



**TÜRKİYE’NİN YENİLENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİ İLE
SAĞLIK GÖSTERGELERİNİN STIRPAT MODEL
ÇERÇEVESİNDE YAPAY SİNİR AĞLARI İLE ANALİZ EDİLMESİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

Fadime ÇELİK

Kütahya – 2016

T.C.
DÜMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
Ekonometri Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

**TÜRKİYE’NİN YENİLENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİ İLE
SAĞLIK GÖSTERGELERİNİN STIRPAT MODEL
ÇERÇEVESİNDE YAPAY SİNİR AĞLARI İLE ANALİZ EDİLMESİ**

Danışman:
Doç. Dr. Sema BEHDİOĞLU

Hazırlayan:
Fadime ÇELİK

Kütahya – 2016

Kabul ve Onay

Fadime ÇELİK'in hazırladığı "Türkiye'nin yenilenebilir enerji tüketimi ile sağlık göstergelerinin STIRPAT model çerçevesinde yapay sinir ağları ile analiz edilmesi" başlıklı Yüksek Lisans tez çalışması, jüri tarafından lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddelerine göre değerlendirilip oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

...../...../2016

Tez Jürisi	İmza	
	Kabul	Red
Doç. Dr. Sema BEHDİOĞLU (Danışman)		
Doç. Dr. Zeynep FİLİZ		
Yrd. Doç. Dr. Eylem ACAR		

Doç. Dr. Niyazi KURNAZ
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürü

Yemin Metni

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Tüketimi ile Sağlık Göstergelerinin STIRPAT Model Çerçevesinde Yapay Sinir Ağları İle Analiz Edilmesi” adlı çalışmamın, tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım kaynakların kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

...../...../2016

Fadime ÇELİK

Özgeçmiř

Fadime ÇELİK 27 Kasım 1989 tarihinde Van'da doğdu. İlköğretim eğitimi Bodrum Turgut Reis İlköğretim Okulu ve Muř Gazi İlköğretim okulunda, lise eğitimi ise Kılıçarslan Lisesinde 2006 yılında tamamladı. Üniversite eğitimi Dumlupınar Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Matematik Bölümünde 2011 yılında tamamladı. Aynı yıl aynı üniversitede Matematik Anabilim Dalında yüksek lisansına başladı ve 2013 yılında mezun oldu. 2014 yılında Bandırma 17 Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Ekonometri Bölümüne araştırma görevlisi olarak atandı. Bölümünde yüksek lisans programı olmadığı için 35. Madde ile Dumlupınar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Ekonometri Bölümüne görevlendirildi ve halen görevini burada sürdürmektedir.

ÖZET

TÜRKİYE’NİN YENİLENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİ İLE SAĞLIK GÖSTERGELERİNİN STIRPAT MODEL ÇERÇEVESİNDE YAPAY SİNİR AĞLARI İLE ANALİZ EDİLMESİ

ÇELİK, Fadime

Yüksek Lisans Tezi, Ekonometri Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Sema BEHDİOĞLU

Ağustos, 2016, 94 sayfa

Bir toplumun varlığını sürdürebilmesinin en önemli koşulu sağlıklı bireylere sahip olmasıdır. Sağlıklı toplumların üretim gücü sürekli olarak artmaktadır. Toplumlar bu üretimi sağlamak ve devam ettirmek için yoğun bir enerjiye gereksinim duymaktadır. Günümüzde de enerji gereksinimlerini gidermek amacıyla gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedir. Bu yüzden sağlık ile yenilenebilir enerji arasındaki ilişkinin önemi gittikçe daha da anlaşılır hale gelmektedir. Bu ilişkiyi dengelemek ve birlikte yürütmek ülkeler için büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada 1975-2013 yılları arasında Türkiye’nin sağlık ve aynı zamanda gelişmişlik düzeyini ölçen sağlık göstergeleri ile yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki ilişki STIRPAT modeli çerçevesinde yapay sinir ağları kullanılarak incelenmiş ve yenilenebilir enerji tüketiminin geleceğine yönelik tahminler yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda kalkınmışlık göstergesi olarak da kullanılan sağlık göstergelerinin yenilenebilir enerji tüketimini dolaylı olarak etkilediği bulunmuştur. Bu bağlamda Türkiye’nin sağlık politikalarını düzenleyerek ve geliştirerek kalkınması, yenilenebilir enerji potansiyelini daha etkin şekilde kullanarak yenilenebilir enerji tüketimini arttırması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bebek ve Çocuk Ölümleri, Doğumda Yaşam Beklentisi, Sağlık Harcamaları, STIRPAT, Yapay Sinir Ağları, Yenilenebilir Enerji

ABSTRACT**THE ANALYSIS OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORK WITHIN THE
FRAMEWAORK STIRPAT MODEL OF RENEWABLE ENERGY
CONSUMPTION AND HEALTH INDICATORS IN TURKEY****ÇELİK, Fadime****M. Sc. Thesis, Department of Econometrics****Supervisor: Assoc. Prof. Sema BEHDİOĞLU****August, 2016, 94 pages**

The most important condition to maintain the existence of a society is to have healthy individuals. Production power of healthy societies has continuously been increasing. Societies are in need of a considerable amount of energy to continue and ensure this production. Nowadays, developed and developing countries are giving preference to renewable energy source in order to supply their energy needs. Therefore, the importance of the relationship between renewable energy and health are becoming increasingly clear. To balance and manage this relationship has a major importance for those countries.

In this study, the relationship between Turkey's health indicator which are also used to measure development level and renewable energy consumption for 1995-2013 was examined using artificial neural network within the framework STIRPAT model. Also a prediction for the future of renewable energy consumption was presented. In conclusion, it was found that health indicators which are also used as development indicators, has an indirect effect on the renewable energy consumption. In this regard, it can be stated that the development plan in Turkey must be handled by improving and reforming health policies, in addition to increasing the renewable energy consumption with a more efficient use of its renewable energy potential.

Keywords: Infant and child mortality, Life expectancy, Health expenditure, STIRPAT, Artificial neural network, Renewable energy.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM YENİLENEBİLİR ENERJİ VE SAĞLIK

1.1. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAVRAMI	4
1.1.1. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Potansiyeli.....	6
1.1.2. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Tüketimi.....	7
1.2. YENİLENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİ İLE TEMEL SAĞLIK GÖSTERGELERİNİN İLİŞKİLENDİRİLMESİ.....	9
1.2.1. Sağlık Düzeyinin Ölçülmesinde Kullanılan Sağlık Göstergeleri	9
1.2.2. Sağlığın Yenilenebilir Enerji Üzerine Etkisi	11

İKİNCİ BÖLÜM YAPAY SİNİR AĞLARI

2.1. YAPAY SİNİR AĞLARI TANIMI.....	18
2.2. YAPAY SİNİR AĞLARININ TARİHSEL GELİŞİMİ	18
2.3. YAPAY SİNİR AĞLARININ ÖZELLİKLERİ	20
2.4. YAPAY SİNİR AĞLARININ YAPISI VE TEMEL BİLEŞENLERİ.....	21
2.4.1. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı	22
2.4.2. Yapay Sinir Ağlarının Temel Bileşenleri	22
2.4.2.1. Girdiler	23
2.4.2.2. Ağırlıklar	23
2.4.2.3. Birleştirme fonksiyonu	23
2.4.2.4. Aktivasyon fonksiyonu.....	24
2.4.2.5. Çıktılar	25
2.5. YAPAY SİNİR AĞLARININ SINIFLANDIRILMASI, ...	26
2.5.1. Bağlantı Yapısına Göre Yapay Sinir Ağları	26
2.5.2. Öğrenme Yöntemine Göre Yapay Sinir Ağları	27

2.5.3. Katman Sayısına Göre Yapay Sinir Ağları.....	28
2.6. ÇOK KATMANLI ALGILAYICILAR	28
2.6.1. Çok Katmanlı Algılayıcıların Yapısı	29
2.6.2. Çok Katmanlı Algılayıcıların Çalışma Şekli	30
2.7. YAPAY SİNİR AĞLARININ ÜSTÜN VE ZAYIF YÖNLERİ	35
2.7.1. Yapay Sinir Ağlarının Üstünlükleri.....	35
2.7.2. Yapay Sinir Ağlarının Zayıflıkları.....	35
2.8. YAPAY SİNİR AĞLARI VE TAHMİN	36
2.8.1. Sebep-Sonuç İlişkisine Dayalı Tahmin	36
2.8.2. Zaman Serilerine Dayalı Tahmin.....	37

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM STIRPAT MODEL

3.1. STIRPAT MODEL.....	40
3.2. STIRPAT MODELİN TARİHÇESİ.....	40
3.3. STIRPAT MODELİN TANIMI.....	43
3.3.1. Ekolojik Esneklik.....	45
3.3.2. STIRPAT Modelde Teknoloji (T) Faktörü.....	47
3.3.3. STIRPAT Modele Eklenecek Faktörler.....	47

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM LİTERATÜR TARAMASI

4.1. LİTERATÜR TARAMASI	50
4.1.1. Yapay Sinir Ağları İle İlgili Yapılmış Çalışmalar	50
4.1.2. STIRPAT Model İle İlgili Yapılmış Çalışmalar.....	53
4.1.3. Yapay Sinir Ağlarının ve STIRPAT Modelin Birlikte Kullanıldığı Çalışmalar.....	55

BEŞİNCİ BÖLÜM UYGULAMA

5.1. TÜRKİYE’NİN YENİLENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİ İLE SAĞLIK GÖSTERGELERİNİN STIRPAT MODEL ÇERÇEVESİNDE YAPAY SİNİR AĞLARI İLE ANALİZ EDİLMESİ	57
5.1.1. Yenilenebilir Enerji Tüketimi Tahmin Modeli İçin Kullanılan Veriler	57

5.1.2. STIRPAT Model.....	58
5.1.3. Yenilenebilir Enerji Tüketimi Tahmini İçin Yapay Sinir Ağları.....	58
5.1.3.1. Yenilenebilir Enerji Tüketimi Tahmin Modeli İçin Veri Düzenleme ve Dönüştürme	58
5.1.3.2. Yenilenebilir Enerji Tüketimi Tahmin Modeli İçin Yapay Sinir Ağı Yapısı.....	59
5.1.3.3. Yenilenebilir Enerji Tüketimi Tahmin Modeli İçin Yapay Sinir Ağı Mimarisi	60
5.2. BULGULAR	64
5.3. YAPAY SİNİR AĞLARI İLE YENİLENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİ GELECEK DÖNEM TAHMİNİ	73
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	74
KAYNAKÇA	77
DİZİN	94

TABLÖLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1: Aktivasyon Fonksiyon Türleri	24
Tablo 5.1: Uygun Ağ Yapısı İçin Yapılan Denemeler (Eğitim Seti Değerleri)	62
Tablo 5.2: Eğitim ve Doğrulama Kümelerinin Performans Değerleri	68
Tablo 5.3: Yenilenebilir Enerji Tüketimi Tahmin Modelinin Tahmin Ettiği Test Kümesinin Tahmin Değerleri ve Performans Ölçütleri	69
Tablo 5.4: Türkiye'nin 2014-2020 Yılları Arasındaki Yenilenebilir Enerji Tüketimi Tahmini	73

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: İnsani Gelişmişlik Modeli	14
Şekil 1.2: İnsan Sağlığı ve Sürdürülebilirlik Arasındaki İlişkinin Modeli	15
Şekil 2.1: Yapay Sinir Ağ Yapısı	25
Şekil 5.1: Yenilenebilir Enerji Tüketimi Tahmin Modelinin Yapay Sinir Ağ Yapısı...	60
Şekil 5.2: Yenilenebilir Enerji Tüketimi Tahmin Modelinin MSE Hata Fonksiyonu Grafığı	64
Şekil 5.3: Yenilenebilir Enerji Tüketimi Tahmin Modelinin Regresyon Grafığı.....	66
Şekil 5.4: Eğitim Setindeki Verilerin Gerçek Değerleri İle Üretilen Değerinin Grafığı	67
Şekil 5.5: Doğrulama Setindeki Verilerin Gerçek Değerleri İle Üretilen Değerinin Grafığı	678
Şekil 5.6: Test Setindeki Verilerin Gerçek Değerleri İle Üretilen Değerinin Grafığı	70

KISALTMALAR LİSTESİ

YSA	Yapay Sinir Ağları
STIRPAT	STochastic Impacts by Regression on Population, Affluence, and Technology
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
EE	Ekolojik Esneklik
YE	Yenilenebilir Enerji Tüketimi
YB	Doğumda Yaşam Beklentisi
SH	Sağlık Harcamaları
GSYİH	Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
GSMH	Gayri Safi Milli Hasıla
N	Nüfus
BÖ	Bebek Ölüm Oranı
ÇÖ	Çocuk Ölüm Oranı
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı
RMSE	Ortalama Hata Karenin Karekökü
MAPE	Ortalama Mutlak Yüzde Hata
MSE	Ortalama Hata Kare
ETKB	Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı



TEZ METNİ

GİRİŞ

Enerji, çağımızın olmazsa olmaz bir parçası haline gelmiştir. Toplumların kalkınmışlık düzeyini, yaşam kalitesini, üretimini belirleyen en temel faktördür ve günümüzde enerji olmadan toplumların ayakta kalamayacağı çok açıktır.

Sanayileşme ile beraber artan enerji tüketimi birçok sorunu beraberinde getirmiştir. Bu sorunlara çözüm üretmek için yenilenemeyen enerji kaynaklarından olan fosil yakıt ve nükleer enerjiden yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru bir yöneliş olmuştur. Gitgide sağlığın ve temiz enerji kullanımının önemi giderek daha anlaşılır hale gelmiştir. Nitekim tüm ülkelerin en temel amacı sağlıklı bireylerle üretimini arttırmak ve bu üretimi temiz enerji olarak nitelendirilen yenilenebilir enerjiyi kullanarak sağlamaktır. Böylece ülkeler hem kalkınacak, iyi bir refah düzeyine ulaşacak hem de gelecek nesile daha temiz daha sağlıklı bir hayat sunacaktır.

Sağlık ve yenilenebilir enerji farklı şeyleri ifade eden iki ayrı kavram olmasına rağmen birbirlerinden ayrı düşünülemezler. Bu iki kavram birbirinden bağımsız olmayıp bazen birbirleriyle örtüşmekte, bazen biri diğerinden etkilenmekte ve bazen de ortaklaşa etkileşim içinde bulunmaktadırlar. Dolayısıyla yenilenebilir enerji tüketimini sağlık açısından, sağlığı da yenilenebilir enerji kaynakları açısından incelemek gerekir.

Bu çalışmanın amacı, tahmin yöntemi olarak yapay sinir ağlarını kullanarak Türkiye'nin yenilenebilir enerji tüketimi ile ülkelerin gelişmişlik düzeylerini yansıtan sağlık göstergeleri arasındaki ilişkiyi ölçmek ve yenilenebilir enerji tüketimini ileriye dönük tahmin etmektir.

Yapılan literatür taraması sonucunda dünyada enerji ve sağlık arasındaki ilişkiyi tahmin etme ve modelleme hususunda çok sınırlı sayıda çalışma olduğu ülkemizde ise bu alanda çalışma yapılmadığı gözlenmektedir.

Çalışma beş bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde yenilenebilir enerji kavramı ve Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyelinden bahsedilmiş, sağlık göstergeleri ile yenilenebilir enerji kaynakları arasındaki ilişki kavramsal olarak incelenmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde yapay sinir ağları genel hatlarıyla anlatılmıştır. Bu bağlamda yapay sinir ağlarının tanımı, tarihsel gelişimi, genel özellikleri, temel bileşenleri, üstünlükleri ve zayıf yönleri hakkında bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde modelin teorik çerçevesini oluşturan matematiksel model olan STIRPAT modeli üzerinde durulmuştur. Bu bölümde de STIRPAT modelin gelişiminden ve bileşenlerinden bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümde literatürde yapay sinir ağları ve STIRPAT model ile ilgili yapılan çalışmalardan bahsedilmiş ve bu çalışmanın özgünlüğü ortaya konulmuştur.

Son bölümde uygulamada kullanılan veri seti tanıtılmış, kullanılacak modelin bileşenlerinin STIRPAT model doğrultusunda seçimi ve nedenleri anlatılmıştır. Daha sonra yapay sinir ağları uygulaması gerçekleştirilmiştir. Türkiye'nin yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde sağlık göstergelerinin bir etkisi olup olmadığı araştırılmış ve yenilenebilir enerji tüketimin geleceği öngörülmeyle çalışılmıştır. Sonuçlar doğrultusunda yorumlar yapılmış ve sağlık göstergelerinin yenilenebilir enerji tüketimini dolaylı olarak etkilediği gösterilmiştir.

Sonuç ve öneriler kısmında ise çalışma sonucunda ulaşılan bulgular çerçevesinde kalkınmışlık göstergesi olarak kabul edilen sağlık göstergelerinin yenilenebilir enerji tüketimini ne şekilde etkilediği üzerinde durulmuş ve konuya ilişkin tespit ve önerilere yer verilmiştir.

STIRPAT modeli çerçevesinde yapay sinir ağları kullanılarak yapılan bu çalışma enerji ve sağlık alanında öncü bir niteliğe sahiptir.



BİRİNCİ BÖLÜM

YENİLENEBİLİR ENERJİ VE SAĞLIK

1.1. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAVRAMI

Enerji, ekonomik kalkınmanın ve toplumsal refahın en temel kaynağı olmanın yanı sıra toplumsal üretimin ve yüksek yaşam kalitesinin temel bileşenlerinden biridir.

