanılan ve sözel ifadelerin sayısallaştırılması esasına dayanan insan düşünce sistemine yakın yapay zeka tekniklerinden biridir. Bulanık DANP yöntemi ile hem kriterler arasındaki ilişkiler belirlenebilmekte hem de kriterlerin önem dereceleri hesaplanabilmektedir. Bulanık mantık ile ÇKKV tekniklerinin bütünleşik kullanılmasıyla hem belirsizlik ortamlarında tutarlı karar verilebilmekte hem de birden fazla kriter dikkate alınarak probleme çözüm üretilebilmektedir.

Yapılan çalışmada YSA, Bulanık DANP ve AKVZA yaklaşımlarını bütünleşik bir şekilde kullanarak ülkelerin inovasyon performansını ölçen objektif bir değerlendirme sistemi kurulması amaçlanmıştır. İlk olarak, YSA ile değişkenler arasındaki ilişkileri belirlemek için herbir değişken bağımlı değişken diğer kalan tüm değişkenler bağımsız değişkenler olarak ele alınmış ve alt kriterler için 21 YSA modeli, ana kriterler için de 7 YSA modeli olmak üzere toplam 28 YSA modeli kurulmuştur. MATLAB programı ile analizler gerçekleştirilmiştir. Her model için çok katmanlı ileri beslemeli geri yayılım ağı ve öğrenme algoritması olarak Levenberg-Marquardt seçilmiştir. Ağın mimari yapısı olarak da farklı yapılarıdaki modeller denenmiş ve her değişken için en az hatayı üreten model seçilmiştir. En iyi ağ yapısı belirlendikten sonra her bir değişkenin önem düzeyini belirlemek için perturb yöntemi kullanılmıştır. Diğer değişkenler sabit tutulmak şartıyla herbir değişkenin değeri %20 oranında arttırılarak ağın HKO değişimi incelenmiştir.

Çalışma kapsamında Küresel İnovasyon Endeksi raporlarında ele alınan ana değişkenler kurumlar, insan kaynağı ve araştırma, altyapı, pazar gelişmişliği, iş çevresi gelişmişliği, bilgi ve teknoloji ile yaratıcılık değişkenleri dikkate alınmıştır. Girdi değişkenleri olarak kurumlar ana kriteri altında politik çevre, düzenleyici çevre ve iş çevresi; insan kaynağı ve araştırma ana kriteri altında eğitim, yükseköğretim ve Ar-Ge; altyapı ana kriteri altında bilgi ve iletişim teknoloji altyapısı, genel altyapı ve ekolojik sürdürülebilirlik; pazar gelişmişliği ana kriteri altında kredi, yatırım ve ticaret&rekabet; iş çevresi gelişmişliği ana kriteri altında bilgi işçileri, inovasyon bağlantıları ve bilginin özümsemesi; çıktı değişkenleri olarak bilgi ve teknoloji ana kriteri altında bilginin üretimi, bilginin etkisi ve bilginin yayılımı; yaratıcılık ana kriteri altında maddi olmayan duran varlıklar, yaratıcı mallar ve hizmetler ve çevrimiçi yaratıcılık alt kriterleri ele alınmıştır. Her yıl 104 ülke olmak üzere 4 yılda toplam 416 veri analiz yapılarak her bir değişkenin diğer değişkenler üzerindeki önem dereceleri belirlenmiştir.

YSA analizleri sonucunda alt kriterler için 420 tane ve ana kriterler için de 42 tane YSA katsayısına ulaşılmıştır. YSA ile belirlenen değişkenler arasındaki ilişkileri Bulanık DANP yönteminde kullanılabilmesi için YSA katsayılarına sigmoid normalizasyon işlemi uygulanmıştır. Böylelikle YSA ile belirlenen ilişkiler Bulanık DANP matrisinde kullanılarak ana kriter ve alt kriterlerin ağırlıkları hesaplanmıştır. Bulanık DANP matrisinin çözülmesi sonucunda, en önemli ana kriterlerin kurumlar olduğu; insan kaynağı ve araştırma, pazar gelişmişliği, iş çevresi gelişmişliği, bilgi ve teknoloji ile yaratıcılık değişkenlerinin ağırlıklarının yaklaşık aynı olduğu; altyapı değişkeninin ise en az önem sahip olduğu belirlenmiştir. En önemli alt kriterlerin ise, iş çevresi, yükseköğretim, politik çevre, düzenleyici çevre, yaratıcı mallar ve hizmetler değişkenleri olduğu; en az önem sahip değişkenlerin ise bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısı, ekolojik sürdürülebilirlik ve genel altyapı değişkenleri olduğu tespit edilmiştir.

YSA ve Bulanık DANP ile değişkenlerin ağırlıkları belirlendikten sonra bu ağırlıklar kısıt olarak kullanılarak AKVZA ile ülkelerin inovasyon performansları ölçülmüştür. 15 adet girdi ve 6 adet çıktı değişkenleri kullanılarak 2012, 2013, 2014 ve 2015 yıllarındaki inovasyon performansları hem klasik VZA hem de AKVZA ile ölçülmüş ve karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Önerilen modelin, Küresel İnovasyon Endeksi raporu sonuçlarından farklı olduğu, ağırlıkların farklı olarak

probleme dahil edilmesi ve VZA modellerinin kullanılması ile farklı sonuçların elde edilebileceği gösterilmiştir. CCR modeline göre 2012 yılında 26, 2013 ve 2014 yılında 24, 2015 yılında ise 21 ülkenin etkin olduğu görülmektedir. Dört yıl sürekli etkin olan ülkelerin Çin, Danimarka, Finlandiya, Hong Kong, İzlanda, İrlanda, Kore, Lüksemburg, Hollanda, Norveç, Singapur, İsveç, İsviçre, Birleşik Arap Emirlikleri, İngiltere ve Amerika olduğu anlaşılmaktadır. Ağırlık kısıtlı VZA modeline göre ise 2012, 2013, 2014 ve 2015 yıllarında sadece 1 ülkenin etkin olduğu ve o ülkenin de İsviçre olduğu görülmektedir.

Yapılan çalışma ile yapay zeka tekniklerinden biri olan YSA'nın ve ÇKKV tekniklerinden olan Bulanık DANP ve AKVZA'nın bütünleşik olarak kullanılması ile inovasyon performansını ölçen bir model geliştirilmiştir. Bunun yanında çalışmanın alana birçok katkısının olabileceği düşünülmektedir. İlk olarak YSA'ya getirilen "kara kutu" eleştirisi irdelenerek girdilerin önem düzeyinin belirlenememesi sorunu perturb yöntemiyle çözümlenmiştir. Ayrıca YSA'dan elde edilen değişkenler arasındaki ilişkiler Bulanık DANP yönteminde kullanılmıştır. Böylelikle karar vericiye ihtiyaç duyulmadan sadece veriler arasındaki ilişkiler dikkate alınarak objektif bir ağırlıklandırma sistemi kurulmuştur. Son olarak da AKVZA modellerinde ağırlıkların belirlenmesinde uzman görüşleri, piyasa verileri, AHP, ANP, DEMATEL vb. gibi teknikler yerine yapay zeka ve ÇKKV teknikleri temelli bir yöntem önerilmiştir. Ayrıca YSA, Bulanık DANP ve AKVZA yaklaşımları bütünleşik olarak ilk defa bir çalışmada ve performans ölçümü için kullanılmıştır.

Önerilen modelin uygulaması Küresel İnovasyon Endeksi raporlarında yer alan ülkelerin gerçek ve resmi verileri üzerinde gerçekleştirilerek inovasyon performansları ölçülmüştür. Analiz sonuçları, geliştirilen bu modelin uygulanabileceğini, klasik yöntemlere göre daha farklı ve daha tutarlı sonuçlar verebileceğini göstermiştir. Nicel verilerin yer aldığı tüm karar verme, performans değerlendirme ve seçim problemlerinde bu modelin faydalı olacağı öngörülmektedir. İnsan kaynakları, tedarikçi performansı değerlendirme, proje seçimi ve değerlendirme, yer seçimi, pazarlama, üretim, finans vb. birçok alanda performans değerlendirme ve karar verme problemlerinde bu model kolaylık kullanılabileceği düşünülmektedir. Gelecek çalışmalarda uzmanlar yardımıyla elde edilen bilgiler ile ağırlık kısıtları oluşturularak performans ölçümü yapılabilir ve bu çalışmanın sonuçları ile karşılaştırılabilir. YSA tek başına kullanılarak perturb yöntemi ile

bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkisi belirlenebilir ve klasik yöntemler ile (regresyon analizi, lojistik regresyon analizi vb.) karşılaştırmalı olarak YSA'nın performansı incelenebilir. YSA ve Bulanık DANP yöntemleri birarada kullanılarak nicel verilerin olduğu durumlarda herhangi bir uzman görüşüne ihtiyaç duyulmadan problemde yer alan kriterlerin önem dereceleri bulunabilir. Ayrıca bu ağırlıklar farklı ÇKKV tekniklerinde (TOPSIS, ELECTRE, VIKOR, PROMETHEE vb.) kullanılarak performans ölçümünde farklı bir model olarak da uygulanabilir. YSA, Bulanık DANP ve ÇKKV teknikleri ile oluşturulacak model inovasyon performansı ölçümünde kullanılabilir ve bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ile karşılaştırmalı olarak incelenebilir.



KAYNAKÇA

Aghajani, H., Aliabadi, A.N. ve Nazoktabar, H. (2011). Environmental Performance Evaluation Based on Fuzzy Logic. *International Conference on Social Science and Humanity*. 26-28 Şubat 2011. Singapore.

Aizemberg, L., Roboredo, M.C., Ramos, T.G., Alves, A.M., Meza, L.A. ve Soares de Mello, J.C.C.B. (2011). Measuring the NBA Teams Cross-Efficiency by DEA Game. *Proceedings Of The: 3rd IMA International Conference on Mathematics in Sport*. 22-24 Haziran 2011. İngiltere.

Allen, R., Athanassopoulos, A., Dyson, R.G. ve Thanassoulis, E. (1997). Weights Restrictions and Value Judgements in Data Envelopment Analysis: Evolution, Development and Future Directions. *Annals of Operations Research*. 73: 13-34.

Anantwar, S.G. ve Shelke, R.R. (2012). Simplified Approach of ANN: Strengths and Weakness. *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*. 1(4): 73-77.

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

Anderson, D. ve McNeill, G. (1992). *Artificial Neural Networks Technology*. A DACS State-of-the-Art Report. New York: Kaman Sciences Corporation.

Arunyanart, S., Ohmori, S. ve Yoshimoto, K. (2015). Pairwise Comparison for Weight Restriction in DEA/ARI. *International Journal of Japan Association for Management Systems*. 7(1): 53-60.

Attari, M.Y.N., Bagheri, M.R. ve Jami, E.N. (2012). A Decision Making Model for Outsourcing of Manufacturing Activities by ANP and DEMATEL Under Fuzzy

Environment. *International Journal of Industrial Engineering & Production Research*. 23(3): 163-174.

Aytaç, E. (2011). *Kalite İyileştirme Sürecinde Bulanık Mantık Yaklaşımı İle Hata Türü ve Etkileri Analizi ve Uygulama Örneği*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Aydın: Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Azadegan, A., Porobic, L., Ghazinoory, S., Samouei, P ve Kheirkhah, A.S. (2011). Fuzzy Logic in Manufacturing: A Review of Literature and A Specialized Application. *International Journal of Production Economics*. 132: 258–270.

Babkin, A.V., Karlina, E.P. ve Epifanova, N.S. (2015). Neural Networks As A Tool of Forecasting of Socioeconomic Systems Strategic Development. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 207: 274-279.

Bai, Y. ve Wang, D. (2006). Fundamentals of Fuzzy Logic Control – Fuzzy Sets, Fuzzy Rules and Defuzzifications. *Advanced Fuzzy Logic Technologies in Industrial Applications*. (ss. 17-36). Editors: Bai, Y., Zhuang, H. ve Wang, D. USA: Springer-Verlag London Limited.

Bangal, C.B. (2009). *Automatic Generation Control of Interconnected Power Systems Using Artificial Neural Network Techniques*. PhD Thesis. Bharath University. Faculty of Engineering and Technology.

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

Başkaya, Z. (2011). *Bulanık Doğrusal Programlama*. Bursa: Ekin Basım Yayın Dağıtım.

Behara, R.S., Fisher, W.W. ve Lemmink, J.G.A.M. (2002). Modelling and Evaluating Service Quality Measurement Using Neural Networks. *International Journal of Operations & Production Management*. 22(10): 1162 – 1185.

Bircan, H., Zontul, M. ve Yüksek, A.G. (2006). SOM Tipinde Yapay Sinir Ağlarını Kullanarak Türkiye'nin İhracat Yaptığı Ülkelerin Kümelenmesi Üzerine Bir Çalışma. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*. 20(2): 219-237.

Birgili, E., Sekmen, F. ve Esen, S. (2013). Bulanık Mantık Yaklaşımıyla Finansal Yönetim Uygulamaları: Bir Literatür Taraması. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*. 9(19): 121-136.

Bojadziev, G. ve Bojadziev, M. (2007). *Fuzzy Logic for Business, Finance and Management*. USA: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.

Bottero, M., Mondini, G. ve Valle, M. (2007). The Use of The Analytic Network Process For The Sustainability Assessment of An Urban Transformation Project. *International Conference on Whole Life Urban Sustainability and its Assessment*. (ss.1-22). Düzenleyen Glasgow Caledonian University. 27-29 Haziran 2007. Glasgow.

Büyüközkan, G. ve Çiftçi, G. (2012). A Novel Hybrid MCDM Approach Based on Fuzzy DEMATEL, Fuzzy ANP and Fuzzy TOPSIS to Evaluate Green Suppliers. *Expert Systems with Applications*. 39(3): 3000-3011.

Calik, E. ve Bardudeen, F. (2016). A Measurement Scale to Evaluate Sustainable Innovation Performance in Manufacturing Organizations. *Procedia CIRP* 40: 449-454.

Camanho, S.P. (1999). *Performance Measurement and Improvement In The Management of Bank Branch Networks Using Data Envelopment Analysis*. PhD Thesis. The University of Warwick University Operational Research and Systems.

Cavallaro, F. (2015). A Takagi-Sugeno Fuzzy Inference System for Developing a Sustainability Index of Biomass. *Sustainability*. 7(9): 12359-12371.

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

Chen, C.H. ve Tzeng, G.H. (2011). Assessment Model for Improving Educational Curriculum Materials Based on The DANP Technique with Grey Relational Analysis. *International Journal of Information Systems for Logistics and Management*. 6(2): 23-36.

Chen, G. ve Pham, T.T. (2001). *Introduction to Fuzzy Sets, Fuzzy Logic and Fuzzy Control Systems*. USA: CRC Press.

Chiang, Y.H., Li, J., Choi, T.N.Y. ve Man, K.F. (2013). Evaluating Construction Contractors' Efficiency in Hong Kong Using Data Envelopment Analysis Assurance Region Model. *Journal of Facilities Management*. 11(1): 52-68.

Chien, S.C., Wang, T.Y. ve Lin, S.L. (2010). Application of Neuro-Fuzzy Networks to Forecast Innovation Performance-The Example of Taiwanese Manufacturing Industry. *Expert Systems with Applications*. 37(2): 1086–1095.

Chiu, W.Y., Tzeng, G.H., Li, H.L. (2013). A New Hybrid MCDM Model Combining DANP with VIKOR to Improve E-store Business. *Knowledge-Based Systems*. 37: 48-61.

Chobotová, M. ve Rylková, Ž. (2014). Measurement of Innovation Performance. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*. 8(7): 2077-2082.

Chowdary, B.V. (2007). Back-Propagation Artificial Neural Network Approach for Machining Centre Selection. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 18(3): 315-332.

Cooper, W.W., Seiford, L.M. ve Tone, K. (2002). *Data Envelopment Analysis-A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. USA: Kluwer Academic Publishers.

Cooper, W.W., Seiford, L.M. ve Zhu, J. (2011). Data Envelopment Analysis: History, Models, and Interpretations. *Handbook on Data Envelopment Analysis*. (ss. 1-39). Editors: Cooper, W.W., Seiford, L.M. ve Zhu, J. USA: Springer Science+Business Media.

Costantino, F., Gravio, G.D. ve Nonino, F. (2015). Project Selection in Project Portfolio Management: An Artificial Neural Network Model Based on Critical Success Factors. *International Journal of Project Management*. 33(8): 1744–1754.

Couceiro, M.S., Martins, F.M.L., Clemente, F.M., Dias, G. ve Mendes, R. (2014). On A Fuzzy Approach for The Evaluation of Golf Players. *Maejo International Journal of Science and Technology*. 8(1): 86-99.

Dağdeviren, M. ve Yüksel, İ. (2007). Personel Selection Using Analytic Network Process. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 6(11): 99-118.

Demirci, A. (2012). *OECD Üyesi Ülkelerin Ekonomik ve Sosyal Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi Yöntemiyle Belirlenmesi*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Erzurum: Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Deveci Kocakoç, İ. (2003). Veri Zarflama Analizi'ndeki Ağırlık Kısıtlamalarının Belirlenmesinde Analitik Hiyerarşi Sürecinin Kullanımı. *D.E.Ü.İ.İ.B.F.Dergisi*. 18(2): 1-12.

Dobrin, C.O., Popescu, G.N., Popescu, V.A. ve Popescu, C.R. (2012). The Concept Of Performance In Business Organizations-Case Study On The Employee Performance In Romanian Business Organizations. *Proceedings of the 6th*

International Management Conference "Approaches In Organisational Management" 15-16 november 2012, Bucharest, Romania.

Dooley, A.E., Sheath, G.W. ve Smeaton, D. (2005). Multiple Criteria Decision Making: Method Selection And Application To Three Contrasting Agricultural Case Studies. *NZARES Conference Tahuna Conference Centre* – Nelson, New Zealand. 26-27 Ağustos 2005.

Drucker, P.F. (1992). *Etkin Yöneticilik*. Çev. Ahmet Özden-Nuray Tunalı. İstanbul: Eti Kitapları.

Dumitru, C. ve Maria, V. (2013). Advantages and Disadvantages of Using Neural Networks for Predictions. *Ovidius” University Annals, Economic Sciences Series*. 13(1): 444-449.

Dyson, R.G. ve Thanassoulis, E. (1988). Reducing Weight Flexibility in Data Envelopment Analysis. *The Journal of the Operational Research Society*. 39(6): 563-576

Elçi, Ş. (2007). *İnovasyon: Kalkınma ve Rekabetin Anahtarı*. INOMER: İstanbul.

Elmas, Ç. (2011). *Yapay Zeka Uygulamaları-Yapay Sinir Ağları, Bulanık Mantık ve Genetik Algoritma*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Ertuğrul, İ. ve Özçil, A. (2016). The Performance Analysis of Fuzzy Topsis And Fuzzy DEMATEL Methods Into Insurance Companies. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İİBF Dergisi*. <http://dx.doi.org/10.18074/cnuiibf.299>.

European Innovation Scoreboard (2016). http://ec.europa.eu/growth/industry/innovation/facts-figures/scoreboards_en. Erişim Tarihi: 10.12.2016.

Eurostat (2016). <http://ec.europa.eu/eurostat>. Erişim Tarihi: 10.12.2016.

Faezi-Rad, M. A. ve Khatami-Firoozabadib, M.A. (2014). Positioning Business in Uncertain Conditions by Weighting A Competitive Profile Matrix Using The Fuzzy DEMATEL. *Management Science Letters*. 4(7): 1425–1432.

Fahami, N.A., Rahim, Z.H.A., Azhar, F.W. ve Karim, H.A. (2014). Fuzzy Logic Application in Evaluating Financial Performance: A Case Study of Services Sector in Malaysia. *Proceedings of the Australian Academy of Business and Social Sciences Conference*. 25-26 Ağustos 2014. Kuala Lumpur, Malaysia.

Fausett, L. (1993). *Fundamentals of Neural Networks-Architectures, Algorithms and Applications*. USA: Prentice-Hall.

Feeny, S. ve Rogers, M. (2001). Innovation and Performance: Benchmarking Australian Firms. *Melbourne Institute Working Paper* No. 7/01: 1-20.

Feng, T.J., Houkes, Z., Korsten, M.J. ve Spreeuwes, L.J. (1991). A Study on Backpropagation Networks for Parameter Estimation from Grey-Scale Images. *The Institute of Electrical and Electronics Engineers*. 1: 331-336.

Freeman, J.A. ve Skapura, D.M. (1991). *Neural Networks Algorithms, Applications and Programming Techniques*. USA: Addison-Wesley Publishing Company, Inc.

Gade, P.K. ve Osuri, M. (2014). *Evaluation of Multi Criteria Decision Making Methods for Potential Use in Application Security*. Master Thesis Electrical Engineering. School of Computing at Blekinge Institute of Technology. Karlskrona. Sweden.

Galeshchuk, S. (2016). Neural Networks Performance in Exchange Rate Prediction. *Neurocomputing*. 172: 446–452.

Ganideh, S.F.A, Elahee, M.N. ve Aljanaideh, M. (2012). Using Fuzzy Logic to Analyze Marketing Data: The Impact of Socio-psychological Variables on the

National Identity of Jordanians. *International Conference on Business Intelligence and Knowledge Economy*. 23-26 Nisan 2012. Amman Jordan.

Garrido, A. (2012). A Brief History of Fuzzy Logic. *Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*. 3(1): 71-77.

Gerogiannis, V.C., Rapti, E., Karageorgos, A. ve Fitsilis, P. (2015). A Fuzzy Linguistic Approach For Human Resource Evaluation and Selection in Software Projects. *Proceedings of the 2015 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* Dubai, United Arab Emirates (UAE), 3 – 5 Mart 2015.

Gevrey, M., Dimopoulos, I. ve Lek, S. (2003). Review and Comparison of Methods to Study The Contribution of Variables in Artificial Neural Network Models. *Ecological Modelling*. 160(3): 249-264.

Golany, B. ve Roll, Y. (1989). An Application Procedure for DEA. *OMEGA. International Journal of Management Science*. 17(3): 237-250.

Gömlüksiz, M. (2012). *Bölgesel İnovasyon Sistemleri ve Türkiye: İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflandırması Düzey 2 Bölgeleri İnovasyon İndeksi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Graupe, D. (2007). *Principles of Artificial Neural Networks*. 2nd Edition. USA: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.

Gurney, K. (1997). *An Introduction to Neural Networks*. London and New York: UCL Press Limited.

Hagan, M.T., Demuth, H.B., Beale, M.H. ve De Jesús, O. (2014). *Neural Network Design*. 2nd Edition. USA: Martin Hagan.

Hajiagha, S.H.R., Akrami, H., Zavadskas, E.K. ve Hashemi, S.S. (2013). An Intuitionistic Fuzzy Data Envelopment Analysis For Efficiency Evaluation Under Uncertainty: Case of A Finance and Credit Institution. *Ekonomie a Management*. 16(1): 128-137.

Hashimoto, A. (1997). A Ranked Voting System Using A DEA/AR Exclusion Model: A Note. *European Journal of Operational Research*. 97(3): 600-604.

Haykin, S. (1999). *Neural Networks-A Comprehensive Foundation*. Second Edition. India: Pearson Prentice Hall.

He, W. (2013). An Inventory Controlled Supply Chain Model Based on Improved BP Neural Network. *Discrete Dynamics in Nature and Society*. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/537675>.

Hebb, D.O. (1949). *The Organization of Behavior*. New York: Wiley.

Ho, L.H., Feng, S.Y., Lee, Y.C. ve Yen, T.M. (2012). Using Modified IPA to Evaluate Supplier's Performance: Multiple Regression Analysis and DEMATEL Approach. *Expert Systems with Applications*. 39(8): 7102-7109.

Hsu, C.C. Liou, J.J.H., Chuang, Y.C. (2013). Integrating DANP and Modified Grey Relation Theory for The Selection of An Outsourcing Provider. *Expert Systems with Applications*. 40(6): 2297-2304.

Hung, N. Q., Babel, M.S., Weesakul, S. ve Tripathi, N.K. (2009). An Artificial Neural Network Model for Rainfall Forecasting in Bangkok-Thailand. *Hydrology and Earth System Sciences*. 13: 1413–1425.

Hung, S.J. (2011). Activity-Based Divergent Supply Chain Planning for Competitive Advantage in the Risky Global Environment: A DEMATEL-ANP Fuzzy Goal Programming Approach. *Expert Systems with Applications*. 38(8): 9053-9062.

Hung, Y.H., Huang, T.L., Hsieh, J.C., Tsuei, H.J., Cheng, C.C. ve Tzeng, G.H. (2012). Online Reputation Management for Improving Marketing by Using a Hybrid MCDM Model. *Knowledge-Based Systems*. 35: 87-93.

INSEAD (2011). *The Global Innovation Index 2011-Accelerating Growth and Development*. Editor: Soumitra Dutta.

INSEAD ve WIPO (2012). *The Global Innovation Index 2012- Stronger Innovation Linkages for Global Growth*. Editor: Soumitra Dutta.

INSEAD, WIPO ve Johnson Cornell University (2013). *The Global Innovation Index 2013-The Local Dynamics of Innovation*. Editors: Soumitra Dutta and Bruno Lanvin.

INSEAD, WIPO ve Johnson Cornell University (2014). *Global Innovation Index 2014-The Human Factor in Innovation*. Editors: Soumitra Dutta, Bruno Lanvin, and Sacha Wunsch-Vincent.

INSEAD, WIPO ve Johnson Cornell University (2015). *The Global Innovation Index 2015-Effective Innovation Policies for Development*. Editors: Soumitra Dutta, Bruno Lanvin, and Sacha Wunsch-Vincent.

Ivanova, C. I. ve Avasilcăia, S. (2014). Performance Measurement Models: An Analysis for Measuring Innovation Processes Performance. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 124: 397-404.

Jablonský J, Urban P. (1998) “*MS Excel Based System For Multicriteria Evaluation of Alternatives*” University of Economics Prague, Department of Econometrics. <http://www.fhi.sk/files/katedry/kove/ssov/VKOX/Jablonsky.pdf> (20.04.2016).

Jassbi, J., Mohamadnejad, F. ve Nasrollahzadeh, H. (2011). A Fuzzy DEMATEL Framework For Modeling Cause And Effect Relationships of Strategy Map. *Expert Systems with Applications*. 38(5): 5967-5973.

Jha, K.N. ve Chockalingam, C.T. (2009). Prediction of Quality Performance Using Artificial Neural Networks. *Journal of Advances in Management Research*. 6(1): 70-86.

Johnes, J. (2006). Data Envelopment Analysis and Its Application to The Measurement of Efficiency in Higher Education. *Economics of Education Review*. 25(3). 273-288.

Jou, Y.T., Wee, H.M., Chen, H.C., Hsieh, Y.H. ve Wang, L. (2009). A Neural Network Forecasting Model for Consumable Parts in Semiconductor Manufacturing. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 20(3): 404-412.

Kabnurkar, A. (2001). *Mathematical Modeling for Data Envelopment Analysis With Fuzzy Restrictions on Weights*. Masters of Science. Virginia Polytechnic Institute and State University.

Kale, A. ve Joshi, A. (2015). A Predictive Business Ranking System: For Local Businesses. *Procedia Computer Science*. 45: 770-779.

Kamboj, V. ve Kaur, A. (2013). Comparison of Constant SUGENO-Type and MAMDANI-Type Fuzzy Inference System for Load Sensor. *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*. 3(2): 204-207.

Karaata, E. S. (2012). İnovasyonun Ölçümünde Yeni Arayışlar. *TÜSİAD-Sabancı Üniversitesi Rekabet Forumu*. 1-19.

Karlık, B. ve Olgaç, A.V. (2010). Performance Analysis of Various Activation Functions in Generalized MLP Architectures of Neural Networks. *International Journal of Artificial Intelligence And Expert Systems (IJAE)*, 1(4): 111-122.

Kasabov, N.K. (1996). *Foundations of Neural Networks, Fuzzy Systems and Knowledge Engineering*. England: The MIT Press.

Kashi, K. ve Franek, J. (2014). Utilizing DEMATEL Method in Competency Modeling. *Forum Scientiae Oeconomia*. 2(1): 95-106.

Kaur, A. ve Kaur, A. (2012). Comparison of Mamdani-Type and Sugeno-Type Fuzzy Inference Systems for Air Conditioning System. *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*. 2(2): 323-325.

Khalili, M., Camanho, A.S., Portela, M.C.A.S. ve Alirezaee, M.R. (2010). The Measurement of Relative Efficiency Using Data Envelopment Analysis With Assurance Regions That Link Inputs and Outputs. *European Journal of Operational Research*. 203(3): 761-770.

Khashman, A. (2010). Neural Networks for Credit Risk Evaluation: Investigation of Different Neural Models and Learning Schemes. *Expert Systems with Applications*. 37(9): 6233–6239.

Khezrimotlagh, D. (2015). How to Deal With Numbers of Decision Making Units and Variables in Data Envelopment Analysis. *Optimization and Control*. <https://arxiv.org/abs/1503.02306>, 1-11.

Kılıç, S. (2013). *İnovasyon ve İnovasyon Yönetimi*. İstanbul: Seçkin Yayıncılık.

Kim, J. ve Hong, J. (2015). The Management Efficiency Analysis Framework for Global Defense Company. *Advanced Science and Technology Letters*. 84: 79-82.

Kim, S. K. (2014). Explicit Design of Innovation Performance Metrics by Using Analytic Hierarchy Process Expansion. *International Journal of Mathematics and Mathematical Sciences*. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/125950>. 1-7.

Kohonen, T. (1982). Self-Organized Formation of Topologically Correct Feature Maps. *Biological Cybernetics*. 43: 59 -69.

Krenker, A., Bešter, J. ve Kos, A. (2011). Introduction to the Artificial Neural Networks. *Artificial Neural Networks - Methodological Advances and Biomedical Applications*. (ss. 3-18). Editors: Kenji Suzuki. INTECH.

Kriesel, D. (2005). *A Brief Introduction to Neural Networks*. http://www.dkriesel.com/en/science/neural_networks, 07.12.2015.

Kröse, B. ve Van der Smagt, P. (1996). *An Introduction to Neural Networks*. Holland: The University of Amsterdam

Krušinskas, R. ve Benetyte, R. (2015). Management Problems of Investment in Technological Innovation Using Artificial Neural Network. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 213: 442-447.

Kuan, M.J., Chang, Y.F., Yang, B.Q. ve Watada, J. (2012). Exploring The Influence Degree of Project Team Management Processes Combing DANP with MCDM Model. *International Journal of Innovative Management, Information & Production*. 3(1): 36-49.

Kurzweil, R. (2005). *The Singularity Is Near*. USA: Penguin Group.

Kuvvetli Yavaş, H. (2014). Bilgi Ekonomisi ve Türkiye. *Üretim Ekonomisi Kongresi*. 21-22 Mart 2014. 1-17.

Kwon, H.B. ve Lee, J. (2015). Two-Stage Production Modeling of Large U.S. Banks: A DEA-Neural Network Approach. *Expert Systems with Applications*. 42(19): 6758–6766.

Laboissiere, L.A., Fernandes, R.A.S. ve Lage, G.G. (2015). Maximum and Minimum Stock Price Forecasting of Brazilian Power Distribution Companies Based on Artificial Neural Networks. *Applied Soft Computing*. 35: 66–74.

Lacher, R.C., Coats, P.K., Sharma, S.C. ve Fant, L.F. (1995). A Neural Network for Classifying The Financial Health of A Firm. *European Journal of Operational Research*. 85(1): 53-65.

Lee, H., Seol, H., Sung, N., Hong, Y.S. ve Park, Y. (2010). An Analytic Network Process Approach to Measuring Design Change Impacts in Modular Products. *Journal of Engineering Design*. 21(1): 75-91.

Lee, W.S., Huang, A.Y., Chang, Y.Y. ve Cheng, C.M. (2011). Analysis of Decision Making Factors For Equity Investment by DEMATEL and Analytic Network Process. *Expert Systems with Applications*. 38(7): 8375–8383.

Lek, S. ve Gue'gan, J.F. (1999). Artificial Neural Networks as a Tool in Ecological Modelling, An Introduction. *Ecological Modelling*, 120: 65–73.

Lek, S., Delacoste, M., Baran, P., Dimopoulos, I., Lauga, J. ve Aulagnier, S. (1996). Application of Neural Networks to Modelling Nonlinear Relationships in Ecology. *Ecological Modelling*. 90(1): 39-52.

Li, E.Y. (1994). Artificial Neural Networks and Their Business Applications. *Information & Management*. 27: 303-313.

Lin, C.J. ve Wu, W.W. (2008). A Causal Analytical Method For Group Decision-Making Under Fuzzy Environment. *Expert Systems with Applications*. 34(1): 205-213.

Lin, W.R., Wang, Y.H. ve Hung, T.E. (2012). Selecting Mobile Banking System Service for Consumers by Using a Combined DEMATEL and ANP Approach. *Journal of Accounting, Finance & Management Strategy*. 7(1): 1-14.

Liou, J.J.H., Chuang, Y.C. ve Tzeng, G.H. (2013). A Fuzzy Integral-Based Model for Supplier Evaluation and Improvement. *Information Sciences*. 266: 199-217.

Liou, J.J.H., Tzeng, G.H. ve Chang, H.C. (2007). Airline Safety Measurement Using A Hybrid Model. *Journal of Air Transport Management*. 13(4): 243–249.

Liu, C.H., Tzeng, G.H. ve Lee, M.H. (2013). Strategies For Improving Cruise Product Sales Using Hybrid ‘Multiple Criteria Decision Making’ Models. *The Service Industries Journal*. 33(5): 542-563.

Liu, J.S., Lu, L.Y.Y., Lu, W.M. ve Lin, B.J.Y. (2013). A Survey of DEA Applications. *Omega*. 41(5): 893-902.

Liu, W. ve Sharp, J. (1999). DEA Models via Goal Programming. *Data Envelopment Analysis in the Service Sector*. (ss. 1-22). Editor: Georg Westermann. Deutsche: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Lu, M.T., Tzeng, G.H. ve Tang, L.L. (2013). Environmental Strategic Orientations for Improving Green Innovation Performance in Fuzzy Environment - Using New Fuzzy Hybrid MCDM Model. *International Journal of Fuzzy Systems*. 15(3): 297-316.

Luger, G.F. (2005). *Artificial Intelligence-Structures and Strategies for Complex Problem Solving*. Fifth Edition. England: Pearson Education Limited.

Maind, S.B. ve Wankar, P. (2014). Research Paper on Basic of Artificial Neural Network. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*. 2(1): 96-100.

Marques, A., Lacerda, D.P., Camargo, L.F.R. ve Teixeira, R. (2014). Exploring the Relationship Between Marketing and Operations: Neural Network Analysis of Marketing Decision Impacts on Delivery Performance. *International Journal of Production Economics*. 153: 178–190.

Martic, M.M., Novakovic, M.S. ve Baggia, A. (2009). Data Envelopment Analysis-Basic Models and their Utilization. *Organizacija*. 42(2): 37-43.

Matin, H.Z., Fathi, M.R., Zarchi, M.K.ve Azizollahi, S. (2011). The Application of Fuzzy TOPSIS Approach to Personnel Selection for Padir Company, Iran. *Journal of Management Research*. 3(2): 1-14.

McCarthy, J. (2007). *What is Artificial Intelligence?*. John McCarthy's Home Page. <http://www-formal.stanford.edu/jmc/>. 07.12.2015.

McCulloch, W.S. ve Pitts, W. (1943). A Logical Calculus of The Ideas Immanent in Nervous Activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*. 5: 115-133.

Meade, L.M. ve Presley, A. (2002). R&D Project Selection Using The Analytic Network Process. *IEEE Transaction on Engineering Management*. 49(1): 59-66.

Mecit, E.D. (2012). *Veri Zarflama Analizinde Homojen Ağırlıklandırma Üzerine Yeni Bir Yaklaşım*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Mehrotra, K., Mohan, C.K. ve Ranka, S. (1996). *Elements of Artificial Neural Networks*. USA: MIT Press.

Mendel, J.M. ve Mouzouris, G.C. (1997). Designing Fuzzy Logic Systems. *IEEE Transactions on Circuits and Systems—II: Analog and Digital Signal Processing*. 44(11): 885-895.

Mohaghar, A., Fathi, M.R. ve Jafarzadeh, A.H. (2013). A Supplier Selection Method Using AR- DEA And Fuzzy VIKOR. *International Journal of Industrial Engineering*. 20(5-6): 387-400.

Mohaghar, A., Fathi, M.R., Faghih, A.ve Turkayesh, M.M. (2012). An Integrated Approach of Fuzzy ANP and Fuzzy TOPSIS for R&D Project Selection: A Case Study. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 6(2): 66-75.

Nakagawa, T. ve Sekitani, K. (2004). A Use of Analytic Network Process for Supply Chain Management. *Asia Pacific Management Review*. 9(5): 783-800.

Nakamura, E. (2005). Inflation Forecasting Using A Neural Network. *Economics Letters*. 86(3): 373-378.

Namazi, M., Shokrolahi, A. ve Maharluie, M.S. (2015). Detecting and Ranking Cash Flow Risk Factors via Artificial Neural Networks Technique. *Journal of Business Research*. [doi:10.1016/j.jbusres.2015.10.059](https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2015.10.059).

Namdev, R., Bhadoria, M.S. ve Shrivastava, D. (2013). Application of Artificial Neural Network in Electrical Based Power Industry. *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, 2(10): 4704-4711.

Nayak, S.C., Misra, B.B. ve Behera, H.S. (2014). Impact of Data Normalization on Stock Index Forecasting. *International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications*. 6: 257-269.

OECD (2005). *Oslo Klavuzu: Yenilik Verilerinin Toplanması ve Yorumlanması İçin İlkeler*. Avrupa Komisyonu.

Oi, X.G ve Guo, B. (2015). A Weight Restricted DEA Model for the Supplier Evaluation and Selection. *International Conference on Industrial Technology and Management Science (ITMS 2015)*.

Olden, J.D. (2010). Current Velocity Shapes the Functional Connectivity of Benthiscapes to Stream Insect Movement. *Modelling Perception with Artificial Neural Networks*. (ss. 351-373). Editors: Tosh, C.R. ve Ruxton, G. Cambridge University Press.

Olden, J.D. ve Jackson, D.A. (2002). Illuminating The “Black Box”: A Randomization Approach for Understanding Variable Contributions in Artificial Neural Networks. *Ecological Modelling*. 154(1-2): 135-150.

Olden, J.D., Joy, M.K. ve Death, R.G. (2004). An Accurate Comparison of Methods for Quantifying Variable Importance in Artificial Neural Networks Using Simulated Data. *Ecological Modelling*. 178(3-4): 389-397.

Organ, A. (2013). Bulanık DEMATEL Yöntemiyle Makine Seçimini Etkileyen Kriterlerin Değerlendirilmesi. *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 22(1): 157-172.

Önüt, S., Tuzkaya, U.R. ve Kemer, B. (2008). An Analytical Network Process Approach to The Choice of Hospital Location. *Journal of Engineering and Natural Sciences*. 25(4): 367-379.

Özdemir, A. (2013). Integrating Analytic Network Process and Data Envelopment Analysis For Efficiency Measurement of Turkish Commercial Banks. *Banks and Bank Systems*. 8(2): 86-103.

Özdemir, A. ve Demireli, E. (2013). Ağırlık Kısıtlı Veri Zarflama Analizi ile Mevduat Bankalarının Etkinlik Ölçümüne Yönelik Bir Uygulama. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*. 9(19): 215-238.

Özdemir A.İ. ve Seçme N.Y. (2009). İki Aşamalı Stratejik Tedarikçi Seçiminin Bulanık TOPSIS Yöntemi İle Analizi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Dergisi*. 11(2): 79-112.

Özesmi, S.L. ve Özesmi, U. (1999). An Artificial Neural Network Approach to Spatial Habitat Modelling with Interspecific Interaction. *Ecological Modelling*. 116(1): 15-31.

Öztemel, E. (2012). *Yapay Sinir Ağları*. İstanbul: Papatya Yayıncılık.

Palanisamy, P., Zubar, A. ve Kapoor, S. (2011). A Model for Supplier Selection using Analytic Network Process. *Tenth International Conference on Operations and Quantitative Management. ICOQM-10*. ss.808-814. 28-30 June 2011. Nashik. India.

Paliwal, M. ve Kumar, U.A. (2009). A Study of Academic Performance of Business School Graduates Using Neural Network and Statistical Techniques. *Expert Systems with Applications*. 36(4): 7865–7872.

Paliwal, M. ve Kumar, U.A. (2011). Assessing The Contribution of Variables in Feed Forward Neural Network. *Applied Soft Computing*. 11(4): 3690-3696.

Pannu, A. (2015). Artificial Intelligence and its Application in Different Areas. *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*, 4(10): 79-84.

Peng, C. ve Wen, X. (1999). Recent Applications of Artificial Neural Networks in Forest Resource Management: An Overview. *American Association for Artificial Intelligence Technical Report WS-99-07*. 1-8.

Phillips, P., Davies, F. ve Moutinho, L. (1999). The Interactive Effects of Strategic Planning on Hotel Performance: A Neural Network Analysis. *Management Decision*. 37(3): 279-288.

Phillips, P., Zigan, K. Silva, M.M.S. ve Schegg, R. (2015). The Interactive Effects of Online Reviews on The Determinants of Swiss Hotel Performance: A Neural Network Analysis. *Tourism Management*. 50: 130-141.

Pinjare, S.L. ve Kumar A.M. (2012). Implementation of Neural Network Back Propagation Training Algorithm on FPGA. *International Journal of Computer Applications*, 52(6): 1-7.

Poole, D.L. ve Mackworth A.K. (2010). *Artificial Intelligence Foundations of Computational Agents*. USA: Cambridge University Press.

Pramod, V.R. ve Banwet, D.K. (2010). Analytic Network Process Analysis of an Indian Telecommunication Service Supply Chain: A Case Study. *Service Science*. 2(4): 281-293.

Priddy, K.L. ve Keller, P.E. (2005). *Artificial Neural Networks-An Introduction*. USA: SPIE Press.

Pujara, H. ve Prasad, K. MVV (2013). Image Segmentation Using Learning Vector Quantization of Artificial Neural Network. (*IJARAI*) *International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence*. 2(7): 51-55.

Ramanathan, R. (2003). *An Introduction to Data Envelopment Analysis-A Tool for Performance Measurement*. New Delhi: Sage Publications.

Ray, S.C. (2004). *Data Envelopment Analysis- Theory and Techniques for Economics and Operations Research*. UK: Cambridge University Press.

Regional Innovation Scoreboard (2016). https://ec.europa.eu/growth/industry/innovation/facts-figures/regional_en. Erişim Tarihi: 10.12.2016.

Rojas, R. (1996). *Neural Networks: A Systematic Introduction*. Berlin: Springer-Verlag.

Rosenblatt, F. (1958). The Perceptron: A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in The Brain. *Psychological Review*. 65: 386-408.

Ross, T.J. (2004). *Fuzzy Logic With Engineering Applications*. USA: John Wiley&Sons Ltd.

Russell, J.S. ve Norvig, P. (1995). *Artificial Intelligence-A Modern Approach*. New Jersey: Prentice Hall.

Rylková, Z. ve Antonová, B. (2013). Measurement of Innovation in the Czech Republic. *Journal of Innovation & Business Best Practice*. 2013: 1-11.

Saaty, T. L. (1990). How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operation Research*, 48: 9–26.

Saaty, T.L. (1999). Fundamentals of The Analytic Network Process. *ISAHP*, 14 sayfa. Kobe. Japan. 12-14 August.

Saaty, T.L. (2008). The Analytic Hierarchy and Analytic Network Measurement Processes: Applications to Decisions under Risk. *European Journal of Pure and Applied Mathematics*. 1(1): 122-196.

Saaty, T.L. ve Vargas L.G. (2006). *Decision Making With The Analytic Network Process: Economic, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks*. USA: Springer Science+Business Media, LLC.

Sadeghi, M., Rashidzadeh, M.A. ve Soukhakian, M.A. (2012). Using Analytic Network Process in a Group Decision Making for Supplier Selection. *Informatica*. 23(4): 621-643.

Saen, R.F. (2008). Supplier Selection By The New AR-IDEA Model. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 39(11): 1061-1070.

Saen, R.F. (2010). Performance Measurement of Power Plants in the Existence of Weight Restrictions via Slacks-Based Model. *Benchmarking: An International Journal*. 17(5): 677-691.

Salman, M.A. ve Seno, N.I. (2012). A Comparison of Mamdani and Sugeno Inference Systems for a Satellite Image Classification. *Anbar Journal for Engineering Sciences*. <http://www.iasj.net/iasj?func=fulltext&aId=69268>, (17.06.2016). 296-307.

Scardi, M. ve Harding, L.W. (1999). Developing an Empirical Model of Phytoplankton Primary Production: A Neural Network Case Study. *Ecological Modelling*. 120(2-3): 213-223.

Scrucca, L. (2013). GA: A Package for Genetic Algorithms in R. *Journal of Statistical Software*. 53(4): 1-37.

Seifert, L.M. ve Zhu, J. (1998). Identifying Excesses and Deficits in Chinese Industrial Productivity (1953- 1990): A Weighted Data Envelopment Analysis Approach. Omega. *International Journal of Management Science*. 26(2): 279-296.

Seiford, L.M. (1999). Data Envelopment Analysis: Twenty Years Out. *Data Envelopment Analysis in the Service Sector*. (ss. 1-22). Editor: Georg Westermann. Deutsche: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Sezgin, N., Tekin, R. ve Çalışkan, A. (2012). Örüntü Tanımada Hopfield Ağının Kullanılması. *Journal of Life Sciences*. 1(2): 257-266.

Shaout, A. ve Yousif, M.K. (2014). Employee Performance Appraisal System Using Fuzzy Logic. *International Journal of Computer Science & Information Technology*. 6(4): 1-19.

Sherman, H.D. ve Zhu, J. (2006). *Service Productivity Management Improving Service Performance Using Data Envelopment Analysis (DEA)*. USA: USA: Springer Science+Business Media.

Shimshak, D.G. (2015). Managing Nursing Home Quality Using DEA With Weight Restrictions. *In Applications in Multicriteria Decision Making, Data Envelopment Analysis, and Finance*. Published. 199-216.

Silva, M., Moutinho, L., Coelho, A. ve Marques, A. (2009). Market Orientation and Performance: Modelling A Neural Network. *European Journal of Marketing*. 43(3/4): 421-437.

Singh, H., Gupta, M.M., Meitzler, T., Hou, Z.G., Garg, K.K., Solo, A.M.G. ve Zadeh, L.A. (2013). Real-Life Applications of Fuzzy Logic. *Advances in Fuzzy Systems*. 1-3.

Singh, K.N., Kushwaha, S. ve Hamid, F. (2012). Analytic Network Process – A Review of Application Areas, *The 1st IEEE International Conference on Logistics Operations Management*. Le Havre. France. 17-19 October 2012. 14 page.

Soares de Mello, J.C.C.B., Meza, L.A., Quintanilha da Silveira, J. ve Gomes, E.G. (2013). About Negative Efficiencies in Cross Evaluation BCC Input Oriented Models. *European Journal of Operational Research*. 229(3): 732-737.

Sowlati, T. (2001). *Establishing the Practical Frontier in Analysis*. PhD Thesis. University of Toronto. Center for Management of Technology and Entrepreneurship Faculty of Applied Science and Engineering.

Steering Committee for the Review of Commonwealth/State Service Provision. (1997). *Data Envelopment Analysis: A Technique for Measuring The Efficiency of Government Service Delivery*. AGPS. Canberra.

Sumrit, D., Anuntavoranich, P. (2013). “Using DEMATEL Method to Analyze The Causal Relations on Technological Innovation Capability Evaluation Factors in Thai Technology-Based Firms”. *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*. 4(2): 81-103.

Suresh, N.C. ve Kaparthy, S. (1994). Performance of Fuzzy ART Neural Network for Group Technology Cell Formation. *International Journal of Production Research*. 32(7): 1693-1713.

Takamura, Y. ve Tone, K. (2003). A Comparative Site Evaluation Study For Relocating Japanese Government Agencies Out Of Tokyo. *Socio-Economic Planning Sciences*. 37(2): 85-102.

Tang, T.C. ve Chi, L.C. (2005). Neural Networks Analysis in Business Failure Prediction of Chinese Importers: A Between-Countries Approach. *Expert Systems with Applications*. 29(2): 244–255.

Taşgit, Y.E. ve Demirel, O. (2016). İnovasyon Süreci Performansı Ölçüm Kriterlerini Nitel Bir Araştırma İle Belirleme: Bilişim Sektöründen Bulgular. *İşletme Araştırmaları Dergisi*. 8(2): 307-330.

Taylor, W.M., Thompson, R.G., Thrall, R.M. ve Dharmapala, P.S. (1997). DEA/AR Efficiency and Profitability of Mexican Banks: A Total Income Model. *European Journal of Operational Research*. 98(2): 346-363.

Thanassoulis, E. (2001). *Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis*. USA: Springer Science+Business Media.

The Global Entrepreneurship and Development Institute (2017). *Global Entrepreneurship Index*. <https://thegedi.org/>. Erişim Tarihi: 20.02.2017.

Thomas, R.R., Barr, R.S., Cron, W.L. ve Slocum Jr., J.W. (1998). A Process for Evaluating Retail Store Efficiency: A Restricted DEA Approach. *International Journal of Research in Marketing*. 15(5): 487-503.

Thompson, R.G., Dharmapala, P.S., Gatewood, E.J., Macy, S. ve Thrall, R.M. (1996). DEA/Assurance Region SBDC Efficiency and Unique Projections. *Operations Research* 44(4): 533-542.

Thompson, R.G., Dharmapala, P.S., Rothenberg, L.J. ve Thrall, R.M. (1994). DEA ARs and CRs Applied to Worldwide Major Oil Companies. *The Journal of Productivity Analysis*. 5(2): 181-203.

Thompson, R.G., Singleton, Jr., F.D., Thrall, R.M., Smith, B.A. ve Wilson, M. (1986). Comparative Site Evaluations for Locating a High-Energy Physics Lab in Texas. *Interfaces*. 16(6): 35-49.

Tripathi, K.P. (2011). A Review on Knowledge-based Expert System: Concept and Architecture. *IJCA Special Issue on Artificial Intelligence Techniques - Novel Approaches & Practical Applications*.

Tsai, W.H. ve Chou, W.C. (2009). 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.

Tsai, W.H. ve Hsu, W. (2010). A Novel Hybrid Model Based on DEMATEL and ANP for Selecting Cost of Quality Model Development. *Total Quality Management*. 21(4): 439-456.

Tsai, W.H. ve Kuo, H.C. (2011). Entrepreneurship Policy Evaluation and Decision Analysis for SMEs. *Expert Systems with Applications*. 38(7): 8343-8351.

Tsai, W.H., Leu, J.D., Liu, J.Y., Lin, S.J. ve Shaw, M.J. (2010). A MCDM Approach For Sourcing Strategy Mix Decision in IT Projects. *Expert Systems with Applications*. 37(5): 3870-3886.

Tsai, W.H., Yang, C.C., Leu, J.D., Lee, Y.F. ve Yang, C.H. (2013). An Integrated Group Decision Making Support Model for Corporate Financing Decisions. *Group Decision and Negotiation*. 22(6): 1103-1127.

Tseng M.L., Lin Y. H., (2008). Application of Fuzzy DEMATEL to Develop A Cause and Effect Model of Municipal Solid Waste. *Environ Monit Assess*, DOI 10.1007/s10661-008-0601-2.

Tseng, M.L. (2009). Application of ANP and DEMATEL to Evaluate The Decision-Making of Municipal Solid Waste Management in Metro Manila. *Environmental Monitoring and Assessment*. 156: 181-197.

Tu, J.V. (1996). Advantages and Disadvantages of Using Artificial Neural Networks versus Logistic Regression for Predicting Medical Outcomes. *Journal of Clinical Epidemiology*. 49(11): 1225-1231.

TÜİK (2015). *Araştırma-Geliştirme Faaliyetleri Araştırması*. <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=21782> Erişim Tarihi: 20.12.2016.

Tütek, H.H., Gümüšoğlu, Ş. ve Özdemir, A. (2016). *Sayısal Yöntemler: Yönetimsel Yaklaşım*. İzmir: Beta Basım A.Ş.

Tzeng, G.H. ve Huang, C.Y. (2012). Combined DEMATEL Technique With Hybrid MCDM Methods For Creating The Aspired Intelligent Global Manufacturing & Logistics Systems. *Annals of Operations Research*. 197(1): 159-190.

Tzeng, G.H. ve Huang, J.J. (2011). *Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications*. USA: CRC Publishers.

Ueda, T. ve Amatatsu, H. (2009). Determination of Bounds In DEA Assurance Region Method-Its Application to Evaluation of Baseball Players and Chemical Companies. *Journal of the Operations Research Society of Japan*. 52(4): 453-467.

Uzkurt, C. (2010). *İnovasyon Yönetimi: İnovasyon Nedir, Nasıl Yapılır ve Nasıl Pazarlanır?*. Ankara Sanayi Odası Yayın Organı. Temmuz-Ağustos. 37-51.

Vasilakos, C., Kalabokidis, K., Hatzopoulos, J. ve Matsinos, I. (2008). Identifying Wildland Fire Ignition Factors Through Sensitivity Analysis of A Neural Network. *Natural Hazards*. 50(1): 125-143.

Vellido, A., Lisboa, P.J.G. ve Vaughan, J. (1999). Neural Networks in Business: A Survey of Applications (1992–1998). *Expert Systems with Applications*. 17(1): 51-70.

Venugopal, V. ve Baets, W. (1994). Neural Networks and Statistical Techniques in Marketing Research. *Marketing Intelligence & Planning*. 12(7): 30-38.

Vincová, K. (2005). Using DEA Models to Measure Efficiency. *BIATEC*, 13(8): 24-28.

Vujanovic', D., Momc'ilovic', V., Bojovic', N. ve Papic, V. (2012). Evaluation of Vehicle Fleet Maintenance Management Indicators by Application of DEMATEL and ANP. *Expert Systems with Applications*. 39(12): 10552-10563.

Wang, Y.L. ve Tzeng, G.H. (2012). Brand Marketing For Creating Brand Value Based on A MCDM Model Combining DEMATEL with ANP and VIKOR Methods. *Expert Systems with Applications*. 39(5): 5600-5615.

Wang, Y.M., Chin, K.S. ve Poon, G.K.K. (2008). A Data Envelopment Analysis Method With Assurance Region For Weight Generation in The Analytic Hierarchy Process. *Decision Support Systems*. 45(4): 913-921.

Wanke, P., Abul Kalam Azadb, M.D. ve Barros, C.P. (2016). Predicting Efficiency in Malaysian Islamic Banks: A Two-Stage TOPSIS and Neural Networks Approach. Research in *International Business and Finance*. 36: 485–498.

Wei, N.C., Liao, T.J., Chang, C.F. ve Cham, S.C. (2015). Using Data Envelopment Analysis to Evaluate Technical Training Program for Maintenance Units. *International Journal of Engineering Research*. 4(5): 264-267.

Wezel, M.C.V. ve Baets, W.R.J. (1995). Predicting Market Responses with A Neural Network. *Marketing Intelligence & Planning*. 13(7): 23-30.

Widrow, B. ve Lehr, M.A. (1993). Artificial Neural Networks of The Perceptron, MADALINE and Backpropagation Family. *Neurobionics*. (ss. 133-205). Editors: Bothe, H.W., Samii, M. ve Eckmiller, R. Elsevier Science Publishers.

Wierman, M.J. (2010). *An Introduction to the Mathematics of Uncertainty*. Creighton University. Center For The Mathematics of Uncertainty.

Wieszata, P., Trzaskalik, T. ve Targiel, K. (2011). Analytic Network Process in ERP System Selection. *International Workshop on Multiple Criteria Decision Making*. 261-286.

Wilamowski, B.M. (2003). Neural Network Architectures and Learning. *ICIT'03 International Conference on Industrial Technology*. 10-12 Aralık 2003. Maribor, Slovenia.

Wong, B.K., Bodnovich, T.A. ve Selvi, Y. (1997). Neural Network Applications in Business: A Review and Analysis of The Literature (1988-95). *Decision Support Systems*. 19(4): 301-320.

Wu, W.W. (2008). Choosing Knowledge Management Strategies by Using a Combined ANP and DEMATEL Approach. *Expert Systems with Applications*. 35(3): 828-835.

Wu, D. (2009). *Measuring Performance in Small and Medium Enterprises in the Information & Communication Technology Industries*. PhD Thesis RMIT University: School of Management College of Business.

Yadav, R.S., Ahmed, P., Soni, A.K. ve Pai, S. (2014). Academic Performance Evaluation Using Soft Computing Techniques. *Current Science*. 106(11): 1505-1517.

Yang, W.T., Liu, W.H., Liu, H.H.ve Lanasari (2013). Evaluating Influential Factors in Event Quality Using DEMATEL Method. *International Journal of Trade, Economics and Finance*. 4(3): 92-97.

Yang, Y.P.O., Shieh, H.M. ve Tzeng, G.H. (2013). A VIKOR Technique Based on DEMATEL and ANP for Information Security Risk Control Assessment. *Information Sciences*. 232: 482-500.

Yegnanarayana, B. (2005). *Artificial Neural Networks*. New Delhi: Prentice-Hall of India Private Limited.

Yıldız, S. (2010). İşletme Performansının Ölçümü Üzerine Bankacılık Sektöründe Bir Araştırma. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 36: 9-193

Yu, M.M. ve Hsiao, B. (2016). Measuring The Technology Gap and Logistics Performance of Individual Countries by Using A Meta-DEA-AR Model. *Maritime Policy&Management*. 43(1): 98-120.

Zadeh (1990). The Birth and Evolution of Fuzzy Logic. *International Journal of General Systems*. 17: 95-105.

Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*. 8: 338-353.

Zadeh, L.A. (1990). The Birth And Evolution of Fuzzy Logic. International Journal of General Systems. *International Journal of General Systems*. 17(2-3): 95-105.

Zadeh, L.A. (1994). Fuzzy Logic, Neural Networks, and Soft Computing. *Communications of The ACM*. 37(3): 77-84.

Zadeh, L.A. (2008). Is There A Need For Fuzzy Logic?. *Information Sciences*. 178: 2751-2779.

Zahedi, J. ve Rounaghi, M.M. (2015). Application of Artificial Neural Network Models and Principal Component Analysis Method in Predicting Stock Prices on Tehran Stock Exchange. *Physica A*. 438: 178-187.

Zakaria, M., Al-Shebany, M. ve Sarhan, S. (2014). Artificial Neural Network: A Brief Overview. *International Journal of Engineering Research and Applications*. 4(2): 7-12.

Zha, Y., Wang, J., Linlin, Z. ve Liang, L. (2015). Efficiency Improvement Based Upon Overall Value Judgment and Weight Restriction. *Kybernetes*. 44(5): 721-738.

Zhahzad, F., Luqman, R.A., Khan, A.R. ve Shabbir, L. (2012). Impact of Organizational Culture on Organizational Performance: An Overview. *Interdisciplinary Journal Of Contemporary Research In Business*. 3(9): 975-985.

Zhang, G., Patuwo, B.E. ve Hu, M.Y. (1998). Forecasting with Artificial Neural Networks: The State of The Art. *International Journal of Forecasting*. 14: 35-62.

Zhang, S., Zhu, X., Geng, J. ve Zhang, R. (2014). Evaluation of Enterprise Performance Based on FLI-GA Model. *Journal of Industrial Engineering and Management*. 7(2): 373-389.

Zhou, Z., Zhao, L., Lui, S. ve Ma, C. (2012). A Generalized Fuzzy DEA/AR Performance Assessment Model. *Mathematical and Computer Modelling*. 55(11-12): 2117-2128.

Zhu, J. (1996). DEA/AR Analysis of the 1988-1989 Performance of The Nanjing Textiles Corporation. *Annals of Operations Research*. 66(5): 311-335.

Zizlavsky, O. (2014). The Balanced Scorecard: Innovative Performance Measurement and Management Control System. *Journal of Technology Management & Innovation*. 9(3): 210-222.

Zurada, J.M. (1992). *Introduction to Artificial Neural Systems*. USA: West Publishing Company.