Dünyadaki birçok enerji kaynağını insanlar farklı şekillerde kullanmaktadır. Fakat en çok ısınma, elektrik üretme, ulaşım gibi alanlarda enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Bu enerji kaynakları birincil enerji kaynakları ve ikincil enerji olmak üzere ikiye ayrılır. Petrol, doğal gaz, kömür gibi doğal kaynaklardan elde edilen enerji birincil enerji kaynağı iken birincil enerji kaynaklarının dönüştürülmesinden elde edilen kaynaklar ikincil enerji kaynağıdır (OECD / IEA / Eurostat, 2005: 18). Elektrik enerjisi, akaryakıt ya da hidrojen benzeri sentetik yakıtlar ikincil enerji kaynaklarından bazılarıdır. Birincil enerji kaynakları ise fosil yakıtlar, nükleer enerji ve yenilenebilir enerjidir. Günümüzde enerji gereksinimlerin çoğu fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Sanayileşme ile beraber artan enerji tüketimi birçok sorunu beraberinde getirmiştir. Bu sorunlara çözüm üretmek için yenilenemeyen enerji kaynaklarından olan fosil yakıt ve nükleer enerjiden yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru bir yöneliş olmuştur. Dünya'nın enerji ihtiyacının büyük çoğunluğunu karşılayan fosil yakıt rezervlerinin azalması, fosil yakıtlarının kullanımı sonucu ortaya çıkan karbon emisyonlarının çevreye verdiği zararların giderilmesi ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılabilmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması zorunlu hale gelmiştir.

Uluslararası enerji ajansına (IEA) göre yenilenebilir enerji doğada herhangi bir işleme tabii olmadan kullanılabilen, sürekli olarak kendini yenileyen ve tükenmeyen enerji türüdür (IEA, 2007: 1). Enerji kaynaklarının yenilenebilir olarak ifade edilmesi için kaynakların sürdürülebilir ve tekrarlanabilir olması gerekmektedir (Onbaşıoğlu, 2005: 59). Birleşmiş Milletler yenilenebilir enerji kaynaklarını hidroelektrik, rüzgar, güneş, biyokütle, jeotermal, dalga ve gelgit enerjileri olarak ifade etmiştir (United Nations, 2005: 2). Bu enerji kaynakları aşağıda kısaca açıklanmıştır:

- **Hidroelektrik enerji**

Hidroelektrik enerji suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesi ile oluşmaktadır. Bunun için hidroelektrik santralleri kullanılmaktadır. Hidroelektrik enerji dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretmede en çok paya sahip

enerji türüdür (World Energy Council, 2007: 272). Bu enerji kaynağını kullanarak enerji üretmek temiz, verimli ve etkinliği yüksek bir yöntemdir.

- **Rüzgar enerjisi**

Rüzgar enerjisi hareket halindeki havanın enerjisi yani hareket enerjisidir (Ayhan, 2007: 70). Rüzgar enerjisinden iki türlü yararlanılmaktadır. Mekanik enerji olarak çevrenin, hayvanların, arazilerin su ihtiyacını karşılamak için ve elektrik enerjisi olarak da elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Rüzgar enerjisi güneşten gelen enerjinin %1'ini kullanmaktadır. Buna rağmen ürettiği enerji tüm dünyada biyokütle enerjisinden üretilen enerjiden 50-100 kat daha fazladır (Eniş, 2005: 187).

- **Güneş enerjisi**

Güneş enerjisi, güneşte bulunan hidrojen gazının helyum gazına dönüşmesi sonucunda ortaya çıkan enerjidir. Güneşten gelen enerjinin çok küçük kısmı tüm dünyanın enerji ihtiyacını karşılayacak güçtedir (Türkiye Çevre Vakfı, 2006: 35). Örneğin güneşten dünyaya 1 yılda gelen enerji miktarı, dünyadaki tüm kömür rezervlerinden elde edilen enerji miktarından 150 kat daha fazladır (İskender, 2007: 98). Güneş enerjisi jeotermal ve gel-git enerjisi dışında tüm yenilenebilir enerjilerin kaynağıdır. Sonsuz ve maliyetsizdir.

- **Biyokütle (Biomass) enerjisi**

Biyokütle hayvansal kökenli artıklar, tarımsal artıklar, yosun ve diğer bitkilerin işlenmesi ile ortaya çıkan artıklardır. Bu artıklardan elde edilen enerjiye de biyokütle enerjisi denir. Biyokütle enerjisi dünyada en büyük dördüncü enerji kaynağıdır (Kaplukan, 2014: 103). Bu enerji kaynakları ısı ve elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır. (İskender, 2007: 110-111). Biyokütle enerji kaynağını diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından ayıran en önemli özellik sadece doğada var olması değil aynı zamanda yetiştirme tekniği ile yeni kaynakların üretilmesi ve geliştirilmesidir (Gülay, 2008: 83). Bu enerjinin üç temel kaynağı vardır. Bunlar tarımsal kökenli, orman kökenli ve endüstriyel kökenli kaynaklardır. Bu enerji türünün sürdürülebilirliğini koruyabilmesi için jeotermal rezervuarlarının sürekli olarak yağmur, kar, deniz sularından beslenmesi gerekmektedir. (Karamenderesi, 2001: 78-80). Bilim adamlarının

tahminlerine göre, yerkürenin içinde bulunan ısıнын sadece %1'i dünyadaki tüm petrol ve gaz kaynaklarından üretilen enerjinin 500 katına eşittir (Çengel, 2001: 5).

- **Dalga ve gelgit enerji**

Dalga enerjisi, dalganın sahip olduğu kinetik enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi ile oluşmaktadır. Dalgadan enerji elde edilebilmesi için dalganın ortalama 2-3m yükseklikte olması gerekmektedir. Dalga oluşumu güneş kaynaklıdır. Bu özelliği ile gelgitlerden ayrılmaktadır.

Gel-git, güneşin ve ayın dünyayı çekim kuvvetiyle çekmesi sonucu deniz ve okyanuslardaki suyun yükselerek kıyaya gelmesi ve geri çekilmesidir. Gelgit hareketinden enerji, dalgadan üretildiği gibi üretilmektedir. Bu enerji üretimi için en uygun yerler kıyılardaki koy ve körfezlerdir (Şen, 2002: 181-191).

1.1.1. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Potansiyeli

Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları açısından çok çeşitli ve zengin bir ülkedir. Türkiye'de kömürden sonra en çok bulunan enerji kaynağı yenilenebilir enerji kaynaklarıdır (Önal ve Yarbay, 2010: 81). Başlıca yenilenebilir enerji kaynakları arasında hidrolik enerji, biyokütle, rüzgar, hidroelektrik, jeotermal, dalga ve güneş enerjisi yer almaktadır. Bu kaynaklar hem elektrik enerjisi hem de ısı üretimi için çok önemli potansiyellerdir. Ancak Türkiye bu potansiyelini kullanmamaktadır. Bu potansiyelinin tam anlamıyla faaliyete geçmesi için altyapısının güçlendirilmesi, finansman imkanlarının geliştirilmesi, mevzuat ve kanunların düzenlenmesi ve yatırımcı farkındalığının artırılması gerekmektedir (www.enerji.gov.tr, 2016).

Türkiye'nin teorik hidroelektrik potansiyeli dünya teorik potansiyelinin % 1'i kadardır. Türkiye'de yenilenebilir enerji potansiyelinde en çok hidroelektrik enerjisinin payı vardır (Atılğan, 2000: 35). Hidroelektrik enerjinin toplam yenilenebilir enerjideki payı % 90 oranındadır. Onu takip eden enerji kaynağı ise rüzgar enerjisidir. Türkiye hidroelektrik potansiyeli ile Avrupa'da üçüncü sırada yer almaktadır.

Türkiye üç tarafı denizlerle çevrili olduğu için rüzgar enerjisi yönünden zengin bir ülkedir. Rüzgar enerjisi olarak en zengin kıyımız Marmara Denizi kıyılarıdır. Daha sonra sırasıyla Ege, Akdeniz ve Karadeniz kıyıları gelir.

Coğrafi konumu gereği Türkiye “güneş kuşağı” içindedir. Ülke yıl boyu günde ortalama 7.2 saat güneş alır. Bu sebeple güneş enerjisinde ciddi bir potansiyeli vardır (Pao vd., 2014: 933). Türkiye’de en çok güneş alma potansiyeli Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz Bölgeleri, en az potansiyel ise Karadeniz ve Marmara Bölgelerindedir (Varınca ve Gönüllü, 2006: 272-273).

Türkiye çok önemli jeotermal kuşak üzerindedir ve 1300’ün üzerinde jeotermal kaynağı ile dünyada ilk 7 ülke arasındadır. Buna rağmen jeotermal enerjiden yeterince faydalanamamaktadır. Türkiye’de bu enerji son yıllarda konutlarda ısınma amaçlı kullanılmakla beraber kaplıca ve seracılık gibi alanlarla sınırlı kalmıştır (Külekçi, 2009: 7).

Türkiye biyokütle enerji üretimi için yeterli olanaklara ve uygun çevresel koşullara sahip bir ülkedir. Ülkemiz orman, tarım ve hayvancılık açısından oldukça yüksek bir potansiyele sahip olduğu için ormandaki bitkiler ve ağaçlardan, tarım ürünleri ve tarımsal üretimden elde edilen atıklardan fazlasıyla enerji elde edilebilir.

Rüzgar enerjisi dalga enerjisine kaynak sağladığı için Türkiye’nin rüzgar enerjisi bakımından zenginliği dalga enerjisi üretimini etkilemektedir. Dolayısıyla bu enerji etkin bir şekilde kullanılırsa Türkiye’nin kıyılarının beşte birinden dalga enerjisi üretilebilir (Sağlam ve Uyar, 2005: 3-4).

Sonuç olarak Türkiye’nin oldukça yüksek yenilenebilir enerji potansiyeli vardır. Fakat enerjisinin çok büyük bir oranını dışardan sağlamaktadır. Bu da Türkiye’nin kalkınmasının önünde büyük bir engel oluşturmaktadır. Eğer yenilenebilir enerji potansiyelini doğru ve etkin politikayla değerlendirir ve bu kaynakları kullanabilmek için uygun altyapıları oluşturabilirse kalkınması ve enerji konusunda bir atılım yapması kaçınılmaz olur (Külekçi, 2009: 90).

1.1.2. Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Tüketimi

Enerji, çağımızın en önemli ve vazgeçilmez parçasıdır. Ülkelerin gelişmişlik düzeyi arttıkça enerjiye olan ihtiyaç da artmaktadır. Günümüzde yaşamın gereği insanlar dolaylı veya doğrudan enerji tüketmek zorundadır. Tüketilen bu enerjinin büyük çoğunluğu kömür, doğalgaz, petrol gibi fosil yakıtlardan geri kalanı ise nükleer ve yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Fosil yakıtların çevreye ve insan

sağlığına verdiği zarar ise artık çok açık bir şekilde görülmektedir. Bu yüzden yenilenemez kaynaklar da denilen fosil yakıtların yerine çevrenin kendi doğal ürünü olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması daha fazla önem kazanmaya başlamıştır (Hansluwka,1985: 1207-1224).

Türkiye yenilenebilir enerji potansiyelini gerektiği gibi kullanamadığı için enerji tüketiminde dışa bağımlı bir ülke haline gelmiştir. Bu durum ülkeyi ekonomik, sosyal ve çevresel anlamda olumsuz etkilemektedir (Özsoy, 2015: 204). Bu bakımdan ülkenin dışa bağımlılığını azaltabilmesi için sahip olduğu yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanması gerekmektedir. Bu kaynaklar ekonomik ve sürdürülebilirdir. Aynı zamanda insan sağlığına ve çevreye dosttur (Çapık vd., 2012 :4).

Ülkelerin kalkınması, geliştirdikleri ve kullandıkları enerji kaynaklarına göre değişmektedir (Karluk, 2007: 239). Türkiye gibi kalkınmakta olan bir ülkenin enerjide % 70 oranında dışa bağımlı olması kalkınmanın önünde büyük bir engeldir. Bu engelin kalkabilmesi için temiz, yerli, sürdürülebilir enerji olan yenilenebilir enerjiye yönelmek gerekmektedir.

Türkiye'nin elektrik üretimi kurulu gücü 2015 ağustos ayı itibariyle 71.858 MW'tır. Bu kurulu gücün 23,643 MW'ı hidroelektrik enerjisinden, 4053 MW'ı rüzgar enerjisinden, 524 MW'ı jeotermal enerjiden, 317 MW'ı biyokütle enerjisinden ve 155 MW'ı güneş enerjisinden üretilmiştir. 2015 yılı sonu itibariyle enerji üretiminde toplam kurulu kapasitenin % 41'ini yenilenebilir enerji oluşturmaktadır (ETKB, 2015: 59).

Türkiye'nin mevcut durumundaki yenilenebilir enerji kullanma oranı dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılma oranına göre çok daha düşüktür. Akarsu ve nehirler bakımından zengin olan Türkiye'de 2016 yılı mart sonu verilerine göre hidroelektrik enerjinin toplam kurulu güç içerisindeki payı % 35.3'tür. Öte yandan diğer yenilenebilir enerji kaynaklarını toplam kurulu güçte payı % 7.6'dır (www.enerji.gov.tr, 2016). Bu oranlar potansiyelimize göre yok denecek kadar az oranlardır.

Temiz, sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji açısından Türkiye'nin mevcut potansiyelini değerlendirebilmek için 2014-2018 yılları arasında Onuncu Kalkınma Planı uygulanmaya başlanmıştır. Onuncu kalkınma planının hedeflerinden biri yerli kaynakların enerji üretimindeki payını arttırarak enerjide dışa bağımlılığın azaltılmasıdır

(www.kalkinma.gov.tr, 2016). Bu plana göre Türkiye'nin yenilenebilir enerjiyi kullanarak enerji üretimini arttırması, yenilenebilir enerjinin desteklenmesi, enerjide ithalata bağımlılık sebebiyle yenilenebilir enerjiden olabildiğince çok faydalanılması, yenilenebilir enerji için gerekli alt yapının oluşturulması gerekmektedir. Bu plan 2018 yılı itibariyle Türkiye'nin yenilenebilir kaynakların enerji üretimindeki payını % 29'a yükseltmeyi hedeflemektedir (Özer, 2016: 146).

1.2. YENİLENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİ İLE TEMEL SAĞLIK GÖSTERGELERİNİN İLİŞKİLENDİRİLMESİ

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile sağlık göstergeleri arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılabilmesi için öncelikle sağlık kavramının açıklanması gerekmektedir. Bu yüzden bu kısımda ilk önce sağlığın tanımı ve sağlık düzeyini ölçmede en çok kullanılan göstergeler, daha sonra da sağlığın yenilenebilir enerji ile ilişkisi açıklanacaktır.

1.2.1. Sağlık Düzeyinin Ölçülmesinde Kullanılan Sağlık Göstergeleri

Dünya Sağlık Örgütüne göre sağlık, sadece bir hastalığın veya sakatlığın olmaması değil aynı zamanda ruhsal ve sosyal olarak da tam bir iyilik durumudur. Bu tanımla beraber klasik sağlık tanımlarına sosyal bir boyut eklenmiştir. Böylece sağlık çok disiplinli bir kavram haline gelmiştir (Hansluwka, 1985: 1224). Nitekim günümüzde sağlık sadece sağlıkla ilgili durumlarla ve koşullarla değil toplumsal yaşantının birçok alanını içine alan göstergelerle ifade edilmektedir. Yani sağlık tanımı, sadece hastalığın yokluğu anlayışından, sağlığın varlığı, sürdürülebilirliği ve gücü üzerine odaklanan sosyoekolojik bir anlayışa doğru yön değiştirmiştir (WHO, 1986).

Bir toplumun varlığını sürdürebilmesi için en önemli koşul sağlıklı bireylere sahip olmasıdır. Aynı şekilde bir devletin gücünün, mutluluğunun, refahının, istikrarının arkasında ruh ve beden sağlığına sahip bireyler ve toplumlar vardır (Karagöz, 2015: 15). Sağlıklı bir nesil bir toplumun kalkınması için en gerekli faktördür. Ayrıca sağlık düzeyi, toplumun insana verdiği değerin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir.

Sağlık düzeyi yüksek veya gelişmekte olan toplumların, sağlık düzeyi kötü olan toplumlara göre sosyoekonomik gelişmişlik düzeyleri daha fazladır. Yani bir ülkenin

sağlık sermayesinin fazla olması, birey ve toplum için daha fazla mal ve hizmet üretimine sahip olması anlamına gelmektedir (Mazgit, 2002: 405). Öyle ki her birey toplum için bir üretim faktörü yani beşeri sermayedir. Bu nedenle sağlığa yapılan yatırımlar “üretken yatırım” olarak kabul edilmektedir (Tokgöz, 1981: 503).

Bir toplumun sağlık düzeyini yansıtan en temel göstergeler, doğumda yaşam beklentisi, bebek ölüm hızı, beş yaş altı çocuk ölüm hızı, anne ölüm oranları, doğurganlık hızı, sağlık kuruluşlarının sayısı, sağlık harcamaları ve sağlık politikalarıdır (Karabulut, 1998: 15). Bu sağlık göstergeleri aşağıda açıklanmıştır:

- **Bebek ve çocuk ölüm oranları**

Bir toplumun sağlık düzeyinin ölçülmesinde kullanılan ilk göstergedir. Bebek ölümleri, doğum anında ve doğumu takip eden bir yıl içinde meydana gelen ölümlerdir. Çocuk ölümleri ise bir ile beş yıl arasında meydana gelen ölümlerdir (WHO, 2015: 26-27). Bebek ve çocuk sağlığını korumak gelecek neslin fiziksel ve zihinsel gelişimine katkı sağlayacaktır. Bu da bir toplumun kalkınması için yapılabilecek en iyi yatırımlardan biridir (Tüylüoğlu ve Tekin, 2009: 12).

- **Doğumda yaşam beklentisi**

Doğumda yaşam beklentisi ülkelerin sağlık düzeylerinin karşılaştırılmasında en çok kullanılan ve aynı zamanda ülkelerin sosyoekonomik gelişmişliklerini yansıtan bir göstergedir. Bu gösterge doğumda bir insanın ortalama ne kadar yaşayabileceğini belirtmek için kullanılır ve bu değer ölüm anındaki yaşa eşittir (WHO, 2015: 24). Bir toplum için bu göstergenin yüksek olması sağlık harcamalarının yüksek olduğunu ve etkin bir sağlık sisteminin varlığını göstermektedir.

- **Anne ölüm oranları**

Dünya Sağlık Örgütü’ne göre anne ölümü, gebeliğin herhangi bir döneminde ve doğumdan (veya gebeliğin bitiminden) sonraki 42 gün içerisinde meydana gelen kazara ve tesadüfen olan ölümlerin dışındaki ölümlerdir. Anne ölüm oranı belli bir zaman aralığında anne ölümü sayısının canlı doğum sayısına oranıdır (WHO, 2015: 30).

- **Doğurganlık hızı**

Toplam doğurganlık hızı, bir kadının doğurgan olduğu dönem (15-49 yaş grubu) boyunca doğurabileceği ortalama çocuk sayısını ifade etmektedir (WHO, 2015: 37).

Doğurganlık hızındaki artış gelişme, altyapı, eğitim, sağlık gibi devlet harcamalarında da artış yapmayı zorunlu kılmaktadır (Birinci, 1998: 157).

- **Sağlık harcamaları ve sağlık politikaları**

Bir ülkenin sağlık harcamaları, o ülkenin, sağlığı koruma ve geliştirme amacıyla tüm koruma, geliştirme, bakım ve acil durumlar için yaptığı harcamalardır. Sağlık harcamaları ekonomik büyümeyi ve verimliliği doğrudan etkilediği için gelişmişlik ölçütü olarak da kullanılmaktadır (Atun ve Fitzpatrick, 2005: 6).

Sağlık politikası ise sağlık hizmetleri için uygun bir alt yapının oluşturulmasını, bu alt yapının finanse edilmesini ve yapılacak hizmetlerin belirlenmesini içermektedir. Her ülke kendi ihtiyaçlarına ve sosyal, ekonomik, kültürel yapısının özelliklerine göre farklı politikalar geliştirmektedir. Fakat bu politikaların ortak özelliği temel insani değerleri esas almasıdır.

1.2.2. Sağlığın Yenilenebilir Enerji Üzerine Etkisi

Sağlık, toplum ve bireylerin sahip olduğu en değerli varlık ve refahın en önemli itici gücüdür (Lusting, 2004: 15). Sağlık düzeyi yüksek olan toplum ve bireyler, üretime katkıda bulunmak için doğal kaynakları etkin bir şekilde kullanmaktadırlar. Bu sayede ülkenin yüksek refah seviyesine ulaşmasına katkı sağlamaktadırlar (Karagöz, 2015: 9).

Birleşmiş milletlerin kalkınma programı (UNDP)'nin yayınladığı Beşeri Kalkınma İndeksi (HDI) bileşenlerinden sağlık düzeyi, ülkeler için kalkınmışlığı gösteren önemli bir ölçüt olarak kullanılmaktadır.

Literatürde gelişmişlik göstergesi olarak kabul edilmiş sağlık göstergeleri olan doğumda yaşam beklentisi, bebek ve çocuk ölüm oranlarındaki iyileşme üretimde önemli etkilere sahiptir. Bilimsel çalışmalar bir ülkede doğumda yaşam beklentisinin yüksek, bebek ve çocuk ölüm hızlarının düşük olması o ülkenin sağlık düzeyinin yüksek olduğunu göstermiştir. Sağlık düzeyi yüksek olan toplumların beşeri sermayesi ve verimliliği artmaktadır. Temel bileşenlerinden biri sağlık olan beşeri sermaye ekonomik büyümenin bir kaynağı olmasından dolayı, sağlık ekonomik büyümenin bir nedenidir (European Commission, 2005: 20).

Doğumda yaşam beklentisinin uzun olması, insanların yaşamları boyunca yatırımlardan daha uzun süre istifade edeceği beklentisini doğurmakta, bu da insanların birikim yapma düşüncelerini olumlu yönde etkilemektedir. Bu birikimlerin yatırıma dönüşmesiyle de gelirden artış meydana gelmektedir. Bu bulgular sağlık düzeyindeki artışın ekonomiyi olumlu yönde etkilediğini göstermektedir (İslam, 2012: 238).

Uzun vadede bir ülkenin ekonomisinin büyümesinin arkasındaki itici güç, ülkenin mal ve hizmetleri üretme gücüdür (Ersoy, 2010: 6). Üretme gücü ise o ülkenin bireylerinin sağlık düzeyiyle yakından ilgilidir.

Sağlıklı toplumların üretim gücü artmaktadır. Toplumlar bu üretimi sağlamak ve devam ettirmek için yoğun bir enerjiye ihtiyaç duymaktadırlar. Enerji kaynaklarına sahip olsun veya olmasın enerji gereksinimi üretim arttıkça yani ekonomi geliştikçe artmaktadır (Ersoy, 2010: 1).

Günümüzde enerji gereksinimini gidermek amacıyla gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedir.

Ekonominin gelişmişlik düzeyindeki artış, ülke çapındaki tüm sektörlerde enerji tüketimini arttırmaktadır. Fakat ülkeler enerjide dışarı bağımlı oldukları zaman fakirleşmekte ve böylece bir kısır döngü oluşmaktadır (Ersoy, 2010: 10). Bu kısır döngüye girmek istemeyen ülkeler enerjideki dışa bağımlılıktan kurtulmak için yenilenebilir enerji tüketmeyi tercih etmektedir.

Ülkeler her geçen gün artan enerji gereksinimlerini karşılamak amacıyla enerji üretiminde daha düşük maliyetli ve daha kolay bulunması nedeniyle fosil yakıtları tercih etmektedir. Petrol, doğal gaz, kömür gibi fosil yakıtlarına dayalı enerji üretiminin çevreye ve insana olumsuz etkileri vardır. Bu olumsuz etkiler artık daha hissedilir hale geldiği için ülkeler çalışmalarında ve politikalarında daha temiz olduğu kabul edilen yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını desteklemektedirler (IEA, 2013: 4).

Günümüzde artık sağlık ve temiz enerji kullanımının önemi giderek daha anlaşılır hale gelmiştir. Nitekim tüm ülkelerin en temel amacı sağlıklı bireylerle üretimini arttırmak ve bu üretimi temiz enerji olarak nitelendirilen yenilenebilir enerjiyi kullanarak sağlamaktır. Böylece ülkeler hem kalkınacak, iyi bir refah düzeyine ulaşacak hem de gelecek nesile daha temiz daha sağlıklı bir hayat sunacaktır. Bu kapsamda “sürdürülebilirlik” kavramı ön plana çıkmıştır.

Sürdürülebilirlik kavramı; toplumun sosyal, ekonomik, kültürel ve doğal kaynaklarının tamamının gelecek nesillere yetebilecek şekilde kullanılmasını ifade etmektedir (Richards ve Gladwin, 1999: 11). Sürdürülebilirlik birçok alanda kullanılmasına rağmen, enerji üretim teknolojilerindeki ilerlemeler sonucunda yenilenebilir enerji ile birlikte tekrar sorgulanmaya başlanmıştır (Seydioğulları, 2013: 20).

Sürdürülebilir kalkınma ise “*insan sağlığını ve doğal dengeyi koruyarak sürekli bir ekonomik kalkınmaya imkan verecek şekilde doğal kaynakların akılcı bir şekilde yönetimini sağlamak ve gelecek nesillere yakışır bir doğal, fiziki ve sosyal bir çevre bırakma yaklaşımıdır*” şeklinde tanımlanmıştır. Bu yaklaşıma göre kalkınmanın her aşamasında ekonomik ve sosyal politikaların çevre politikaları ile birlikte ele alınmasını gerektirmektedir (Güzel vd., 2009: 61).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve bilimsel çevrelerin desteği ile sağlık ve sürdürülebilirlik arasındaki ilişki son yıllarda tartışma konusu olmuştur. WHO ve bilimsel çevrelere göre; sağlık, sürdürülebilirliğin bir ön koşuludur. Aynı şekilde sürdürülebilir çevre de sağlığın gelişmesi için yapısal bir şarttır (Hancock, 1993: 42, 2009; Kickbusch, 2010).

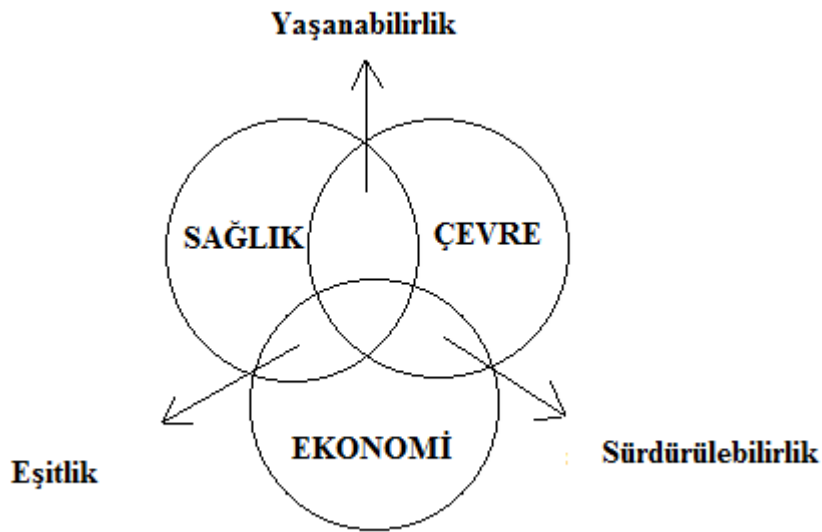
Ottawa’da sağlığın geliştirilmesi üzerine yapılan ilk uluslararası konferansa göre; toplumlar karmaşık yapıda ve birbirleri ile ilişki içindedir. Sağlık, toplumun diğer amaçlarından ayrılamaz. İnsan ve çevre arasındaki karmaşık ilişki, sağlıkta sosyoekolojik yaklaşımın temelini oluşturmaktadır (WHO, 1986). Bu konferansın ardından WHO, çevredeki faktörlerin neden olduğu hastalıkları ve insan sağlığını bu açıdan kapsayan çevresel sağlık kavramını tanımlamıştır. WHO’ya göre çevre sağlığı, insanın çevresinde bulunan ve sağlığa zararlı etkiler yapan ve yapabilme ihtimali olan tüm koşulların düzeltilmesidir. Çevre sağlığı problemleri çevre ve sağlık faktörlerinin etkileşimi ile ilgilidir. Bazı sosyal faktörlerle sağlık arasındaki ilişkiyi kanıtlamak zor olmasına rağmen, çevre sağlığı kavramı sağlık üzerinde etkiye sahip psikososyal ve sosyal şartları kapsayacak şekilde WHO tarafından genişletilmiştir (Kjærgård vd., 2013: 3).

Birleşmiş Milletler önderliğinde Bruntland Komisyonunun 1987’de yayınladığı rapora göre; sürdürülebilir kalkınma gelecek kuşakların ihtiyaçlarını karşılama yeteneklerini ve olanaklarını kısıtlamadan bugünün ihtiyaçlarının karşılanması olarak

ifade edilmiştir. Bu rapora göre sürdürülebilirlik sosyal, çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliği kapsamaktadır. Sağlık ise sosyal sürdürülebilirliğin bir parçasıdır. Bu üç farklı boyut birbirini tamamlamak ve birbiriyle dengede olmak zorundadır (Kjærgård vd., 2013: 3).

Hancock, sürdürülebilirlik ve sağlık arasındaki ilişkiyi açıklayacak kavramlar geliştirmiş ve sağlık ile sürdürülebilirlik hakkındaki bilimsel tartışmaların temelini oluşturmuştur (Hancock, 1993: 44). Hancock, insani gelişmişlik modeli olarak adlandırdığı sağlık-çevre-ekonomi modelini geliştirmiştir. Bu modelde sürdürülebilirliğin ve sağlığın birbirleri ile etkileşim içinde olduğunu ifade etmiştir. Söz konusu model Şekil 1.1’de verilmiştir.

Şekil 1.1: İnsani Gelişmişlik Modeli



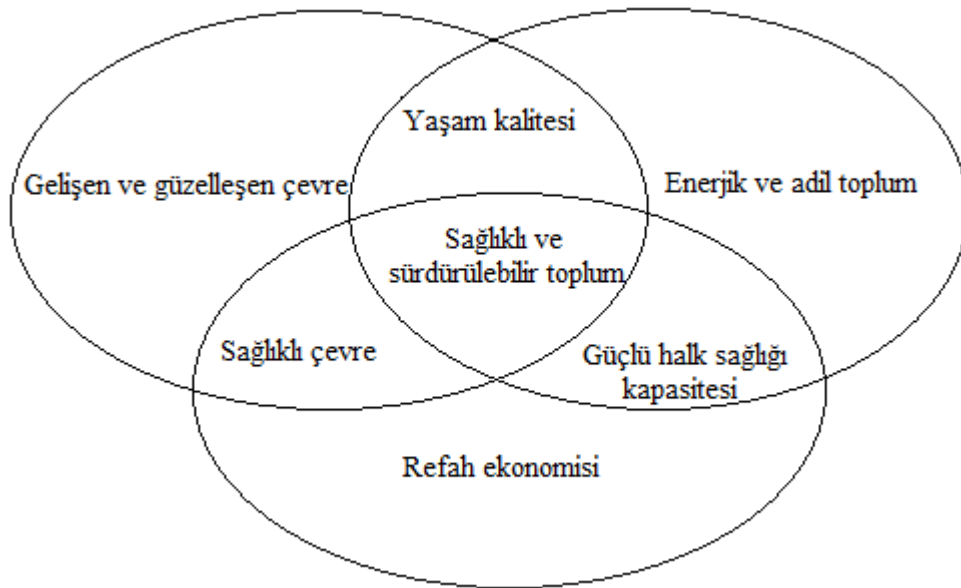
Kaynak: Hancock, 1993: 44.

İnsani gelişmişlik modeli, eşitlik, yaşanabilirlik ve sürdürülebilirliğe odaklanarak sağlık ve sosyal refah, çevre ve ekonomik refah, sağlık ve çevre arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Hancock’a göre insan sağlığı sadece üretken ve refah bir ekonomiye değil aynı zamanda yaşanılabilir bir çevreye de bağlıdır. Hancock

sürdürülebilirlik kavramını açıklarken ekonomik gelişmeden ziyade insani gelişmeye odaklanmıştır.

Kickbusch, insani gelişmişlik modelinin özünde hem sağlığa hem de sürdürülebilirliğe daha ağırlık vermiştir. Kickbusch'a göre sürdürülebilirliği oluşturan üç temel faktör olan toplum, çevre ve ekonomi arasındaki bağımlılık ve etkileşim sağlıklı ve sürdürülebilir toplumun belirleyicileridir (Kickbush, 2010: 12). Kickbusch'un oluşturduğu modele göre; sağlık ve sürdürülebilirlik arasındaki ilişki ve bu iki kavramın hedeflerinin örtüşmesi iki kavramın aşama aşama birbirine yaklaşmasını sağlamıştır. Kichbusch sağlık ve sürdürülebilirliği oluşturan üç temel faktörün bütünleşmesi için sağlık stratejilerinin geliştirilmesi gerektiğini savunmuştur. Kichbusch'un oluşturduğu model Şekil 1.2'de verilmiştir.

Şekil 1.2: İnsan Sağlığı ve Sürdürülebilirlik Arasındaki İlişkinin Modeli



Kaynak: Kickbusch, 2010: 13.

Enerji, sürdürülebilirlik kavramının tüm boyutları ile yakından ilgilidir ve iki sebepten dolayı dünyanın gündemi haline gelmiştir. Bunlardan birincisi, kaynak yetersizliği; ikincisi ise dönüşüm teknolojisinin çevreye verdiği zarardır. Kaynak yetersizliğini aşmanın yolu, doğal ve tekrarlanabilir kaynakları kullanmaktır. Bu

kaynaklar da yenilenebilir kaynaklardır. Sürdürülebilirliğin sağlanması ve doğal dengenin korunması için yenilenebilir enerji kaynaklarının işlenmesi ve kullanılması önem arz etmektedir (World Energy Council, 2012: 3). Kısacası sürdürülebilirliğin oluşabilmesi için yenilenebilir enerji tüketiminin artırılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının verimli kullanılması gerekmektedir.

Sağlık sürdürülebilirliğin özü olduğu için yenilenebilir enerji ile etkileşim halinde olması kaçınılmazdır. Bu kapsamda sürdürülebilirliğin sağlanması için sağlıkta önem arz eden göstergelerde iyileştirmeler yapılması gerekmektedir (Çelik, 2006: 34). Sürdürülebilirliğin çevre boyutu olan yenilenebilir enerji tüketimi hedeflerine ulaşılabilmesi için sağlıkla ilgili göstergeler üzerinde durulması oldukça önemlidir (Litsios, 1993: 194).

Sonuç olarak sağlık ve yenilenebilir enerji farklı şeyleri ifade eden ayrı kavramlar olmasına rağmen birbirlerinden ayrı düşünülemezler. Bu iki kavram birbirinden bağımsız olmayıp bazen birbirleriyle örtüşmekte, bazen biri diğerinden etkilenmekte ve bazen de ortaklaşa etkileşim içinde bulunmaktadır. Yani yenilenebilir enerji tüketimini sağlık açısından incelemek, sağlığı da yenilenebilir enerji kaynakları açısından incelemek gerekmektedir.