EKLER

EK 1: Alt Kriterlere İlişkin YSA Katsayılarının Bulanık DANP Katsayılarına Dönüşümü

YSA Katsayıları	e^x	e^{-x}	$\frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$	Toplam	0-1 Arası Normalize	Bulanık DANP Katsayıları	Dilsel Değişkenler
0,005	1,005	0,995	0,005	357,934	0,0000140	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,020	1,020	0,980	0,020	357,934	0,0000559	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,031	1,031	0,969	0,031	357,934	0,0000866	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,088	1,092	0,916	0,088	357,934	0,0002452	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,104	1,110	0,901	0,104	357,934	0,0002895	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,115	1,122	0,891	0,114	357,934	0,0003199	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,137	1,147	0,872	0,136	357,934	0,0003804	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,153	1,165	0,858	0,152	357,934	0,0004241	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,153	1,165	0,858	0,152	357,934	0,0004241	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,170	1,185	0,844	0,168	357,934	0,0004704	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,172	1,188	0,842	0,170	357,934	0,0004759	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,194	1,214	0,824	0,192	357,934	0,0005353	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,194	1,214	0,824	0,192	357,934	0,0005353	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,204	1,226	0,815	0,201	357,934	0,0005622	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,204	1,226	0,815	0,201	357,934	0,0005622	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,204	1,226	0,815	0,201	357,934	0,0005622	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,204	1,226	0,815	0,201	357,934	0,0005622	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,246	1,279	0,782	0,241	357,934	0,0006737	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,247	1,280	0,781	0,242	357,934	0,0006764	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,264	1,302	0,768	0,258	357,934	0,0007209	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,269	1,309	0,764	0,263	357,934	0,0007339	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,269	1,309	0,764	0,263	357,934	0,0007339	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,271	1,311	0,763	0,265	357,934	0,0007391	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,271	1,311	0,763	0,265	357,934	0,0007391	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,292	1,339	0,747	0,284	357,934	0,0007934	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,340	1,405	0,712	0,327	357,934	0,0009149	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,340	1,405	0,712	0,327	357,934	0,0009149	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,340	1,405	0,712	0,327	357,934	0,0009149	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,352	1,422	0,703	0,338	357,934	0,0009447	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,357	1,429	0,700	0,343	357,934	0,0009571	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,358	1,430	0,699	0,343	357,934	0,0009595	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,370	1,448	0,691	0,354	357,934	0,0009890	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,382	1,465	0,682	0,364	357,934	0,0010182	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,395	1,484	0,674	0,376	357,934	0,0010495	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,409	1,505	0,664	0,388	357,934	0,0010829	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,409	1,505	0,664	0,388	357,934	0,0010829	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,440	1,553	0,644	0,414	357,934	0,0011556	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,463	1,589	0,629	0,433	357,934	0,0012084	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,463	1,589	0,629	0,433	357,934	0,0012084	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,494	1,639	0,610	0,457	357,934	0,0012778	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,494	1,639	0,610	0,457	357,934	0,0012778	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,494	1,639	0,610	0,457	357,934	0,0012778	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,507	1,660	0,602	0,468	357,934	0,0013064	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,513	1,670	0,599	0,472	357,934	0,0013195	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,513	1,670	0,599	0,472	357,934	0,0013195	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,513	1,670	0,599	0,472	357,934	0,0013195	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,528	1,696	0,590	0,484	357,934	0,0013518	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,528	1,696	0,590	0,484	357,934	0,0013518	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,528	1,696	0,590	0,484	357,934	0,0013518	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,538	1,713	0,584	0,491	357,934	0,0013731	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,542	1,719	0,582	0,495	357,934	0,0013815	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,585	1,795	0,557	0,526	357,934	0,0014704	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,587	1,799	0,556	0,528	357,934	0,0014744	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,611	1,842	0,543	0,545	357,934	0,0015222	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,611	1,842	0,543	0,545	357,934	0,0015222	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,613	1,846	0,542	0,546	357,934	0,0015261	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,613	1,846	0,542	0,546	357,934	0,0015261	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,613	1,846	0,542	0,546	357,934	0,0015261	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,646	1,908	0,524	0,569	357,934	0,0015896	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,675	1,964	0,509	0,588	357,934	0,0016435	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,675	1,964	0,509	0,588	357,934	0,0016435	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,676	1,966	0,509	0,589	357,934	0,0016453	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
0,680	1,974	0,507	0,592	357,934	0,0016526	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok

EK 1: Devam

0,680	1,974	0,507	0,592	357,934	0,0016526	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,680	1,974	0,507	0,592	357,934	0,0016526	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,680	1,974	0,507	0,592	357,934	0,0016526	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,680	1,974	0,507	0,592	357,934	0,0016526	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,694	2,002	0,500	0,601	357,934	0,0016778	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,694	2,002	0,500	0,601	357,934	0,0016778	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,694	2,002	0,500	0,601	357,934	0,0016778	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,737	2,090	0,479	0,627	357,934	0,0017526	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,737	2,090	0,479	0,627	357,934	0,0017526	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,741	2,098	0,477	0,630	357,934	0,0017594	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,763	2,145	0,466	0,643	357,934	0,0017960	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,777	2,175	0,460	0,651	357,934	0,0018187	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,792	2,208	0,453	0,660	357,934	0,0018426	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,792	2,208	0,453	0,660	357,934	0,0018426	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,813	2,255	0,444	0,671	357,934	0,0018753	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,818	2,266	0,441	0,674	357,934	0,0018830	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,818	2,266	0,441	0,674	357,934	0,0018830	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,823	2,277	0,439	0,677	357,934	0,0018906	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,823	2,277	0,439	0,677	357,934	0,0018906	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,845	2,328	0,430	0,688	357,934	0,0019234	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,850	2,340	0,427	0,691	357,934	0,0019307	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,850	2,340	0,427	0,691	357,934	0,0019307	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,850	2,340	0,427	0,691	357,934	0,0019307	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,877	2,404	0,416	0,705	357,934	0,0019694	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,877	2,404	0,416	0,705	357,934	0,0019694	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,896	2,450	0,408	0,714	357,934	0,0019957	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,926	2,524	0,396	0,729	357,934	0,0020359	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,971	2,641	0,379	0,749	357,934	0,0020930	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,983	2,672	0,374	0,754	357,934	0,0021075	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,988	2,686	0,372	0,757	357,934	0,0021135	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,014	2,757	0,363	0,767	357,934	0,0021440	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,020	2,773	0,361	0,770	357,934	0,0021509	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,020	2,773	0,361	0,770	357,934	0,0021509	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,020	2,773	0,361	0,770	357,934	0,0021509	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,022	2,779	0,360	0,771	357,934	0,0021531	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,055	2,872	0,348	0,784	357,934	0,0021896	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,069	2,912	0,343	0,789	357,934	0,0022046	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,069	2,912	0,343	0,789	357,934	0,0022046	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,075	2,930	0,341	0,791	357,934	0,0022108	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,075	2,930	0,341	0,791	357,934	0,0022108	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,084	2,956	0,338	0,795	357,934	0,0022202	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,084	2,956	0,338	0,795	357,934	0,0022202	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,086	2,962	0,338	0,795	357,934	0,0022222	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,094	2,986	0,335	0,798	357,934	0,0022304	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,170	3,222	0,310	0,824	357,934	0,0023029	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,170	3,222	0,310	0,824	357,934	0,0023029	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,170	3,222	0,310	0,824	357,934	0,0023029	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,170	3,222	0,310	0,824	357,934	0,0023029	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,182	3,261	0,307	0,828	357,934	0,0023135	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,182	3,261	0,307	0,828	357,934	0,0023135	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,190	3,287	0,304	0,831	357,934	0,0023205	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,221	3,391	0,295	0,840	357,934	0,0023467	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,227	3,411	0,293	0,842	357,934	0,0023516	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,235	3,438	0,291	0,844	357,934	0,0023580	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,235	3,438	0,291	0,844	357,934	0,0023580	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,313	3,717	0,269	0,865	357,934	0,0024167	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,313	3,717	0,269	0,865	357,934	0,0024167	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,313	3,717	0,269	0,865	357,934	0,0024167	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,359	3,892	0,257	0,876	357,934	0,0024478	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,359	3,892	0,257	0,876	357,934	0,0024478	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,361	3,900	0,256	0,877	357,934	0,0024491	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,389	4,011	0,249	0,883	357,934	0,0024668	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,389	4,011	0,249	0,883	357,934	0,0024668	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,389	4,011	0,249	0,883	357,934	0,0024668	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,389	4,011	0,249	0,883	357,934	0,0024668	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok

EK 1: Devam

1,389	4,011	0,249	0,883	357,934	0,0024668	(0,00,0,00,0,25)	Etki Yok
1,429	4,175	0,240	0,891	357,934	0,0024906	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,431	4,183	0,239	0,892	357,934	0,0024917	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,434	4,195	0,238	0,892	357,934	0,0024934	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,438	4,212	0,237	0,893	357,934	0,0024957	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,462	4,315	0,232	0,898	357,934	0,0025090	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,481	4,397	0,227	0,902	357,934	0,0025191	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,520	4,572	0,219	0,909	357,934	0,0025387	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,520	4,572	0,219	0,909	357,934	0,0025387	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,520	4,572	0,219	0,909	357,934	0,0025387	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,527	4,604	0,217	0,910	357,934	0,0025421	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,527	4,604	0,217	0,910	357,934	0,0025421	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,527	4,604	0,217	0,910	357,934	0,0025421	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,531	4,623	0,216	0,911	357,934	0,0025440	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,538	4,655	0,215	0,912	357,934	0,0025474	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,553	4,726	0,212	0,914	357,934	0,0025543	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,555	4,735	0,211	0,915	357,934	0,0025552	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,583	4,870	0,205	0,919	357,934	0,0025677	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,606	4,983	0,201	0,923	357,934	0,0025775	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,607	4,988	0,200	0,923	357,934	0,0025779	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,626	5,083	0,197	0,925	357,934	0,0025856	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,636	5,135	0,195	0,927	357,934	0,0025896	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,646	5,186	0,193	0,928	357,934	0,0025935	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,646	5,186	0,193	0,928	357,934	0,0025935	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,646	5,186	0,193	0,928	357,934	0,0025935	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,646	5,186	0,193	0,928	357,934	0,0025935	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,646	5,186	0,193	0,928	357,934	0,0025935	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,679	5,360	0,187	0,933	357,934	0,0026059	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,701	5,479	0,183	0,936	357,934	0,0026137	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,720	5,585	0,179	0,938	357,934	0,0026202	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,751	5,760	0,174	0,941	357,934	0,0026303	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,754	5,778	0,173	0,942	357,934	0,0026313	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,786	5,966	0,168	0,945	357,934	0,0026411	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,786	5,966	0,168	0,945	357,934	0,0026411	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,840	6,297	0,159	0,951	357,934	0,0026563	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,847	6,341	0,158	0,951	357,934	0,0026582	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,852	6,373	0,157	0,952	357,934	0,0026595	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,858	6,411	0,156	0,952	357,934	0,0026611	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,878	6,540	0,153	0,954	357,934	0,0026662	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,897	6,666	0,150	0,956	357,934	0,0026708	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,908	6,740	0,148	0,957	357,934	0,0026734	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,908	6,740	0,148	0,957	357,934	0,0026734	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,908	6,740	0,148	0,957	357,934	0,0026734	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,942	6,973	0,143	0,960	357,934	0,0026812	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,966	7,142	0,140	0,962	357,934	0,0026864	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,971	7,178	0,139	0,962	357,934	0,0026874	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
1,995	7,352	0,136	0,964	357,934	0,0026923	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
2,041	7,698	0,130	0,967	357,934	0,0027011	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
2,041	7,698	0,130	0,967	357,934	0,0027011	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
2,041	7,698	0,130	0,967	357,934	0,0027011	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
2,041	7,698	0,130	0,967	357,934	0,0027011	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
2,045	7,729	0,129	0,967	357,934	0,0027018	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
2,051	7,776	0,129	0,967	357,934	0,0027029	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
2,054	7,799	0,128	0,968	357,934	0,0027034	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
2,054	7,799	0,128	0,968	357,934	0,0027034	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
2,058	7,830	0,128	0,968	357,934	0,0027041	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
2,058	7,830	0,128	0,968	357,934	0,0027041	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
2,064	7,877	0,127	0,968	357,934	0,0027052	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
2,064	7,877	0,127	0,968	357,934	0,0027052	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
2,083	8,029	0,125	0,969	357,934	0,0027084	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
2,111	8,256	0,121	0,971	357,934	0,0027130	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
2,111	8,256	0,121	0,971	357,934	0,0027130	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
2,137	8,474	0,118	0,973	357,934	0,0027171	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
2,168	8,741	0,114	0,974	357,934	0,0027216	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
2,211	9,125	0,110	0,976	357,934	0,0027275	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
2,211	9,125	0,110	0,976	357,934	0,0027275	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
2,211	9,125	0,110	0,976	357,934	0,0027275	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
2,211	9,125	0,110	0,976	357,934	0,0027275	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki

EK 1: Devam

2,249	9,478	0,106	0,978	357,934	0,0027323	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
2,290	9,875	0,101	0,980	357,934	0,0027371	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
2,290	9,875	0,101	0,980	357,934	0,0027371	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
2,290	9,875	0,101	0,980	357,934	0,0027371	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
2,321	10,186	0,098	0,981	357,934	0,0027405	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
2,321	10,186	0,098	0,981	357,934	0,0027405	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
2,339	10,371	0,096	0,982	357,934	0,0027423	(0,00,0,25,0,50)	Düşük Derecede Etki
2,375	10,751	0,093	0,983	357,934	0,0027459	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
2,375	10,751	0,093	0,983	357,934	0,0027459	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
2,375	10,751	0,093	0,983	357,934	0,0027459	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
2,407	11,101	0,090	0,984	357,934	0,0027488	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
2,443	11,508	0,087	0,985	357,934	0,0027519	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
2,443	11,508	0,087	0,985	357,934	0,0027519	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
2,469	11,811	0,085	0,986	357,934	0,0027540	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
2,500	12,182	0,082	0,987	357,934	0,0027564	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
2,500	12,182	0,082	0,987	357,934	0,0027564	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
2,509	12,293	0,081	0,987	357,934	0,0027571	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
2,523	12,466	0,080	0,987	357,934	0,0027581	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
2,546	12,756	0,078	0,988	357,934	0,0027597	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
2,564	12,988	0,077	0,988	357,934	0,0027609	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
2,626	13,818	0,072	0,990	357,934	0,0027647	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
2,626	13,818	0,072	0,990	357,934	0,0027647	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
2,658	14,268	0,070	0,990	357,934	0,0027665	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
2,672	14,469	0,069	0,990	357,934	0,0027672	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
2,672	14,469	0,069	0,990	357,934	0,0027672	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
2,679	14,571	0,069	0,991	357,934	0,0027676	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
2,710	15,029	0,067	0,991	357,934	0,0027692	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
2,710	15,029	0,067	0,991	357,934	0,0027692	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
2,721	15,196	0,066	0,991	357,934	0,0027697	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
2,721	15,196	0,066	0,991	357,934	0,0027697	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
2,748	15,611	0,064	0,992	357,934	0,0027710	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
2,778	16,087	0,062	0,992	357,934	0,0027723	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
2,863	17,514	0,057	0,994	357,934	0,0027757	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
2,881	17,832	0,056	0,994	357,934	0,0027763	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
2,948	19,068	0,052	0,995	357,934	0,0027785	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
2,982	19,727	0,051	0,995	357,934	0,0027795	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,053	21,179	0,047	0,996	357,934	0,0027814	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,053	21,179	0,047	0,996	357,934	0,0027814	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,061	21,349	0,047	0,996	357,934	0,0027816	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,061	21,349	0,047	0,996	357,934	0,0027816	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,063	21,392	0,047	0,996	357,934	0,0027816	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,067	21,477	0,047	0,996	357,934	0,0027817	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,067	21,477	0,047	0,996	357,934	0,0027817	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,077	21,693	0,046	0,996	357,934	0,0027820	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,077	21,693	0,046	0,996	357,934	0,0027820	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,077	21,693	0,046	0,996	357,934	0,0027820	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,194	24,386	0,041	0,997	357,934	0,0027844	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,194	24,386	0,041	0,997	357,934	0,0027844	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,209	24,754	0,040	0,997	357,934	0,0027847	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,214	24,878	0,040	0,997	357,934	0,0027848	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,226	25,179	0,040	0,997	357,934	0,0027850	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,231	25,305	0,040	0,997	357,934	0,0027851	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,231	25,305	0,040	0,997	357,934	0,0027851	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,241	25,559	0,039	0,997	357,934	0,0027853	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,272	26,364	0,038	0,997	357,934	0,0027858	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,272	26,364	0,038	0,997	357,934	0,0027858	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,301	27,140	0,037	0,997	357,934	0,0027862	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,359	28,760	0,035	0,998	357,934	0,0027871	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,378	29,312	0,034	0,998	357,934	0,0027873	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,430	30,877	0,032	0,998	357,934	0,0027880	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,435	31,031	0,032	0,998	357,934	0,0027880	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,435	31,031	0,032	0,998	357,934	0,0027880	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,440	31,187	0,032	0,998	357,934	0,0027881	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,472	32,201	0,031	0,998	357,934	0,0027884	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,495	32,950	0,030	0,998	357,934	0,0027887	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,523	33,886	0,030	0,998	357,934	0,0027889	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,571	35,552	0,028	0,998	357,934	0,0027894	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,571	35,552	0,028	0,998	357,934	0,0027894	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki
3,590	36,234	0,028	0,998	357,934	0,0027896	(0,25,0,50,0,75)	Orta Derecede Etki

EK 1: Devam

3,668	39,173	0,026	0,999	357,934	0,0027902	(0.25,0.50,0.75)	Orta Derecede Etki
3,681	39,686	0,025	0,999	357,934	0,0027903	(0.25,0.50,0.75)	Orta Derecede Etki
3,694	40,205	0,025	0,999	357,934	0,0027904	(0.25,0.50,0.75)	Orta Derecede Etki
3,704	40,609	0,025	0,999	357,934	0,0027904	(0.25,0.50,0.75)	Orta Derecede Etki
3,720	41,264	0,024	0,999	357,934	0,0027905	(0.25,0.50,0.75)	Orta Derecede Etki
3,750	42,521	0,024	0,999	357,934	0,0027907	(0.25,0.50,0.75)	Orta Derecede Etki
3,817	45,468	0,022	0,999	357,934	0,0027911	(0.25,0.50,0.75)	Orta Derecede Etki
3,883	48,570	0,021	0,999	357,934	0,0027914	(0.25,0.50,0.75)	Orta Derecede Etki
3,885	48,667	0,021	0,999	357,934	0,0027915	(0.25,0.50,0.75)	Orta Derecede Etki
3,885	48,667	0,021	0,999	357,934	0,0027915	(0.25,0.50,0.75)	Orta Derecede Etki
3,931	50,958	0,020	0,999	357,934	0,0027917	(0.25,0.50,0.75)	Orta Derecede Etki
3,935	51,162	0,020	0,999	357,934	0,0027917	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
3,939	51,367	0,019	0,999	357,934	0,0027917	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
3,939	51,367	0,019	0,999	357,934	0,0027917	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
3,943	51,573	0,019	0,999	357,934	0,0027917	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
4,065	58,265	0,017	0,999	357,934	0,0027922	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
4,065	58,265	0,017	0,999	357,934	0,0027922	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
4,103	60,522	0,017	0,999	357,934	0,0027923	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
4,103	60,522	0,017	0,999	357,934	0,0027923	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
4,158	63,944	0,016	1,000	357,934	0,0027924	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
4,167	64,522	0,015	1,000	357,934	0,0027925	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
4,198	66,553	0,015	1,000	357,934	0,0027925	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
4,198	66,553	0,015	1,000	357,934	0,0027925	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
4,198	66,553	0,015	1,000	357,934	0,0027925	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
4,286	72,675	0,014	1,000	357,934	0,0027928	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
4,294	73,259	0,014	1,000	357,934	0,0027928	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
4,358	78,101	0,013	1,000	357,934	0,0027929	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
4,480	88,235	0,011	1,000	357,934	0,0027931	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
4,480	88,235	0,011	1,000	357,934	0,0027931	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
4,499	89,927	0,011	1,000	357,934	0,0027931	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
4,499	89,927	0,011	1,000	357,934	0,0027931	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
4,592	98,692	0,010	1,000	357,934	0,0027932	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
4,595	98,988	0,010	1,000	357,934	0,0027932	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
4,659	105,530	0,009	1,000	357,934	0,0027933	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
4,668	106,485	0,009	1,000	357,934	0,0027933	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
4,703	110,278	0,009	1,000	357,934	0,0027934	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
4,821	124,089	0,008	1,000	357,934	0,0027934	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
4,839	126,343	0,008	1,000	357,934	0,0027935	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
4,914	136,183	0,007	1,000	357,934	0,0027935	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
5,149	172,259	0,006	1,000	357,934	0,0027936	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
5,149	172,259	0,006	1,000	357,934	0,0027936	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
5,160	174,164	0,006	1,000	357,934	0,0027936	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
5,194	180,188	0,006	1,000	357,934	0,0027936	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
5,243	189,237	0,005	1,000	357,934	0,0027937	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
5,344	209,348	0,005	1,000	357,934	0,0027937	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
5,357	212,088	0,005	1,000	357,934	0,0027937	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
5,357	212,088	0,005	1,000	357,934	0,0027937	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
5,376	216,156	0,005	1,000	357,934	0,0027937	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
5,432	228,606	0,004	1,000	357,934	0,0027937	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
5,442	230,904	0,004	1,000	357,934	0,0027937	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
5,541	254,933	0,004	1,000	357,934	0,0027937	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
5,556	258,786	0,004	1,000	357,934	0,0027937	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
5,631	278,941	0,004	1,000	357,934	0,0027937	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
5,641	281,744	0,004	1,000	357,934	0,0027937	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
5,651	284,576	0,004	1,000	357,934	0,0027937	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
5,679	292,657	0,003	1,000	357,934	0,0027937	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
5,761	317,666	0,003	1,000	357,934	0,0027938	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
5,869	353,895	0,003	1,000	357,934	0,0027938	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
5,893	362,491	0,003	1,000	357,934	0,0027938	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
5,897	363,944	0,003	1,000	357,934	0,0027938	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
5,952	384,522	0,003	1,000	357,934	0,0027938	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
5,963	388,775	0,003	1,000	357,934	0,0027938	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
6,081	437,466	0,002	1,000	357,934	0,0027938	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
6,122	455,775	0,002	1,000	357,934	0,0027938	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
6,140	464,054	0,002	1,000	357,934	0,0027938	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
6,193	489,312	0,002	1,000	357,934	0,0027938	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
6,193	489,312	0,002	1,000	357,934	0,0027938	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
6,193	489,312	0,002	1,000	357,934	0,0027938	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
6,214	499,696	0,002	1,000	357,934	0,0027938	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki

EK 1: Devam

6,250	518,013	0,002	1,000	357,934	0,0027938	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
6,272	529,535	0,002	1,000	357,934	0,0027938	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
6,433	622,037	0,002	1,000	357,934	0,0027938	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
6,544	695,061	0,001	1,000	357,934	0,0027938	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
6,588	726,327	0,001	1,000	357,934	0,0027938	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
6,633	759,758	0,001	1,000	357,934	0,0027938	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
6,634	760,518	0,001	1,000	357,934	0,0027938	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
6,651	773,557	0,001	1,000	357,934	0,0027938	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
6,651	773,557	0,001	1,000	357,934	0,0027938	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
6,661	781,332	0,001	1,000	357,934	0,0027938	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
6,796	894,263	0,001	1,000	357,934	0,0027938	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
6,990	1085,721	0,001	1,000	357,934	0,0027938	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
7,110	1224,148	0,001	1,000	357,934	0,0027938	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
7,176	1307,667	0,001	1,000	357,934	0,0027938	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
7,306	1489,208	0,001	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
7,310	1495,177	0,001	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
7,362	1574,983	0,001	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
7,388	1616,470	0,001	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
7,440	1702,750	0,001	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
7,706	2221,638	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
7,770	2368,471	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
7,770	2368,471	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
7,771	2370,841	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
7,895	2683,830	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
7,996	2969,058	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
8,028	3065,604	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
8,130	3394,800	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
8,130	3394,800	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
8,148	3456,459	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
8,179	3565,288	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
8,205	3659,201	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
8,446	4656,410	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
8,503	4929,535	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
8,672	5837,162	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
8,718	6111,943	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
8,738	6235,412	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
8,945	7669,449	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
9,174	9643,120	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
9,214	10036,663	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
9,313	11081,142	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
9,407	12173,296	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
9,530	13766,591	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
9,582	14501,393	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
9,816	18324,606	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
9,877	19477,203	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
9,924	20414,485	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
10,097	24270,090	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
10,291	29466,226	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
10,473	35348,103	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
10,941	56443,759	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
11,111	66903,061	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
11,282	79379,863	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
11,358	85647,901	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
11,404	89679,726	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
11,523	1,010E+05	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
11,828	1,370E+05	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
11,993	1,616E+05	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
12,321	2,244E+05	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
12,473	2,612E+05	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
12,573	2,887E+05	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
12,844	3,785E+05	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
12,881	3,928E+05	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
13,086	4,821E+05	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
13,333	6,172E+05	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
13,456	6,980E+05	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
13,657	8,534E+05	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
13,786	9,709E+05	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
14,403	1,799E+06	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
15,974	8,658E+06	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki

EK 1: Devam

17,943	6,202E+07	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
18,750	1,390E+08	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
19,725	3,685E+08	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
20,305	6,582E+08	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
20,988	1,303E+09	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
21,326	1,827E+09	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
22,051	3,772E+09	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
22,051	3,772E+09	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
24,198	3,229E+10	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
25,229	9,053E+10	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
26,176	2,334E+11	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
32,099	8,718E+13	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
37,949	3,027E+16	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
50,256	6,697E+21	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
51,086	1,536E+22	0,000	1,000	357,934	0,0027938	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki



EK 2: Ana Kriterlere İlişkin YSA Katsayılarının Bulanık DANP Katsayılarına Dönüşümü

YSA Katsayıları	e^x	e^{-x}	$\frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$	Toplam	0-1 Arası Normalize	Bulanık DANP Katsayıları	Dilsel Değişkenler
0,238	1,269	0,788	0,234	39,471	0,0059184	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,623	1,865	0,536	0,553	39,471	0,0140157	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
0,718	2,050	0,488	0,616	39,471	0,0155980	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,038	2,824	0,354	0,777	39,471	0,0196878	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,049	2,855	0,350	0,781	39,471	0,0197973	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,196	3,307	0,302	0,832	39,471	0,0210897	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,399	4,051	0,247	0,885	39,471	0,0224250	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
1,429	4,175	0,240	0,891	39,471	0,0225852	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
2,153	8,611	0,116	0,973	39,471	0,0246607	(0.00,0.00,0.25)	Etki Yok
2,623	13,777	0,073	0,990	39,471	0,0250695	(0.00,0.25,0.50)	Düşük Derecede Etki
2,632	13,902	0,072	0,990	39,471	0,0250742	(0.00,0.25,0.50)	Düşük Derecede Etki
2,797	16,395	0,061	0,993	39,471	0,0251473	(0.00,0.25,0.50)	Düşük Derecede Etki
2,857	17,409	0,057	0,993	39,471	0,0251684	(0.00,0.25,0.50)	Düşük Derecede Etki
2,951	19,125	0,052	0,995	39,471	0,0251969	(0.00,0.25,0.50)	Düşük Derecede Etki
3,115	22,533	0,044	0,996	39,471	0,0252355	(0.00,0.25,0.50)	Düşük Derecede Etki
4,050	57,397	0,017	0,999	39,471	0,0253197	(0.00,0.25,0.50)	Düşük Derecede Etki
4,545	94,160	0,011	1,000	39,471	0,0253293	(0.00,0.25,0.50)	Düşük Derecede Etki
4,673	107,018	0,009	1,000	39,471	0,0253306	(0.25,0.50,0.75)	Orta Derecede Etki
4,710	111,052	0,009	1,000	39,471	0,0253309	(0.25,0.50,0.75)	Orta Derecede Etki
4,844	126,976	0,008	1,000	39,471	0,0253319	(0.25,0.50,0.75)	Orta Derecede Etki
5,190	179,469	0,006	1,000	39,471	0,0253335	(0.25,0.50,0.75)	Orta Derecede Etki
5,246	189,806	0,005	1,000	39,471	0,0253336	(0.25,0.50,0.75)	Orta Derecede Etki
5,714	303,081	0,003	1,000	39,471	0,0253345	(0.25,0.50,0.75)	Orta Derecede Etki
5,882	358,526	0,003	1,000	39,471	0,0253347	(0.25,0.50,0.75)	Orta Derecede Etki
5,902	365,768	0,003	1,000	39,471	0,0253347	(0.25,0.50,0.75)	Orta Derecede Etki
6,429	619,554	0,002	1,000	39,471	0,0253349	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
6,884	976,525	0,001	1,000	39,471	0,0253350	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
7,609	2016,261	0,000	1,000	39,471	0,0253350	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
7,692	2190,752	0,000	1,000	39,471	0,0253350	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
8,411	4496,255	0,000	1,000	39,471	0,0253351	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
9,330	1,127E+04	0,000	1,000	39,471	0,0253351	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
12,681	3,216E+05	0,000	1,000	39,471	0,0253351	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
13,443	6,890E+05	0,000	1,000	39,471	0,0253351	(0.50,0.75,1.00)	Yüksek Derecede Etki
15,217	4,061E+06	0,000	1,000	39,471	0,0253351	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
17,133	2,759E+07	0,000	1,000	39,471	0,0253351	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
19,723	3,678E+08	0,000	1,000	39,471	0,0253351	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
20,290	6,484E+08	0,000	1,000	39,471	0,0253351	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
20,714	9,908E+08	0,000	1,000	39,471	0,0253351	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
21,799	2,932E+09	0,000	1,000	39,471	0,0253351	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
22,295	4,815E+09	0,000	1,000	39,471	0,0253351	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki
28,037	1,501E+12	0,000	1,000	39,471	0,0253351	(0.75,1.00,1.00)	Çok Yüksek Derecede Etki