İKİNCİ BÖLÜM

YAPAY SİNİR AĞLARI

2.1. YAPAY SİNİR AĞLARI TANIMI

Yapay sinir ağları (YSA) en basit şekliyle, beyindeki sinir hücrelerinin çalışmasından esinlenilerek sistemlere öğrenme, genelleme yapabilme, bilgiler arasında ilişkiler oluşturma, sınırsız sayıda değişken ile çalışabilme, optimizasyon gibi yetenekleri kazandırmayı amaçlayan bilgi işleme algoritmalarıdır. Literatürde çok rastlanan ve Haykin (1994: 23) 'in tanımına göre ise *“Bir sinir ağı, bilgiyi depolamaya yönelik doğal eğilimi olan, basit birimlerden oluşan paralel dağıtılmış bir işlemcidir. YSA iki açıdan insan beyni ile benzerlik göstermektedir. Bilgi, ağ tarafından bir öğrenme süreci aracılığı ile elde edilmektedir ve sinir hücreleri arasında sinaptik ağırlık olarak adlandırılan bağlar bilgiyi depolamakta kullanılmaktadır.”* şeklinde ifade edilmektedir.

YSA, geleneksel yöntemlerin aksine, sinir hücrelerinin yapısına ve işleyişine benzeyen matematiksel modeller üzerine oturtulmuş hesaplama dizisidir (Hamzaçebi, 2011: 11).

2.2. YAPAY SİNİR AĞLARININ TARİHSEL GELİŞİMİ

Gelecekte bilgisayarların, insanların yaptığı ve yüksek oranda beyin gücü gerektiren işleri yapmaları beklenmektedir. YSA bu beklentiye gerçekleştirmeyi amaçlayan bilim dalları arasındadır (Öztemel, 2003: 37). 19.yy'ın sonlarında ve 20.yy'ın başlarında temelleri atılan YSA ile ilgili ilk çalışma, disiplinler (fizik, psikoloji ve nöropsikoloji) arası bir çalışmadır (Hagan vd., 1996: 24).

YSA ile ilgili ilk çalışmalar 1940'lı yıllarda başlamıştır. 1943 yılında Warren McCulloch ile Walter Pitts günümüzdeki YSA'nın temelini oluşturmuşlar ve yapay sinir hücreleri ile mantıksal bir fonksiyon için hesaplama yapabilirliğin mümkün olduğunu göstermişlerdir (Hamzaçebi, 2011: 14).

1949 yılında Hebb, yapay sinir hücreleri arasındaki bağlantıları ayarlamak için ilk öğrenme kuralını geliştirmiştir (Dobnikar vd., 1999: 296). “Hebb Öğrenme Kuralı” olarak adlandırılan bu kural, günümüzdeki ağlar için kullanılan öğrenme kurallarının temelini oluşturmuştur (Öztemel, 2003: 37). 1950'lilerden sonra çalışmalar daha çok dikkat çekmiş ve Hebb kuralından ilham alan birçok araştırmacı YSA'nın hesaplama gücünü geliştirmeye yönelik çalışmalar yapmaya başlamıştır.

1957 yılında Frank Rosentbatt'ın tek katmanlı eğitilebilen ve tek çıkışa sahip olan YSA'yı (Perceptron) geliştirmesinden sonra YSA alanındaki gelişmeler hızlanmıştır. Bu algılayıcı model YSA için önemli gelişmelerden biridir. Çünkü bu model sonradan geliştirilmiş ve günümüzde en çok kullanılan çok katmanlı algılayıcılarının temelini oluşturmuştur (Widrow, 1994: 93-105; Öztemel, 2003: 37).

1959 yılında Widrow ve Hoff, ADALINE modelini oluşturmuşlar ve 1970'lerin sonlarında ADALINE modelinin çok katmanlı hali olan MADALINE diye adlandırdıkları ağ modellerini geliştirmişlerdir (Elmas, 2003: 36). 1960'lı yılların sonunda Minsky ve Papert yazdıkları "Perceptrons" adlı kitapta basit algılayıcı modelin (ADALINE) sınırlarını ve doğrusal olmayan problemleri çözemediklerini göstermiştir. Bu kitabın YSA'nın doğrusal olmayan yapıyı içeren XOR problemini çözemediğini kanıtlamasıyla birlikte YSA'ya olan ilgi düşmüş ve bu alanda yapılan çalışmalar yavaşlamaya başlamıştır (Öztemel, 2003: 38).

On yıl boyunca çalışmalar büyük oranda durmuş olmasına rağmen, 1970'li yıllarda bazı araştırmacılar çalışmalarına devam etmiştir (Hagan, 1996: 1-3). Bu araştırmacılardan Anderson, Kohonen, Hopfield, Rumelhart, Fukushima ve Grossberg'in çalışmaları 1980'li yıllarda meyvelerini vermeye başlamıştır (Öztemel, 2003: 39). Hopfield ve Rumelhart'ın çalışmaları ile YSA'nın genelleştirilebileceği ve özellikle geleneksel yöntemlerle çözülmesi zor olan problemlerin çözülebileceği görülmüş ve YSA'da ki çalışmalar tekrar hız kazanmıştır (Haykin, 1994: 63-64).

YSA'nın yeniden doğmasını sağlayan iki önemli gelişmeden birincisi Hopfield'in çalışması, ikincisi ise çok katmanlı ağları eğitmede kullanılan geri yayılım algoritmasıdır. Geri yayılım algoritması birçok araştırmacı tarafından geliştirilmiş, fakat en önemlisi Rumelhart ve McClelland tarafından ortaya atılmıştır. Bu algoritma Minsky ve Papert'in 1960'lı yıllarda ortaya attığı "YSA, doğrusal olmayan problemleri çözemez" tezini çürütmüştür (Hamzaçebi, 2011: 16).

1987 yılından itibaren YSA üzerinde yapılan araştırmalar büyük bir hızla devam etmektedir. Gün geçtikçe değişik öğrenme yöntemleri ve ağ yapıları hakkında yeni YSA modelleri geliştirilmektedir (Şen, 2004).

Günümüzde YSA, bulanık mantık gibi diğer yapay zeka teknikleri ve donanım teknolojileri ile desteklenmiştir. Bunun sonucunda teori ve laboratuvar çalışmaları olmaktan çıkıp pratikte de insanlara yararlı olmaya başlamıştır (Öztemel, 2003: 40).

2.3. YAPAY SİNİR AĞLARININ ÖZELLİKLERİ

YSA'nın karakteristik özellikleri ağıın modeline göre değişmektedir. Bütün modellerin hepsi için geçerli olan temel özellikler ise doğrusal olmayan yapıları modelleyebilmesi; paralel dağılmış yapısı, öğrenme ve genelleme yapma yeteneği, farklı problemler için uyarlanabilirliği ve hata toleransına sahip olmasıdır. YSA'nın işletme, finans, mühendislik, jeoloji, fizik, biyoloji ve tıp gibi birçok alanda geleneksel yöntemlere göre tercih edilme sebeplerinden en önemlisi sahip oldukları bu özellikleridir. Söz konusu özellikler aşağıda verilmiştir:

- **Doğrusal olmama**

Yapay sinir hücreleri için seçilen aktivasyon fonksiyonu ile YSA'nın doğrusal ya da doğrusal olmayan modellemeyi gerçekleştirmesi sağlanmaktadır. Gerçek hayatta karşılaşılan problemlerin geneli doğrusal yapıda olmadığından, bu YSA'nın tercih edilme oranını arttıran en önemli özellik olarak görülmektedir (Haykin, 1994: 68-70).

- **Paralellik**

YSA paralel işlemci ile çalıştığından, geleneksel yöntemlerin aksine yavaş bir birimin etkisi tüm sistemi yavaşlatmaz. Bu da geleneksel yöntemlere göre YSA'nın daha hızlı ve güvenilir olduğunu ortaya koymaktadır (Ergezer vd., 2003: 15).

- **Öğrenme**

YSA çözülmesi beklenen problemle ilgili veriler üzerinde çalışarak veriler arasındaki ilişkiyi keşfetmeye çalışmaktadır. (Şahin, 2002: 62). Bu işlem ağıın öğrenmesi olarak adlandırılmaktadır. Öğrenme aslında yapay sinir hücrelerinin arasındaki bağlantıların ağırlıklarının belirlenmesi işlemidir (Hamzaçebi, 2011: 18).

- **Genelleme**

YSA'nın, öğrenme işlemi gerçekleşirken kendisine gösterilen verilerden elde ettikleri bilgiler vasıtasıyla hiç karşılaşmadığı problemler için anlamlı sonuçlar üretebilmesi ağıın genelleştirme özelliği olarak adlandırılmaktadır (Grossberg, 1992).

YSA'nın genelleştirme yeteneği sayesinde tahmin, örüntü tanıma gibi birçok alanda başarı elde edilmektedir.

- **Yüksek hata toleransı**

YSA'nın öğrenmesi paralel dağılmış yapay sinir hücrelerinin bağlantı ağırlıklarının belirlenmesiyle olmaktadır. Bazen YSA'nın eğitiminde kullanılan veri setinde gürültü etkisi (noise effect) gibi istenmeyen hatalar olabilmektedir. Bu hatalar YSA'daki bütün ağırlıklara dağıtıldığından sonuç üzerindeki etkileri azaltılmış olmaktadır. Bu sebepten YSA'nın hatayı tolere etme yetenekleri geleneksel yöntemlere göre daha fazla olmaktadır. (Kaastra ve Boyd, 1996: 216).

- **Uyarlanabilirlik**

Belirli bir problemi çözmek için eğitilen YSA, farklı bir problemle karşılaştığında bu probleme göre uyarlanabilmekte ve yeniden eğitilebilmektedir (Hamzaçebi, 2011: 18). Bu özelliği ile YSA, örnek tanıma, sinyal işleme ve denetim gibi alanlarda etkin olarak kullanılmaktadır (Kahraman, 2008: 20).

- **Eksik bilgi ile çalışabilme**

YSA eğitildikten sonra eksik bilgi olsa dahi çalışabilmekte ve gelen yeni verilerde eksik bilgi olmasına rağmen çıktılar üretebilmektedir. Eksik bilginin bulunması YSA'nın performansının düşeceği anlamına gelmemektedir. Performans eksik bilginin önemine göre şekillenmektedir. Eğer eksik bilgi yüzünden ağırlık performansında bir düşüş yaşanmışsa bu durum eksik bilginin önemli bir bilgi olduğu anlamına gelebilmektedir (Öztemel, 2003: 32-33) .

2.4. YAPAY SİNİR AĞLARININ YAPISI VE TEMEL BİLEŞENLERİ

YSA insan beynini çalışma şeklini taklit ederek geliştirilmeye çalışılmıştır. İnsan beyni ile YSA arasında yapısal benzerlikler vardır. Bu kısımda YSA yapısı ve temel bileşenlerinden bahsedilmiştir.

2.4.1. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı

YSA, yapay sinir hücrelerinin birbirleri ile ağırlıklar yoluyla farklı şekillerde bağlanması sonucunda oluşan yapılardır. Bu yapılar üç temel katmanda gruplanmıştır (Arbib, 2003: 116). Bunlar girdi katmanı, gizli (ara) katman ve çıktı katmanıdır.

Çözülmesi istenen problemin verilerinin ağa tanıtıldığı ilk katman girdi katmanıdır. Bu katman veriler üzerinde herhangi bir bilgi işlemesi yapmadan verileri diğer katmana göndermekle yükümlüdür (Şahin, 2002: 60). Çözülecek problemde ne kadar girdi değişkeni varsa girdi katmanındaki sinir hücrelerinin sayısı da o kadardır (Veelenturf, 1995). Bu katman YSA'nın dış dünyayı algıladığı yerdir (Karahana, 2011: 78).

Gizli katman, girdi katmanından gelen bilgileri problemin yapısına uygun bir fonksiyonla işleyerek çıktı katmanına göndermektedir. Katmanın gizli olarak nitelendirilmesinin sebebi, YSA'nın dışarıdan gelecek herhangi bir etkiye kapalı olması ve burada yapılan işlemlerin kullanıcı tarafından görülememesidir (Aamodt, 2010: 39).

YSA'da gizli katman sayısı ve bu katmanın içerdiği yapay sinir hücre sayısı problemin yapısına göre değişiklik gösterebilmektedir. Problemin çözümünden iyi bir sonuç elde etmek için gizli katman sayısını iyi belirlemek gerekmektedir. Çünkü gizli katman sayısı az sayıda olursa YSA öğrenmeyi gerçekleştiremez, çok sayıda olursa YSA ezberleme yoluna gitmektedir. Yapay sinir hücresinin sayısı ise öğrenme işleminin süresini ve veriye uyum sürecini etkilemektedir. Hücre sayısı arttıkça, öğrenme süresi ve uyum süreci uzamaktadır (Elmas, 2003: 114).

Çıktı katmanı, gizli katmanda işlenen bilgilerin problemin sonucu olarak dış dünyaya verildiği katmandır (Aamodt, 2010: 40). Girdi katmanında olduğu gibi bu katmanda da problemin çıktı değişkeni sayısı kadar sinir hücresi vardır. Ağı oluşturan katmanların sayısı ve gizli katmandaki yapay sinir hücrelerinin sayısı YSA'nın büyüklüğünü ifade eden temel kriterlerdir (Fuente, 2004).

2.4.2. Yapay Sinir Ağlarının Temel Bileşenleri

En basit YSA'nın Girdiler, Ağırlıklar, Toplama Fonksiyonu, Aktivasyon Fonksiyonu ve Çıktılar olmak üzere beş temel elemanı vardır. Bu elemanlar aşağıda verilmiştir:

2.4.2.1. Girdiler

YSA'nın çözmesi gereken problemin verileri ve yapay sinir hücresine dışarıdan gelen bilgilerdir. Gerçek bir sayı ya da genellikle $[0,1]$, $[-1,1]$ aralığında kesikli değerler olabilmektedir (Shachmurove ve Witkowska, 2001: 5).

2.4.2.2. Ağırlıklar

Yapay sinir hücresine gelen bilginin önemini ve bu bilginin hücre üzerindeki etkisini gösteren katsayılardır. Ağırlık değerinin küçük ya da büyük olması bağlantının önem derecesini göstermemektedir. Bazen bu ağırlık değerinin sıfır olması YSA için en önemli etkiyi yaratabilmektedir. Değerin negatif ya da pozitif olması ise ağırlığın YSA üzerindeki etki yönünü göstermektedir (Öztemel, 2003: 49). Ağırlık değerinin pozitif ve negatif olması ağ üzerinde arttırıcı ve dizginleyici bir etki oluşturmaktadır (Warner vd., 1996: 287).

2.4.2.3. Birleştirme fonksiyonu

Yapay sinir hücresine gelen net girdi değeri bu fonksiyon aracılığıyla hesaplanmaktadır. Genellikle birleştirme için toplama fonksiyonu kullanılmaktadır. Literatürde birçok toplama fonksiyonu bulunmaktadır. Yapay sinir hücreleri için uygun toplama fonksiyonu belirlenmesinde kesin bir kural bulunmadığı için genellikle deneme yanılma yolu kullanılmaktadır (Öztemel, 2003: 49). Ayrıca aynı katmanda bulunan yapay sinir hücreleri için farklı toplama fonksiyonları kullanılabilir. Fakat en yaygın olarak kullanılan ağırlıklı toplamı bulmaktır. YSA'ya giren net girdi hesaplanırken, her girdi değeri kendi ağırlığı ile çarpılarak toplanır ve eşik (bias) değeri bu toplama eklenmektedir. Eşik değeri dışarıdan eklenen ve eksi veya artı bir değerdir. Bu değer negatif veya pozitif olması aktivasyon fonksiyonunun girdisi üzerinde düşürücü ve arttırıcı etki göstermektedir (Haykin, 1994: 11).

Toplam fonksiyonunun matematiksel olarak gösterimi aşağıdaki şekildedir:

$$Net\ girdi_j = \sum_{i=1}^n x_i w_{ij} \quad (2.1)$$

Burada ;

x_i =i. yapay sinir hücresinin çıktısı,

w_{ij} = i. ve j. yapay sinir hücrelerinin arasındaki bağlantının ağırlık değeri

n = girdi sayısı,

$Net\ girdi_j$ = j. yapay sinir hücrelerinin net girdisi şeklinde tanımlanmaktadır.

(Hamzaçebi, 2011: 45).

2.4.2.4. Aktivasyon fonksiyonu

Toplama fonksiyonu ile hesaplanan net girdiyi işleyerek yapay sinir hücresinin bu girdiye karşılık üreteceği çıktıyı hesaplayan fonksiyondur. Bu fonksiyon ağına ürettiği çıktıların çok büyük değerlere ulaşmasını engellemekte ve istenilen değerler arasında sınırlamaktadır. Bu değerler genellikle $[0,1]$ veya $[-1,1]$ arasındadır (Eberhart ve Shi, 2007). Bunun sebebi çıktılar çok büyük değerlere ulaşırsa YSA felç olmakta ve eğitilememektedir (Kaastra ve Boyd, 1996: 227). Teoride türevi alınabilir, sınırlı ve monoton artan herhangi bir fonksiyon aktivasyon fonksiyonu olarak kullanılabilir (Zhang vd., 1998). Bazı aktivasyon fonksiyonları Tablo 2.1.'de verilmiştir. Günümüzde en fazla tercih edilen aktivasyon fonksiyonları; lineer aktivasyon fonksiyonu (purelin), sigmoid (logsig) ve hiperbolik tanjant (tansig) aktivasyon fonksiyonlarıdır (Demuth vd., 2008; Jang, 2007). Doğrusal olmayan aktivasyon fonksiyonu kullanılarak yapay sinir ağının potansiyel hesaplama gücü daha fazla ortaya konabilmektedir (Garcia-Gonzalez ve Castro, 2001: 5).

Tablo 2.1: Aktivasyon Fonksiyon Türleri

$f(net\ girdi) = net\ girdi$	Lineer fonksiyon
$f(net\ girdi) = \frac{1}{1 + e^{-net\ girdi}}$	Sigmoid (Logaritmik) fonksiyon
$f(net\ girdi) = \frac{e^{net\ girdi} - e^{-net\ girdi}}{e^{net\ girdi} + e^{-net\ girdi}}$	Hiperbolik tanjant fonksiyon
$f(net\ girdi) = \begin{cases} 1, & net\ girdi \geq eşik\ değeri \\ 0, & net\ girdi < eşik\ değeri \end{cases}$	Basamak fonksiyonu
$f(net\ girdi) = \begin{cases} 0, & net\ girdi \leq 0 \\ net\ girdi, & 0 < net\ girdi < 1 \\ 1, & net\ girdi \geq 1 \end{cases}$	Eşik değeri fonksiyonu

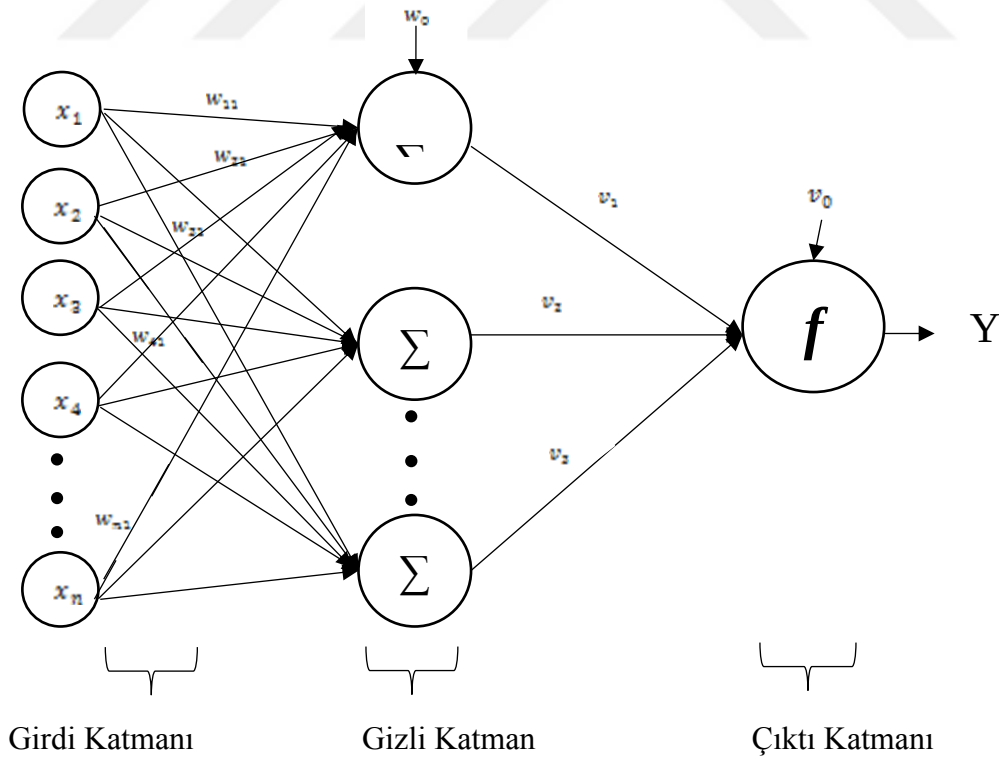
Kaynak: Hamzaçebi, 2011: 47.

YSA modeli için en uygun fonksiyonun bulunması, YSA'yı tasarlayan kişinin alanında yetkin olmasına bağlı olmakla beraber deneme yanılma yoluyla belirleyebileceği bir durumdur. Literatürde hala uygun fonksiyonu ifade eden bir formül bulunamamıştır (Öztemel, 2003: 50).

2.4.2.5. Çıktılar

Aktivasyon fonksiyonu ile elde edilen değer yapay sinir hücresinin çıktısını oluşturmaktadır. Bu değer ya YSA'nın çıktısı olarak dış dünyaya verilmekte ya da tekrar ağı içinde başka bir yapay sinir hücresinin girdisi olarak kullanılabilir. Kullanılan YSA modeline göre bu çıktı bir ya da birden fazla sayıda olabilmektedir (Cheng ve Titterington, 1994: 7). Bir yapay sinir hücresinin birden fazla girdisi olmasının aksine sadece bir çıktısı vardır (Öztemel, 2003: 51). Bir yapay sinir ağı modeli Şekil 2.1.'de ayrıntılı bir şekilde gösterilmiştir.

Şekil 2.1: Yapay Sinir Ağ Yapısı



Şekil 2.1’de görüldüğü üzere; YSA’nın girdileri, girdi katmanından ağırlıklar ile gizli katmandaki yapay sinir hücrelerine gönderilmektedir. Gizli katmandaki yapay sinir hücresi gelen net girdiyi birleştirme fonksiyonunu kullanarak hesaplamaktadır. Net girdi bulunduğundan sonra yapay sinir hücresinin belirlenen aktivasyon fonksiyonuna göre çıktısı hesaplanmakta ve hesaplanan değer çıktı katmanına gönderilmektedir. Sonuç olarak YSA girdilerine karşılık üretilen çıktı değeri çıktı katmanından dış dünyaya verilmektedir.

2.5. YAPAY SİNİR AĞLARININ SINIFLANDIRILMASI,

Literatürde birçok YSA türü vardır. YSA bağlantı yapılarına, öğrenme yöntemlerine, katman sayılarına göre sınıflandırılmaktadır.

2.5.1. Bağlantı Yapısına Göre Yapay Sinir Ağları

YSA kendisini oluşturan yapay sinir hücrelerinin birbirlerine bağlanma şekline göre ileri beslemeli (feedforward) ve geri beslemeli (feedback) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Baş, 2006:31).

İleri beslemeli ağlarda hücreler arasındaki bilgi akışı giriş katmanından çıkış katmanına doğru tek yönlüdür (Zhang, 2003: 163). Aynı katmandaki hücreler arasında bağlantı yoktur. Bu yüzden yapay sinir hücreleri arasında bir döngü oluşmamakta ve ağ kendisine gösterilen probleme hızlı bir şekilde çözüm üretebilmektedir. Çok Katmanlı Algılayıcılar (Multi Layer Perceptron) ve LVQ (Learning Vector Quantization) ağları ileri beslemeli ağların en çok kullanılan örneklerindendir (Sağıroğlu vd., 2003).

Geri beslemeli diğer adıyla yinelemeli (recurrent) YSA’da bilgi akışı çift yönlüdür. Bu ağlarda çıktı ve gizli katmandaki yapay sinir hücreleri çıktıları girdi veya önceki gizli katmanlardaki yapay sinir hücrelerine tekrar girdi olarak göndermektedir (Zhang, 2003: 164). Bu yüzden dağınık ve dinamik hafızaya sahiptirler. İleri beslemeli ağlara göre yavaşlardır. Bunun nedeni geri besleme döngülerinin gecikmeye sebep olmasıdır. Ayrıca bu ağlarda eğitim setindeki veri sayısı arttıkça eğitim süresi de artmaktadır. Bundan dolayı çok değişkenli ve zaman serilerine ilişkin problemlerin çözümü için uygun bir ağ yapısı olmamaktadır. Bu türden problemler için ileri beslemeli ağ yapısı tercih edilmektedir (Gatety, 1996; Bayramoglu, 2007: 32). Geri beslemeli yapay sinir ağlarına Hopfield, Elman ve Jordan ağları örnek olarak verilebilmektedir.

2.5.2. Öğrenme Yöntemine Göre Yapay Sinir Ağları

YSA'yı diğer yöntemlerden ayıran en önemli özelliği öğrenme yeteneğidir. YSA'da öğrenme, ağın problemin istenilen çözümüne ulaşınca kadar hücrelerin arasındaki ağırlıkları değiştirmesiyle gerçekleşmektedir. Başlangıçta bu ağırlık değerleri rastgele atanmaktadır. Eğer ağırlık değişimi yoksa öğrenme işlemi de durmuş olur. Öğrenme doğru olduysa YSA, problemle ilgili genelleme yapabilecek hale gelmiştir (Barghash ve Santarisi, 2004: 636). Ağırlıkların değiştirilmesi öğrenme stratejisi ve öğrenme kuralları ile yapılmaktadır.

Temel olarak öğrenme süreci iki aşamada ele alınabilmektedir. Bunlardan ilki, YSA modelinin probleme ilişkin eğitim verileriyle çalıştırılıp, probleme çözüm bulmasını sağlamaktır. İkincisi ise eğitilen yapay sinir ağı tarafından üretilen çözümlerin doğruluğunun ve tutarlılığının test edilmesidir (Tebo, 1994).

YSA'da öğrenme yöntemleri, danışmanlı öğrenme (supervised learning), danışmansız öğrenme (unsupervised learning) ve destekleyici öğrenme (reinforcement learning) olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Aşağıda bu yöntemler açıklanmıştır:

- **Danışmanlı (Supervised) Öğrenme**

Öğrenme yöntemleri arasında en çok kullanılan yöntem olan danışmanlı öğrenme, YSA'nın istenilen sonuca ulaşabilmesi için dış dünyadan müdahaleye veya iç mekanizmaya ihtiyaç duymaktadır. Bu öğrenmede YSA eğitilirken problemle ilgili girdiler ve olması gereken çıktılar YSA'ya gösterilmektedir (MacKay, 2003: 470). YSA bu girdileri işleyerek kendi çıktısını üretmekte ve kendi ürettiği ile hedef çıktıyı karşılaştırmaktadır. Mevcut hatayı en aza indirmek amacıyla yapay sinir hücreleri arasındaki ağırlıklar yeniden düzenlenmektedir. Bu işlem hata seviyesi kabul edilebilir düzeye düşene kadar devam etmektedir. Böylece YSA'nın danışmana benzemesi amaçlanmaktadır (Haykin, 1999).

Danışmanlı öğrenme algoritmalarında en çok kullanılan algoritma geri yayılım algoritmasıdır (Hamzaçebi ve Kutay, 2004: 229). Geri yayılım algoritması, ağın ürettiği çıktının hatasını minimize etmek için performans ölçütleri kullanmaktadır. Bunlardan en çok tercih edilenleri; ortalama mutlak yüzde hata (MAPE), ortalama hata kare (MSE), ortalama hata karenin kara kökü (RMSE), belirlilik katsayısı (R^2)'dir.

- **Danışmansız (Unsupervised) Öğrenme**

Bu yöntemde YSA'ya sadece problemle ilgili girdiler verilmekte ve girdilerle çıktılar arasındaki ilişkiyi ağın kendi kendine öğrenmesi beklenmektedir. Danışmansız öğrenme eğitim bittikten sonra çıktıların ne ifade ettiğini belirtmek için kullanıcıya ihtiyaç duymaktadır. Bu yöntem daha çok sınıflandırma problemlerinde tercih edilmektedir. En çok kullanılanları ART (Adaptif Rezonans Teorisi), Hopfield ve Kohonen ağlarıdır (Öztemel, 2003: 25).

- **Destekleyici (Reinforcement) Öğrenme**

Destekleyici öğrenme, danışmanlı öğrenmeye benzemekte fakat danışmanlı öğrenmede olduğu gibi YSA'ya hedef çıktılar verilmemektedir. Onun yerine YSA'nın kendi ürettiği çıktıların ne kadar doğru olduğunu belirten bir derece verilmektedir. Lineer Vektör Parçalama (LVQ) ve Boltzman Kuralı destekleyici öğrenmeye örnek gösterilebilmektedir (Bayır, 2006: 33).

2.5.3. Katman Sayısına Göre Yapay Sinir Ağları

Benzer özellikteki yapay sinir hücrelerinin oluşturduğu gruplara katman denir. Eğer girdi katmanında bulunan yapay sinir hücreleri, gizli katman olmadan doğrudan çıktı katmanına bağlanıyorsa bu ağlara tek katmanlı YSA denir. Çok katmanlı YSA'da ise girdi katmanı ile çıktı katmanı arasında en az bir gizli katman vardır (Grossberg, 1992). Çok katmanlı YSA'yı tek katmanlı YSA'dan ayıran en önemli özelliği, gizli katmanı sayesinde çeşitli işlemlerle doğrusal olmayan yapıları çözümleyebilmeleridir (Smith ve Gupta, 2002: 226).

2.6. ÇOK KATMANLI ALGILAYICILAR

Geliştirilen ilk YSA modeli olan tek katmanlı algılayıcıların en büyük sorunu, problemin yapısındaki doğrusal olmayan ilişkiyi çözememeleridir (Öztemel, 2003: 68). Bu engeli aşmak için birçok yapay sinir ağı modeli geliştirilmiştir. Bunlar içinde en yaygın olarak kullanılanı çok katmanlı (Multiple Layer Perceptron) yapay sinir ağlarıdır.

Çok katmanlı YSA girdi katmanı ve çıktı katmanı arasında en az bir gizli katman bulunduran ağlardır (Grossberg, 1992). Çok katmanlı YSA'yı tek katmanlılardan ayıran en önemli özelliği budur. Gizli katmanda bulunan her bir yapay sinir hücresi doğrusal olmayan bir aktivasyon fonksiyonuna sahiptir ve bu fonksiyonlar sayesinde ağ doğrusal olmayan ilişkileri de çözümlemektedir (Smith ve Gupta, 2002: 95). En çok kullanılan aktivasyon fonksiyonları sigmoid fonksiyonu ve hiperbolik tanjant fonksiyonudur (Bayramoğlu, 2007).

Çok katmanlı YSA'nın yapay sinir hücreleri arasındaki bağlantılar çok güçlü olduğundan bilgiyi işleme becerisi çok yüksektir. Bu bilgi işlemede değişiklik yapabilmesi için bağlantı sayıları veya ağırlıklarında değişiklik yapabilmektedir.

2.6.1. Çok Katmanlı Algılayıcıların Yapısı

Çok katmanlı algılayıcıların katmanları ileri besleme ile birbirine bağlanmaktadır. Dolayısıyla çok katmanlı algılayıcılarda bilgi akışı girdi katmanında çıktı katmanına doğru tek yönlü olmaktadır. Çok katmanlı algılayıcılar danışmanlı öğrenme metodunu kullanmaktadır. YSA'ya eğitim seti olarak problemin girdileri ve bu girdilere karşılık gelen çıktılar verilmektedir. YSA'nın kendisine gösterilen bu örneklerden genelleme yapması beklenmektedir. Daha sonra ağın hiç görmediği girdiler için çözümler üretmesi beklenmektedir. Burada amaç üretilen çıktı ile hedef çıktı arasındaki farkı yani hatayı en küçük hale getirmektir (Es, 2013: 40-42).

Temeli en küçük kareler yöntemine dayanan Delta Öğrenme Kuralının genişletilmiş hali çok katmanlı algılayıcıların öğrenme kuralıdır. Bu kural İleri doğru hesaplama (Feed Forward) ve Geri doğru hesaplama (Back Propagation) olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. İleri doğru hesaplamada eğitim setindeki veriler girdi katmanıyla YSA'ya gösterilmekte ve hiçbir bilgi işleme olmadan gizli katmana gönderilmektedir. Gizli katmana gelen bilgi toplama fonksiyonuyla hesaplanmakta ve aktivasyon fonksiyonuyla doğrusal olmayan yapıyı öğrenen YSA'nın elde ettiği sonuç çıktı katmanına gönderilmektedir.

Geriye Doğru Hesaplama ağın ürettiği çıktı ile hedef çıktı karşılaştırılmakta ve aradaki farkın yani hatanın küçük olması beklenmektedir. Bu hatanın belli bir değerin altına düşmesi için geri yayılım algoritması kullanılmaktadır. Bu algoritma hataları

önceki ağırlık değerlerine dağıtarak hatayı katman katman geriye doğru yaymakta ve bir sonraki adımda hatanın azalmasını sağlamaktadır. Bu işlem hata, makul bir değer altına düşene kadar devam etmektedir (<https://ekblc.wordpress.com>, 2016).

2.6.2. Çok Katmanlı Algılayıcıların Çalışma Şekli

YSA modeli oluşturulması için kesin bir yöntem olmamasına rağmen uygulanması gereken genel kurallar ve adımlar vardır. Bu adımlar aşağıda verilmiştir.

- **Verilerin toplanması ve düzenlenmesi**

Bu adımda YSA'nın çözmesi istenilen problemlerle ilgili önceden gerçekleşmiş veriler toplanmaktadır. Toplanan veriler eğitim ve test seti veya eğitim, doğrulama ve test seti olmak üzere kısımlara ayrılmaktadır. Eğitim seti verileri YSA'nın öğrenmesi, doğrulama seti verileri eğitim süresinin ne zaman durdurulacağını belirlenmesi ve son olarak test seti, sonuçların genelleştirilebilmesi için kullanılmaktadır. Literatürde bu setlerin veri sayısına bakılarak (% 80 - % 10 - % 10), (% 70 - % 15 - % 15), (% 60 - % 20 - % 20) şeklinde ayrılması önerilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken üç sete de ait verilerin, problemin bütün özelliklerini taşıması gerektiğidir (Hamzaçebi, 2011: 77).