EK 5: Bulank Toplam Etki Matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21
C 1	(0.042,0.1 83,0.133)	(0.036,0.1 04,0.173)	(0.115,0.1 80,0.233)	(0.032,0.0 76,0.150)	(0.112,0.1 91,0.248)	(0.084,0.1 39,0.202)	(0.027,0.0 64,0.137)	(0.083,0.1 57,0.219)	(0.121,0.1 64,0.203)	(0.051,0.0 95,0.163)	(0.105,0.1 59,0.213)	(0.091,0.1 43,0.209)	(0.136,0.1 90,0.226)	(0.100,0.1 52,0.213)	(0.110,0.1 68,0.229)	(0.110,0.1 65,0.199)	(0.128,0.1 78,0.219)	(0.112,0.1 46,0.185)	(0.076,0.1 11,0.170)	(0.025,0.0 79,0.151)	(0.017,0.0 49,0.127)
C 2	(0.121,0.1 55,0.184)	(0.040,0.0 85,0.138)	(0.143,0.1 98,0.227)	(0.032,0.0 95,0.160)	(0.128,0.2 02,0.254)	(0.035,0.0 84,0.155)	(0.023,0.0 79,0.146)	(0.106,0.1 70,0.225)	(0.125,0.1 66,0.199)	(0.130,0.1 70,0.206)	(0.057,0.1 66,0.167)	(0.093,0.1 45,0.205)	(0.109,0.1 67,0.219)	(0.102,0.1 53,0.208)	(0.087,0.1 52,0.210)	(0.122,0.1 68,0.195)	(0.075,0.1 36,0.197)	(0.043,0.0 77,0.141)	(0.023,0.0 70,0.137)	(0.026,0.0 61,0.132)	(0.045,0.0 87,0.152)
C 3	(0.050,0.0 85,0.145)	(0.092,0.1 40,0.196)	(0.067,0.1 18,0.169)	(0.028,0.0 71,0.145)	(0.128,0.1 96,0.253)	(0.054,0.1 12,0.180)	(0.045,0.0 92,0.158)	(0.079,0.1 46,0.210)	(0.042,0.1 03,0.170)	(0.126,0.1 64,0.199)	(0.122,0.1 65,0.204)	(0.089,0.1 38,0.203)	(0.081,0.1 42,0.205)	(0.098,0.1 46,0.207)	(0.110,0.1 64,0.223)	(0.113,0.1 56,0.192)	(0.095,0.1 48,0.211)	(0.033,0.0 67,0.138)	(0.019,0.0 46,0.121)	(0.073,0.1 10,0.173)	(0.020,0.0 49,0.125)
C 4	(0.019,0.0 45,0.111)	(0.015,0.0 44,0.117)	(0.086,0.1 25,0.184)	(0.012,0.0 39,0.096)	(0.085,0.1 35,0.203)	(0.012,0.0 63,0.132)	(0.009,0.0 30,0.100)	(0.078,0.1 19,0.182)	(0.016,0.0 63,0.132)	(0.081,0.1 14,0.166)	(0.079,0.1 14,0.169)	(0.069,0.1 02,0.166)	(0.026,0.0 57,0.133)	(0.017,0.0 67,0.139)	(0.029,0.0 84,0.155)	(0.017,0.0 55,0.130)	(0.023,0.0 55,0.130)	(0.019,0.0 40,0.108)	(0.011,0.0 26,0.094)	(0.012,0.0 31,0.102)	(0.010,0.0 27,0.096)
C 5	(0.113,0.1 50,0.181)	(0.031,0.0 81,0.146)	(0.133,0.1 87,0.221)	(0.047,0.1 00,0.166)	(0.073,0.1 38,0.191)	(0.028,0.0 94,0.163)	(0.019,0.0 53,0.126)	(0.127,0.1 82,0.220)	(0.035,0.0 79,0.151)	(0.074,0.1 28,0.182)	(0.123,0.1 66,0.201)	(0.061,0.1 17,0.185)	(0.079,0.1 40,0.198)	(0.065,0.1 21,0.186)	(0.107,0.1 63,0.219)	(0.086,0.1 38,0.188)	(0.070,0.1 29,0.191)	(0.088,0.1 25,0.177)	(0.046,0.0 25,0.177)	(0.019,0.0 85,0.147)	(0.017,0.0 52,0.127)
C 6	(0.135,0.1 75,0.200)	(0.098,0.1 58,0.211)	(0.113,0.1 89,0.233)	(0.068,0.1 31,0.189)	(0.175,0.2 52,0.276)	(0.040,0.0 98,0.154)	(0.104,0.1 46,0.186)	(0.094,0.1 75,0.230)	(0.087,0.1 48,0.201)	(0.138,0.1 88,0.215)	(0.063,0.1 21,0.182)	(0.107,0.1 67,0.223)	(0.131,0.1 95,0.239)	(0.138,0.1 92,0.225)	(0.153,0.2 12,0.241)	(0.127,0.1 83,0.210)	(0.136,0.1 93,0.228)	(0.051,0.0 91,0.154)	(0.057,0.1 02,0.164)	(0.023,0.0 10,0.174)	(0.023,0.0 79,0.150)
C 7	(0.037,0.0 72,0.135)	(0.037,0.0 81,0.146)	(0.147,0.1 98,0.220)	(0.111,0.1 50,0.182)	(0.100,0.1 79,0.231)	(0.051,0.1 13,0.175)	(0.024,0.0 60,0.112)	(0.054,0.1 31,0.189)	(0.114,0.1 57,0.190)	(0.055,0.0 97,0.153)	(0.059,0.1 04,0.160)	(0.119,0.1 62,0.198)	(0.136,0.1 86,0.213)	(0.099,0.1 50,0.201)	(0.129,0.1 79,0.213)	(0.033,0.0 83,0.144)	(0.071,0.1 33,0.190)	(0.105,0.1 40,0.174)	(0.050,0.0 88,0.146)	(0.018,0.0 36,0.132)	(0.018,0.0 66,0.132)
C 8	(0.051,0.0 95,0.148)	(0.028,0.0 65,0.131)	(0.046,0.0 73,0.156)	(0.021,0.0 73,0.137)	(0.083,0.1 47,0.207)	(0.041,0.0 92,0.156)	(0.048,0.0 85,0.141)	(0.034,0.0 80,0.137)	(0.032,0.0 66,0.133)	(0.113,0.1 45,0.176)	(0.032,0.0 89,0.152)	(0.029,0.0 66,0.137)	(0.118,0.1 58,0.192)	(0.031,0.0 68,0.139)	(0.095,0.1 41,0.196)	(0.026,0.0 65,0.128)	(0.052,0.1 05,0.169)	(0.104,0.1 29,0.160)	(0.016,0.0 38,0.104)	(0.019,0.0 63,0.126)	(0.062,0.0 88,0.145)
C 9	(0.016,0.0 47,0.113)	(0.013,0.0 66,0.134)	(0.049,0.1 04,0.172)	(0.061,0.0 98,0.156)	(0.028,0.1 00,0.178)	(0.034,0.0 79,0.147)	(0.007,0.0 52,0.117)	(0.017,0.0 82,0.156)	(0.010,0.0 46,0.106)	(0.016,0.0 50,0.122)	(0.071,0.1 13,0.172)	(0.012,0.0 47,0.126)	(0.018,0.0 77,0.151)	(0.042,0.0 91,0.157)	(0.019,0.0 61,0.140)	(0.011,0.0 66,0.131)	(0.009,0.1 10,0.173)	(0.006,0.0 23,0.094)	(0.060,0.0 88,0.145)	(0.004,0.0 44,0.110)	
C 10	(0.057,0.0 98,0.149)	(0.080,0.1 19,0.171)	(0.121,0.1 62,0.197)	(0.017,0.0 48,0.119)	(0.095,0.1 52,0.215)	(0.043,0.0 92,0.155)	(0.012,0.0 38,0.108)	(0.032,0.0 77,0.151)	(0.051,0.0 97,0.157)	(0.036,0.0 67,0.116)	(0.035,0.0 88,0.150)	(0.052,0.0 98,0.163)	(0.039,0.0 77,0.147)	(0.034,0.0 88,0.153)	(0.087,0.1 33,0.192)	(0.032,0.0 84,0.141)	(0.033,0.0 71,0.142)	(0.019,0.0 45,0.114)	(0.013,0.0 34,0.102)	(0.068,0.0 96,0.152)	(0.012,0.0 34,0.103)
C 11	(0.045,0.0 82,0.135)	(0.014,0.0 62,0.129)	(0.077,0.1 19,0.179)	(0.011,0.0 57,0.123)	(0.112,0.1 53,0.199)	(0.011,0.0 59,0.128)	(0.008,0.0 30,0.098)	(0.077,0.1 18,0.178)	(0.014,0.0 62,0.130)	(0.025,0.0 55,0.120)	(0.025,0.0 54,0.108)	(0.016,0.0 44,0.120)	(0.030,0.0 64,0.134)	(0.016,0.0 47,0.122)	(0.079,0.1 18,0.178)	(0.019,0.0 50,0.115)	(0.076,0.1 13,0.171)	(0.019,0.0 58,0.118)	(0.009,0.0 25,0.092)	(0.008,0.0 28,0.098)	(0.008,0.0 24,0.092)
C 12	(0.033,0.0 73,0.140)	(0.034,0.0 82,0.152)	(0.141,0.1 95,0.226)	(0.106,0.1 48,0.186)	(0.082,0.1 68,0.226)	(0.052,0.1 15,0.180)	(0.027,0.0 61,0.132)	(0.101,0.1 67,0.223)	(0.113,0.1 57,0.197)	(0.130,0.1 70,0.200)	(0.134,0.1 79,0.208)	(0.038,0.0 83,0.145)	(0.126,0.1 77,0.216)	(0.065,0.1 25,0.190)	(0.057,0.1 28,0.194)	(0.034,0.1 04,0.164)	(0.094,0.1 49,0.209)	(0.081,0.1 21,0.178)	(0.096,0.1 20,0.162)	(0.029,0.0 61,0.133)	(0.066,0.0 99,0.163)
C 13	(0.025,0.0 52,0.115)	(0.043,0.0 85,0.148)	(0.067,0.1 18,0.178)	(0.020,0.0 67,0.131)	(0.094,0.1 45,0.210)	(0.018,0.0 51,0.124)	(0.065,0.0 92,0.147)	(0.112,0.1 49,0.189)	(0.025,0.0 54,0.124)	(0.033,0.0 62,0.126)	(0.082,0.1 20,0.174)	(0.076,0.1 12,0.173)	(0.035,0.0 71,0.126)	(0.025,0.0 57,0.132)	(0.036,0.0 71,0.145)	(0.047,0.0 90,0.148)	(0.027,0.0 61,0.135)	(0.029,0.0 51,0.114)	(0.014,0.0 72,0.128)	(0.014,0.0 33,0.100)	
C 14	(0.039,0.0 79,0.133)	(0.010,0.0 42,0.111)	(0.019,0.0 62,0.133)	(0.010,0.0 39,0.106)	(0.076,0.1 30,0.193)	(0.007,0.0 38,0.125)	(0.032,0.0 68,0.124)	(0.043,0.0 94,0.159)	(0.011,0.0 43,0.113)	(0.016,0.0 68,0.129)	(0.014,0.0 67,0.132)	(0.012,0.0 61,0.131)	(0.024,0.0 62,0.129)	(0.011,0.0 46,0.104)	(0.098,0.1 36,0.175)	(0.011,0.0 43,0.109)	(0.016,0.0 71,0.137)	(0.015,0.0 23,0.090)	(0.007,0.0 26,0.090)	(0.006,0.0 47,0.110)	(0.006,0.0 44,0.105)
C 15	(0.025,0.0 52,0.114)	(0.071,0.1 11,0.165)	(0.037,0.0 97,0.160)	(0.041,0.0 86,0.144)	(0.120,0.1 68,0.210)	(0.010,0.0 64,0.133)	(0.013,0.0 58,0.119)	(0.060,0.1 11,0.172)	(0.022,0.0 55,0.124)	(0.080,0.1 19,0.169)	(0.031,0.0 64,0.131)	(0.023,0.0 58,0.130)	(0.108,0.1 45,0.182)	(0.020,0.0 56,0.130)	(0.029,0.0 69,0.128)	(0.024,0.0 79,0.136)	(0.072,0.1 12,0.173)	(0.020,0.0 44,0.110)	(0.011,0.0 31,0.097)	(0.010,0.0 67,0.126)	(0.035,0.0 67,0.126)
C 16	(0.129,0.1 63,0.184)	(0.111,0.1 36,0.191)	(0.093,0.1 62,0.210)	(0.056,0.1 13,0.171)	(0.156,0.2 22,0.249)	(0.106,0.1 36,0.193)	(0.027,0.0 83,0.144)	(0.107,0.1 72,0.222)	(0.100,0.1 48,0.196)	(0.059,0.1 04,0.158)	(0.051,0.0 99,0.161)	(0.069,0.1 29,0.188)	(0.061,0.1 15,0.174)	(0.132,0.1 78,0.207)	(0.094,0.1 59,0.208)	(0.049,0.0 95,0.135)	(0.052,0.1 03,0.167)	(0.094,0.1 73,0.135)	(0.025,0.0 59,0.130)	(0.022,0.0 88,0.150)	(0.044,0.0 88,0.150)
C 17	(0.010,0.0 28,0.093)	(0.005,0.0 45,0.112)	(0.018,0.0 43,0.120)	(0.035,0.0 65,0.124)	(0.070,0.1 06,0.177)	(0.005,0.0 25,0.098)	(0.005,0.0 19,0.085)	(0.018,0.0 63,0.133)	(0.059,0.0 30,0.142)	(0.010,0.0 30,0.100)	(0.045,0.0 77,0.137)	(0.010,0.0 29,0.105)	(0.063,0.0 91,0.154)	(0.008,0.0 29,0.105)	(0.012,0.0 35,0.114)	(0.009,0.0 49,0.112)	(0.009,0.0 32,0.093)	(0.008,0.0 16,0.080)	(0.005,0.0 18,0.085)	(0.002,0.0 14,0.080)	
C 18	(0.056,0.1 08,0.164)	(0.027,0.0 92,0.160)	(0.128,0.1 84,0.219)	(0.021,0.0 62,0.137)	(0.131,0.1 99,0.243)	(0.021,0.0 89,0.162)	(0.042,0.0 89,0.153)	(0.064,0.1 34,0.201)	(0.077,0.1 29,0.190)	(0.090,0.1 39,0.192)	(0.042,0.0 89,0.157)	(0.055,0.1 14,0.183)	(0.069,0.1 36,0.197)	(0.085,0.1 39,0.200)	(0.098,0.1 54,0.215)	(0.029,0.0 95,0.158)	(0.035,0.1 05,0.176)	(0.026,0.0 61,0.117)	(0.042,0.0 82,0.146)	(0.012,0.0 94,0.157)	(0.012,0.0 41,0.118)
C 19	(0.020,0.0 41,0.102)	(0.014,0.0 39,0.108)	(0.049,0.0 95,0.157)	(0.008,0.0 32,0.101)	(0.078,0.1 21,0.188)	(0.061,0.0 92,0.149)	(0.010,0.0 27,0.092)	(0.020,0.0 72,0.141)	(0.010,0.0 35,0.107)	(0.017,0.0 42,0.109)	(0.045,0.0 84,0.143)	(0.015,0.0 88,0.151)	(0.045,0.0 88,0.151)	(0.018,0.0 43,0.115)	(0.021,0.0 60,0.121)	(0.017,0.0 60,0.121)	(0.017,0.0 64,0.132)	(0.010,0.0 31,0.097)	(0.008,0.0 23,0.072)	(0.004,0.0 20,0.086)	
C 20	(0.109,0.1 39,0.163)	(0.104,0.1 39,0.171)	(0.120,0.1 67,0.196)	(0.015,0.0 52,0.120)	(0.053,0.1 29,0.190)	(0.045,0.0 95,0.155)	(0.019,0.0 50,0.112)	(0.038,0.1 06,0.167)	(0.032,0.0 88,0.145)	(0.035,0.0 73,0.132)	(0.062,0.1 16,0.167)	(0.032,0.0 88,0.151)	(0.091,0.1 41,0.190)	(0.115,0.1 52,0.182)	(0.045,0.0 89,0.152)	(0.039,0.0 74,0.129)	(0.034,0.0 96,0.156)	(0.023,0.0 73,0.130)	(0.015,0.0 39,0.104)	(0.014,0.0 43,0.095)	(0.036,0.0 73,0.131)
C 21	(0.052,0.0 93,0.146)	(0.116,0.1 67,0.197)	(0.082,0.1 62,0.203)	(0.115,0.1 63,0.190)	(0.170,0.2 42,0.258)	(0.028,0.1 05,0.168)	(0.100,0.1 42,0.175)	(0.064,0.1 48,0.200)	(0.127,0.1 75,0.201)	(0.108,0.1 64,0.203)	(0.130,0.1 81,0.207)	(0.048,0.1 18,0.179)	(0.084,0.1 55,0.204)	(0.131,0.1 83,0.210)	(0.149,0.2 06,0.227)	(0.117,0.1 70,0.194)	(0.048,0.1 25,0.184)	(0.118,0.1 55,0.182)	(0.020,0.0 54,0.123)	(0.017,0.0 66,0.134)	(0.017,0.0 52,0.109)

EK 6: Durulaştırılmış Bulanık Toplam Etki Matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	r	c	r+c	r-c
C1	0,086	0,104	0,176	0,086	0,184	0,141	0,076	0,153	0,163	0,103	0,159	0,148	0,184	0,155	0,169	0,160	0,175	0,148	0,119	0,085	0,065	2,837	2,028	4,864	0,809
C2	0,154	0,088	0,189	0,096	0,195	0,091	0,083	0,167	0,163	0,167	0,110	0,148	0,165	0,154	0,150	0,162	0,136	0,087	0,077	0,073	0,095	2,748	2,073	4,821	0,676
C3	0,093	0,143	0,118	0,082	0,192	0,115	0,098	0,145	0,105	0,163	0,164	0,143	0,143	0,150	0,166	0,154	0,151	0,080	0,062	0,119	0,064	2,649	2,934	5,583	-0,285
C4	0,058	0,059	0,132	0,049	0,141	0,069	0,046	0,126	0,070	0,120	0,121	0,112	0,072	0,074	0,089	0,071	0,069	0,055	0,043	0,048	0,044	1,671	1,888	3,559	-0,217
C5	0,148	0,096	0,181	0,104	0,134	0,095	0,066	0,176	0,088	0,128	0,163	0,121	0,139	0,124	0,163	0,138	0,130	0,130	0,093	0,066	0,059	2,541	3,407	5,948	-0,865
C6	0,170	0,156	0,178	0,129	0,234	0,097	0,145	0,166	0,145	0,180	0,122	0,166	0,188	0,185	0,202	0,173	0,186	0,098	0,107	0,114	0,084	3,228	1,966	5,194	1,262
C7	0,081	0,088	0,188	0,147	0,170	0,113	0,065	0,125	0,154	0,102	0,108	0,160	0,178	0,150	0,174	0,086	0,131	0,140	0,094	0,138	0,072	2,663	1,599	4,262	1,065
C8	0,098	0,074	0,099	0,077	0,146	0,096	0,091	0,083	0,077	0,145	0,091	0,078	0,156	0,079	0,144	0,073	0,109	0,131	0,053	0,069	0,098	2,068	2,654	4,722	-0,587
C9	0,058	0,071	0,108	0,105	0,102	0,086	0,059	0,085	0,054	0,063	0,119	0,062	0,082	0,097	0,073	0,069	0,117	0,050	0,040	0,098	0,053	1,652	2,218	3,870	-0,567
C10	0,101	0,123	0,160	0,061	0,154	0,097	0,053	0,087	0,102	0,073	0,091	0,104	0,088	0,092	0,137	0,086	0,082	0,059	0,050	0,105	0,050	1,955	2,332	4,287	-0,377
C11	0,087	0,068	0,125	0,064	0,155	0,066	0,045	0,125	0,069	0,067	0,063	0,060	0,076	0,062	0,125	0,061	0,120	0,065	0,042	0,045	0,042	1,630	2,419	4,049	-0,790
C12	0,082	0,089	0,187	0,147	0,159	0,116	0,073	0,164	0,156	0,167	0,174	0,088	0,173	0,127	0,126	0,101	0,151	0,126	0,126	0,074	0,109	2,715	2,215	4,930	0,500
C13	0,064	0,092	0,121	0,073	0,149	0,064	0,101	0,150	0,068	0,074	0,126	0,120	0,078	0,071	0,084	0,095	0,075	0,065	0,080	0,063	0,049	1,863	2,674	4,537	-0,812
C14	0,083	0,054	0,071	0,052	0,133	0,063	0,074	0,099	0,056	0,071	0,071	0,068	0,072	0,054	0,136	0,055	0,075	0,064	0,041	0,054	0,052	1,500	2,388	3,888	-0,888
C15	0,064	0,116	0,098	0,090	0,166	0,069	0,063	0,114	0,067	0,123	0,075	0,071	0,145	0,069	0,075	0,080	0,119	0,058	0,046	0,049	0,076	1,833	2,731	4,564	-0,898
C16	0,158	0,153	0,155	0,113	0,209	0,152	0,085	0,167	0,148	0,107	0,103	0,129	0,117	0,173	0,153	0,093	0,107	0,136	0,078	0,070	0,094	2,700	2,113	4,813	0,587
C17	0,044	0,054	0,060	0,075	0,118	0,043	0,037	0,071	0,095	0,046	0,086	0,048	0,103	0,047	0,054	0,057	0,045	0,040	0,034	0,036	0,032	1,224	2,368	3,592	-1,144
C18	0,110	0,093	0,177	0,074	0,191	0,091	0,095	0,133	0,132	0,140	0,096	0,118	0,134	0,142	0,156	0,094	0,105	0,068	0,090	0,100	0,057	2,393	1,874	4,267	0,519
C19	0,054	0,054	0,100	0,047	0,129	0,101	0,043	0,078	0,051	0,056	0,091	0,067	0,095	0,058	0,065	0,066	0,071	0,046	0,034	0,073	0,037	1,415	1,429	2,844	-0,014
C20	0,137	0,138	0,161	0,062	0,124	0,098	0,060	0,104	0,088	0,080	0,115	0,090	0,141	0,150	0,095	0,081	0,095	0,075	0,052	0,051	0,080	2,079	1,605	3,684	0,473
C21	0,097	0,160	0,149	0,156	0,223	0,101	0,139	0,137	0,168	0,158	0,173	0,115	0,147	0,175	0,194	0,160	0,119	0,152	0,066	0,076	0,059	2,925	1,371	4,297	1,554

EK 7: Bulank Başlangıç Süpermatrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	
C	0.219,0.2	0.399,0.3	0.238,0.2	0.158,0.2	0.409,0.3	0.389,0.3	0.166,0.2	0.410,0.3	0.205,0.2	0.221,0.2	0.329,0.3	0.156,0.2	0.186,0.2	0.574,0.4	0.186,0.2	0.388,0.3	0.301,0.2	0.266,0.2	0.237,0.2	0.328,0.3	0.208,0.2	
1	25,0.247	54,0.336	47,0.284	11,0.269	48,0.321	35,0.310	0,0.269	77,0.340	16,0.269	59,0.288	10,0.306	0,0.271	0,0.261	32,0.352	0,0.259	38,0.314	42,0.286	82,0.302	36,0.278	13,0.307	21,0.267	
C	0.186,0.2	0.131,0.1	0.442,0.4	0.126,0.2	0.110,0.2	0.285,0.3	0.168,0.2	0.222,0.2	0.167,0.3	0.309,0.3	0.104,0.2	0.165,0.2	0.315,0.3	0.150,0.2	0.150,0.2	0.534,0.4	0.334,0.3	0.129,0.2	0.167,0.2	0.167,0.2	0.312,0.3	0.464,0.3
2	84,0.320	94,0.251	08,0.384	07,0.284	18,0.287	03,0.328	31,0.292	56,0.300	03,0.320	13,0.332	37,0.291	34,0.294	33,0.336	28,0.294	26,0.376	25,0.327	39,0.295	26,0.294	26,0.294	13,0.322	95,0.361	
C	0.595,0.4	0.469,0.4	0.320,0.3	0.716,0.5	0.481,0.4	0.326,0.3	0.667,0.5	0.369,0.3	0.628,0.4	0.470,0.4	0.567,0.4	0.678,0.5	0.499,0.4	0.499,0.4	0.275,0.3	0.280,0.3	0.278,0.3	0.536,0.3	0.605,0.4	0.596,0.5	0.360,0.3	0.328,0.3
3	90,0.433	52,0.413	46,0.332	82,0.447	34,0.392	62,0.362	63,0.439	68,0.359	81,0.411	28,0.380	53,0.404	58,0.436	64,0.403	40,0.354	73,0.365	37,0.359	72,0.369	79,0.403	38,0.428	75,0.371	84,0.373	
C	0.142,0.1	0.164,0.2	0.134,0.1	0.113,0.1	0.316,0.3	0.240,0.2	0.422,0.3	0.145,0.2	0.499,0.3	0.108,0.1	0.085,0.2	0.443,0.3	0.151,0.2	0.110,0.1	0.239,0.2	0.177,0.2	0.316,0.3	0.124,0.1	0.056,0.1	0.130,0.1	0.367,0.3	
4	87,0.250	50,0.282	88,0.251	65,0.223	01,0.319	72,0.305	39,0.310	34,0.274	53,0.324	64,0.244	12,0.273	43,0.314	56,0.282	73,0.249	71,0.296	30,0.279	33,0.311	77,0.253	30,0.230	87,0.257	19,0.309	
C	0.491,0.4	0.656,0.5	0.609,0.5	0.774,0.5	0.493,0.4	0.619,0.5	0.383,0.4	0.570,0.4	0.225,0.3	0.613,0.5	0.836,0.5	0.339,0.3	0.712,0.5	0.813,0.5	0.699,0.5	0.489,0.4	0.639,0.5	0.753,0.5	0.529,0.4	0.473,0.4	0.543,0.4	
5	70,0.414	30,0.447	16,0.437	69,0.470	15,0.367	24,0.446	05,0.393	72,0.414	61,0.371	22,0.439	69,0.443	90,0.382	50,0.451	73,0.456	29,0.431	52,0.406	40,0.444	68,0.448	95,0.429	69,0.409	75,0.418	
C	0.359,0.4	0.418,0.4	0.477,0.4	0.764,0.5	0.699,0.5	0.330,0.3	0.280,0.3	0.298,0.3	0.498,0.4	0.338,0.3	0.771,0.5	0.419,0.4	0.554,0.5	0.503,0.4	0.626,0.4	0.458,0.4	0.219,0.3	0.349,0.3	0.502,0.5	0.424,0.4	0.220,0.3	
8	08,0.391	10,0.395	28,0.391	62,0.440	78,0.442	73,0.372	76,0.385	45,0.333	54,0.412	61,0.363	62,0.439	32,0.404	06,0.411	59,0.402	98,0.415	25,0.394	79,0.369	81,0.369	35,0.415	35,0.394	18,0.347	
C	0.525,0.4	0.491,0.4	0.252,0.3	0.152,0.2	0.196,0.2	0.305,0.3	0.595,0.4	0.281,0.2	0.297,0.2	0.535,0.4	0.146,0.2	0.469,0.4	0.124,0.1	0.127,0.2	0.234,0.2	0.426,0.3	0.715,0.5	0.424,0.3	0.240,0.2	0.357,0.3	0.436,0.3	
9	26,0.364	00,0.349	02,0.315	97,0.319	52,0.303	16,0.326	51,0.387	85,0.324	58,0.280	58,0.378	96,0.320	08,0.357	82,0.270	11,0.285	44,0.299	68,0.349	05,0.394	66,0.349	61,0.314	61,0.342	76,0.349	
C	0.206,0.2	0.462,0.4	0.374,0.3	0.353,0.3	0.287,0.3	0.448,0.3	0.238,0.2	0.648,0.4	0.159,0.2	0.296,0.2	0.381,0.3	0.431,0.3	0.174,0.2	0.387,0.3	0.598,0.4	0.331,0.3	0.331,0.3	0.481,0.4	0.226,0.2	0.274,0.2	0.377,0.3	
1	39,0.278	04,0.349	51,0.328	46,0.331	11,0.320	95,0.347	68,0.299	83,0.378	39,0.290	66,0.270	58,0.344	94,0.362	09,0.267	47,0.329	93,0.393	14,0.312	18,0.294	06,0.361	27,0.287	64,0.293	54,0.345	
C	0.427,0.4	0.205,0.2	0.362,0.3	0.345,0.3	0.477,0.4	0.205,0.2	0.252,0.2	0.185,0.2	0.715,0.5	0.281,0.3	0.382,0.3	0.444,0.4	0.429,0.4	0.339,0.3	0.227,0.2	0.283,0.2	0.283,0.2	0.224,0.2	0.582,0.4	0.479,0.4	0.455,0.3	
1	00,0.364	52,0.292	54,0.337	45,0.338	04,0.354	55,0.294	87,0.314	97,0.327	36,0.409	47,0.350	54,0.311	15,0.376	09,0.368	42,0.337	66,0.304	98,0.317	66,0.401	59,0.296	56,0.378	18,0.371	90,0.351	
C	0.368,0.3	0.333,0.3	0.264,0.2	0.302,0.3	0.236,0.2	0.347,0.3	0.511,0.4	0.167,0.2	0.126,0.2	0.423,0.3	0.236,0.2	0.125,0.1	0.396,0.3	0.274,0.3	0.175,0.2	0.386,0.3	0.160,0.2	0.295,0.3	0.192,0.3	0.247,0.3	0.168,0.2	
2	61,0.358	45,0.358	95,0.335	09,0.331	85,0.326	50,0.359	45,0.388	20,0.295	25,0.301	87,0.380	88,0.345	92,0.262	82,0.365	11,0.333	40,0.303	88,0.371	16,0.306	34,0.344	16,0.336	18,0.336	56,0.304	
C	0.393,0.3	0.365,0.3	0.282,0.3	0.359,0.2	0.316,0.3	0.311,0.3	0.374,0.3	0.483,0.4	0.226,0.3	0.243,0.2	0.240,0.2	0.508,0.4	0.380,0.3	0.177,0.2	0.688,0.5	0.214,0.2	0.761,0.5	0.274,0.3	0.534,0.4	0.362,0.3	0.230,0.2	
3	72,0.339	53,0.343	13,0.323	76,0.312	31,0.329	25,0.338	61,0.339	30,0.365	35,0.336	59,0.299	79,0.308	11,0.360	57,0.313	54,0.317	34,0.414	55,0.296	89,0.413	16,0.322	87,0.387	70,0.363	84,0.318	
C	0.289,0.2	0.342,0.3	0.338,0.3	0.234,0.3	0.257,0.2	0.327,0.3	0.272,0.2	0.127,0.1	0.537,0.3	0.211,0.2	0.131,0.2	0.263,0.2	0.254,0.2	0.085,0.1	0.127,0.2	0.460,0.3	0.097,0.1	0.339,0.3	0.212,0.2	0.459,0.3	0.361,0.3	
4	99,0.319	25,0.327	24,0.326	22,0.326	85,0.309	21,0.320	91,0.321	86,0.264	97,0.351	97,0.312	05,0.281	91,0.317	87,0.327	87,0.255	09,0.295	94,0.352	86,0.281	24,0.327	38,0.294	97,0.347	36,0.328	
C	0.318,0.3	0.293,0.3	0.380,0.3	0.406,0.4	0.427,0.3	0.363,0.3	0.354,0.3	0.390,0.3	0.238,0.2	0.545,0.4	0.629,0.5	0.229,0.2	0.366,0.3	0.738,0.5	0.185,0.2	0.326,0.3	0.141,0.2	0.388,0.3	0.254,0.2	0.179,0.2	0.409,0.3	
5	30,0.343	22,0.330	63,0.351	02,0.362	85,0.362	54,0.402	48,0.340	85,0.372	68,0.312	45,0.389	16,0.410	99,0.323	57,0.360	59,0.268	57,0.290	51,0.353	25,0.306	59,0.350	75,0.319	33,0.290	80,0.354	
C	0.324,0.3	0.509,0.4	0.468,0.4	0.289,0.4	0.353,0.3	0.405,0.3	0.156,0.2	0.143,0.2	0.131,0.3	0.380,0.4	0.170,0.2	0.164,0.2	0.451,0.4	0.264,0.2	0.207,0.3	0.253,0.2	0.312,0.4	0.321,0.3	0.386,0.3	0.405,0.3	0.413,0.3	
6	38,0.330	41,0.366	19,0.355	07,0.353	52,0.339	93,0.355	33,0.284	17,0.281	10,0.319	20,0.356	26,0.284	78,0.298	44,0.373	48,0.300	34,0.325	86,0.280	70,0.381	66,0.351	89,0.345	05,0.310	78,0.347	
C	0.360,0.3	0.313,0.3	0.393,0.3	0.390,0.3	0.286,0.3	0.443,0.4	0.339,0.3	0.287,0.3	0.794,0.5	0.394,0.3	0.663,0.5	0.449,0.3	0.266,0.3	0.383,0.4	0.622,0.4	0.266,0.3	0.414,0.3	0.392,0.4	0.385,0.4	0.354,0.3	0.169,0.2	
7	64,0.363	57,0.369	99,0.389	43,0.355	30,0.344	13,0.385	73,0.374	51,0.369	18,0.421	54,0.357	12,0.423	99,0.379	02,0.340	07,0.377	78,0.414	11,0.346	05,0.315	02,0.390	11,0.377	94,0.376	77,0.328	
C	0.316,0.2	0.177,0.2	0.139,0.1	0.321,0.2	0.361,0.3	0.162,0.1	0.505,0.3	0.570,0.4	0.074,0.4	0.227,0.2	0.167,0.2	0.387,0.3	0.283,0.2	0.353,0.3	0.171,0.1	0.481,0.4	0.274,0.2	0.287,0.2	0.229,0.2	0.241,0.3	0.418,0.3	
8	98,0.307	02,0.265	82,0.256	50,0.293	18,0.318	94,0.260	93,0.342	31,0.350	72,0.260	25,0.287	61,0.293	23,0.323	55,0.282	45,0.323	89,0.262	03,0.374	26,0.304	33,0.259	90,0.277	90,0.314	45,0.325	
C	0.645,0.4	0.246,0.3	0.171,0.2	0.331,0.3	0.562,0.4	0.413,0.3	0.288,0.3	0.164,0.2	0.064,0.1	0.139,0.2	0.344,0.3	0.502,0.4	0.592,0.4	0.370,0.2	0.191,0.2	0.272,0.3	0.407,0.3	0.411,0.3	0.169,0.2	0.227,0.2	0.301,0.3	
9	22,0.325	26,0.290	10,0.322	73,0.375	51,0.336	50,0.325	90,0.278	48,0.269	07,0.258	0,0.284	24,0.297	35,0.297	51,0.368	24,0.297	35,0.297	34,0.326	39,0.327	79,0.346	20,0.258	75,0.289	13,0.336	
C	0.211,0.3	0.276,0.2	0.654,0.5	0.362,0.3	0.233,0.2	0.421,0.3	0.610,0.4	0.193,0.3	0.872,0.5	0.734,0.5	0.323,0.3	0.153,0.2	0.208,0.3	0.302,0.4	0.176,0.2	0.242,0.2	0.416,0.3	0.474,0.4	0.739,0.5	0.214,0.2	0.443,0.3	
2	30,0.337	78,0.314	36,0.412	73,0.350	89,0.323	77,0.356	70,0.336	34,0.336	66,0.416	86,0.425	66,0.349	18,0.290	44,0.343	00,0.360	38,0.318	66,0.312	0,0.348	32,0.374	91,0.433	75,0.289	82,0.366	
C	0.144,0.2	0.479,0.4	0.175,0.2	0.307,0.3	0.205,0.2	0.166,0.2	0.101,0.2	0.643,0.4	0.064,0.2	0.126,0.2	0.333,0.3	0.345,0.3	0.200,0.2	0.328,0.3	0.634,0.5	0.487,0.4	0.178,0.2	0.116,0.1	0.092,0.1	0.558,0.4	0.256,0.3	
3	05,0.284	00,0.361	38,0.298	17,0.328	38,0.302	71,0.308	28,0.295	65,0.386	86,0.315													