Çok katmanlı algılayıcıların eğitim büyüklüğünün ne kadar olması konusunda kesin bir ifade yoktur. Fakat bunun için bazı yaklaşımlar geliştirilmiştir.

$$e = \frac{s(W)}{s(S)} \quad (2.2)$$

e = Hata oranı

$s(W)$ = Bağlantı ağırlıklarının sayısı

$s(S)$ = Eğitim kümesindeki veri sayısı

Denklem (2.2)'de verilen eşitlik doğruluk derecesine ve oluşturulan ağı yapısına göre eğitim setindeki veri sayısının ne olması gerektiğine dair yaklaşımdır. Örneğin % 10 hata oranı (0.90 doğruluk oranı) seviyesinde bir sonuç elde etmek için bağlantı ağırlık sayısının 9 olduğu durumda (2.2) no'lu denklemde veriler yerine konularak $s(S)$ denklemden çekildiğinde eğitim setindeki veri sayısının en az 90 olması gerektiği bulunmaktadır (Hamzaçebi, 2011: 65-66)

- **YSA'nın topolojik yapısının belirlenmesi**

YSA'nın kaç tane katmanı olacağı ve bu katmanlarda kaç tane yapay sinir hücresi olması gerektiği belirlenmektedir. Bu tamamen problemin yapısına göre değişiklik göstermektedir. Fakat katman sayısının ve katmanlardaki yapay sinir hücrelerinin sayısı gereğinden fazla olursa YSA'nın öğrenme performansı düşmekte ve YSA ezberlemektedir. Gereğinden az olursa da YSA'nın genelleme yeteneği düşmektedir.

Tahmin amaçlı YSA'nın genelinde girdi katmanındaki yapay sinir hücre sayısı bağımsız değişken sayısına, çıktı katmanındaki yapay sinir hücre sayısı ise bağımlı değişken sayısına eşit olmaktadır. Gizli katman sayısı ve bu katmandaki yapay sinir hücre sayısı probleme göre değişiklik göstermektedir. Kaastra ve Boyd (1996)'a göre bir veya iki gizli katman yeterli olmaktadır. Bu katmandaki yapay sinir hücre sayısı da deneme yanılma yoluyla belirlenmektedir. Fakat literatürde yapılan çalışmalar sonucunda, tek katmanlı YSA'da gizli yapay sinir hücre sayısı, "n" girdi yapay sinir hücresi ve "m" çıktı yapay sinir hücre sayısını göstermek üzere; n (Tang ve Fishwick, 1993), $2n+1$ (Lippmann, 1987), $2n$ (Wong, 1991), $0,75 \times n$ (Masters, 1993), $\sqrt{n \times m}$ (Baily ve Thompson, 1990) şeklinde seçilebilmektedir (Hamzaçebi, 2011: 73).

- **Öğrenme parametrelerinin belirlenmesi**

Öğrenme ve momentum katsayısı ile toplama ve aktivasyon fonksiyonu gibi parametreler bu adımda belirlenmektedir. Aktivasyon fonksiyonu YSA'nın öğreneceği veri türünün doğrusal veya doğrusal olmayan yapıda olmasına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Literatürde hangi fonksiyonun kullanılacağına dair kesin bir kural yoktur. Genel olarak çalışmaların çoğunda gizli katmandaki yapay sinir hücreleri için sigmoid veya hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu kullanılmaktayken, çıktı yapay sinir hücreleri için bir görüş birliği olmamakla beraber en çok sigmoid, hiperbolik tanjant ve özdeşlik fonksiyonları kullanılmaktadır (Zhang vd., 1998).

Öğrenme katsayısı bağlantıların ağırlık değerlerindeki değişimi belirlemektedir. Öğrenme katsayısı seçilen probleme göre değişiklik göstermesine rağmen değerin büyük seçilmesi YSA'nın yerel çözümler içinde dolaşıp durmasına sebep olurken, küçük seçilmesi ise YSA'nın öğrenmesini yavaşlatmaktadır. Öğrenme katsayısı belirlenirken YSA'nın mimarisi, büyüklüğü, öğrenme kuralı, istenilen çözüm hızı ve doğruluk derecesi

gibi birçok özellik dikkate alınmaktadır. Bu katsayı genellikle (0,1) aralığı arasında belirlenmektedir (Yurtoğlu, 2005: 27; Anderson ve McNeill, 1992: 28).

Öğrenmeyi hızlandırmak için öğrenme katsayısı büyük seçilmektedir. Fakat bu YSA'nın yerel çözümler içinde salınım yapmasına sebep olabilmektedir. Yerel çözüm ise ağın en iyi çözüme ulaşmaya çalışırken farklı bir çözüme takılması ve daha iyi bir çözümü bulamamasıdır. Bunu engellemek için momentum katsayısı kullanılmaktadır Bu katsayı bir önceki adımdaki değişimin belirli bir kısmının yeni değişim miktarına eklenmesidir. Momentum katsayısı da öğrenme katsayısı gibi (0,1) aralığında herhangi bir değeri alabilmektedir (Hamzaçebi, 2011: 76). Bu değer küçük seçilmesi yerel çözümlerden kurtulmayı, büyük olması tek bir çözüme ulaşmayı zorlaştırabilmektedir (Mehrotra vd., 1997: 269). Momentum katsayısı YSA'nın sıçrama yapmasını sağlayarak yerel çözümlere takılmadan daha iyi sonuçlar bulmasını sağlamaktadır.

- **Ağırlıkların başlangıç değerlerinin atanması**

Yapay sinir hücreleri arasındaki bağlantı ağırlıkları ve eşik değerleri başlangıçta rastgele atanmaktadır. Daha sonra uygun değerleri öğrenme sırasında YSA kendi belirlemektedir. Ağırlık değerleri başlangıçta çok büyük verilirse veya değerlerin arası küçük olursa öğrenme uzayabilmektedir. Bu değerler hakkında literatürde bir yaklaşım yoktur. Tamamen deneme yanılma yolu ile en uygun başlangıç değerleri belirlenmektedir (Yurtoğlu, 2015: 27). Tecrübeler başlangıç değerlerinin $[-0.5, 0.5]$ ve $[-1, 1]$ aralığında başarılı sonuçlar ürettiğini göstermektedir (Hamzaçebi, 2011: 65). Ayrıca başlangıç değerleri değiştirilerek öğrenemeyen bir YSA'nın öğrenmesi sağlanabilmektedir.

- **Öğrenmeyi sağlayacak verilerin seçilmesi ve ağa gösterilmesi**

Öğrenmeyi sağlayacak veriler YSA'ya sıralı ve rastgele olarak iki türlü gösterilmektedir. Sıralı gösterimde veriler YSA'ya sırayla gösterilmektedir ve verilerin YSA'ya gösterilme şansı eşittir. Rastgele gösterimde ise veriler YSA'ya rastgele bir şekilde gösterilmektedir. Bu gösterim iki şekilde olmaktadır. Birincisinde seçilen veriler bir daha kullanılmamakta ve verilerin seçilme şansı eşit olmamaktadır. İkincisinde seçilen veriler tekrar seçilebilmektedir ve verilerin seçilme şansı eşit değildir. Ayrıca probleme ait verilerin hepsinin aynı ölçekte olması gerekmektedir. Bazen bu veriler arasında çok büyük değerler veya çok küçük değerler bulunabilmektedir. Bu da YSA'yı yanlış

yönlendirebilmektedir. Ölçeklendirme çeşitli normalleştirme formülleri ile yapılmaktadır (Öztemel, 2013: 100-103).

- **İleri hesaplamaların yapılması**

Girişe uygulanan vektör için çıktı değerleri ve YSA'nın ürettiği hata değeri belirlenmektedir. Hedef çıktı ile YSA'nın ürettiği çıktı karşılaştırılmakta ve aradaki fark YSA'nın hatasını göstermektedir.

- **Performans ölçütünün seçilmesi**

Performans ölçütleri YSA'nın eğitiminde önemli rol oynamaktadır. Performans ölçütleri hedef çıktı ile beklenen çıktı arasındaki farkın kümülatif değerini hesaplamaktadır. Bunun sonucunda YSA'nın eğitiminin başarılı olup olmadığına, genelleme yeteneğine kavuşup kavuşmadığına karar verilmektedir.

Tahmin problemlerinde en önemli ölçüt tahmin hatasıdır. Tahmin hatası en basit hata=hedef çıktı-tahmin edilen çıktı olarak gösterilmektedir. Tahminin doğruluğunu ölçmek için birçok ölçüt tanımlanmıştır (Makridakis vd., 2008). Bunlardan en çok kullanılanları

Ortalama Hata Kare (MSE): Hata kareler ortalaması (MSE) üretilen değer ile gerçek değer arasındaki sapmayı ifade eder. MSE değeri ne kadar küçükse üretilen değer ile gerçek değer arasındaki sapma da küçük olur. Böylece üretilen değerler ve gerçek değer arasındaki sapma küçüldükçe modelin gerçek uyumunun daha iyi olduğu belirtilir (Erdoğan ve Uzgören, 2009:16). MSE'nin denklemi (2.3) no'lu denklemde verilmiştir.

$$\text{Ortalama Hata Kare (MSE)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (e_i)^2 \quad (2.3)$$

Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE): Hataların mutlak değerlerinin ortalamasının, gerçek değerlerin yüzdesi olarak gösterilmesidir. MAPE, hatayı gerçek değerlerin %'si olarak ifade eder. MAPE değerleri % 10'un altında olduğunda yüksek doğruluğa sahip tahminler, % 10 ile % 20 arasında "doğru tahminler", %20 ile %50 arasında kabul edilebilir tahminler ve %50'nin üzerinde olan tahminler de yanlış ve hatalı tahmin olarak nitelendirilmektedir (Çuhadar,2006; Güngör, 2009: 106). MAPE'nin denklemi (2.4) no'lu denklemde verilmiştir.

$$\text{Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{e_i}{y_i} \right| \times 100. \quad (2.4)$$

Ortalama Hata Karenin Karekökü (RMSE): Ortalama hata karenin kareköküdür ve RMSE değeri 0 olmalıdır. RMSE'nin denklemi (2.5) no'lu denklemde verilmiştir.

$$\text{Ortalama Hata Karenin Karekökü (RMSE)} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (e_i)^2} \quad (2.5)$$

Belirlilik Katsayısı R^2 : Regresyon analinden elde edilen denklemin bağımlı değişkeni ölçme gücünü gösterir. R^2 değeri 0 ile 1 arasında değişmekte ve bu değer 1'e yaklaşması modeldeki değişkenlerin arasındaki bağımlılığın kuvvetli olduğu anlamına gelmektedir. R^2 değeri 1'e ne kadar yakınsa model o kadar hassas demektir (Kalogirou, 2000; 28). R^2 'nin denklemi (2.6) no'lu denklemde verilmiştir.

$$\text{Belirlilik Katsayısı } R^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \quad (2.6)$$

Burada e_i tahminin hata değeri, y_i gözlem değeridir.

- **Geriye doğru hesaplamaların yapılması**

YSA hatayı geriye doğru ağırlıklara yayarak azaltmaya çalışmaktadır. Burada ağırlıkların değiştirilmesi genellikle üç şekilde olmaktadır. İlki her örnek YSA'ya gösterildiğinde, ikincisi belirli bir sayıda örnek YSA'ya gösterildiğinde ve üçüncüsü bütün örnek seti YSA'ya gösterildiğinde şeklindedir.

YSA'nın gereğinden fazla eğitilmesi YSA'nın yapısını bozabilmekte ve daha düşük performanslı ağ olmasına sebep olabilmektedir. Bu yüzden YSA'nın ağırlıklarının değiştirmesi belli kriterlere göre durdurulmalıdır. Bu kriterler şunlardır:

- *Hatanın belirli bir değer altına düşmesi durumunda eğitimi durdurma:* Hata belirlenen tolerans değerinin altına indiğinde YSA'nın eğitimi durdurulmaktadır. Bu tolerans değeri probleme göre değişmektedir..
- *YSA'nın belirli bir iterasyon sayısını tamamlaması sonucu eğitimi durdurma:* YSA'nın hata grafiği çizilerek iterasyon sayısı belirlenmekte ve bu sayıya ulaşıldığında eğitim durdurulmaktadır.

2.7. YAPAY SİNİR AĞLARININ ÜSTÜN VE ZAYIF YÖNLERİ

2.7.1. Yapay Sinir Ağlarının Üstünlükleri

YSA'nın diğer yöntemlerden bir adım önde olmasını sağlayan en önemli özelliği öğrenme yeteneğinin olması ve farklı öğrenme algoritmaları ile çalışabilmesidir. Herhangi bir matematiksel modele ihtiyaç duymadıkları için matematiksel olarak modellenemeyen problemleri çok rahat çözümleyebilmektedirler. Çünkü doğası gereği YSA problemi çözmek için herhangi bir tanımlamaya ihtiyaç duymamaktadır. (Çelik, 2008: 25).

YSA uyarlanabilmekte ve esneyebilmektedir. İstatistiksel tekniklerin büyük çoğunluğu ağız öğrenme algoritması veya aktivasyon fonksiyonunda yapılacak ufak değişikliklerle YSA için kullanılabilir (Hamzaçebi, 2011: 80). YSA'da bilgi bağlantıların ağırlık değerleri ile ölçülmekte ve burada saklanmaktadır. Diğer yöntemlerde olduğu gibi herhangi bir veri tabanında saklanmamakta, YSA'nın yapısında depolanmaktadır. Bu yüzden de bilgiyi saklama gücü yüksektir.

YSA dağınık hafızaya sahip olduğu için YSA'da oluşan bir hata tüm YSA'ya dağıtılmaktadır. Bu da hatanın tolere edilmesini sağlamaktadır (Haykin, 1999). YSA aynı problem için yeni bilgilerin olması, ağırlık ve parametrelerinin değişiklik olması durumunda tekrar eğitilip hemen uyum sağlayabilmektedir (Tolon, 2007: 80).

Herhangi bir problemi modelleyebilmesi için ön bilgiye, varsayıma ihtiyaç duymamaktadırlar. Eğitilebilmeleri için uygun örnek görmeleri yeterlidir (Öztemel, 2006: 208). YSA eksik veriyle çalışabilmekte ve durağanlık gibi herhangi bir varsayıma ihtiyaç duymadığından veri kaybı söz konusu olmamaktadır (Biçen, 2006: 83).

YSA yapısındaki aktivasyon fonksiyonları ile doğrusal olmayan yapıya kavuşmaktadırlar. Bu sayede de doğrusal olmayan problemlerin çözümünde oldukça başarılıdırlar (Çuhadar, 2006: 27).

2.7.2. Yapay Sinir Ağlarının Zayıflıkları

YSA'nın üstün özellikleri çok fazla olmasına rağmen mükemmel değildirler. YSA'nın en büyük zayıflığı davranışlarının açıklanamamasıdır. Regresyon modellerinde bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki denkleme dökülebilmektedir. Fakat

YSA'nın tahmin fonksiyonları karmaşık olmasından dolayı değişkenler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkaracak bir yöntemi yoktur. Bunun için YSA'ya kara kutu yakıştırması yapılmaktadır. Bu da YSA'ya olan güveni azaltmaktadır (Shapiro ve Jain, 2003: 53).

YSA'da ağ tasarımı oldukça zordur. Ağ yapısının oluşturulması deneme yanılma yoluyla gerçekleştirilmektedir. Parametreler değiştirilerek en uygun sonuç bulunmaya çalışılmaktadır. Eğer ağ yapısı düzgün kurulamazsa problem çözülememekte ya da YSA düşük performans göstermektedir (Öztemel, 2006: 33).

YSA'nın eğitiminin ne zaman sonlandırılacağı bilinmemektedir. Eğitim hatanın kabul edilebilir değerler altında kalmasıyla tamamlansa dahi optimum bir öğrenmenin gerçekleştiği söylenememektedir (Güngör ve Tortum, 2007: 34). En iyi çözümü bulamama riskinin olmasına rağmen, elde edilen sonuçlar oldukça iyidir (Biçen, 2006: 83).

YSA'da öğrenme katsayısı, iterasyon sayısı, katman sayısı gibi parametrelerin belirlenmesi belirli bir kural dahilinde gerçekleşmediğinden, parametre değerleri her bir problem için yeniden belirlenmektedir (Güngör ve Tortum, 2007: 34). Doğru seçimlerin yapılması tamamen kullanıcının tecrübesine bağlı olmaktadır.

2.8. YAPAY SİNİR AĞLARI VE TAHMİN

YSA girdi ve çıktı parametreleri arasında hiçbir ön bilgiye ve varsayıma ihtiyaç duymadan doğrusal ve doğrusal olmayan yapıdaki problemleri tahmin etmede geleneksel yöntemlere göre daha esnek ve başarılıdır (Zhang vd., 1998). YSA sebep-sonuç ilişkisine dayalı tahmin ve zaman serilerine dayalı tahmin olmak üzere iki tür tahmin yapabilmektedir.

2.8.1. Sebep-Sonuç İlişkisine Dayalı Tahmin

Sebep-sonuç ilişkisine dayalı tahmin problemleri, bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisini araştıran problemlerdir. Bu problemlerde en çok kullanılan model doğrusal regresyon modelidir (Hamzaçebi, 2016: 86) Doğrusal regresyon modelinin amacı, hatayı en küçük yapacak modeli oluşturan parametreleri tahmin etmektir (McNelis, 2005: 67). Fakat günümüzdeki birçok problem doğrusal olmayan bir yapıdadır. Bu problemler doğrusal olmayan regresyon modelleri ile tahmin edilmeye

çalışılmaktadır. Tahmin, veri yapısıyla ilgili ön bilgi varsa başarılı sonuçlar vermektedir. Eğer herhangi bir ön bilgi mevcut değilse deneme yanılma ile farklı modeller denenerek uygun tahmin modeli bulunmaya çalışılmaktadır. Bu güç olduğundan araştırmacılar çok katmanlı algılayıcılar tercih etmektedir.