EK 8: Bulank Ağırıklandırılmış Süpermatris

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21
C 1	(0.031,0.0 32,0.035)	(0.056,0.0 50,0.047)	(0.034,0.0 35,0.040)	(0.034,0.0 45,0.058)	(0.088,0.0 75,0.069)	(0.083,0.0 72,0.066)	(0.037,0.0 46,0.060)	(0.091,0.0 83,0.075)	(0.045,0.0 48,0.060)	(0.058,0.0 68,0.075)	(0.086,0.0 81,0.080)	(0.041,0.0 54,0.071)	(0.045,0.0 50,0.064)	(0.140,0.1 06,0.086)	(0.045,0.0 49,0.063)	(0.097,0.0 85,0.079)	(0.076,0.0 61,0.072)	(0.067,0.0 71,0.076)	(0.047,0.0 47,0.055)	(0.065,0.0 62,0.061)	(0.042,0.0 44,0.053)
C 2	(0.026,0.0 40,0.045)	(0.019,0.0 27,0.035)	(0.062,0.0 57,0.054)	(0.027,0.0 44,0.061)	(0.024,0.0 47,0.061)	(0.061,0.0 65,0.070)	(0.037,0.0 51,0.065)	(0.049,0.0 57,0.067)	(0.037,0.0 67,0.071)	(0.081,0.0 82,0.087)	(0.027,0.0 62,0.076)	(0.043,0.0 61,0.077)	(0.077,0.0 81,0.082)	(0.037,0.0 56,0.072)	(0.131,0.1 04,0.092)	(0.084,0.0 82,0.082)	(0.041,0.0 97,0.087)	(0.032,0.0 60,0.074)	(0.033,0.0 45,0.059)	(0.062,0.0 62,0.064)	(0.092,0.0 79,0.072)
C 3	(0.084,0.0 69,0.061)	(0.066,0.0 64,0.058)	(0.045,0.0 49,0.047)	(0.153,0.1 25,0.096)	(0.103,0.0 93,0.084)	(0.070,0.0 78,0.078)	(0.148,0.1 25,0.097)	(0.082,0.0 81,0.080)	(0.139,0.1 07,0.091)	(0.123,0.1 12,0.099)	(0.148,0.1 19,0.106)	(0.177,0.1 46,0.114)	(0.122,0.1 13,0.099)	(0.067,0.0 83,0.087)	(0.069,0.0 91,0.089)	(0.070,0.0 85,0.090)	(0.135,0.0 93,0.093)	(0.152,0.1 20,0.101)	(0.119,0.1 07,0.085)	(0.072,0.0 75,0.074)	(0.065,0.0 76,0.074)
C 4	(0.026,0.0 08,0.045)	(0.030,0.0 45,0.051)	(0.024,0.0 34,0.045)	(0.012,0.0 17,0.023)	(0.032,0.0 31,0.033)	(0.024,0.0 28,0.031)	(0.046,0.0 37,0.033)	(0.016,0.0 25,0.030)	(0.054,0.0 38,0.035)	(0.015,0.0 24,0.035)	(0.012,0.0 31,0.039)	(0.064,0.0 49,0.045)	(0.025,0.0 42,0.046)	(0.018,0.0 28,0.041)	(0.039,0.0 44,0.048)	(0.020,0.0 27,0.032)	(0.037,0.0 39,0.036)	(0.014,0.0 20,0.029)	(0.010,0.0 24,0.042)	(0.024,0.0 34,0.047)	(0.067,0.0 58,0.057)
C 5	(0.089,0.0 85,0.075)	(0.118,0.0 96,0.081)	(0.110,0.0 93,0.079)	(0.079,0.0 58,0.048)	(0.050,0.0 42,0.037)	(0.063,0.0 53,0.045)	(0.041,0.0 44,0.042)	(0.061,0.0 51,0.045)	(0.024,0.0 39,0.040)	(0.088,0.0 75,0.063)	(0.120,0.0 82,0.064)	(0.049,0.0 56,0.055)	(0.116,0.0 90,0.074)	(0.133,0.0 93,0.074)	(0.114,0.0 86,0.070)	(0.057,0.0 52,0.047)	(0.074,0.0 62,0.051)	(0.087,0.0 66,0.052)	(0.097,0.0 91,0.078)	(0.087,0.0 86,0.075)	(0.099,0.0 87,0.077)
C 6	(0.066,0.0 62,0.061)	(0.033,0.0 40,0.049)	(0.046,0.0 53,0.056)	(0.012,0.0 27,0.031)	(0.019,0.0 29,0.032)	(0.014,0.0 21,0.025)	(0.021,0.0 28,0.032)	(0.031,0.0 32,0.034)	(0.030,0.0 31,0.033)	(0.040,0.0 45,0.046)	(0.011,0.0 31,0.041)	(0.031,0.0 38,0.044)	(0.022,0.0 32,0.043)	(0.013,0.0 42,0.048)	(0.010,0.0 33,0.043)	(0.039,0.0 37,0.036)	(0.005,0.0 15,0.028)	(0.014,0.0 29,0.034)	(0.076,0.0 69,0.062)	(0.073,0.0 63,0.061)	(0.017,0.0 38,0.050)
C 7	(0.006,0.0 09,0.013)	(0.005,0.0 10,0.014)	(0.015,0.0 15,0.016)	(0.010,0.0 18,0.030)	(0.013,0.0 21,0.032)	(0.046,0.0 39,0.038)	(0.005,0.0 07,0.009)	(0.017,0.0 15,0.014)	(0.008,0.0 12,0.013)	(0.008,0.0 11,0.016)	(0.005,0.0 09,0.015)	(0.007,0.0 10,0.015)	(0.024,0.0 23,0.024)	(0.027,0.0 24,0.023)	(0.010,0.0 19,0.021)	(0.006,0.0 10,0.013)	(0.003,0.0 06,0.012)	(0.011,0.0 13,0.014)	(0.016,0.0 12,0.016)	(0.013,0.0 12,0.016)	(0.021,0.0 19,0.018)
C 8	(0.019,0.0 22,0.021)	(0.023,0.0 22,0.021)	(0.026,0.0 23,0.021)	(0.096,0.0 70,0.055)	(0.088,0.0 72,0.055)	(0.041,0.0 47,0.047)	(0.011,0.0 15,0.016)	(0.012,0.0 14,0.014)	(0.020,0.0 18,0.017)	(0.021,0.0 22,0.022)	(0.047,0.0 34,0.027)	(0.026,0.0 27,0.025)	(0.041,0.0 37,0.030)	(0.037,0.0 34,0.030)	(0.046,0.0 37,0.031)	(0.023,0.0 21,0.020)	(0.011,0.0 19,0.018)	(0.017,0.0 19,0.018)	(0.030,0.0 32,0.025)	(0.026,0.0 26,0.024)	(0.013,0.0 19,0.021)
C 9	(0.028,0.0 33,0.020)	(0.027,0.0 22,0.019)	(0.044,0.0 16,0.017)	(0.019,0.0 37,0.040)	(0.025,0.0 32,0.038)	(0.038,0.0 40,0.041)	(0.024,0.0 18,0.016)	(0.011,0.0 12,0.013)	(0.012,0.0 11,0.011)	(0.033,0.0 28,0.023)	(0.009,0.0 18,0.020)	(0.029,0.0 25,0.022)	(0.009,0.0 13,0.020)	(0.009,0.0 16,0.021)	(0.017,0.0 18,0.022)	(0.021,0.0 18,0.017)	(0.036,0.0 25,0.020)	(0.021,0.0 18,0.017)	(0.015,0.0 16,0.019)	(0.022,0.0 22,0.021)	(0.026,0.0 23,0.021)
C 10	(0.033,0.0 38,0.044)	(0.073,0.0 64,0.055)	(0.059,0.0 56,0.052)	(0.045,0.0 45,0.043)	(0.037,0.0 40,0.041)	(0.058,0.0 51,0.045)	(0.049,0.0 55,0.061)	(0.132,0.0 99,0.077)	(0.032,0.0 49,0.059)	(0.031,0.0 28,0.029)	(0.041,0.0 38,0.037)	(0.046,0.0 42,0.038)	(0.027,0.0 33,0.042)	(0.053,0.0 54,0.053)	(0.094,0.0 77,0.062)	(0.053,0.0 50,0.050)	(0.023,0.0 35,0.047)	(0.076,0.0 65,0.057)	(0.028,0.0 28,0.036)	(0.034,0.0 33,0.036)	(0.047,0.0 44,0.043)
C 11	(0.068,0.0 63,0.058)	(0.032,0.0 40,0.046)	(0.057,0.0 56,0.053)	(0.044,0.0 44,0.044)	(0.061,0.0 52,0.046)	(0.026,0.0 33,0.038)	(0.051,0.0 59,0.064)	(0.038,0.0 61,0.067)	(0.146,0.1 09,0.084)	(0.030,0.0 37,0.037)	(0.041,0.0 38,0.033)	(0.047,0.0 44,0.040)	(0.067,0.0 64,0.058)	(0.053,0.0 54,0.053)	(0.036,0.0 42,0.048)	(0.045,0.0 47,0.050)	(0.110,0.0 90,0.064)	(0.036,0.0 41,0.047)	(0.072,0.0 57,0.047)	(0.059,0.0 52,0.046)	(0.057,0.0 48,0.044)
C 12	(0.058,0.0 57,0.057)	(0.053,0.0 55,0.057)	(0.042,0.0 47,0.053)	(0.039,0.0 40,0.043)	(0.030,0.0 37,0.042)	(0.045,0.0 45,0.046)	(0.104,0.0 91,0.079)	(0.034,0.0 45,0.060)	(0.026,0.0 46,0.061)	(0.045,0.0 41,0.040)	(0.025,0.0 31,0.037)	(0.013,0.0 20,0.028)	(0.062,0.0 60,0.057)	(0.043,0.0 49,0.052)	(0.027,0.0 38,0.048)	(0.061,0.0 62,0.059)	(0.025,0.0 34,0.049)	(0.047,0.0 53,0.055)	(0.024,0.0 39,0.042)	(0.031,0.0 40,0.042)	(0.021,0.0 32,0.038)
C 13	(0.043,0.0 41,0.037)	(0.040,0.0 39,0.038)	(0.031,0.0 35,0.036)	(0.054,0.0 41,0.047)	(0.047,0.0 50,0.049)	(0.047,0.0 49,0.051)	(0.073,0.0 70,0.066)	(0.094,0.0 83,0.071)	(0.044,0.0 65,0.065)	(0.042,0.0 45,0.052)	(0.041,0.0 48,0.053)	(0.088,0.0 71,0.062)	(0.035,0.0 33,0.029)	(0.016,0.0 23,0.029)	(0.064,0.0 49,0.038)	(0.043,0.0 51,0.059)	(0.153,0.1 18,0.083)	(0.055,0.0 64,0.065)	(0.084,0.0 77,0.061)	(0.057,0.0 58,0.057)	(0.036,0.0 45,0.050)
C 14	(0.032,0.0 33,0.035)	(0.038,0.0 36,0.036)	(0.037,0.0 36,0.036)	(0.035,0.0 48,0.049)	(0.039,0.0 43,0.046)	(0.049,0.0 48,0.048)	(0.053,0.0 56,0.062)	(0.025,0.0 36,0.051)	(0.014,0.0 57,0.068)	(0.036,0.0 51,0.054)	(0.023,0.0 35,0.049)	(0.045,0.0 50,0.055)	(0.023,0.0 27,0.030)	(0.008,0.0 17,0.024)	(0.012,0.0 19,0.027)	(0.092,0.0 79,0.071)	(0.020,0.0 37,0.056)	(0.068,0.0 65,0.066)	(0.033,0.0 37,0.046)	(0.072,0.0 62,0.055)	(0.057,0.0 53,0.052)
C 15	(0.035,0.0 36,0.038)	(0.032,0.0 36,0.037)	(0.042,0.0 40,0.039)	(0.061,0.0 60,0.054)	(0.064,0.0 58,0.054)	(0.054,0.0 53,0.051)	(0.069,0.0 67,0.066)	(0.076,0.0 75,0.072)	(0.046,0.0 52,0.061)	(0.094,0.0 77,0.067)	(0.109,0.0 89,0.071)	(0.040,0.0 52,0.056)	(0.034,0.0 33,0.033)	(0.068,0.0 52,0.040)	(0.017,0.0 24,0.027)	(0.065,0.0 71,0.071)	(0.028,0.0 45,0.062)	(0.078,0.0 72,0.070)	(0.040,0.0 43,0.050)	(0.028,0.0 37,0.046)	(0.064,0.0 60,0.056)
C 16	(0.056,0.0 58,0.057)	(0.088,0.0 76,0.063)	(0.081,0.0 72,0.061)	(0.029,0.0 41,0.035)	(0.035,0.0 35,0.034)	(0.041,0.0 39,0.036)	(0.017,0.0 26,0.031)	(0.016,0.0 24,0.031)	(0.014,0.0 34,0.035)	(0.050,0.0 55,0.047)	(0.022,0.0 30,0.037)	(0.022,0.0 36,0.039)	(0.047,0.0 47,0.039)	(0.028,0.0 26,0.032)	(0.022,0.0 35,0.034)	(0.023,0.0 26,0.026)	(0.029,0.0 43,0.035)	(0.029,0.0 37,0.032)	(0.066,0.0 67,0.059)	(0.070,0.0 52,0.053)	(0.071,0.0 65,0.060)
C 17	(0.062,0.0 63,0.063)	(0.054,0.0 62,0.064)	(0.068,0.0 69,0.067)	(0.039,0.0 34,0.036)	(0.029,0.0 33,0.035)	(0.044,0.0 41,0.039)	(0.037,0.0 41,0.041)	(0.031,0.0 39,0.040)	(0.087,0.0 57,0.046)	(0.052,0.0 46,0.047)	(0.087,0.0 67,0.055)	(0.059,0.0 52,0.050)	(0.028,0.0 32,0.036)	(0.040,0.0 43,0.040)	(0.065,0.0 50,0.043)	(0.024,0.0 28,0.032)	(0.038,0.0 28,0.029)	(0.036,0.0 37,0.036)	(0.066,0.0 71,0.065)	(0.061,0.0 68,0.065)	(0.029,0.0 47,0.056)
C 18	(0.055,0.0 52,0.053)	(0.031,0.0 35,0.046)	(0.024,0.0 31,0.044)	(0.032,0.0 25,0.029)	(0.036,0.0 32,0.032)	(0.016,0.0 19,0.026)	(0.055,0.0 43,0.037)	(0.062,0.0 47,0.038)	(0.068,0.0 57,0.046)	(0.030,0.0 30,0.038)	(0.022,0.0 34,0.038)	(0.051,0.0 24,0.042)	(0.030,0.0 27,0.030)	(0.037,0.0 36,0.034)	(0.018,0.0 20,0.027)	(0.044,0.0 37,0.034)	(0.025,0.0 21,0.028)	(0.026,0.0 21,0.024)	(0.039,0.0 34,0.048)	(0.041,0.0 51,0.054)	(0.072,0.0 59,0.056)
C 19	(0.118,0.0 85,0.069)	(0.045,0.0 59,0.059)	(0.031,0.0 41,0.053)	(0.059,0.0 55,0.058)	(0.101,0.0 85,0.067)	(0.074,0.0 63,0.060)	(0.035,0.0 37,0.040)	(0.020,0.0 24,0.034)	(0.068,0.0 18,0.033)	(0.017,0.0 26,0.035)	(0.043,0.0 40,0.040)	(0.062,0.0 53,0.044)	(0.097,0.0 74,0.060)	(0.061,0.0 37,0.049)	(0.031,0.0 38,0.049)	(0.036,0.0 44,0.043)	(0.054,0.0 45,0.043)	(0.054,0.0 50,0.046)	(0.018,0.0 23,0.027)	(0.024,0.0 26,0.033)	(0.031,0.0 33,0.035)
C 20	(0.038,0.0 60,0.061)	(0.050,0.0 51,0.057)	(0.119,0.0 98,0.075)	(0.065,0.0 67,0.063)	(0.042,0.0 52,0.058)	(0.076,0.0 68,0.064)	(0.075,0.0 57,0.046)	(0.024,0.0 41,0.041)	(0.107,0.0 69,0.051)	(0.091,0.0 72,0.053)	(0.040,0.0 45,0.043)	(0.034,0.0 27,0.036)	(0.034,0.0 56,0.056)	(0.050,0.0 66,0.059)	(0.029,0.0 35,0.041)	(0.032,0.0 35,0.041)	(0.055,0.0 48,0.046)	(0.062,0.0 57,0.049)	(0.077,0.0 61,0.045)	(0.046,0.0 29,0.030)	(0.022,0.0 40,0.038)
C 21	(0.026,0.0 37,0.052)	(0.087,0.0 73,0.066)	(0.032,0.0 43,0.054)	(0.055,0.0 57,0.059)	(0.037,0.0 43,0.054)	(0.030,0.0 49,0.055)	(0.012,0.0 28,0.036)	(0.079,0.0 57,0.047)	(0.008,0.0 35,0.039)	(0.016,0.0 26,0.036)	(0.041,0.0 38,0.040)	(0.043,0.0 44,0.044)	(0.033,0.0 34,0.047)	(0.054,0.0 62,0.056)	(0.104,0.0 83,0.063)	(0.064,0.0 53,0.048)	(0.023,0.0 39,0.043)	(0.015,0.0 25,0.037)	(0.010,0.0 20,0.032)	(0.058,0.0 49,0.041)	(0.027,0.0 32,0.031)

EK 9: Bulanık Limit Süpermatris

[illegible]

EK 10: Girdi ve Çıktı Değişkenlerine İlişkin Veriler (2012)

Ülkeler	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	Ç6
Arnavutluk	54,9	60,7	49,3	44,7	25,1	8,9	27,3	30,2	43,3	41,9	45,0	62,4	27,7	17,0	23,0	12,8	25,7	17,1	35,0	20,1	22,4
Cezayir	38,9	53,3	29,4	54,0	33,8	9,6	17,4	39,2	27,4	7,0	23,4	57,7	30,7	31,0	41,9	10,0	19,5	30,1	12,0	13,6	9,2
Arjantin	61,4	44,6	28,8	59,7	31,9	25,8	39,0	34,3	38,7	17,7	19,3	57,0	52,5	25,6	43,6	9,7	32,1	31,1	40,0	22,9	41,3
Ermenistan	59,3	70,5	54,6	46,9	33,3	17,4	22,2	36,8	28,1	42,9	9,0	61,6	46,2	30,1	28,1	37,1	31,8	26,1	37,1	12,4	25,5
Avustralya	88,1	93,5	88,4	59,4	46,8	53,6	75,1	60,2	33,6	65,6	57,4	66,7	79,0	45,3	37,8	43,7	37,8	23,3	43,4	33,7	63,4
Avusturya	93,6	96,4	56,8	64,5	57,3	54,9	62,0	50,5	47,8	59,5	25,2	70,7	72,1	43,7	36,7	50,8	38,9	34,4	46,1	54,6	61,7
Azerbaycan	37,0	52,7	58,7	45,5	26,9	17,7	27,0	24,9	26,8	29,9	41,0	63,8	34,3	27,4	38,7	11,2	25,3	25,1	41,0	10,8	17,0
Bangladeş	34,8	41,5	45,0	20,8	7,5	29,1	18,2	29,6	36,7	27,7	27,0	35,2	27,8	41,2	20,9	2,1	26,7	48,1	31,5	10,1	5,3
Belarus	33,4	47,0	44,1	60,5	52,2	15,2	32,5	47,1	24,0	20,3	14,7	75,7	54,9	16,3	28,1	45,5	36,6	21,3	24,7	21,0	16,7
Belçika	87,3	92,4	78,8	71,7	41,2	50,7	51,2	52,9	36,7	44,7	45,4	77,9	80,0	46,4	46,6	57,7	43,0	51,2	40,3	40,6	62,8
Bolivia	50,3	25,2	22,0	49,3	23,6	13,2	24,6	22,8	27,1	44,4	5,5	61,3	40,3	32,2	28,6	3,1	22,3	18,5	38,4	12,7	14,6
Brezilya	59,6	71,0	20,6	49,6	16,4	28,4	46,1	34,4	36,6	15,3	35,4	56,1	52,6	38,0	42,6	22,7	34,9	34,1	41,2	29,7	29,7
Bulgaristan	63,1	78,2	60,4	54,3	43,6	21,8	35,3	35,9	52,5	43,0	18,1	66,6	51,8	23,7	35,0	27,3	55,5	24,2	43,9	24,6	31,2
Burkina Faso	55,3	70,3	28,0	39,8	28,1	16,6	15,8	29,7	0,3	8,4	6,5	51,2	26,2	45,2	20,8	12,7	18,6	20,9	41,4	2,3	3,6
Şili	75,2	84,4	59,7	47,6	29,6	21,3	53,9	35,8	38,4	25,6	38,3	68,1	61,4	31,1	32,0	23,9	37,6	22,2	73,2	14,9	35,0
Çin	30,8	51,9	34,7	52,2	9,5	32,4	32,5	58,8	41,6	32,6	52,8	58,0	69,1	34,4	49,1	76,1	60,4	48,9	47,3	35,3	7,7
Kolombiya	40,8	66,0	59,2	39,3	35,3	16,6	53,6	31,5	54,0	27,3	38,5	55,0	49,0	28,4	39,5	14,8	32,9	21,5	42,5	22,0	30,7
Kosta Rika	75,0	70,8	23,9	52,1	19,4	25,0	36,2	29,8	46,6	14,4	1,2	70,2	49,2	41,3	42,1	12,2	37,2	42,1	50,0	17,9	22,9
Cote D'ivoire	23,6	56,0	21,6	42,9	5,4	15,4	17,8	21,1	22,3	3,0	4,6	56,5	30,8	19,9	26,8	15,7	24,8	25,2	35,5	2,0	5,2
Hırvatistan	71,5	72,6	63,5	57,8	37,7	30,0	51,7	32,9	50,0	24,4	19,1	67,0	48,0	28,2	41,9	35,1	44,9	22,1	34,9	34,8	38,7
Kıbrıs	83,6	91,5	83,9	64,5	59,0	24,3	43,3	39,1	47,4	69,3	32,4	66,8	52,5	53,5	35,6	36,4	60,9	36,7	36,5	26,0	37,1
Çek Cumhuriyeti	84,3	75,5	44,8	57,8	46,3	43,3	46,4	45,7	63,8	37,7	18,8	76,2	73,4	33,6	52,0	46,2	61,8	37,3	38,4	46,8	52,0
Danimarka	94,9	99,4	91,6	75,0	43,9	69,7	73,2	46,8	50,4	78,1	54,6	67,1	78,0	45,5	42,2	64,4	48,7	41,5	46,7	46,4	74,1
Ekvador	47,0	32,0	24,2	39,9	23,6	11,8	29,8	31,4	32,8	29,6	4,8	60,4	42,3	31,4	26,6	14,9	29,1	11,0	45,2	24,1	19,4
Mısır	33,5	44,5	43,3	46,2	17,4	14,0	45,3	25,7	29,9	16,3	24,6	50,6	42,8	26,8	26,2	21,0	26,1	20,6	31,3	21,2	12,2
El Salvador	65,0	56,7	30,2	33,7	30,3	7,4	41,5	22,4	30,9	30,7	2,2	66,3	41,6	33,5	26,1	14,3	21,1	23,1	43,5	14,6	16,1
Estonya	84,3	86,8	68,5	63,7	40,8	45,6	67,2	40,4	57,2	52,0	31,7	74,7	70,0	33,1	45,3	55,3	70,4	35,6	51,6	42,2	65,7
Etiyopya	37,0	51,8	57,5	20,3	23,1	13,7	24,2	21,2	23,2	11,5	11,2	44,3	30,1	35,2	22,4	5,8	26,8	8,1	44,4	1,9	0,1
Finlandiya	99,5	97,5	81,5	69,8	55,5	79,3	77,3	64,1	44,5	51,6	45,5	63,6	78,3	51,0	52,9	71,1	46,5	71,0	46,0	42,5	62,9
Fransa	82,6	89,7	76,0	63,0	49,2	53,0	70,1	51,8	41,6	48,2	43,6	64,1	75,5	36,7	41,6	45,5	40,4	50,7	42,1	36,2	52,7
Gürcistan	55,0	77,1	63,5	45,9	27,7	15,3	33,7	26,0	28,4	44,7	37,5	68,8	40,6	37,3	24,0	33,3	38,7	16,5	26,9	17,1	25,9
Almanya	87,3	82,2	60,4	63,6	41,8	60,7	73,1	51,5	40,8	56,9	39,1	68,9	69,8	39,2	46,1	71,1	42,0	51,5	46,2	45,8	72,2
Gana	64,3	33,6	50,6	44,8	20,2	16,5	16,5	28,6	28,9	40,8	17,8	52,7	37,8	29,0	44,0	18,3	20,9	28,5	44,4	9,5	4,6
Yunanistan	64,7	71,7	45,8	58,5	56,6	21,7	50,2	36,3	43,1	39,0	6,1	59,4	49,1	28,1	30,1	29,9	27,1	19,7	19,3	32,0	39,3
Guatemala	46,0	48,1	25,6	36,4	21,6	12,2	27,6	22,3	29,6	32,9	7,9	68,8	45,7	54,6	25,9	8,5	19,7	21,2	45,9	12,4	14,8
Honduras	42,6	45,7	20,8	54,2	16,5	10,6	22,8	27,9	32,0	35,6	1,8	64,9	36,9	32,3	32,1	9,0	20,9	21,7	37,9	9,1	13,3
Hong kong	85,2	97,2	95,4	53,5	66,9	34,3	77,6	50,6	61,9	81,4	91,0	84,2	71,4	54,2	75,0	5,7	55,9	53,5	50,3	55,0	54,7
Macaristan	76,1	81,4	59,4	63,5	34,1	40,4	54,8	36,1	54,6	31,7	18,5	76,5	54,7	31,1	54,7	34,9	55,1	50,5	29,8	39,7	48,5
İzlanda	90,1	89,8	83,9	73,3	54,8	76,7	56,2	61,4	25,1	53,9	13,3	68,7	77,6	47,4	40,2	64,4	55,0	17,0	55,5	30,9	81,3
Hindistan	42,8	64,3	8,1	24,6	5,4	25,6	24,7	41,1	27,3	30,2	51,8	51,7	42,9	37,4	32,5	28,9	33,8	39,2	60,8	30,7	10,5
Endonezya	42,4	19,0	14,8	48,6	23,9	17,2	27,2	36,4	28,0	11,9	29,8	57,4	17,8	46,0	38,8	4,4	29,9	27,0	54,2	5,0	9,2
İrlanda	86,9	97,0	95,2	75,7	54,5	49,6	48,2	40,1	46,7	80,5	50,8	76,9	77,0	49,4	82,8	54,2	51,9	76,6	34,4	30,5	56,6
İsrail	58,4	69,1	74,1	61,8	43,2	94,3	76,1	43,7	42,6	59,8	66,7	68,1	83,2	35,8	47,2	72,9	40,8	57,8	43,7	28,4	59,4
İtalya	70,4	82,8	57,5	61,9	40,2	32,0	50,8	44,9	64,9	34,3	27,3	61,6	69,9	32,1	41,4	36,9	43,9	33,9	29,1	40,9	47,9
Japonya	86,0	89,8	61,1	56,6	37,6	69,6	75,5	53,8	55,4	68,0	49,2	55,9	78,6	36,9	45,5	62,5	36,4	56,3	29,8	37,6	32,2
Ürdün	52,3	77,9	55,1	60,9	45,9	19,3	27,0	28,1	27,4	15,2	35,4	55,2	37,9	30,0	27,3	20,8	28,7	22,9	68,8	24,6	18,1
Kazakistan	50,3	68,0	75,0	51,6	29,5	12,5	58,4	38,7	14,9	17,2	20,8	63,9	45,0	33,4	42,3	13,1	37,1	21,3	29,2	8,4	17,3
Kenya	45,5	59,7	25,8	44,2	34,7	20,0	20,1	24,3	20,2	47,7	32,1	56,9	38,3	47,1	32,0	18,1	20,1	24,0	33,2	12,9	8,2
Kore	74,9	68,0	78,6	58,2	55,9	63,0	90,2	57,6	44,7	60,7	63,0	57,9	64,9	32,2	57,9	81,5	40,0	50,9	38,8	29,8	29,8
Kuveyt	64,5	59,7	56,3	55,4	42,5	15,0	33,6	55,0	15,9	27,1	36,9	65,5	34,4	34,5	33,1	5,1	18,4	72,5	39,5	28,6	23,7
Kırgızistan	44,3	55,5	38,8	50,1	33,8	7,6	25,9	31,4	21,7	48,5	22,8	72,2	40,1	15,0	25,6	25,6	4,9	22,3	19,0	20,6	9,4
Letonya	73,1	84,8	60,6	65,3	32,7	27,9	45,7	34,2	54,3	66,0	32,7	66,5	62,1	33,3	31,3	35,8	53,1	24,5	51,5	38,3	48,1
Lübnan	44,1	70,1	47,4	40,8	53,9	23,6	32,8	45,1	22,6	22,3	12,6	67,2	64,8	41,9	38,2	15,2	45,5	40,9	27,0	38,4	17,1
Litvanya	77,3	69,7	63,0	60,3	43,3	35,3	56,8	31,9	62,8	39,5	29,6	71,3	57,3	31,4	23,7	31,6	53,6	20,9	39,5	37,9	44,3
Lüksemburg	94,6	84,1	72,6	53,5	70,6	45,3	67,5	58,8	38,7	39,9	41,8	83,4	83,8	53,3	56,8	50,3	40,0	59,2	55,3	34,1	75,0
Makedonya	54,0	69,8	82,7	53,1	39,7	17,0	36,3	36,0	33,2	34,3	24,4	70,7	34,9	25,8	35,8	21,4	34,7	30,2	34,8	21,1	27,7
Madagaskar	43,5	61,3	43,6	31,0	21,3	10,8	13,6	54,7	0,3	3,0	29,1	59,8	23,2	23,1	35,4	18,4	5,3	13,7	29,4	32,2	5,0
Malavi	48,4	61,8	42,4	44,3	5,8	22,4	9,2	39,5	0,6	12,9	14,1	60,2	40,9	35,4	24,8	14,3	22,5	27,7	32,5	4,1	4,1
Malezya	64,7	66,2	59,7	49,6	56,0	28,0	51,9	41,6	38,9	46,8	54,7	81,0	68,4	42,4	63,7	22,8	42,5	48,7	50,5	23,8	24,3
Mali	56,8	63,2	24,1	35,2	3,4	16,9	12,9	35,6	1,3	5,8	6,5	46,2	22,1	51,5	23,5	17,7	26,2	23,8	47,9	1,6	2,6
Mauritis	73,6	83,2	79,6	42,6	35,2	24,7	29,2	39,3	2,0	33,											

EK 10: Devam

Slovakya	82,2	70,5	56,8	52,8	49,0	26,0	42,4	41,0	55,6	30,3	7,8	76,1	54,8	29,7	34,7	31,1	50,9	27,5	34,0	29,7	40,0
Slovenya	80,1	83,0	70,9	66,4	41,2	46,9	51,9	40,5	50,9	29,3	22,3	71,1	67,4	28,8	47,4	49,0	47,4	28,7	58,9	39,2	49,2
İspanya	71,5	81,1	53,0	60,7	44,6	40,7	62,3	47,4	69,5	65,8	45,7	63,4	63,4	31,6	39,9	39,4	46,5	29,3	33,7	38,7	48,0
Sri Lanka	38,7	23,0	52,2	45,1	8,2	18,1	21,3	27,2	42,7	19,5	16,3	45,2	36,3	33,5	26,7	20,4	30,0	30,7	41,7	20,7	11,3
İsveç	94,1	92,3	79,6	69,2	50,2	68,9	78,5	63,6	67,3	52,8	70,4	69,5	77,6	50,0	48,2	84,6	49,1	70,0	47,9	45,1	73,3
İsviçre	94,4	95,0	74,6	58,1	47,9	67,7	63,1	53,2	66,2	69,0	67,8	72,5	85,8	54,5	50,3	99,7	57,2	59,0	67,9	51,6	72,8
Tacikistan	38,6	52,8	28,2	40,3	33,8	13,3	11,6	27,3	28,7	33,1	29,1	56,0	17,3	18,7	33,8	30,5	21,2	28,3	24,2	4,4	16,5
Tanzanya	60,7	67,5	29,9	23,1	20,8	18,2	16,0	29,6	19,5	11,2	9,5	44,3	20,8	51,4	22,9	17,6	29,5	6,8	28,3	12,8	2,8
Tayland	43,6	47,1	55,1	43,8	20,0	18,8	32,3	39,4	39,0	30,0	47,4	69,3	55,8	32,3	57,9	22,0	43,2	35,5	35,9	30,0	18,3
Trinad Tobago	65,1	64,1	41,2	48,3	48,5	14,6	32,9	25,4	16,2	27,8	25,9	63,3	43,9	34,2	33,2	10,7	32,4	21,5	45,5	9,4	21,3
Tunus	55,4	71,5	72,1	59,0	21,8	33,3	33,9	33,4	37,4	17,0	19,5	56,4	41,8	42,0	27,3	27,8	28,5	23,8	60,0	12,6	13,1
Türkiye	45,8	56,4	47,7	41,2	30,8	23,3	31,5	35,3	35,3	17,3	36,5	64,5	47,0	22,9	27,5	31,6	30,1	21,8	40,4	30,8	23,1
Uganda	38,2	70,7	49,6	35,3	9,5	15,6	14,4	41,4	1,0	26,3	4,0	53,0	18,9	37,0	26,7	16,8	25,4	6,4	50,5	2,8	4,8
Ukrayna	46,7	61,1	12,2	56,6	44,8	25,1	29,9	30,8	20,4	33,1	18,6	64,2	49,2	33,1	44,7	53,8	33,9	29,9	33,5	19,7	30,0
Arap emirlikleri	69,8	79,9	59,2	49,3	56,9	53,8	69,7	69,3	25,9	31,1	25,2	71,2	63,1	68,7	34,8	28,2	27,7	0,3	70,8	23,0	29,2
İngiltere	83,0	97,7	90,6	62,8	45,3	53,2	84,4	44,3	56,8	85,6	78,2	66,1	75,0	51,4	45,5	63,2	55,3	54,3	41,5	47,0	75,6
ABD	78,5	94,4	82,5	61,3	38,8	60,1	80,9	58,5	29,0	83,8	83,0	63,7	79,3	58,5	41,7	66,8	45,0	56,3	37,0	37,2	57,6
Uruguay	78,4	69,5	32,4	44,9	31,0	22,7	38,4	29,7	45,5	18,6	24,9	57,5	49,1	33,6	28,4	9,2	44,9	18,7	45,6	19,5	32,0
Venezuela	34,2	7,9	6,7	60,7	26,5	16,0	33,7	32,2	23,1	1,9	0,2	48,6	55,7	40,0	34,4	3,1	12,6	36,5	36,3	17,6	22,4

EK 11: Girdi ve Çıktı Değişkenlerine İlişkin Veriler (2013)

Ülkeler	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	Ç6
Arnavutluk	53,9	59,8	62,9	41,8	37,1	2,4	25,4	26,7	41,2	58,4	38,4	73,6	29,1	10,5	24,6	2,1	27,7	19,3	26,8	23,9	26,8
Cezayir	39,0	51,7	50,8	58,9	27,1	1,4	19,6	30,7	26,7	24,3	27,8	63,2	27,0	10,7	15,4	5,1	25,3	16,2	11,4	8,7	14,9
Arjantin	59,8	43,2	49,1	58,0	29,4	22,5	41,3	30,4	33,4	22,8	17,0	72,2	48,3	16,9	37,4	16,3	26,4	29,6	51,3	47,9	39,2
Ermenistan	57,3	70,2	69,6	56,8	31,3	6,5	22,2	28,6	25,6	54,5	17,2	78,3	48,3	18,4	21,3	26,2	29,1	28,5	45,4	41,3	33,0
Avustralya	86,1	94,5	87,5	60,0	44,3	69,1	73,9	49,4	34,7	77,1	52,7	88,2	73,5	37,6	33,6	33,4	34,5	26,1	43,8	54,0	70,6
Avusturya	89,9	95,6	80,0	66,8	55,2	54,2	62,4	44,0	44,3	68,9	29,0	82,4	60,1	43,3	32,3	37,6	40,5	32,8	46,3	43,6	61,9
Azerbaycan	40,4	52,0	65,7	41,6	23,9	11,1	29,1	21,0	25,1	35,3	34,3	75,7	29,9	15,3	25,9	4,0	17,9	14,3	41,6	20,7	24,5
Bangladeş	34,1	40,9	60,9	18,6	10,9	5,4	18,2	24,6	25,1	34,9	22,7	49,1	27,8	18,4	7,3	5,8	25,9	32,6	31,0	7,7	11,7
Belarus	39,7	45,3	66,2	52,2	49,4	12,7	35,5	32,7	25,2	34,1	26,9	90,2	49,0	7,8	25,1	34,1	34,1	21,6	35,0	28,3	23,4
Belçika	86,3	92,1	86,3	72,9	39,6	49,4	53,1	43,9	35,2	52,8	37,9	83,1	65,2	42,3	52,4	48,0	41,0	39,4	45,6	46,2	59,6
Boliviya	49,3	12,5	37,1	55,4	23,2	1,6	25,9	20,6	29,3	53,8	12,5	72,6	41,0	28,8	24,0	5,5	26,9	25,2	43,1	34,9	19,0
Brezilya	56,9	67,9	36,6	51,0	12,7	27,2	48,3	27,9	35,3	26,2	33,1	75,3	48,1	31,8	34,2	14,6	35,6	23,2	47,1	22,6	31,9
Bulgaristan	61,2	77,2	65,5	55,4	42,5	9,4	35,5	35,2	49,2	40,7	17,0	74,0	45,2	19,9	31,4	17,0	55,7	23,4	44,7	41,6	38,5
Burkina Faso	51,0	68,3	52,1	30,5	20,9	1,6	16,2	24,0	0,2	22,8	18,5	61,8	26,1	41,7	17,4	4,4	26,1	25,0	42,4	12,9	7,7
Şili	74,7	74,0	68,0	45,4	31,1	18,1	54,4	33,3	35,2	36,2	38,8	82,6	55,4	28,0	25,8	11,3	41,1	19,0	54,3	24,2	37,5
Çin	39,2	50,3	55,5	68,7	11,7	41,5	32,9	48,7	37,9	41,5	46,5	74,7	62,9	27,9	38,0	66,5	65,5	42,1	42,8	34,4	7,4
Kolombiya	47,7	66,0	74,9	36,8	31,0	12,7	54,6	25,4	46,6	34,1	31,4	71,9	47,7	19,8	37,0	6,3	36,1	24,0	43,3	36,9	33,3
Kosta Rika	72,3	69,5	51,2	53,6	20,6	5,9	38,9	24,3	42,3	26,3	15,0	84,4	45,6	19,3	46,8	4,7	46,0	54,1	55,8	30,6	29,8
Cote D'ivoire	35,8	55,0	47,6	35,7	9,8	0,5	19,8	16,2	23,4	17,8	11,6	70,8	31,7	12,8	16,2	4,5	0,7	21,2	48,2	10,8	13,1
Hırvatistan	68,8	71,9	66,7	58,4	31,6	14,8	49,7	30,5	49,7	36,3	23,3	80,0	43,7	23,1	43,3	20,6	52,0	22,6	43,4	37,5	42,1
Kıbrıs	82,0	89,3	81,0	71,9	56,4	7,6	41,2	30,8	43,5	84,4	33,0	78,6	36,3	37,5	22,7	26,7	56,3	24,0	61,1	35,1	57,4
Çek Cumhuriyeti	83,2	76,9	68,1	58,7	43,7	34,7	45,6	37,6	46,8	18,3	81,7	63,0	31,5	47,9	34,1	44,2	34,6	43,7	54,3	51,2	42,1
Danimarka	94,7	99,7	91,6	67,6	42,3	71,2	73,3	39,1	49,2	90,7	53,0	80,1	67,4	45,3	29,9	49,9	43,9	36,0	53,5	62,1	66,0
Ekvador	45,7	36,0	48,3	63,7	21,4	2,3	31,9	28,0	35,5	38,0	11,5	73,8	41,8	14,7	14,9	4,0	34,7	14,3	51,6	45,5	24,4
Mısır	35,9	40,2	55,6	52,3	19,8	12,7	47,4	23,6	30,1	23,4	20,7	63,2	43,5	25,1	13,6	10,4	21,0	18,9	33,9	28,2	17,0
El Salvador	60,5	57,5	55,7	33,2	23,4	0,7	43,2	17,6	31,4	34,5	10,4	79,0	40,4	19,5	27,5	1,4	5,7	26,1	52,5	37,7	21,2
Estonya	80,9	86,3	67,3	67,2	39,6	34,9	70,2	37,0	58,3	57,1	15,5	80,6	70,0	33,4	37,0	30,2	50,9	18,3	56,9	48,7	66,8
Ethopya	37,9	51,7	50,2	20,7	14,1	1,9	24,6	20,4	21,1	23,7	36,8	57,5	24,6	27,9	14,3	7,5	29,6	3,8	42,0	21,4	3,9
Finlandiya	97,9	96,8	91,2	73,0	55,0	74,2	74,2	54,1	44,2	60,1	52,4	77,1	71,7	50,6	27,6	53,0	45,3	55,3	55,0	41,3	64,3
Fransa	78,4	87,6	70,9	63,4	45,7	54,6	71,5	42,1	43,7	61,7	47,1	80,4	71,3	37,8	29,2	37,9	44,4	47,4	44,0	46,6	61,3
Gürcistan	57,0	77,4	73,9	42,0	27,0	5,8	36,8	27,8	29,0	53,4	29,1	81,0	42,3	19,5	22,2	20,1	41,0	16,3	30,4	37,4	29,9
Almanya	85,8	81,3	80,3	64,1	37,3	61,5	77,7	41,3	41,4	65,1	41,0	82,1	60,0	42,2	35,4	62,2	47,1	44,5	52,6	44,7	68,9
Gana	63,3	32,8	61,4	54,5	21,8	1,7	16,2	19,2	21,4	31,3	21,7	68,1	37,6	19,6	38,6	5,8	44,7	24,6	34,0	23,6	10,8
Yunanistan	62,5	73,5	67,3	57,4	55,2	20,9	48,7	24,2	39,4	56,9	14,9	74,6	43,1	24,9	22,2	16,1	32,2	18,5	22,5	55,9	43,0
Guatemala	46,1	47,4	53,6	36,2	18,4	0,4	27,6	18,7	26,9	34,2	28,0	85,4	44,3	41,4	20,2	1,6	23,4	28,2	45,6	25,7	20,8
Honduras	47,2	44,9	49,9	65,5	14,4	0,4	23,0	24,2	27,1	41,9	15,9	75,3	34,2	20,7	35,7	1,2	11,6	27,6	41,6	18,7	17,8
Hong kong	82,8	96,8	92,8	51,7	63,0	42,2	86,9	42,8	60,6	95,4	83,0	87,3	64,8	42,0	67,8	11,5	55,7	24,1	55,1	68,6	70,0
Macaristan	72,0	80,8	67,6	62,2	33,0	25,5	53,7	28,7	49,9	32,8	18,0	79,3	44,2	29,7	49,9	22,1	50,7	50,6	36,8	59,3	50,3
İzlanda	89,7	90,0	85,9	77,4	54,9	53,4	58,3	56,8	26,5	61,7	17,9	82,1	73,3	35,7	31,3	49,7	34,4	34,0	61,6	60,6	92,2
Hindistan	44,4	63,6	47,7	27,6	6,5	30,9	25,6	34,4	22,5	35,5	43,1	69,9	37,4	30,9	16,5	17,1	35,7	41,9	48,8	39,4	17,5
Endonezya	45,6	17,7	48,5	40,0	21,0	11,8	28,9	32,5	25,9	23,3	25,8	74,5	18,2	29,5	27,2	3,3	36,1	23,1	57,2	32,8	16,0
İrlanda	86,0	96,9	93,0	78,4	54,0	45,4	49,7	29,8	47,0	93,6	47,1	79,0	65,8	49,0	46,6	36,5	59,0	61,7	38,2	47,1	68,0
İsreal	57,6	70,1	69,5	60,5	42,5	75,5	74,6	37,3	36,4	65,9	62,3	81,1	69,9	67,6	26,3	51,9	50,6	63,6	39,1	49,2	65,6
İtalya	68,3	81,9	70,7	62,0	36,4	31,3	50,6	35,3	67,1	53,9	32,9	77,2	63,0	33,6	35,9	33,2	52,1	35,6	41,5	35,7	53,4
Japonya	80,0	88,6	81,9	66,7	35,0	69,9	74,4	43,1	51,3	81,9	49,2	78,1	68,4	42,0	31,6	51,0	35,8	50,2	33,3	49,9	38,2
Ürdün	52,4	77,4	65,3	60,7	35,4	11,8	29,2	25,3	23,6	22,0	41,2	76,2	40,7	46,8	22,9	17,6	27,6	27,1	46,0	44,1	22,6
Kazakistan	46,0	67,5	73,9	54,6	29,5	12,8	65,8	29,6	15,7	24,3	27,5	77,1	47,1	15,0	24,5	7,1	33,1	17,5	31,6	22,0	26,2
Kenya	43,3	58,5	52,8	42,5	2,9	3,3	18,9	19,8	21,9	50,2	29,0	73,0	37,2	25,8	32,7	8,5	22,9	27,7	34,9	39,8	14,4
Kore	73,2	67,7	87,2	59,0	56,0	79,3	87,3	49,9	44,8	67,2	64,4	65,6	63,6	38,0	28,2	63,4	42,4	45,4	43,6	42,9	35,0
Kuveyt	61,1	57,8	65,3	54,2	36,2	3,2	38,3	49,5	18,2	37,6	25,4	73,2	35,6	26,6	9,9	7,1	32,6	75,6	38,6	39,3	29,0
Kırgızistan	43,2	55,0	49,0	48,7	30,3	2,2	25,9	23,2	21,0	50,2	20,1	78,0	36,3	9,5	26,2	5,4	29,7	14,4	22,2	19,4	16,4
Letonya	69,2	84,1	78,3	67,2	32,6	11,6	43,3	29,9	51,5	66,0	29,8	77,0	57,2	35,5	33,2	19,1	48,4	22,3	45,4	44,3	51,5
Lübnan	42,5	69,1	62,0	39,2	49,9	22,2	39,2	27,7	29,0	31,0	30,4	82,8	65,7	28,5	21,4	15,3	24,2	15,8	34,7	55,3	25,0
Litvanya	73,4	68,9	72,0	63,1	40,1	21,7	56,5	25,4	62,0	46,4	27,3	78,3	51,0	28,7	19,3	18,8	38,2	18,9	45,6	27,1	46,1
Lüksemburg	92,7	84,8	73,1	73,1	65,5	25,8	69,0	46,5	37,7	56,4	36,5	77,7	59,6	54,5	46,2	35,3	26,4	37,6	77,4	61,9	78,2
Makedonya	52,1	69,7	74,5	70,7	33,5	4,1	36,0	27,5	36,2	42,6	32,6	78,9	37,4	39,5	32,1	8,7	36,5	28,5	34,6	42,1	32,6
Madagaskar	43,5	60,7	61,7	29,0	22,2	1,2	13,8	33,9	0,6	8,2	29,4	72,2	19,6	15,9	20,6	4,7	13,6	7,9	30,8	27,4	9,3
Malavi	54,3	59,7	53,9	27,2	6,8	0,2	9,4	28,8	0,6	18,9	17,0	71,7	37,4	19,9	23,7	13,7	22,9	36,8	31,1	24,4	5,5
Malezya	64,3	66,0	76,6	47,8	49,9	21,3	54,3	35,8	39,1	51,4	49,1	82,5	53,7	30,9	53,1	10,7	45,5	45,9	53,0	46,3	29,9
Mali	44,8	62,5	48,5	35,6	6,1	1,9	14,4	19,5	0,3	19,8	18,5	56,0	20,4	37,4	20,8	5,2	37,0	34,8	55,8	8,3	5,6
Mauritis	73,4	82,9	75,0	38,9	32,8	4,1	30,5	38,2	5,4	55,6	27,6										

EK 11: Devam

Slovakya	79,5	81,7	71,0	54,4	47,7	16,5	39,8	31,4	55,3	50,5	16,4	80,4	47,4	23,6	29,3	19,3	49,0	24,5	38,2	38,5	41,3
Slovenya	77,3	82,1	75,8	69,6	41,1	35,2	52,8	35,5	49,5	46,2	27,5	78,9	56,4	31,0	39,4	25,7	52,1	26,1	43,9	41,7	56,3
İspanya	71,8	80,0	80,3	62,5	42,1	39,2	61,2	37,8	64,9	83,8	52,0	80,6	57,7	27,8	26,1	30,7	51,5	25,1	41,5	45,1	52,4
Sri Lanka	44,1	23,1	60,1	35,3	21,4	2,5	22,2	27,1	35,2	28,9	29,0	64,0	33,0	20,1	13,1	6,8	32,5	30,2	42,2	34,1	18,1
İsveç	93,3	92,8	83,6	71,5	48,4	67,5	77,6	52,1	59,8	69,7	65,1	80,7	66,4	49,8	39,8	70,6	48,4	51,6	51,3	48,5	71,4
İsviçre	92,7	94,6	74,6	57,5	44,1	64,8	67,2	42,9	61,0	81,1	66,2	85,1	78,7	51,5	35,8	87,3	54,2	55,8	72,2	69,5	73,5
Tacikistan	39,5	52,2	48,8	41,2	18,4	1,2	12,1	20,1	32,3	41,4	34,5	69,0	26,3	12,6	23,0	26,3	24,7	54,1	24,7	13,5	18,0
Tanzanya	54,1	66,5	52,8	33,5	4,9	3,3	15,8	32,3	22,0	31,4	13,6	70,5	21,2	35,5	18,3	7,6	33,5	3,7	29,7	35,4	7,4
Tayland	47,9	46,0	68,3	42,7	53,1	15,7	33,6	34,7	37,7	43,0	41,0	76,5	50,0	22,3	27,9	13,0	37,9	28,6	37,7	44,4	23,9
Trinad Tobago	64,6	62,8	56,4	58,5	44,3	1,8	34,0	18,9	19,0	32,8	25,4	69,4	44,3	20,6	17,3	3,0	36,5	19,7	43,7	20,9	26,2
Tunus	53,1	68,2	68,9	56,7	21,8	16,5	34,7	29,9	31,6	29,5	23,0	62,2	35,7	22,2	17,6	13,5	19,9	23,5	60,0	48,7	19,1
Türkiye	48,8	55,6	63,1	40,8	28,9	19,5	30,9	31,4	31,2	26,2	31,9	84,4	40,4	18,8	17,9	22,6	45,7	18,9	39,5	40,5	31,6
Uganda	44,0	70,0	56,8	34,5	16,8	3,1	14,6	38,4	2,0	33,3	23,2	73,4	18,2	27,0	24,2	7,9	29,7	24,6	53,2	34,5	9,5
Ukrayna	47,2	59,7	47,3	55,3	41,6	16,9	31,9	26,6	19,4	35,9	19,3	76,9	40,8	25,7	24,2	46,9	33,5	23,0	36,2	32,6	36,3
Arap emirlikleri	73,5	79,9	73,2	70,2	50,7	29,0	67,3	49,7	32,3	42,2	20,3	79,4	63,8	57,5	20,7	7,2	25,9	0,4	73,0	9,7	34,6
İngiltere	79,7	95,7	89,9	62,8	43,2	62,6	86,2	35,7	56,4	94,7	76,0	83,1	72,2	50,3	34,4	58,7	52,7	45,6	48,1	58,4	75,5
ABD	79,3	94,6	84,2	65,6	36,7	80,9	80,2	48,7	28,6	93,4	82,6	85,3	72,7	63,6	41,4	61,6	54,1	49,2	39,6	55,6	62,1
Uruguay	75,8	68,8	65,3	53,8	30,7	10,3	41,8	27,0	40,6	24,0	12,9	75,4	48,7	18,8	24,3	8,8	37,1	17,5	54,8	33,3	42,3
Venezuela	36,0	3,5	22,4	42,3	26,9	10,4	32,8	26,9	24,8	13,2	6,2	58,4	54,9	26,5	19,1	6,4	27,4	34,1	32,7	25,0	26,4

EK 12: Girdi ve Çıktı Değişkenlerine İlişkin Veriler (2014)

Ülkeler	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	Ç6
Arnavutluk	54,8	58,1	63,7	35,6	30,1	2,7	29,4	28,4	44,5	43,6	73,3	68,9	30,3	17,8	26,5	2,4	25,7	32,7	26,1	18,2	12,0
Cezayir	40,8	50,5	50,2	44,1	30,6	1,6	18,4	45,9	32,4	23,5	33,4	51,6	20,5	19,0	12,1	5,5	32,4	20,5	19,7	4,0	12,5
Arjantin	58,6	40,2	48,5	50,0	39,6	25,1	43,1	34,3	36,5	22,4	21,2	69,6	42,0	18,7	38,0	10,8	31,0	33,9	42,1	24,4	39,0
Ermenistan	60,1	70,2	68,9	28,4	29,0	6,6	26,0	28,7	35,4	46,2	28,9	76,1	38,3	24,0	24,2	27,7	32,2	35,7	49,9	14,6	20,2
Avustralya	86,3	93,7	86,9	55,5	59,9	70,2	78,4	55,0	46,8	66,8	50,4	86,9	63,0	38,4	30,3	36,6	48,4	30,4	49,4	42,4	68,6
Avusturya	90,4	96,4	79,5	55,9	66,7	61,9	62,7	45,7	52,6	59,5	31,7	80,5	67,1	44,3	25,1	37,8	44,3	41,2	51,5	37,6	58,8
Azerbaycan	40,4	51,5	68,2	29,3	21,6	11,9	34,7	27,9	34,7	40,1	66,7	73,0	21,6	19,9	18,9	3,9	31,2	22,2	40,9	6,2	10,3
Bangladeş	36,5	38,2	61,1	20,6	16,0	5,7	18,8	31,3	30,0	32,9	38,2	61,3	11,8	25,5	7,3	6,1	29,9	30,5	33,0	2,3	0,5
Belarus	44,6	46,6	65,0	53,6	50,0	15,7	38,6	46,3	34,7	28,0	50,0	59,9	53,4	8,8	12,5	49,2	41,0	26,2	43,1	10,6	17,5
Belçika	86,0	91,4	86,2	56,7	41,6	57,0	53,0	45,1	41,4	46,0	47,9	81,7	68,0	43,9	27,6	44,8	44,1	44,8	46,9	31,7	57,6
Boliya	50,5	11,2	36,5	44,9	37,8	1,7	27,3	21,7	31,8	52,4	22,4	69,8	40,1	23,0	20,1	5,9	32,3	26,0	37,2	16,9	5,2
Brezilya	57,4	66,2	38,2	50,6	12,6	30,1	51,6	29,2	36,7	24,1	36,1	75,3	45,5	35,7	36,8	18,8	37,4	28,0	46,8	9,3	31,6
Bulgaristan	63,2	76,5	65,7	44,5	35,9	13,3	39,2	37,0	51,9	34,7	27,7	70,1	46,6	33,6	25,0	19,5	57,0	32,1	49,9	25,1	27,4
Burkina Faso	50,3	67,6	51,6	21,4	21,8	1,6	16,3	21,0	27,3	23,7	27,1	70,5	21,5	50,3	21,2	4,2	36,7	28,4	46,3	2,7	0,1
Bhili	74,1	73,8	67,3	41,9	35,6	19,9	58,5	37,9	48,1	33,5	44,0	82,3	42,1	30,1	37,5	12,3	43,8	26,0	54,2	8,0	37,0
Çin	40,1	49,3	55,5	71,3	13,9	45,0	36,1	65,3	33,5	35,8	40,5	75,1	59,4	30,5	35,5	67,1	65,7	44,3	48,9	33,6	11,2
Kolombiya	45,0	64,9	71,4	33,1	39,9	15,3	56,0	29,7	48,7	33,4	43,2	78,6	38,5	21,7	32,1	7,4	39,7	26,1	37,2	16,4	32,2
Kosta Rika	74,3	70,0	55,9	43,0	22,7	9,4	41,8	26,9	45,5	24,3	15,6	82,2	37,2	26,5	44,0	4,4	34,4	52,0	55,4	19,4	15,2
Cote D'ivoire	38,8	56,1	51,6	31,3	7,0	0,6	18,3	20,9	21,1	16,9	21,4	74,8	23,3	23,6	14,5	4,5	54,0	23,2	47,9	1,6	1,9
Hrvatistan	70,9	71,0	67,4	56,7	32,7	16,5	52,4	30,6	53,3	32,1	18,4	77,0	41,3	26,6	29,7	22,0	49,3	33,5	43,0	35,9	29,6
Kıbrıs	81,7	88,5	80,3	58,2	51,1	8,9	42,7	25,4	44,6	84,4	33,2	75,7	39,6	39,2	22,6	28,1	51,2	24,4	53,3	25,8	48,6
Çek Cumhuriyeti	82,1	75,4	71,0	51,6	46,0	39,5	49,6	39,8	63,0	43,2	23,6	80,5	61,2	35,8	41,5	46,7	50,6	41,8	47,3	43,5	51,2
Danimarka	91,4	98,2	91,3	60,8	45,4	78,2	76,0	39,5	61,7	74,4	51,3	77,6	68,8	41,6	26,5	46,7	49,7	43,6	50,6	42,2	66,1
Ekvador	47,8	35,2	47,9	36,1	26,4	2,2	33,8	33,4	40,7	35,2	21,0	74,7	33,1	22,0	16,3	4,0	34,8	4,6	44,8	14,1	8,7
Mısır	33,7	38,5	54,0	48,3	19,0	16,2	48,9	23,0	36,5	21,8	18,9	65,4	38,8	31,3	16,6	11,5	33,2	31,4	40,1	9,7	16,6
El Salvador	61,7	55,8	54,6	29,6	25,5	0,4	43,6	16,4	33,9	34,4	21,6	73,3	42,9	31,9	20,8	1,3	6,2	33,4	51,3	10,3	6,5
Estonya	79,2	85,8	70,7	59,2	38,1	41,7	74,1	42,4	55,7	50,0	37,6	78,5	68,6	31,9	38,5	29,8	49,1	38,5	58,5	38,8	57,9
Ethiopya	39,2	51,1	55,7	14,8	17,3	2,0	24,6	31,2	19,7	23,6	33,3	65,9	18,0	32,4	26,6	9,8	32,1	10,5	38,8	15,1	0,1
Finlandiya	97,7	96,9	91,2	63,8	55,5	80,2	79,8	50,8	48,5	53,2	59,1	71,8	75,9	50,3	38,1	53,9	46,5	62,3	58,7	32,2	64,2
Fransa	78,0	87,0	70,7	55,1	52,5	60,0	72,7	43,9	47,4	53,1	52,0	77,9	69,1	39,5	33,7	36,7	47,2	48,2	42,9	36,7	59,5
Gürcistan	58,4	78,0	72,8	36,5	26,9	6,9	40,0	29,7	30,1	54,3	35,8	75,4	29,4	23,2	19,1	20,4	45,4	24,1	32,5	22,1	16,5
Almanya	85,8	81,5	81,0	53,4	47,7	67,7	74,3	42,3	52,2	57,0	42,7	80,8	62,8	46,4	29,2	60,0	48,4	45,9	53,6	27,6	66,7
Gana	63,3	32,4	61,2	47,1	18,2	3,1	20,4	21,5	19,8	28,9	27,7	70,8	22,1	30,1	35,7	6,2	54,2	33,0	42,6	0,6	6,0
Yunanistan	60,2	71,8	67,7	50,1	53,1	27,3	51,3	22,9	49,2	47,6	24,6	71,5	29,7	29,0	23,0	18,6	44,0	29,3	24,1	40,9	43,9
Guatemala	46,9	46,0	80,4	27,1	24,4	0,4	35,0	18,4	30,4	33,3	81,2	22,8	47,9	21,5	2,1	31,1	33,9	46,2	9,8	7,1	
Honduras	46,9	42,0	49,3	41,4	17,5	0,3	22,4	26,9	30,6	42,8	30,0	73,9	30,5	45,7	22,4	2,1	12,8	33,6	38,4	2,7	4,9
Hong kong	84,3	97,2	92,7	46,9	56,7	44,8	79,0	50,0	73,2	79,4	77,4	82,3	57,2	45,7	61,7	18,0	52,5	29,4	55,1	48,0	69,1
Macaristan	71,1	78,8	67,0	50,1	34,2	29,4	55,7	28,0	53,2	28,7	21,8	75,9	43,2	28,0	40,5	24,8	52,7	48,2	40,8	39,6	48,6
İzlanda	89,2	90,1	86,4	56,7	40,7	50,8	58,2	47,6	36,4	53,0	30,7	78,6	69,3	35,0	28,9	45,9	41,6	22,3	66,0	50,9	81,4
Hindistan	43,3	62,2	47,0	24,2	11,7	32,0	25,9	43,1	27,4	33,3	44,2	76,1	25,0	38,9	20,2	18,4	34,1	44,1	39,4	21,1	14,7
Endonezya	47,9	17,9	48,5	30,1	26,8	11,6	30,8	41,1	27,2	27,3	31,4	77,1	7,6	36,1	24,7	3,8	40,5	25,3	61,9	18,5	14,6
İrlanda	86,7	91,7	92,8	58,1	52,4	49,2	50,9	28,5	56,4	74,0	60,5	76,0	73,1	50,0	49,3	34,9	58,1	66,7	43,4	35,3	65,4
İsreal	60,3	68,1	74,6	49,7	63,0	73,1	77,2	37,5	46,4	58,0	68,8	75,7	88,7	59,4	26,4	51,5	48,7	62,6	41,7	31,4	61,0
İtalya	67,9	81,1	70,7	52,1	39,7	34,5	51,1	35,4	63,0	45,1	34,7	73,2	53,1	39,4	27,4	36,4	53,8	37,8	35,3	28,6	51,0
Japonya	80,5	90,2	81,7	50,8	37,5	74,8	78,1	45,3	53,4	69,5	48,9	82,1	61,7	46,3	32,3	52,8	40,5	48,2	38,8	36,4	38,2
Ürdün	51,5	77,5	64,0	35,5	35,9	13,5	29,6	31,7	31,9	19,0	26,0	74,9	34,5	53,4	25,5	19,6	35,3	33,3	49,8	18,8	21,1
Kazakistan	43,5	66,0	73,9	49,8	25,8	14,4	69,1	31,9	30,5	23,2	35,1	74,2	43,2	16,5	19,5	9,7	35,5	29,4	34,8	13,4	12,9
Kenya	44,2	65,8	50,9	35,9	3,3	8,4	21,8	21,0	20,6	51,8	30,1	81,2	16,4	42,0	21,7	12,3	29,3	39,0	48,6	16,9	10,5
Kore	72,7	66,8	87,8	54,4	55,3	82,6	91,3	52,6	44,6	67,8	57,3	71,2	61,2	40,7	26,3	74,8	44,3	44,6	52,4	27,2	36,7
Kuveyt	60,2	55,9	64,6	45,1	22,0	2,6	38,3	45,0	33,7	31,5	38,0	71,6	47,9	25,7	9,5	7,7	37,3	56,4	36,6	11,6	27,4
Kırgızistan	45,0	54,2	59,6	54,8	31,2	2,4	35,7	29,7	28,4	55,1	33,7	72,0	25,9	16,3	25,0	17,2	24,0	22,1	22,6	6,1	4,9
Letonya	72,1	83,9	74,2	54,0	32,3	16,0	49,2	32,6	47,0	57,5	27,7	76,9	46,2	44,8	23,6	21,0	58,4	30,9	45,6	49,0	35,9
Lübnan	42,3	67,1	64,9	42,8	38,3	22,7	43,8	24,8	36,2	26,9	28,7	78,1	65,5	27,7	24,0	16,3	24,7	26,7	35,9	29,5	8,2
Litvanya	76,2	69,9	74,0	54,3	40,0	30,5	56,2	24,6	52,2	48,5	31,1	76,8	50,1	33,7	12,7	18,5	46,8	25,7	47,7	16,0	33,5
Lüksemburg	92,3	83,7	72,8	52,6	59,0	29,9	67,9	41,4	50,9	39,5	34,9	74,6	75,0	55,0	52,4	28,8	42,6	66,1	70,6	42,1	73,0
Makedonya	53,1	69,4	74,7	65,2	31,9	4,2	37,9	27,0	44,1	48,2	35,9	79,7	25,8	30,8	23,9	9,6	42,5	32,7	45,9	21,6	17,0
Madagaskar	45,0	59,6	60,8	21,8	20,6	1,0	12,5	36,6	18,0	9,7	41,0	74,6	14,2	26,2	29,4	5,8	22,0	22,4	36,7	15,7	0,7
Malavi	55,0	58,7	48,8	31,6	2,8	0,5	10,3	34,3	27,6	17,7	29,3	71,8	40,8	41,3	23,8	19,9	27,4	26,9	33,2	11,6	1,1
Malezya	63,6	64,9	76,2	42,2	51,4	31,1	55,3	43,3	38,5	46,6	62,9	82,4	48,1	33,8	46,8	11,5	48,9	46,0	51,8	36,0	28,5
Mali	33,9	60,6	48,9	32,0	4,7	5,1	14,4	27,5	12,4	16,7	36,7	61,7	19,4	26,1	30,0	6,3	18,0	31,9	56,4	1,8	0,1
Mauritis	76,2	84,0	74,5	43,0	30,5	4,1	32,4	38,7	40,2	53,6	48,9	86,5	38,								