Çok katmanlı algılayıcılarda girdiler bağımsız değişkeni, çıktılar bağımlı değişkeni temsil etmektedir. Tek bir bağımlı değişkenden oluşan model için çok katmanlı algılayıcının tahmin fonksiyonu aşağıdaki şekildedir.

$$y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n); \quad x_n: \text{bağımsız değişken} \quad y: \text{bağımlı değişken} \quad (2.7)$$

Çok katmanlı algılayıcıların gizli katman aktivasyon fonksiyonu özdeşlik fonksiyonu olarak seçilirse çok katmanlı algılayıcı ile sebep-sonuç ilişkisine dayalı tahmin modeli, doğrusal bir regresyon modelini (Weisberg, 1985; Myers, 1986), girdi yapay sinir hücrelerinin birden fazla olmasıyla da çoklu doğrusal regresyon modelini oluşturmaktadır. Eğer girdi ve çıktı katmanında birden fazla yapay sinir hücresi varsa ve gizli katmanın aktivasyon fonksiyonu sigmoid veya hiperbolik tanjant gibi doğrusal olmayan yapıdaki fonksiyonlardan seçilmişse çok katmanlı algılayıcı ile sebep-sonuç ilişkisine dayalı tahmin modeli çok değişkenli ve çoklu doğrusal olmayan regresyon modelini oluşturmaktadır.

Girdi katmanında bir yapay sinir hücresi, çıktı katmanında doğrusal fonksiyonlu bir yapay sinir hücresi ve gizli katmanın aktivasyon fonksiyonu sigmoid veya hiperbolik tanjant gibi doğrusal olmayan yapıdaki fonksiyonlardan seçilmişse basit doğrusal olmayan regresyon modelini oluşturmaktadır (Sarle, 1994: 3-5). Çok katmanlı algılayıcıların girdi ve çıktı arasındaki ilişkiyi hiçbir ön bilgi ve varsayıma gerek kalmadan tahmin edebildiği literatürde birçok çalışmada gösterilmiştir (Atasaven, 2013: 111).

2.8.2. Zaman Serilerine Dayalı Tahmin

Zaman serilerine dayalı tahmin problemleri, değişkenin bir önceki değerleri temel alınarak gelecek zamana ait değerlerinin tahmin edildiği problemlerdir. Bu tahminin amacı, değişkenlerin belirli bir zaman boyunca davranışını öğrenerek gelecekte alacak değerlerini en az hata ile belirlemektir (Hamzaçebi, 2011: 95). Çok katmanlı

algılayıcılarda zaman serilerine dayalı tahminde girdiler değişkenin geçmişte aldığı değerlerden oluşurken, çıktı gelecekteki tahmin değeridir.

Geleneksel yöntemlerde, veriler arasındaki ilişkinin net olması ve bu ilişkiye ait ön bilgilerin olması gerekmektedir (Zhang vd., 1998). Ayrıca bu modeller başarılı olsalar dahi uygulaması zor ve geliştirilmeleri zayıf modellerdir (Kardan vd., 2005). Bundan dolayı YSA, geleneksel yöntemlere göre daha çok tercih edilmektedir.





ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

STIRPAT MODEL

3.1. STIRPAT MODEL

Doğal çevre, kendi içinde dengede ve sürekli yenilenme halindedir. İnsanların doğal çevreyi değiştirmeleri ve dengeyi olumsuz yönde etkilemeleri giderek daha belirgin hale gelmiştir. İnsanlar sera gazı emisyonları ve ozon tabakasını incelten maddeler kullanarak atmosferin kimyasal yapısını bozmuşlardır. Bunlar bazı türlerin büyük oranda yok olmasına, dünyadaki arazilerin ve bitki örtülerinin bozulmasına sebep olmuştur (Vitousek vd., 1997; Harrison ve Pearce, 2000: 78).

İnsan ve çevre sürekli etkileşim halindedir. Fakat bu ilişkiyi inceleyen sosyal bilimsel araştırmalar kısıtlıdır. Bunun temel nedeni, çevresel etkiler ile insan kaynaklı faktörler arasındaki ilişkinin fonksiyonel formunu tam belirten uygun analitik modellerin azlığı ve yetersizliğidir (York vd., 2003b: 352). Bu sorunu ortadan kaldıracak için STIRPAT modeli geliştirilmiştir.

3.2. STIRPAT MODELİN TARİHÇESİ

1960'ların sonu ve 1970'lerin başında insan refahı üzerinde oldukça yüksek olumsuz etkiye sahip olan nüfus artışı tekrar gündeme gelmiştir (Ehrlich, 1968; Meadows vd. 1972: 20). Nüfus artışının insan refahını kötü bir şekilde etkilediği Malthus (1967) tarafından iddia edilmesine rağmen ekonomik büyüme ve nüfusun çevresel bozulma üzerine etkisi yoğun bir şekilde araştırılmamıştır. Amerika Ulusal Araştırma Konseyi (1987) Malthus'un iddiasını reddeden ve nüfus artışının çevreyi etkilediğini gösteren kanıt olmadığını bildiren bir rapor yayınlamıştır. Bir sonraki raporunda Ulusal Araştırma Konseyi, küresel çevre değişikliğinin arkasındaki itici güçleri araştırırken en büyük önceliğin insan boyutuna verilmesi gerektiğini bildirmiştir (Stern vd. 1992: 238-241).

Çevre üzerinde nüfusun ve ekonomik büyümenin etkisine ilişkin birçok görüş vardır. Fakat bu kısımda en önemli dört görüş incelenecektir. İlk görüşe göre, beklenen nüfus büyümesi doğal çevre ve refah üzerinde oldukça kötü etkilere yol açacaktır (Gans ve Jöst, 2005: 5). Boserup'un (1965: 1981) çalışmalarından türetilmiş ikinci görüşe göre ise, ekonomik büyüme ve nüfus, kaynaklara olan talebi artıracak fakat bunun sonucunda beklenen ve öngörülen kıtlık teknolojinin gelişmesiyle ilerleyecek ve etkinliğini artıracaktır. Böylece kaynak kıtlığı üzerindeki nüfus ve ekonomik büyümenin net etkisi,

refah ve çevre üzerinde nötr veya pozitif etkiye sebep olacaktır. Üçüncü görüşün iddiasına göre, ekonomik büyümeyi tetiklemek için kullanılan teknolojiler, çevresel etkiler dikkate alınmadan seçilmektedir. (Gans ve Jöst, 2005: 8). Dördüncü görüşe göre, nüfus ve ekonomik refah arasındaki ilişki bir uzlaşmadan çok ikisinin ortasıdır. Nüfus, çevre üzerinde baskın bir itici güç olarak görülmemektedir. Fakat refah, teknolojik seçimler, kurumsal düzenlemeler ve diğer faktörlerle birleşerek çevresel etkiye sebep olmaktadır (Keyfitz 1991a, 1991b, 1993; Ridker 1972, 1979, 1992; Ridker ve Cecelski 1979).

Nüfus komisyonunun raporunda ve ardından gelen refah, nüfus ve çevre ile ilgili çalışmalarda farklı yöntemler kullanılmıştır. En yaygın olan yöntem simülasyon/izdüşüm(S/P) yaklaşımıdır. Burada kaynak talebi ve kirlilik oluşumu, gelirin bir fonksiyonu olarak tahmin edilmektedir. S/P model, ekonomik büyümenin ve nüfusun çeşitli durumlar altında çevresel etkiler üzerindeki izdüşümü için kullanılmaktadır. Bu izdüşümler nüfusun ve ekonomik büyümenin etkilerini belirlemek için temel oluşturmaktadırlar (Dietz ve Rosa,1994: 282).

İkinci olarak kullanılan en yaygın yaklaşım ise IPAT denklemdir. Bu çalışmada bu denklem üzerinde durulacaktır. IPAT denklemi, 1970’li yıllarda nüfus biyologları ve çevre bilimcileri tarafından nüfus, refah ve teknoloji arasındaki ilişkiyi formülize etmek için geliştirilmiştir. IPAT denklemi, insan davranışlarının çevre üzerindeki etkisini analiz etmek için yaygın olarak kullanılan bir formüldür (Stern vd., 1992; Harrison ve Pearce, 2000).

IPAT denklemi insan müdahalesi sonucu ortaya çıkan çevre sorunlarının temel itici güçleri hakkında 1970’li yılların başında Ehrlich-Holdren/Commoner’in tartışması sonucu ortaya çıkmıştır. Bu özdeşlik çevresel değişikliklerinin itici güçlerini analiz etmek için yaygın bir şekilde kullanılmaya devam etmektedir. (Caplan vd., 1993; Raskin, 1995; York et al., 2002).

IPAT denklemi, çevresel etkinin (**I**), üç temel itici gücün çarpımı olduğunu ifade etmektedir. Bu üç itici güç nüfus (**P**opulation), kişi başına düşen ekonomik aktivite veya refah (**A**ffluance) ve birim başına düşen ekonomik aktivitenin etkisi (**T**echnology)’dir. IPAT matematiksel bir denklemdir. I, P, A’nın bilinen değerleri ile T’ye çözüm getirmek için kullanılmaktadır (Commoner 1971, 1992; Ehrlich ve Holdren 1972; Ehrlich ve Ehrlich 1990; Caplan vd., 1993; Raskin 1995).

Modelde itici güç olarak refah ve nüfusun göreceli etkisi kullanıldığı zaman, veriler modeldeki her bir terim için artış yüzdesine dönüştürülmektedir. O zaman I'da ki değişim P, A, T' de ki yüzde değişimleri ile açıklanmaktadır.

IPAT denkleminde çevresel değişimin arkasındaki temel itici güçler cimrilik prensibine dayanmaktadır. Ayrıca IPAT bu itici güçlerin etkileri arasındaki ilişkiyi kesin bir şekilde tanımlamaktadır. İtici güçlerin (P, A, T) birindeki değişim diğerini etkilememektedir. Bu modelin önemli bir özelliği de, denklemden hiçbir faktörün çevresel etkilerden tek başına sorumlu tutulmamasıdır. Örneğin, herhangi bir ülkede eğer A faktörü artarken P ve T zaman boyunca sabit kalırsa, çevresel etkiye A'nın tek başına neden olduğunu ifade etmek doğru olmamaktadır (York vd. 2002).

Bu faktörlerin çarpımsal bağımlılıkları yüzünden, modeldeki her bir faktörün (P, A, T) göreceli önemini anlamak için faktörlerin her birinin potansiyel değişim oranlarını ve sıralarını değerlendirmek gerekmektedir. York ve arkadaşları (2002) nüfus, refah ve teknolojiye potansiyel değişimi ve sırasını ölçebilmek için elastisite kavramını tanımlanmıştır. Elastisite, bu faktörlerin farklı oranda ve ölçekte oluşturduğu etkiyi tanımlayan bir kavramdır (York vd., 2002). Elastisite iki temel elemandan oluşmaktadır. Bunlardan ilki; her bir faktörün (P, A, T) değişkenliği ve sırası, ikincisi her bir faktörün hangi oranda değiştiğidir. Burada ilk özellik değişimin potansiyel genişliğini vurgularken, ikinci özellik değişimin potansiyel hızını vurgulamaktadır. Kısacası elastisite kavramı hangi faktörün en kolay ve en etkili şekilde değiştiğini ortaya koymaktadır.

Waggoner ve Ausubel (2002), IPAT denkleminin üzerinde birkaç değişiklik yaparak ImPACT olarak adlandırmışlardır. Burada T, gayri safi yurt içi hasılda birim başına düşen tüketim (C) ve birim başına düşen tüketimin etkisi (T) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. ImPACT modelin temel amacı; her bir bileşeni etkileyen temel faktörü ve bu faktörün etkisini azaltmak için değiştirilebilir faktörler tanımlamaktır.

Schulze (2002), $I = P \times A \times T$ içine davranış faktörünü ekleyerek $I = P \times B \times A \times T$ oluşturmuştur. Schulze'nin bu yaklaşımına bazı eleştiriler olmuştur. Diesendorf (2002), $I = PAT$ denkleminin sağ tarafındaki faktörlerin dolaylı olarak davranış faktörünü bazı açılardan içerdiğini iddia etmiştir. Bu nedenle B sadece P, A ve T içermediği bazı

davranışları içerebilmektedir. Bu yüzden de B'yi tam anlamıyla tanımlamak zordur (Fan vd., 2006: 379).

IPAT, IPBAT ve ImPACT'ın güçlü yanı; temel olarak ekolojik prensiplere dayanması, açık ve anlaşılır olması, cimrilik prensibi özelliklerini taşıması ve itici güçlerin etkileri değiştiğinde modeldeki değişimin nasıl olacağını göstermesidir. Bu modellerin sınırlılıkları ise ampirik ve mantıksal sınırları olan matematiksel ifadeleridir. Bu modeller hipotez testine izin vermezler. Bu yüzden de çürütülemezler. Sosyal ekoloji teorisinin gelişimi, sadece modelin içinde bulunmaktan ziyade insan kaynaklı faktörler ve ampirik kanıtlarla test edilebilen etkileri arasındaki ilişki hakkında hipotezler gerektirmektedir. Örneğin çevresel kuznet eğrisi hipotezleri, refahın diğer etkiler üzerinde hem orantısal hem de monoton olmayan etkiye sahip olduğunu iddia etmektedir. Aslında refahtaki artış diğer etkilerde düşüşe yol açabilmektedir (Grossman ve Krueger, 1995). IPAT, IPBAT ve ImPACT denklemleri itici güçlerin orantısal ve monoton olmayan etkilerine kolayca izin vermemektedir. Bu sınırlılığın üstesinden gelmek için Dietz ve Rosa (1994) IPAT denklemi stokastik forma dönüştürerek tekrar formülize etmişlerdir. Bu model refah, nüfus ve teknolojinin regresyon ile stokastik etkilerini belirleyen STIRPAT (STochastic Impacts by Regression on Population, Affluence, ve Technology) modeldir (Rosa ve Dietz, 1998). STIRPAT modeli, çeşitli çevresel etkiler üzerindeki itici güçlerin (P, A, T) etkilerini analiz etmek için kullanılmaktadır (Dietz ve Rosa, 1997; York vd., 2003).

3.3. STIRPAT MODELİN TANIMI

STIRPAT modeli IPAT ve ImPACT denklemlerinin aksine matematiksel bir ifade değildir. Model hipotezleri test etmek ve önde gelen çevresel etki teorilerinin geçerliliğini sınamak için kullanılan stokastik bir modeldir.

IPAT denklemlerinden uyarlanan STIRPAT modeli, sosyal bilimlerde çevre üzerinde insan kaynaklı etkileri belirlemek için yaygın olarak kullanılan regresyon teknikleri ile tahmin edilen stokastik forma sahip bir modeldir. STIRPAT modeli, regresyon yöntemleri kullanılarak bulunan nüfus, refah ve teknolojinin çevre üzerindeki stokastik etkilerini temsil etmektedir (Commoner 1972; Dietz ve Rosa 1997; Ehrlich ve Holdren 1971; York vd. 2003).

STIRPAT modeli, IPAT denkleminin çarpımsal mantığını ve çevreyle ilgili yapısını korumaktadır. IPAT denkleminin farkı ise şunlardır:

- Çevreyi tehdit eden veya etkileyen insan kaynaklı her faktörün net etkisinin tahmin edilmesini sağlamaktadır.
- Hipotezleri test etmeye izin vermektedir.
- Siyasi, sosyal ve kültürel faktörleri içeren teorik olarak ilişkili değişkenlerin modele dahil edilmesini mümkün kılmaktadır (Dietz ve Rosa 1994).

Bu özellikleri ile STIRPAT modeli, ampirik testlerle kavramsal model oluşturmak için analitik bir çerçeve olmaktadır.

STIRPAT modeli, yapısal insan ekolojisinin teorik çerçevesine rehberlik etmektedir. Yapısal insan ekolojisi, nüfus, sosyal organizasyon, çevre ve teknolojiyi içeren insan ekosistemi olarak çevre ve toplum arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir (Duncan 1964; Catton 1987; Dietz ve Rosa 1994; Dunlap vd., 1994). Bu teorik çerçeve doğal çevre üzerinde sosyal sistemin etkisini veya tersini vurgulamaktadır. Yapısal insan ekolojisi, çevresel etkileri açıklamada, nüfusun büyüklüğünün, büyüme oranının, yoğunluğunun ve yapısının rolünü araştırmaktadır.

STIRPAT model aşağıdaki şekildedir:

$$I = \alpha P_i^b A_i^c T_i^d e_i \quad (3.1)$$

burada α modelin sabit katsayısı, b, c, d tahmin edilmesi gereken sırasıyla P, A, T'nin kuvvetleri ve çevresel etki üzerinde nüfusun, refahın ve teknolojinin net etkisi, e ise hata terimidir (IPAT'ın orantılılık varsayımı gereği $a=b=c=d=e=1$ 'dir.). i indisi A, P, T ve e'nin çeşitli gözlem birimlerini gösterir. Burada T kalıntı terim olarak modellenmiştir. T faktörü sadece teknoloji ile ilişkilendirilememektedir. Teknolojinin yanı sıra sosyal örgütleri, kurumları, kültürleri yani nüfus ve refah dışında çevre üzerinde insan kaynaklı etkiyi gösteren tüm faktörleri içermektedir. Kısacası stokastik model tek bir çarpan içine sayısız etkiyi toplamaktadır (Dietz ve Rosa, 1997: 175).

(3.1) no'lu denklem hipotez testlerine ve tahmine kolaylık sağlaması açısından modele eklenecek tüm değişkenlerin logaritması alınarak aşağıdaki esnek modele dönüştürülür.

$$\log(I) = \alpha + b(\log P) + c(\log A) + d(\log T) + e \quad (3.2)$$

3.3.1. Ekolojik Esneklik

Ekonomide çok kullanılan esneklik kavramı, bir değişkenin başka değişkenlerdeki değişime verdiği tepkidir. Yani diğer değişkenler sabit tutulduğunda bağımsız değişkende meydana gelen % 1'lik değişimin bağımlı değişken üzerindeki oransal değişime etkisidir (Samuelson ve Nordhaus, 1992). Örneğin; Talep Fiyat esnekliği, malın talep edilen miktarının, fiyattaki değişimlere yüzde kaçlık tepki vereceğini ortaya koymaktadır.