EK 12: Devam

Slovakya	80,5	72,9	70,1	41,7	36,5	20,6	43,5	30,1	57,0	44,3	24,1	77,5	42,0	32,8	27,7	21,0	55,5	27,4	39,2	39,3	39,9
Slovenya	78,6	81,8	75,8	58,1	46,5	43,0	52,4	33,6	53,2	38,9	38,9	75,5	66,6	27,3	25,8	33,4	54,0	34,2	42,2	40,1	44,3
İspanya	71,8	77,7	75,0	54,5	47,4	42,8	62,9	38,1	69,0	65,3	51,1	77,6	53,2	29,7	22,9	33,6	60,2	35,4	45,8	26,0	51,0
Sri Lanka	42,1	22,3	58,3	29,9	18,2	3,4	22,0	38,1	49,7	28,2	28,1	64,2	23,6	21,9	13,9	7,1	34,9	37,5	45,2	16,6	3,2
İsveç	92,5	93,0	83,7	58,2	51,6	75,9	79,7	53,8	57,2	60,0	66,2	78,3	77,7	48,1	35,9	65,5	52,7	58,3	55,0	41,9	69,7
İsviçre	93,7	95,0	74,2	49,5	51,1	69,3	63,6	45,0	68,4	69,4	71,8	83,0	79,3	54,2	29,1	70,0	61,7	51,0	63,9	64,4	69,2
Tacikistan	39,1	51,6	47,7	41,6	30,1	1,4	12,1	17,6	29,1	46,8	66,7	70,5	17,3	4,8	15,8	21,9	31,2	19,9	4,0	8,0	3,8
Tanzanya	53,8	65,9	52,0	30,8	3,2	4,0	16,7	39,6	19,8	17,8	21,7	70,3	19,7	46,7	17,7	8,2	39,4	5,0	31,3	19,8	1,2
Tayland	48,0	46,0	69,2	43,2	64,0	16,1	33,7	40,5	35,2	36,8	55,3	78,6	47,0	26,5	31,1	17,3	46,3	33,8	41,2	35,5	22,8
Trinad Tobago	65,6	61,4	59,4	47,4	37,6	2,6	35,3	17,9	23,8	30,3	42,7	72,1	31,0	35,1	17,6	4,1	40,7	20,8	45,6	8,0	9,3
Tunus	49,5	67,4	68,6	46,5	48,7	18,3	35,6	33,8	41,7	25,4	27,1	67,3	24,8	24,1	17,5	13,8	29,4	20,4	39,8	26,9	17,8
Türkiye	47,2	54,9	62,7	41,7	35,7	22,5	32,3	34,5	40,1	24,3	38,7	84,2	34,4	25,1	16,8	30,2	40,5	26,2	55,2	24,9	29,4
Uganda	46,0	69,1	55,2	31,9	15,5	4,4	16,1	41,7	26,5	30,4	23,7	76,9	22,1	54,4	31,1	8,5	31,3	33,2	50,0	5,8	4,6
Ukrayna	50,6	59,3	48,8	46,6	45,1	18,0	32,1	25,2	23,9	36,1	23,5	75,8	40,3	24,7	22,2	48,8	34,6	31,1	35,8	14,4	36,3
Arap emirlikleri	75,0	82,0	72,9	66,3	100,0	19,9	71,2	53,7	42,7	37,3	25,2	76,2	37,6	63,8	19,5	7,7	34,9	0,3	74,2	4,9	31,7
İngiltere	80,2	95,7	90,0	57,2	56,2	67,5	86,5	35,1	60,1	79,2	82,8	82,3	65,0	50,7	34,8	59,7	57,8	51,7	50,5	52,4	73,1
ABD	81,4	93,2	84,0	52,6	41,1	81,3	83,0	50,7	38,9	78,4	87,3	85,6	73,5	46,4	41,3	68,5	56,7	49,0	44,0	34,4	63,3
Uruguay	73,3	67,3	65,5	42,0	38,4	7,9	43,9	28,7	43,1	23,1	23,9	73,0	30,5	22,6	21,0	10,2	36,4	25,7	49,2	9,8	29,6
Venezuela	39,2	2,2	21,9	40,5	39,7	13,5	34,0	29,7	14,3	17,1	12,6	59,0	38,2	19,9	13,1	6,5	39,6	33,5	32,3	3,9	25,2

EK 13: Girdi ve Çıktı Değişkenlerine İlişkin Veriler (2015)

Ülkeler	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	Ç6
Arnavutluk	49,0	58,5	72,7	38,0	25,7	1,7	44,2	26,8	46,0	35,8	72,5	69,0	22,9	19,7	36,0	2,9	26,0	26,8	29,6	19,5	9,2
Cezayir	30,2	52,2	52,8	45,4	32,2	1,1	16,9	40,1	37,3	7,0	45,0	58,3	21,5	20,0	21,4	4,0	34,4	14,9	20,6	8,1	13,1
Arjantin	49,6	40,3	54,2	49,8	39,1	24,1	52,6	25,4	36,6	17,9	24,0	65,9	46,0	17,8	45,0	9,7	30,0	27,0	44,0	20,4	37,8
Ermenistan	54,5	70,3	76,0	26,4	27,9	2,7	50,2	25,4	36,4	59,6	26,1	78,3	39,9	20,8	32,4	25,4	36,5	29,8	51,3	23,7	14,1
Avustralya	87,3	93,8	86,8	54,3	52,9	63,9	86,0	55,0	50,1	65,5	46,1	88,5	66,7	41,2	34,4	34,9	46,2	23,2	53,3	44,8	74,4
Avusturya	90,5	95,9	79,5	56,4	57,5	58,3	70,8	42,7	52,2	48,1	32,8	88,5	56,1	43,6	41,3	37,9	41,3	49,9	55,0	33,7	61,7
Azerbaycan	41,5	53,0	74,1	31,2	22,1	12,3	47,8	23,5	40,1	26,8	59,2	70,1	23,8	17,4	21,0	2,8	33,0	21,2	39,8	20,1	5,1
Bangladeş	21,8	39,4	61,6	20,7	17,3	5,6	25,6	28,3	28,0	23,0	34,3	59,8	28,7	25,2	23,0	5,1	29,4	18,3	32,0	8,7	0,4
Belarus	39,7	47,1	72,8	63,2	49,9	15,8	47,8	42,3	35,7	23,3	51,7	93,3	59,6	8,1	23,2	48,2	38,9	24,1	44,9	6,6	7,7
Belçika	85,6	80,2	84,2	57,1	40,2	56,8	68,7	46,8	41,9	36,8	37,5	90,4	68,9	43,4	40,8	39,0	41,9	27,3	50,8	39,4	60,4
Bolivya	43,1	11,5	38,0	44,3	31,8	1,8	35,1	18,7	32,3	49,8	22,9	66,7	39,6	22,3	29,5	5,4	34,3	20,3	47,4	20,3	2,4
Brezilya	48,3	66,1	53,1	43,8	16,0	30,5	58,0	23,2	39,1	22,7	38,2	72,0	42,2	35,8	46,7	15,9	36,5	23,9	42,3	9,8	23,9
Bulgaristan	57,0	75,8	76,3	43,6	38,7	14,4	41,1	37,5	51,2	36,1	29,1	81,3	42,8	38,6	27,8	25,6	51,3	29,2	53,5	22,3	35,1
Burkina Faso	35,1	66,8	55,1	22,2	23,3	1,7	18,2	22,4	27,3	17,9	45,8	65,1	24,1	50,4	37,7	5,1	36,6	22,5	48,4	2,9	0,1
Şili	74,2	73,4	73,9	42,2	34,7	19,9	70,1	34,7	45,2	30,7	40,8	81,3	45,2	30,6	37,5	10,7	44,4	29,9	55,7	8,2	34,8
Çin	45,6	49,6	66,7	70,8	11,7	46,9	51,6	65,1	35,0	31,9	36,6	79,2	61,2	31,1	42,5	64,1	67,2	42,8	52,4	33,0	2,6
Kolombiya	37,7	64,9	72,0	35,7	41,8	16,1	63,0	26,0	56,1	44,8	38,7	77,5	42,4	22,1	42,8	6,4	39,7	25,1	38,7	18,3	28,4
Kosta Rika	67,4	70,4	64,0	48,2	22,0	8,8	62,8	24,5	46,8	20,7	14,8	79,5	40,6	30,6	46,9	4,4	32,8	53,8	59,8	20,3	10,4
Cote D'ivoire	25,8	57,8	59,6	34,7	12,9	0,4	17,1	19,6	22,7	12,3	25,8	67,7	20,7	28,6	22,9	3,7	58,4	18,1	48,9	0,8	0,3
Hırvatistan	69,7	71,5	74,1	58,1	37,5	15,1	52,3	26,4	55,1	26,5	34,8	80,0	49,7	26,5	37,6	20,7	46,0	26,2	47,4	34,6	32,7
Kıbrıs	77,4	86,6	75,5	58,7	55,8	7,1	47,8	19,5	46,1	77,5	30,4	85,2	40,3	41,4	36,0	19,9	30,1	24,1	55,4	25,5	42,0
Çek Cumhuriyeti	77,6	75,6	75,9	52,5	44,5	40,5	46,8	43,0	63,0	43,5	25,8	87,8	53,7	36,4	46,0	48,0	49,6	42,4	55,4	41,6	48,6
Danimarka	91,1	98,3	90,0	62,9	46,5	77,9	74,0	38,6	54,5	67,9	52,5	84,6	70,3	40,3	38,5	45,3	46,1	46,7	50,1	40,2	71,7
Ekvador	43,8	37,7	52,2	42,9	20,6	3,4	43,6	30,9	42,3	33,6	24,4	85,2	35,5	5,1	33,4	2,8	36,2	1,1	35,2	15,2	5,8
Mısır	20,7	36,6	61,0	50,7	16,5	16,4	48,4	19,7	43,5	19,5	27,0	61,3	37,3	30,2	27,5	8,5	30,4	26,3	37,4	8,7	16,8
El Salvador	50,5	56,7	59,4	24,4	26,9	0,2	43,7	18,6	35,0	27,0	27,8	77,5	32,4	31,8	30,9	1,4	5,7	29,4	56,3	14,7	3,5
Estonya	75,0	86,3	81,0	57,1	40,7	34,8	74,9	50,6	57,2	46,6	30,9	86,2	54,0	31,3	45,0	31,9	55,8	38,6	65,5	41,9	49,5
Ethiopya	28,5	51,1	59,8	15,7	19,4	5,0	23,1	29,4	19,2	6,6	28,0	61,2	14,2	22,5	37,0	8,8	33,6	9,4	37,6	18,1	0,1
Finlandiya	98,9	96,9	91,8	63,7	54,1	76,9	76,7	49,3	49,5	48,3	57,9	78,3	74,8	48,7	52,7	57,5	44,0	54,2	61,5	28,0	57,8
Fransa	77,9	87,0	80,3	54,5	50,5	61,4	87,5	47,8	47,1	43,0	48,1	85,9	64,7	38,4	44,7	33,9	44,4	44,9	59,8	34,6	49,0
Gürcistan	54,2	78,0	72,3	38,4	30,5	2,0	51,1	26,5	32,1	52,8	26,4	79,3	27,1	31,7	25,3	20,2	39,6	20,1	36,2	22,1	5,5
Almanya	84,8	81,5	83,4	53,5	48,2	68,0	72,9	45,3	52,1	49,9	38,5	89,2	59,4	46,0	42,2	64,7	46,6	49,1	55,1	28,1	72,8
Gana	51,9	33,7	59,2	47,0	18,7	3,8	33,3	24,3	27,6	23,9	25,0	63,7	20,6	30,8	34,8	5,7	45,5	23,7	37,0	2,4	6,7
Yunanistan	56,4	73,1	75,0	52,3	58,8	26,5	65,7	26,1	52,0	44,9	26,7	82,1	35,5	27,6	29,3	18,2	37,7	22,1	35,4	40,6	38,6
Guatemala	34,6	46,2	63,7	27,9	26,3	0,3	21,9	15,5	34,5	31,2	31,7	82,0	28,8	44,9	29,7	1,9	28,7	26,1	48,9	7,3	3,9
Honduras	37,0	42,2	54,9	38,4	18,2	0,3	30,8	24,9	30,9	42,4	31,7	70,4	31,7	42,5	27,8	2,2	13,8	28,0	48,2	2,6	2,4
Hong Kong	87,1	97,0	90,0	45,1	59,6	45,8	83,0	45,1	71,3	71,3	81,5	84,3	47,3	42,9	62,7	16,0	53,2	44,6	57,3	42,1	66,5
Macaristan	71,1	78,1	71,0	49,8	33,5	29,9	55,2	32,1	54,4	30,2	23,3	84,6	40,9	29,3	40,3	21,4	48,4	34,4	41,3	40,7	39,6
İzlanda	88,4	90,0	84,9	56,4	41,2	48,7	69,9	47,4	38,0	44,7	32,6	80,8	67,0	35,3	36,9	43,3	34,7	44,2	69,3	53,5	97,4
Hindistan	35,5	62,4	52,2	26,8	10,5	2,2	38,6	38,9	26,3	28,1	44,3	67,2	13,7	37,3	28,1	15,2	35,0	40,1	37,9	17,3	10,3
Endonezya	43,4	19,6	56,4	32,9	28,1	11,9	31,7	40,1	35,0	20,4	31,7	81,1	7,2	35,8	30,9	2,9	37,6	22,3	45,2	17,9	14,9
İrlanda	83,4	89,5	88,7	57,5	45,0	47,7	69,3	37,9	57,4	62,6	46,2	83,1	70,6	52,7	51,8	28,4	53,9	84,8	61,0	33,4	64,7
İsreal	55,7	68,7	79,2	50,4	31,5	85,8	78,0	36,4	47,9	46,8	58,9	75,8	61,1	64,8	36,5	56,5	47,1	57,2	42,4	39,1	50,3
İtalya	65,2	81,4	74,9	51,0	37,3	35,6	70,8	35,6	66,4	41,5	36,2	83,2	45,6	38,7	37,5	32,6	54,4	36,6	37,8	27,4	47,4
Japonya	86,5	90,6	82,4	51,6	37,0	76,3	88,1	48,2	52,8	56,0	44,1	92,7	62,8	46,6	41,8	56,6	39,4	50,0	44,8	35,9	33,1
Ürdün	43,6	77,2	65,7	31,7	34,7	12,4	44,0	27,1	38,1	9,0	31,6	75,9	23,5	41,3	33,5	11,4	36,5	24,1	46,6	17,5	19,5
Kazakistan	40,8	66,3	77,2	50,9	21,8	16,1	65,7	35,8	28,3	20,9	34,8	74,5	38,0	18,8	24,9	8,7	36,6	20,4	33,5	13,6	3,9
Kenya	32,0	66,6	59,6	31,2	2,8	10,1	38,6	20,9	22,1	33,4	25,0	70,4	26,6	41,3	25,8	10,0	31,2	31,3	48,2	12,2	8,0
Kore	70,9	67,4	90,2	53,9	54,8	85,7	92,4	55,5	39,4	54,5	59,9	75,5	59,9	40,1	35,6	78,6	42,4	49,1	56,8	26,0	34,7
Kuveyt	53,5	56,0	66,6	45,6	23,9	2,8	50,3	42,1	38,5	26,1	33,4	71,6	21,1	22,8	23,3	5,9	25,4	49,8	39,3	11,9	25,1
Kırgızistan	32,1	54,9	61,3	55,5	28,9	1,7	31,3	24,7	22,0	41,8	31,6	75,9	42,8	17,5	26,5	11,5	40,7	17,4	26,9	7,1	1,1
Letonya	71,8	80,7	80,6	52,6	34,9	11,7	68,2	35,3	48,4	44,5	26,0	86,7	41,6	40,4	32,7	18,0	53,6	33,0	50,3	45,5	39,2
Lübnan	26,5	67,5	65,4	35,7	47,0	31,5	43,2	29,2	37,0	22,8	25,1	79,2	42,0	30,1	25,7	15,0	25,8	26,3	34,4	37,9	20,7
Litvanya	75,3	70,2	75,3	52,4	39,5	25,5	65,8	27,3	51,4	42,0	26,9	86,8	52,4	36,1	20,9	17,3	44,0	23,7	51,0	22,4	39,5
Lüksemburg	91,1	83,9	75,6	51,1	42,6	28,8	72,1	38,5	52,1	34,1	50,9	83,7	61,5	57,6	61,7	37,0	43,1	67,2	75,5	43,3	81,7
Makedonya	47,3	69,8	86,1	66,2	28,9	3,0	38,4	16,3	39,6	39,1	34,3	83,4	40,0	31,8	35,8	9,6	40,1	29,0	48,9	27,3	26,5
Madagaskar	28,8	59,2	68,1	22,5	22,5	0,9	19,4	14,5	18,0	6,5	53,3	65,6	8,2	25,3	47,2	3,8	20,0	19,0	35,1	18,0	0,1
Malavi	42,4	59,5	53,0	31,9	2,4	0,3	15,7	28,0	27,9	20,8	25,3	71,7	59,4	40,1	31,6	23,9	28,5	27,7	42,1	12,3	0,1
Malezya	68,3	65,4	81,5	42,3	45,1	32,4	54,5	44,3	41,2	37,3	56,2	80,6	48,1	38,7	55,8	9,3	48,0	51,3	53,5	37,8	23,7
Mali	20,6	60,0	54,5	34,9	4,0	5,3	16,5	30,9	12,4	14,8	42,5	66,1	22,3	30,8	40,2	6,0	42,5	25,8	55,7	0,3	0,1
Mauritis	76,2	83,5	82,4	43,8	23,5	2,0	48,3	23,6	49,5	50,0	54,0	87,0	24,6								

EK 13: Devam

Slovakya	76,9	72,2	76,2	46,0	36,2	17,4	58,7	32,0	57,2	39,2	26,2	85,8	45,0	31,3	33,7	22,8	50,9	27,5	43,2	40,2	34,9
Slovenya	77,0	81,7	79,8	58,3	45,6	40,9	53,2	38,4	56,5	28,7	29,5	82,6	62,9	29,3	34,0	33,9	50,6	29,8	61,0	35,3	40,4
İspanya	68,5	77,4	79,7	55,0	43,0	39,8	77,6	38,5	67,0	58,3	50,3	85,6	54,4	28,5	31,6	31,3	51,8	36,6	48,3	27,0	45,9
Sri Lanka	42,1	21,0	61,9	30,5	19,4	3,5	44,9	33,3	49,0	22,2	34,5	77,9	24,1	21,3	39,4	6,6	39,2	34,6	43,5	16,7	1,7
İsveç	92,3	93,1	84,7	58,2	49,2	77,6	75,8	55,5	57,0	49,6	56,5	85,0	76,8	45,5	48,5	70,6	47,7	63,0	56,2	37,4	70,6
İsviçre	94,2	94,5	80,2	55,5	49,8	72,4	62,2	46,6	67,1	57,8	71,6	87,6	73,0	56,8	50,1	69,2	57,8	90,3	65,8	52,5	75,2
Tacikistan	24,2	51,0	52,8	43,4	32,0	1,3	9,0	12,3	32,7	33,1	58,3	68,5	27,3	24,8	30,1	21,3	33,8	23,2	30,3	7,0	0,4
Tanzanya	41,8	66,9	59,6	31,1	2,7	5,1	23,8	27,6	20,0	25,0	18,4	57,4	13,4	38,8	25,2	9,8	38,4	4,2	44,9	28,7	0,2
Tayland	39,3	46,7	74,9	51,1	23,5	18,5	44,8	39,8	37,5	31,9	49,6	78,3	47,3	25,6	38,9	15,6	41,9	33,3	43,0	35,6	21,6
Trinad Tobago	58,8	61,6	68,8	46,3	39,7	0,4	41,0	20,2	24,0	24,6	38,8	67,0	31,0	31,6	28,4	3,8	42,4	27,0	46,0	9,2	5,8
Tunus	41,5	66,2	70,8	46,7	52,5	10,9	50,0	20,6	44,7	20,5	31,0	53,4	31,3	21,7	24,7	13,8	37,6	18,4	45,1	23,1	16,5
Türkiye	43,0	55,7	68,9	47,7	36,2	23,7	48,9	33,9	40,1	22,4	39,7	86,3	32,6	23,3	22,9	26,0	35,3	20,4	57,7	24,1	23,0
Uganda	34,5	69,3	59,0	30,5	19,9	4,5	14,7	37,4	26,8	18,4	24,7	73,6	17,8	55,1	41,3	7,3	33,9	26,0	33,6	0,8	3,5
Ukrayna	34,6	59,2	63,0	55,8	45,0	20,4	38,1	16,0	24,8	33,3	21,4	77,1	42,4	24,1	30,6	49,2	31,3	28,6	43,0	13,5	25,7
Arap emirlikleri	79,9	83,3	77,6	70,6	68,3	22,9	78,6	47,1	44,5	31,7	27,9	84,8	41,7	62,6	31,2	3,8	31,7	0,4	52,5	6,1	27,1
İngiltere	78,6	95,4	87,9	56,2	53,0	63,2	89,1	38,2	61,8	63,0	69,5	90,4	63,8	53,4	43,6	58,6	58,7	47,5	54,5	48,1	84,8
ABD	80,6	92,5	87,4	52,1	39,0	71,1	84,9	52,5	39,2	79,2	76,7	88,5	65,5	51,0	49,6	68,5	56,0	49,5	45,6	39,7	60,3
Uruguay	68,3	68,0	68,5	42,1	37,3	8,6	74,8	26,8	45,8	22,6	20,7	73,3	36,7	24,7	27,8	10,2	36,3	20,3	52,4	12,1	21,6
Venezuela	24,1	1,0	25,9	40,5	33,5	15,0	47,3	26,4	18,4	15,8	15,6	50,4	50,2	16,7	26,2	5,4	26,7	25,7	30,1	3,5	6,6

[illegible]

EK 15: Etkinlik Değerleri

ÜLKELER	2012				2013				2014				2015				ORTALAMA			
	CCR	RCCR	CCR/R	RCCR/R	CCR	RCCR	CCR/R	RCCR/R	CCR	RCCR	CCR/R	RCCR/R	CCR	RCCR	CCR/R	RCCR/R	CCR	RCCR	CCR/R	RCCR/R
Arnavutluk	44.14%	44.14%	16.08%	16.08%	42.03%	42.03%	11.39%	11.39%	55.80%	55.80%	12.45%	12.45%	43.55%	43.55%	8.83%	8.83%	46.88%	46.88%	12.19%	12.19%
Cezayir	31.51%	31.51%	8.92%	8.92%	25.95%	25.95%	5.03%	5.03%	47.52%	47.52%	8.89%	8.89%	48.48%	48.48%	5.00%	5.00%	40.87%	40.87%	6.46%	6.46%
Aranjin	59.58%	59.58%	22.61%	22.61%	65.58%	65.58%	28.36%	28.36%	58.37%	58.37%	28.00%	28.00%	56.22%	56.22%	22.87%	22.87%	59.94%	59.94%	25.40%	25.40%
Emenistan	46.59%	46.59%	20.58%	20.58%	58.16%	58.16%	24.60%	24.60%	70.80%	70.80%	24.45%	24.45%	72.44%	72.44%	17.39%	17.39%	61.99%	61.99%	21.76%	21.76%
Avustralya	90.31%	90.31%	56.77%	56.77%	100.00%	100.00%	62.38%	62.38%	100.00%	100.00%	72.48%	72.48%	100.00%	100.00%	67.55%	67.55%	97.58%	97.58%	64.35%	64.35%
Avusturya	100.00%	100.00%	59.70%	59.70%	84.69%	84.69%	58.37%	58.37%	99.02%	99.02%	65.26%	65.26%	95.03%	95.03%	60.68%	60.68%	94.69%	94.69%	61.00%	61.00%
Azerbaycan	52.50%	52.50%	17.59%	17.59%	51.25%	51.25%	15.13%	15.13%	59.46%	59.46%	15.56%	15.56%	54.80%	54.80%	14.87%	14.87%	45.10%	45.10%	15.79%	15.79%
Bangladeş	50.51%	50.51%	11.11%	11.11%	38.81%	38.81%	8.50%	8.50%	41.73%	41.73%	8.92%	8.92%	37.55%	37.55%	8.84%	8.84%	42.15%	42.15%	9.34%	9.34%
Belarus	59.42%	59.42%	19.92%	19.92%	64.14%	64.14%	21.93%	21.93%	71.87%	71.87%	25.45%	25.45%	78.39%	78.39%	22.47%	22.47%	68.45%	68.45%	22.44%	22.44%
Belçika	89.83%	89.83%	63.69%	63.69%	90.90%	90.90%	62.27%	62.27%	83.37%	83.37%	62.38%	62.38%	80.35%	80.35%	54.48%	54.48%	86.11%	86.11%	60.70%	60.70%
Bolonya	47.31%	47.31%	9.58%	9.58%	52.19%	52.19%	10.15%	10.15%	49.37%	49.37%	9.41%	9.41%	56.68%	56.68%	9.29%	9.29%	51.39%	51.39%	9.61%	9.61%
Brezilya	51.79%	51.79%	22.98%	22.98%	59.62%	59.62%	23.07%	23.07%	68.63%	68.63%	25.02%	25.02%	56.72%	56.72%	21.15%	21.15%	59.19%	59.19%	23.08%	23.08%
Budistan	77.35%	77.35%	32.58%	32.58%	89.72%	89.72%	31.81%	31.81%	80.49%	80.49%	35.98%	35.98%	80.65%	80.65%	34.61%	34.61%	82.05%	82.05%	33.74%	33.74%
Burkina Faso	46.94%	46.94%	2.56%	2.56%	45.69%	45.69%	2.46%	2.46%	61.71%	61.71%	9.01%	9.01%	61.62%	61.62%	8.42%	8.42%	51.99%	51.99%	5.61%	5.61%
Şili	100.00%	100.00%	33.25%	33.25%	73.48%	73.48%	31.22%	31.22%	84.66%	84.66%	34.73%	34.73%	79.00%	79.00%	30.93%	30.93%	84.29%	84.29%	32.53%	32.53%
Çin	100.00%	100.00%	33.74%	33.74%	100.00%	100.00%	37.53%	37.53%	100.00%	100.00%	44.69%	44.69%	100.00%	100.00%	38.29%	38.29%	100.00%	100.00%	38.56%	38.56%
Kolombiya	52.96%	52.96%	24.70%	24.70%	61.24%	61.24%	26.70%	26.70%	61.67%	61.67%	26.86%	26.86%	59.75%	59.75%	24.64%	24.64%	58.90%	58.90%	25.72%	25.72%
Kosta Rika	71.13%	71.13%	8.61%	8.61%	97.27%	97.27%	24.65%	24.65%	86.98%	86.98%	24.74%	24.74%	75.38%	75.38%	21.77%	21.77%	82.69%	82.69%	19.94%	19.94%
Cote D'ivoire	40.47%	40.47%	1.97%	1.97%	55.54%	55.54%	3.03%	3.03%	78.87%	78.87%	5.07%	5.07%	74.43%	74.43%	3.64%	3.64%	62.33%	62.33%	4.18%	4.18%
Harvistan	67.08%	67.08%	33.18%	33.18%	54.59%	54.59%	36.64%	36.64%	81.16%	81.16%	33.63%	33.63%	78.53%	78.53%	33.63%	33.63%	78.53%	78.53%	34.13%	34.13%
Kıbrıs	100.00%	100.00%	47.60%	47.60%	42.46%	42.46%	2.46%	2.46%	100.00%	100.00%	41.37%	41.37%	93.90%	93.90%	30.82%	30.82%	90.47%	90.47%	40.56%	40.56%
Çek Cumhuriyeti	100.00%	100.00%	50.37%	50.37%	85.34%	85.34%	49.48%	49.48%	92.24%	92.24%	59.66%	59.66%	85.61%	85.61%	55.72%	55.72%	90.80%	90.80%	53.70%	53.70%
Danimarka	100.00%	100.00%	77.46%	77.46%	100.00%	100.00%	74.28%	74.28%	100.00%	100.00%	75.25%	75.25%	100.00%	100.00%	70.07%	70.07%	100.00%	100.00%	74.27%	74.27%
Ekvador	54.83%	54.83%	12.45%	12.45%	72.38%	72.38%	13.66%	13.66%	81.44%	81.44%	10.33%	10.33%	58.71%	58.71%	8.28%	8.28%	61.84%	61.84%	11.18%	11.18%
Moş	36.05%	36.05%	14.35%	14.35%	37.78%	37.78%	14.40%	14.40%	53.75%	53.75%	17.54%	17.54%	49.74%	49.74%	13.98%	13.98%	44.33%	44.33%	15.07%	15.07%
El Salvador	57.86%	57.86%	8.46%	8.46%	67.50%	67.50%	6.39%	6.39%	69.53%	69.53%	3.56%	3.56%	69.05%	69.05%	1.84%	1.84%	65.98%	65.98%	5.06%	5.06%
Estoniya	100.00%	100.00%	64.73%	64.73%	64.73%	64.73%	50.86%	50.86%	99.87%	99.87%	61.58%	61.58%	100.00%	100.00%	56.72%	56.72%	99.97%	99.97%	58.47%	58.47%
Etiyopya	47.14%	47.14%	8.57%	8.57%	39.31%	39.31%	7.81%	7.81%	48.14%	48.14%	8.78%	8.78%	42.64%	42.64%	8.68%	8.68%	44.31%	44.31%	8.46%	8.46%
Finlandiya	100.00%	100.00%	81.79%	81.79%	81.97%	81.97%	75.89%	75.89%	100.00%	100.00%	86.84%	86.84%	100.00%	100.00%	74.96%	74.96%	100.00%	100.00%	79.92%	79.92%
Fransa	75.35%	75.35%	56.80%	56.80%	85.69%	85.69%	60.60%	60.60%	84.16%	84.16%	65.86%	65.86%	100.00%	100.00%	59.02%	59.02%	86.30%	86.30%	60.59%	60.59%
Gürcistan	46.47%	46.47%	22.81%	22.81%	67.03%	67.03%	21.88%	21.88%	68.20%	68.20%	22.19%	22.19%	59.17%	59.17%	15.02%	15.02%	60.22%	60.22%	19.84%	19.84%
Almanya	92.44%	92.44%	68.05%	68.05%	92.39%	92.39%	68.93%	68.93%	96.73%	96.73%	73.24%	73.24%	98.20%	98.20%	69.03%	69.03%	94.94%	94.94%	69.81%	69.81%
Gana	55.96%	55.96%	15.39%	15.39%	63.77%	63.77%	10.57%	10.57%	79.94%	79.94%	14.01%	14.01%	58.09%	58.09%	11.20%	11.20%	64.44%	64.44%	12.79%	12.79%
Yunanistan	59.71%	59.71%	20.12%	20.12%	78.53%	78.53%	29.63%	29.63%	70.68%	70.68%	36.52%	36.52%	90.04%	90.04%	33.38%	33.38%	74.74%	74.74%	29.91%	29.91%
Guatemala	63.00%	63.00%	12.07%	12.07%	63.85%	63.85%	4.35%	4.35%	71.36%	71.36%	4.28%	4.28%	63.77%	63.77%	2.73%	2.73%	65.38%	65.38%	5.86%	5.86%
Honduras	49.36%	49.36%	6.02%	6.02%	56.33%	56.33%	3.44%	3.44%	53.65%	53.65%	2.39%	2.39%	58.01%	58.01%	2.24%	2.24%	54.34%	54.34%	3.52%	3.52%
Hong Kong	100.00%	100.00%	75.17%	75.17%	100.00%	100.00%	80.47%	80.47%	100.00%	100.00%	79.77%	79.77%	100.00%	100.00%	70.31%	70.31%	100.00%	100.00%	74.27%	74.27%
Macaristan	91.51%	91.51%	42.93%	42.93%	100.00%	100.00%	44.44%	44.44%	85.55%	85.55%	45.24%	45.24%	78.06%	78.06%	37.13%	37.13%	88.78%	88.78%	42.44%	42.44%
Hindistan	68.99%	68.99%	58.75%	58.75%	100.00%	100.00%	67.88%	67.88%	67.88%	67.88%	69.95%	69.95%	100.00%	100.00%	69.77%	69.77%	100.00%	100.00%	66.99%	66.99%
İndonezya	64.19%	64.19%	12.17%	12.17%	69.36%	69.36%	18.69%	18.69%	69.93%	69.93%	23.37%	23.37%	66.99%	66.99%	16.43%	16.43%	78.67%	78.67%	14.58%	14.58%
İrlanda	100.00%	100.00%	75.15%	75.15%	100.00%	100.00%	75.35%	75.35%	100.00%	100.00%	80.27%	80.27%	100.00%	100.00%	73.43%	73.43%	100.00%	100.00%	76.05%	76.05%
İsveç	100.00%	100.00%	64.93%	64.93%	100.00%	100.00%	68.55%	68.55%	100.00%	100.00%	72.68%	72.68%	100.00%	100.00%	58.72%	58.72%	99.37%	99.37%	66.17%	66.17%
İtalya	82.50%	82.50%	41.56%	41.56%	104.72%	104.72%	48.49%	48.49%	86.92%	86.92%	49.38%	49.38%	94.90%	94.90%	43.92%	43.92%	91.00%	91.00%	45.84%	45.84%
Japonya	90.47%	90.47%	53.80%	53.80%	92.79%	92.79%	57.33%	57.33%	89.29%	89.29%	61.88%	61.88%	91.61%	91.61%	57.16%	57.16%	91.04%	91.04%	57.54%	57.54%
Ordu	97.52%	97.52%	26.04%	26.04%	63.00%	63.00%	27.24%	27.24%	69.48%	69.48%	27.29%	27.29%	59.69%	59.69%	18.56%	18.56%	72.42%	72.42%	24.78%	24.78%
Kazakistan	48.56%	48.56%	16.46%	16.46%	54.33%	54.33%	18.03%	18.03%	55.87%	55.87%	19.49%	19.49%	55.54%	55.54%	15.37%	15.37%	53.57%	53.57%	17.34%	17.34%
Kenya	40.56%	40.56%	15.47%	15.47%	48.98%	48.98%	8.99%	8.99%	74.19%	74.19%	12.01%	12.01%	55.50%	55.50%	9.04%	9.04%	54.81%	54.81%	11.38%	11.38%
Kore	100.00%	100.00%	61.11%	61.11%	100.00%	100.00%	62.64%	62.64%	100.00%	100.00%	69.01%	69.01%	100.00%	100.00%	64.78%	64.78%	100.00%	100.00%	64.94%	64.94%
Kuveyt	89.14%	89.14%	26.82%	26.82%	100.00%	100.00%	20.57%	20.57%	85.77%	85.77%	16.19%	16.19%	52.99%	52.99%	13.67%	13.67%	81.97%	81.97%	19.31%	19.31%
Kırgızistan	35.07%	35.07%	11.32%	11.32%	46.64%	46.64%	8.60%	8.60%	38.82%	38.82%	9.42%	9.42%	63.62%	63.62%	7.93%	7.93%	46.04%	46.04%	9.32%	9.32%
Litvanya	91.80%	91.80%	45.03%	45.03%	84.40%	84.40%	39.74%	39.74%	93.81%	93.81%	44.74%	44.74%	88.97%	88.97%	39.08%	39.08%	89.74%	89.74%	42.15%	42.15%
Lübnan	66.55%	66.55%	25.83%	25.83%	76.77%	76.77%	27.70%	27.70%	52.47%	52.47%	24.08%	24.08%	67.79%	67.79%	23.16%	23.16%	65.90%	65.90%	25.19%	25.19%
Lübnan	83.30%	83.30%	39.84%	39.84%	73.41%	73.41%	32.54%	32.54%	79.02%	79.02%	32.71%	32.71%	77.16%	77.16%	33.22%	33.22%	78.72%	78.72%	34.58%	34.58%
Lüksemburg	100.00%	100.00%	72.17%	72.17%	100.00%	100.00%	72.96%	72.96%	100.00%	100.00%	77.50%	77.50%	100.00%	100.00%	72.27%	72.27%	100.00%	100.00%	73.73%	73.73%
Makedonya	58.47%	58.47%	25.55%	25.55%	71.99%	71.99%	22.89%	22.89%	82.21%	82.21%	22.09%	22.09%	84.13%	84.13%	18.98%	18.98%	74.20%	74.20%	22.38%	22.38%
Madagaskar	50.41%	50.41%	2.70%	2.70%	36.19%	36.19%	3.35%	3.35%	51.11%	51.11%	5.82%	5.82%	43.75%	43.75%	4.24%	4.24%	45.37%	45.37%	4.03%	4.03%

EK 16: Etkinlik Sıralamaları

Sıra No	2012			2013			2014			2015		
	RCCR	RCCR/AR	GII	RCCR	RCCR/AR	GII	RCCR	RCCR/AR	GII	RCCR	RCCR/AR	GII
1	Singapur	İsviçre	Singapur	İsviçre	İsviçre	İsviçre	Arap Emirlikleri	İsviçre	İsviçre	İsviçre	İsviçre	İsviçre
2	İsviçre	İsviçre	İsviçre	Hong Kong	İsviçre	Singapur	Singapur	İngiltere	Singapur	Çin	İngiltere	Singapur
3	Hong kong	Singapur	İsviçre	Lüksemburg	İngiltere	Hong Kong	Çin	İsviçre	İngiltere	Singapur	İsviçre	İngiltere
4	Lüksemburg	İngiltere	Hong Kong	Singapur	Hollanda	İngiltere	İsviçre	Hollanda	İsviçre	Lüksemburg	Hollanda	İsviçre
5	Norveç	Finlandiya	Finlandiya	İrlanda	Hong Kong	İsviçre	Lüksemburg	Finlandiya	Finlandiya	ABD	ABD	Finlandiya
6	İrlanda	Hollanda	İngiltere	İsrail	ABD	ABD	İrlanda	ABD	ABD	Kore	Finlandiya	ABD
7	Arap Emirlikleri	Danimarka	Danimarka	İrlanda	Singapur	Finlandiya	Hong Kong	Singapur	Hong Kong	İngiltere	Singapur	Hollanda
8	İsviçre	Hong Kong	İrlanda	Norveç	Finlandiya	Hollanda	Norveç	İrlanda	Hollanda	Hollanda	İrlanda	Hong Kong
9	İngiltere	İrlanda	Hollanda	Hollanda	İrlanda	Danimarka	ABD	Hong Kong	Danimarka	Norveç	Lüksemburg	Danimarka
10	Hollanda	Lüksemburg	ABD	Kuveyt	Danimarka	İrlanda	Kore	Lüksemburg	İrlanda	Hong Kong	İrlanda	İrlanda
11	İrlanda	Norveç	Lüksemburg	Çin	Lüksemburg	Norveç	İngiltere	Danimarka	Avustralya	Yeni Zelanda	Danimarka	Avustralya
12	Estonya	ABD	Norveç	ABD	Norveç	Yeni Zelanda	Hollanda	Almanya	Norveç	İsviçre	İrlanda	Lüksemburg
13	Sudi Arabistan	Yeni Zelanda	Yeni Zelanda	İngiltere	Almanya	Lüksemburg	İsrail	İsrail	Kore	Hong Kong	Almanya	Yeni Zelanda
14	Finlandiya	Almanya	İsrail	Finlandiya	İsrail	Avustralya	Finlandiya	Avustralya	İsrail	Estonya	Yeni Zelanda	Kore
15	Danimarka	İsrail	İrlanda	Khuz	İrlanda	İrlanda	İsviçre	Norveç	Yeni Zelanda	Avustralya	Avustralya	Almanya
16	Avustralya	Estonya	Almanya	İsviçre	Yeni Zelanda	İsrail	İrlanda	İrlanda	Almanya	Kore	Japonya	Japonya
17	İsrail	Belçika	Kore	Danimarka	Kore	Almanya	Avustralya	Yeni Zelanda	Lüksemburg	Arap Emirlikleri	Avustralya	Norveç
18	Kore	Kore	Belçika	İtalya	Avustralya	Kore	Mogolistan	Kore	Avustralya	İrlanda	Norveç	İrlanda
19	Moldova	Avustralya	Avustralya	Arap Emirlikleri	Belçika	Japonya	İspanya	Fransa	Japonya	Danimarka	Fransa	Avustralya
20	ABD	İrlanda	İspanya	Fransa	Avustralya	Sudi Arabistan	Avustralya	Fransa	İsrail	Fransa	İsrail	Fransa
21	Çin	Fransa	Avustralya	Avustralya	Avustralya	Belçika	Danimarka	Belçika	İrlanda	Sudi Arabistan	Japonya	İsrail
22	Çek Cumhuriyeti	Avustralya	Japonya	Kore	Japonya	Fransa	Khuz	Japonya	Belçika	Almanya	Estonya	Estonya
23	Yeni Zelanda	Japonya	Fransa	Macaristan	İspanya	İspanya	Moldova	Estonya	Estonya	İsrail	Çek Cumhuriyeti	Belçika
24	Khuz	Çek Cumhuriyeti	Khuz	Estonya	Estonya	Estonya	Yeni Zelanda	Çek Cumhuriyeti	İspanya	Moldova	Belçika	Çek Cumhuriyeti
25	İtali	Slovenya	Slovenya	Kosta Rika	Çek Cumhuriyeti	Khuz	Estonya	İspanya	Çek Cumhuriyeti	Avustralya	İspanya	İspanya
26	Umman	Khuz	Çek Cumhuriyeti	Moldova	İtalya	Çek Cumhuriyeti	Avustralya	Slovenya	İspanya	İtalya	Slovenya	Slovenya
27	Ürdün	İspanya	İspanya	Karadağ	Slovenya	İtalya	Paraguay	Malezya	Arap Emirlikleri	Slovenya	Malezya	Portekiz
28	Slovenya	Letonya	Malezya	Sudi Arabistan	Malezya	Slovenya	Almanya	İtalya	Portekiz	Mozambik	İtalya	İtalya
29	Karadağ	Portekiz	Arap Emirlikleri	Yeni Zelanda	Macaristan	Malezya	Mauntis	Portekiz	Malezya	Khuz	Portekiz	Malezya
30	Almanya	Malezya	Japonya	Portekiz	Portekiz	Letonya	Macaristan	Khuz	İspanya	Letonya	Çin	Çin
31	Letonya	Macaristan	Macaristan	Almanya	Khuz	Letonya	Slovenya	Letonya	İtalya	Japonya	Çin	Letonya
32	Macaristan	İtalya	Portekiz	Romanya	Letonya	Macaristan	Çek Cumhuriyeti	Çin	Letonya	Portekiz	Macaristan	Khuz
33	Japonya	Litvanya	İtalya	Malezya	Çin	Arap Emirlikleri	Mozambik	Khuz	Çin	Yunanistan	Slovakya	Arap Emirlikleri
34	Avustralya	Karadağ	Litvanya	Belçika	Hrvatistan	Çin	Malezya	Slovakya	Macaristan	Letonya	Bulgaristan	Slovakya
35	Belçika	Arap Emirlikleri	İtali	Slovenya	Slovakya	Panama	Polonya	Litvanya	Mogolistan	Hrvatistan	Litvanya	Litvanya
36	Malezya	Çin	Çin	Bulgaristan	Karadağ	Litvanya	Japonya	Tayland	Sudi Arabistan	Çek Cumhuriyeti	Yunanistan	Macaristan
37	Kuveyt	İtali	Slovakya	Hrvatistan	Polonya	Karadağ	Endonezya	Yunanistan	İtali	Paraguay	Litvanya	İtali
38	Litvanya	Hrvatistan	Sudi Arabistan	Fransa	Sudi Arabistan	Hrvatistan	Portekiz	Bulgaristan	Slovakya	Malezya	Sudi Arabistan	Hrvatistan
39	Mauntis	Polonya	Polonya	Çek Cumhuriyeti	Litvanya	Polonya	Kost Rika	Hrvatistan	Mauntis	Makedonya	Polonya	Yunanistan
40	Tunus	Bulgaristan	Hrvatistan	Avustralya	Bulgaristan	İtali	İtalya	Sudi Arabistan	Polonya	Slovakya	İtali	Bulgaristan
41	İspanya	Srbistan	Bulgaristan	Letonya	İtali	Sudi Arabistan	Kuveyt	İtali	Hrvatistan	Romanya	Karadağ	Polonya
42	Portekiz	Slovakya	Umman	Portekiz	Tayland	Bulgaristan	Macaristan	Rusya	Bulgaristan	Umman	Khuz	Sudi Arabistan
43	İtalya	Romanya	Karadağ	Slovakya	Yunanistan	Romanya	Türkiye	Arap Emirlikleri	Yunanistan	Bulgaristan	Rusya	Karadağ
44	Srbistan	Rusya	Mauntis	Mauntis	Rusya	Kosta Rika	İtali	Litvanya	Tayland	Belçika	Tayland	Mauntis
45	Panama	Tayland	Srbistan	Pers	Arap Emirlikleri	Yunanistan	Slovakya	Türkiye	Rusya	Karadağ	Meksika	Rusya
46	Bulgaristan	Kuveyt	Türkiye	Ukrayna	Makedonya	Fransa	Romanya	Karadağ	Türkiye	Belarus	Türkiye	Belarus
47	Slovakya	Sudi Arabistan	Rusya	Yunanistan	Romanya	Moldova	Belçika	Ukrayna	Mogolistan	Hrvatistan	Romanya	Moldova
48	Fransa	Ürdün	Kuveyt	Lübnan	Ajantin	Rusya	Makedonya	Moldova	Moldova	İtali	Srbistan	Romanya
49	Senegal	Lübnan	Makedonya	Mozambik	Moldova	Mauntis	Hrvatistan	Srbistan	Makedonya	Mauntis	Ukrayna	Makedonya
50	Kosta Rika	Moldova	Tayland	İtali	Srbistan	Tayland	Bulgaristan	Meksika	Panama	Belarus	Moldova	Kosta Rika
51	Hindistan	Makedonya	Yunanistan	Litvanya	Lübnan	Kuveyt	Gana	Karadağ	Romanya	Macaristan	Arap Emirlikleri	Meksika
52	Hrvatistan	Kolombiya	Tunus	Çin	Kolombiya	Litvanya	Ajantin	Kosta Rika	Litvanya	Kolombiya	Kolombiya	Kolombiya
53	Lübnan	Umman	Lübnan	Tacikistan	Türkiye	Srbistan	Cote Divoire	Ürdün	Kolombiya	Kosta Rika	Lübnan	Tayland
54	Mogolistan	Türkiye	Moldova	Meksika	Ukrayna	Romanya	Kolombiya	Türkiye	Cote Divoire	Ajantin	Mogolistan	Mogolistan
55	Pers	Ukrayna	Kolombiya	El Salvador	Kolombiya	Ürdün	Tayland	Mauntis	Meksika	Belarus	Türkiye	Türkiye
56	Endonezya	Brezilya	Mogolistan	Makedonya	Kosta Rika	Mogolistan	Kenya	Belarus	Brezilya	Ermenistan	Pers	Ermenistan
57	Polonya	Ukrayna	Ürdün	Mogolistan	Ukrayna	Ermenistan	Nijerya	Belarus	Brezilya	El Salvador	Kosta Rika	Ukrayna
58	Guatemala	Gürcistan	Brezilya	Endonezya	Ermenistan	Lübnan	Belarus	Kosta Rika	Pers	Ukrayna	Brezilya	Panama
59	Ukrayna	Ajantin	Kosta Rika	Panama	Tunus	Meksika	Uganda	Ermenistan	Ürdün	Panama	Tunus	Srbistan
60	Paraguay	Tunus	Pers	Ukrayna	Brezilya	Brezilya	Guatemala	Lübnan	Umman	Tunus	Ukrayna	Pers
61	Romanya	Mogolistan	Gürcistan	El Salvador	Makedonya	Ajantin	Ermenistan	Pers	Srbistan	Lübnan	Makedonya	Brezilya
62	Trinidad tobo	Mauntis	Ukrayna	Gürcistan	Belarus	Gürcistan	Yunanistan	Tunus	Ermenistan	Tayland	Ürdün	Umman
63	Mali	Ermenistan	Ukrayna	Srbistan	Gürcistan	Pers	Hindistan	Hindistan	Gürcistan	Guatemala	Fas	Ukrayna
64	Yunanistan	Yunanistan	Ermenistan	Ajantin	Kuveyt	Umman	Umman	Ukrayna	Lübnan	Kirgizistan	Ermenistan	Gürcistan
65	Ajantin	Meksika	Ajantin	Belarus	Hindistan	Türkiye	El Salvador	Gürcistan	Ukrayna	Senegal	Hindistan	Lübnan
66	Belarus	Belarus	Kazakistan	Uganda	Pers	Tunus	Ürdün	Makedonya	Ukrayna	Pers	Mogolistan	Ajantin
67	Nijerya	Trinidad Tobago	Meksika	Gana	Mauntis	Belarus	Brezilya	Mogolistan	Kuveyt	Endonezya	Mauntis	Fas
68	Makedonya	Pers	Türkiye	Guatemala	Mogolistan	Ukrayna	Gürcistan	Kazakistan	Ajantin	Rusya	Kazakistan	Ürdün
69	Venezuela	Azerbaycan	Trinidad tobo	Ürdün	Endonezya	Kazakistan	Pers	Panama	Kazakistan	Meksika	Filipinler	Tunus
70	Mozambik	Fas	Belarus	Tayland	Kazakistan	Hindistan	Karadağ	Fas	Tunus	Mali	Panama	Kuveyt
71	El Salvador	Panama	Hindistan	Kolombiya	Filipinler	Trinidad tobo	Rusya	Endonezya	Hindistan	Burkina Faso	Azerbaycan	Kazakistan
72	Tayland	Kazakistan	Panama	Polonya	Fas	Panama	Ukrayna	Mısır	Arnavutluk	Trinidad tobo	Endonezya	Arnavutluk
73	Rusya	Paraguay	Arnavutluk	Paraguay	Umman	Arnavutluk	Mali	Filipinler	Fas	Sri Lanka	Mısır	Trinidad tobo
74	Uganda	Arnavutluk	Fas	Nijerya	Azerbaycan	El Salvador	Senegal	Kuveyt	Trinidad tobo	Kolombiya	Kuveyt	Hindistan
75	Gana	Kenya	Azerbaycan	Hindistan	Mısır	El Salvador	Meksika	Umman	Paraguay	Ürdün	Sri Lanka	Azerbaycan
76	Ukrayna	Gana	Kenya	Trinidad tobo	El Salvador	Guatemala	Filipinler	Azerbaycan	Uganda	Gürcistan	Gürcistan	Mozambik
77	El Salvador	Hindistan	Paraguay	Brezilya	Sri Lanka	Fas	Ukrayna	Uganda	Guatemala	El Salvador	Gana	Filipinler
78	Filipinler	Mısır	Gana	Filipinler	Senegal	Gana	Trinidad tobo	Gana	Kenya	Polonya	Umman	Paraguay
79	Türkiye	Sri Lanka	El Salvador	Senegal	Trinidad tobo	Kenya	Polonya	Trinidad tobo	Azerbaycan	Gana	Senegal	Sri Lanka
80	Kolombiya	Filipinler	Guatemala	Ermenistan	Panama	Endonezya	Burkina faso	Sri Lanka	El Salvador	Honduras	Mozambik	Senegal
81	Azerbaycan	Tacikistan	Kirgizistan	Honduras	Arnavutluk	Filipinler	Kolombiya	Senegal	Kirgizistan	Fas	Uganda	El Salvador
82	Brezilya	El Salvador	Filipinler	Ukrayna	Uganda	Azerbaycan	El Salvador	Arnavutluk	Endonezya	Uganda	Bolivia	Kenya
83	Bangladeş	Endonezya	Mısır	Cote Divoire	Gana	Paraguay	Srbistan	Kenya	Mozambik	Brezilya	Kenya	Kirgizistan
84	Madagaskar	Guatemala	El Salvador	Mali	Bolivia	Uganda	Azerbaycan	Pakistan	Mısır	Bolivia	Bangladeş	Malavi
85	Honduras	Kirgizistan	Sri Lanka	Rusya	Venezuela	Bolivia	El Salvador	Gana	Ajantin	Arnavutluk	Endonezya	Endonezya
86	Kazakistan	Bangladeş	Senegal	Kazakistan	Kenya	Honduras	Sri Lanka	Nijerya	Filipinler	Kazakistan	Mali	Guatemala
87	Meksika	Mozambik	Endonezya	Umman	Tacikistan	Senegal	Ajantin	Mozambik	Senegal	Kenya	Etiyopya	Mısır
88	Fas	Bolivia	Honduras	Malavi	Kirgizistan	Mısır	Kazakistan	Kirgizistan	Honduras	Azerbaycan	Burkina Faso	Burkina Faso
89	Bolivia	Tanzanya	Mozambik	Bolivia	Bangladeş	Tacikistan	Arnavutluk	Bolivia	Burkina Faso	Filipinler	El Salvador	Uganda
90	Etiyopya	Nijerya	Tacikistan	Azerbaycan	Tanzanya	Sri Lanka	Tanzanya	Burkina Faso	El Salvador	Kuveyt	Kirgizistan	Honduras
91	Sri Lanka	Cezayir	Bolivia	Kenya	Etiyopya	Kirgizistan	Mısır	Bangladeş	Malavi	Malavi	Paraguay	El Salvador
92	Burkina faso	Kosta Rika	Cezayir	Fas	Nijerya	Mozambik	Honduras	Mali	Bolivia	Srbistan	Tanzanya	Bolivia
93	Ermenistan	Etiyopya	Malavi	Tanzanya	Pakistan	Tanzanya	Tunus	Etiyopya	Sri Lanka	Tanzanya	Pakistan	Gana
94	Gürcistan	El Salvador	Bangladeş	Sri Lanka	El Salvador	Burkina Faso	Lübnan	Venezuela	Tanzanya	Mısır	Tacikistan	Tacikistan
95	Tanzanya	Senegal	Uganda	Kirgizistan	Paraguay	Madagaskar	Madagaskar	Paraguay	Nijerya	Cezayir	Nijerya	Mali
96	Arnavutluk	Pakistan	Madagaskar	Burkina Faso	Mozambik	Malavi	Venezuela	Tanzanya	Madagaskar	Tacikistan	Cezayir	Tanzanya
97	Kenya	Honduras	Burkina Faso	Venezuela	Cezayir	Venezuela	Bolivia	Cezayir	Tacikistan	Hindistan	Madagaskar	Cote Divoire
98	Cote Divoire	Uganda	Venezuela	Arnavutluk	Guatemala	Cezayir	Etiyopya	Madagaskar	Cezayir	Arnavutluk	Trinidad tobo	Cezayir
99	Malavi	Cote Divoire	Tanzanya	Etiyopya	Mali	Nijerya	Cezayir	Tacikistan	Cote Divoire	Madagaskar	Cote Divoire	Madagaskar
100	Mısır	Mali	Bangladeş	Honduras	Etiyopya	Mali	Cote Divoire	Cote Divoire	Nijerya	Venezuela	Bangladeş	Bangladeş
101	Kirgizistan	Malavi	Etiyopya	Mısır	Madagaskar	Madagaskar	Tacikistan	Guatemala	Mali	Etiyopya	Guatemala	Etiyopya
102	Cezayir	Madagaskar	Nijerya	Madagaskar	Cote Divoire	Bangladeş	Bangladeş	Pakistan	Malavi	Nijerya	Malavi	Nijerya
103	Pakistan	Burkina faso	Pakistan	Cezayir	Burkina Faso	Cote Divoire	Kirgizistan	El Salvador	Venezuela	Bangladeş	Honduras	Venezuela
104	Tacikistan	Venezuela	Cote Divoire	Pakistan	Malavi	Pakistan	Pakistan	Honduras	Pakistan	Venezuela	El Salvador	Pakistan