Ekolojik esneklik (EE), plastisiteyi tamamlayıcı bir nicel ölçüdür. Plastisite nüfus, refah ve teknolojiye potansiyel değişimi ifade ederken, ekolojik esneklik modeldeki itici güçlerin herhangi birindeki değişime çevresel etkinin duyarlılığını ve tepkisini ifade etmektedir. Ekolojik esneklik, STIRPAT modelin katsayılarının kusursuz yorumlanmasını sağlamaktadır (York vd., 2003: 354).

STIRPAT modeldeki her bir itici güç için bileşen esnekliği hesaplanmaktadır. Modeldeki nüfus (makro seviyede birim veya ulusal birim seçilebilir) esnekliği (EE_{IP}); nüfustaki değişime çevresel etkinin verdiği tepkidir. Refah (Kişi başına düşen gayri safi yurt içi hasıla veya gayri safi milli hasıla) esnekliği (EE_{IA}), refahtaki değişime çevresel etkinin verdiği tepkidir. Teknolojinin esnekliğinden bahsedilmemektedir. Çünkü STIRPAT modeldeki T birçok faktörü kapsadığı için tek başına kullanılan bir ölçü değildir. Fakat teoride esneklik kavramı teknoloji terimi için uygulanmaz diye bir prensip yoktur.

Literatürde kullanılan talebin fiyat esnekliği formülünde biraz değişiklik yaparak STIRPAT modelde çevresel etkinin esnekliği için genel bir denklem elde edilmiştir.

$$EE_{IX} = \frac{\frac{\Delta I}{(I_1 + I_2)}}{\frac{\frac{\Delta X}{(X_1 + X_2)}}{2}} \quad (3.3)$$

EE_{IX} , itici güçlerden herhangi birinin (X) görece etkisinin esneklik katsayısını ifade etmektedir. I_i , spesifik bir gözlem için çevresel etkinin niceliğini, X_i hem nüfusu

hemde refahı, ΔX ve ΔI iki gözlem arasındaki farkı temsil etmektedir ($\Delta X = X_2 - X_1$, $\Delta I = I_2 - I_1$) (York, 2002: 52).

STIRPAT modeli ile yatay kesit, zaman serisi ve panel veri kullanılarak çevresel etkinin refah ve nüfus esnekliğini belirlemek kolaydır. Logaritmik modeldeki katsayılar, diğer değişkenler sabit tutulmak koşuluyla itici güçlerdeki % 1'lik değişime karşılık çevresel etkide meydana gelen yüzdelik değişimi göstermektedir.

STIRPAT modelin katsayılarını yorumlamak oldukça kolaydır. Eğer katsayılar 1'e eşitse çevresel etki birim esnektir. Bu da çevresel etki ile itici güçler arasındaki ilişkinin oransal olduğunu göstermektedir. Yani itici güçlerdeki yüzde değişim aynı oranda çevresel etkide değişime neden olmaktadır. Katsayıların 1'den büyük olması esnek bir ilişkiyi ifade etmektedir. Bu çevresel etkideki değişimin itici güçlerdeki değişimden daha hızlı bir şekilde arttığını göstermektedir. Katsayıların 0 ile 1 arasında olması ilişkinin esnek olmadığını göstermektedir. Yani çevresel etki, itici güçlerdeki değişime daha az tepki vermektedir. Katsayılar negatif de olabilmektedir. Eğer katsayılar -1'e eşit ise negatif birim esneklik vardır. Bu itici güçler artarken çevresel etkinin oransal şekilde azaldığı anlamına gelmektedir. Eğer katsayılar -1'den küçükse negatif esnekliği, itici güçlerdeki artıştan daha büyük oranda çevresel etkideki düşüşü ifade etmektedir. 0 ile -1 arasında ise ilişki negatif esnek olmayan ilişkidir.

STIRPAT model kuadratik formda veya diğer polinom formlarında terimler içerebilmektedir. Bu model teorik olarak uygun olsa bile ekolojik esneklik katsayılarının yorumlanmasını karmaşık hale getirebilmektedir. Bu polinomları içeren modeller bazen itici güçler ve çevresel etki arasındaki monoton olmayan ilişkiye izin vermektedirler (Dietz ve Rosa, 1997). Bazı ekonomik ve sosyolojik teoriler, refah teriminin uygun kuadratik formunu kullanarak çevresel etki ve itici güçler arasındaki monoton olmayan ilişkiyi tahmin edebilmektedir (Grossman ve Krueger, 1995; Ehrhardt-Martinez, 1998; Ehrhardt-Martinez vd., 2002). Böyle formların olduğu modelde ekolojik esneklik, itici güçlerin değerine bağlı olarak değişecektir. Dolayısıyla çevresel etkinin esnekliği veya esnek olmaması sadece kuadratik olmayan terimin katsayı değeri ile doğrudan değerlendirilememektedir. Örneğin kuadratik formda bir model aşağıda verilmiştir:

$$\log(I) = \alpha + b \log(P) + c \log(A) + d \log(A^2) + f(\log T) + e \quad (3.4)$$

(3.4) no'lu denklemde diğer değişkenler sabit tutulduğunda $\log A$ 'nın herhangi bir değeri için Çevresel etki üzerinde refah esnekliği (EE_{IA}), regresyon denkleminde $\log A$ 'ya göre kısmi türev alınarak (3.5) no'lu denklemdeki gibi hesaplanmaktadır.

$$EE_{IA} = c + 2d(\log A) \quad (3.5)$$

3.3.2. STIRPAT Modelde Teknoloji (T) Faktörü

STIRPAT modelde teknoloji (T) faktörü tek bir faktör değildir. Birçok faktörü içinde barındırmaktadır. T, STIRPAT model kullanılarak üç farklı şekilde değerlendirilmektedir. İlk olarak STIRPAT modeldeki artıkların ters logaritması olarak yorumlanmaktadır. Çünkü artıklar nüfus (P) ve refah (A) dışındaki diğer tüm faktörleri kapsamaktadır. İkinci olarak STIRPAT modele ek faktörleri dahil ederek T bu faktörlere doğrudan ayrılabilir. Eğer bu yol seçilirse, artıklar modele dahil edilen diğer faktörlerin net etkisi olan T'yi temsil etmektedir. Modelde ek faktörlerin kullanılması nedensel yapıları değerlendirmek ve teori geliştirmek için oldukça önemlidir. Son olarak ekolojik esneklikle beraber STIRPAT modelin doğrusal olmayan tanımı, P ve T, A ve T arasındaki ilişki hakkında kesin bir çıkarım yapmaya olanak sağlamaktadır. STIRPAT modelde P ve A'nın ekolojik esneklik katsayıları hassaslığı sağlamaktadır. Bu üç yaklaşım diğerlerini reddettiği için, analizler T'nin farklı açılardan yorumlanmasını sağlamaktadır.

3.3.3. STIRPAT Modele Eklenecek Faktörler

Ek faktörler modelin çarpımsal tanımına kavramsal olarak uygun olduğu takdirde temel STIRPAT modele eklenmektedir. Bu çevresel etkiye sebep olacak sosyal ve politik değişkenlerin çoğu için sorun oluşturabilmektedir. Çünkü bu değişkenleri çoğu nominal ve ordinal ölçümleri temsil etmektedir ve çarpımsal modeller için kavramsallaştırılamazlar. Örneğin; onaylanmış çevresel antlaşmalar, çevreciliği ifade etmek için yaygın olarak kullanılan göstergedir. Bir millet tarafından onaylanmamış antlaşmaların sayısı oran ölçeği ile ölçülmüş değişken olmasına rağmen, onaylanmış antlaşmaların, çevresel etki ile çarpımsal ilişkiye sahip olduğunu varsaymak mantıklı değildir. Bu gibi durumlarda (0-1) şeklinde kodlanmış kukla değişkenler

kullanılabilmektedir. Çünkü bu bağımsız değişkenlerin metrik olması ve faktörler arasındaki ilişkinin fonksiyonel olması gibi katı varsayımlar gerektirmemektedir.

Kukla değişkenlerin katsayıları esneklik katsayısı olarak yorumlanamamaktadır. Fakat yorumlanmaları oldukça basittir. Kukla değişkenin kodu 0 iken görelî yorum sağlarken, kukla değişkenin kodu 1 ise kukla değişken modelde bir çarpan olmaktadır. Örneğin, katsayının ters logaritması 1.73'e eşitse, değişkenin kodunun 1 olması, sıfır olmasından %73 daha yüksek çevresel etkiye sahiptir.





DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

LİTERATÜR TARAMASI

4.1. LİTERATÜR TARAMASI

Tezin bu bölümünde öncelikle enerji alanında tahmin tekniği olarak kullanılan yapay sinir ağları ile yapılan çalışmalar daha sonrada STIRPAT modeli ile yapılan çalışmalar incelenecektir.

4.1.1. Yapay Sinir Ağları İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

Yapay sinir ağları doğrusal olmayan problemlerin çözümünde başarılı olması ve güvenilirliği oldukça yüksek sonuçlar vermesi nedeniyle diğer tahmin yöntemlerinin önüne geçmektedir. Yapay sinir ağları geliştirilmiş en iyi, en yeni tahmin yöntemlerinden biridir ve uygulama alanı oldukça geniştir (Karahan, 2011: 67). Buna rağmen Türkiye’de yapılan çalışmalar dünyaya oranla çok daha düşüktür. Uygulama alanı geniş olan yapay sinir ağları enerji alanında oldukça çok kullanılmıştır.

Sözen vd. (2004)’nin çalışmalarında yapay sinir ağları kullanılarak Türkiye’nin güneş enerjisi potansiyeli ölçülmeye çalışılmıştır. Eğitim için meteorolojik ve coğrafik veriler kullanılmıştır. Model sonucunda Türkiye’nin güneş enerjisi potansiyeli aylık haritalara bölünmüştür.

Hamzaçebi ve Kutay (2004)’in çalışmalarında uzun dönemli elektrik tüketimini tahmin etmek için yapay sinir ağları kullanılmıştır. 1970-2002 yılları arasında elektrik enerjisi tüketim modeli kurularak 2003-2010 yılları tahmin edilmiştir. Bulunan sonuçlar Box-Jenkins ve regresyon analizi sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bu sonuçlar yapay sinir ağlarının tahmin gücünün daha yüksek olduğunu göstermiştir.

Sözen vd. (2005)’nin çalışmalarında Türkiye’nin elektrik tüketimi ekonomik göstergeler kullanılarak yapay sinir ağları ile modellenmiştir. 28 yıllık veriler kullanılarak eğitim gerçekleştirilmiştir. Eğitimde iki model kullanılmıştır. Bu modeller karşılaştırılarak gerçekçi tahmin sonuçları elde edilmiştir.

Pao (2006)’nın çalışmasında 1990-2002 yıllarında aylık veriler kullanılarak Tayvan’da elektrik enerjisi tüketiminde ekonomik faktörlerin etkisini incelemek ve tahmin modeli oluşturabilmek için yapay sinir ağları ve istatistiksel modeller kullanılmıştır. Bulgular yapay sinir ağlarının daha iyi sonuç verdiğini göstermiştir. Bu çalışma Tayvan’da elektrik tüketimi etkileyen faktörlerin belirlenmesi için yol gösterici bir çalışma olmuştur.

Ermiş vd (2007)'nin çalışmalarında yapay sinir ağları kullanılarak dünyanın 1965-2004 yılları arasında yeşil enerji tüketimi ölçülmüş ve 2050 yılı için tahminlerde bulunulmuştur. Çalışmada farklı enerji kaynakları için tüketim denklemleri oluşturulmuş ve bu denklemlerin sonucunda dünyada kömür rezervlerinin sınırlı ve yakın gelecekte tükeneyeceği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca çalışmada enerji tüketimi verileri ile ilgili öngöründe bulunmak için YSA yaklaşımının uygun bir yöntem olduğu belirtilmiştir.

Çınar ve Kayakutlu (2007)'nin yaptığı çalışmanın amacı, yenilenebilir enerji kaynaklarından olan hidroelektrik enerjisi üretimini yapay sinir ağları kullanarak tahmin etmektir. Modelde 6 adet girdi yapay sinir hücresi (enerji tüketimi, elektrik tüketimi, nüfus, kurulu güç oranı GSYİH ve GSMH) ve 26 adet gizli yapay sinir hücresi kullanılmıştır. Veriler [0,1] arasında normalleştirilmiştir. 35 adet verinin 25'i eğitim seti, 5'i doğrulama ve 5'i de test seti olarak seçilmiştir. Sonuç olarak yapay sinir ağları hidroelektrik enerjisi üretimini makul doğrulukta tahmin etmiştir.

Mabel ve Fernandez (2008)'in çalışmalarında Hindistan'ın Muppandal alanında bulunan rüzgar tarlalarında üretilen rüzgar enerjisini tahmin etmek için yapay sinir ağları kullanılmıştır. Bunun için Nisan 2002-Mart 2005 verilerini kullanılmıştır. Girdi değişkenleri rüzgar hızı, bağıl nem ve üretim saatleri; çıktı değişkeni ise rüzgar tarlasında üretilen rüzgar enerjisi olarak seçilmiştir. Rüzgar tarlalarında ölçülen gerçek değer ile modelin tahmin ettiği değerler karşılaştırılmış ve yapay sinir ağlarının yüksek doğrulukta sonuçlar verdiği bulunmuştur.

Kavaklıoğlu vd. (2009)'nin çalışmalarında gayri safi yurt içi hasıla, nüfus, ithalat ve ihracat göstergeleri kullanılarak Türkiye'nin elektrik tüketimini tahmin etmek için yapay sinir ağları kullanılmıştır. 1975-2006 yıllarındaki veriler kullanılarak eğitim gerçekleştirilmiştir. Bu veriler kullanılarak elektrik tüketimi 2027 yılına kadar öngörülmüştür.

Fadare (2009)'nin çalışmasında Nijerya'nın güneş enerjisi potansiyeli tahmin edilmeye çalışılmıştır. Nijerya'da 195 ilin 1983-1993 yılları arasındaki meteorolojik ve coğrafik verileri kullanılmıştır. Yapay sinir ağlarının % 90 üzerinde doğru tahminlerde bulunduğu görülmüştür.

Kankal vd (2011)'nin çalışmalarında yapay sinir ağları ve regresyon yöntemleri ile Türkiye'nin 2008-2014 yılları arasında enerji tüketimi sosyo-ekonomik değişkenler kullanılarak tahmin edilmiştir. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve yapay sinir ağlarının daha iyi tahminler yaptığı ortaya konulmuştur.

Khatib vd.(2012) Malezya'nın güneş enerjisini tahmin etmek için yapay sinir ağlarını kullanmışlardır. Çalışmada enlem, boylam, gün sayısı ve güneş ışığı oranı girdi değişkeni, berraklık (clearness) indeksi de çıktı değişkeni olarak seçilmiştir. Önceki çalışmalarla karşılaştırıldığında yapay sinir ağlarının geleneksel yöntemlere göre daha iyi ve güvenilir sonuçlar verdiği bulunmuştur.

Quammi (2012) 1998- 2010 yılları arası Fas'ın güneş enerjisi potansiyelini yapay sinir ağları ile ölçmeye çalışmıştır. Çalışmada girdi olarak enlem, boylam, yükseklik göstergeleri kullanılmıştır. Sonuç olarak Fas'ın güneş enerjisi aylık ve yıllık haritalara ayrılmıştır. Bu çalışma politika yapıcılara ve mühendislere yeni güneş santralleri planlanmasında bir yol gösterici olmuştur.

Azadeh vd. (2013)'nin çalışmalarında yapay sinir ağları kullanılarak İran'ın çevresel ve ekonomik göstergeleri ile yenilenebilir enerji tüketiminin tahmini ve geleceğe yönelik öngörüsü yapılmıştır. Çalışmada 1996-2006 yılları 130 adet aylık veri kullanılmıştır. Karbon dioksit emisyonu, nitrojen emisyonu, karbon monoksit emisyonu, gaz fiyatları, petrol fiyatları, GSYİH ve yenilenebilir enerji tüketimin bir gecikmeli değeri olmak üzere 6 adet girdi yapay sinir hücresi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar bulanık regresyon ve diğer regresyon teknikleri ile karşılaştırılmış ve yapay sinir ağlarının diğer tekniklerden üstün olduğu ve % 99.9 doğruluk oranı ile güvenilir sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu çalışma birçok farklı özelliği ile önceki çalışmalara üstünlük sağlamaktadır.

Thiaw (2014) Senegal'da Dakar şehrinin 1995-2005 yılları arasındaki saatlik verilerini kullanarak rüzgar enerjisi potansiyelini ölçmüştür. Çalışmada yapay sinir ağları modeli 1 girdi katmanı, her biri 3 yapay sinir hücresinden oluşan 2 gizli katman ve bir çıktı katman olarak oluşturulmuş ve karşılaştırmalı analiz yapılmış. Yapay sinir ağlarının Weibull modelinden daha iyi sonuç verdiği bulunmuştur. Bu çalışma yenilenebilir enerji sistemlerinde yapay sinir ağları kullanımının önemini göstermiştir.

Doğancı vd. (2016)'nin çalışmalarında yapay sinir ağları ile Orta ve Batı Karadeniz bölümlerinde bulunan il ve ilçelerden örneklemeler alınarak rüzgâr enerjisi tahmininde bulunmuştur. Rüzgâr hızı tahmininde kullanılan girdi yapay sinir hücreleri veri ölçüm dönemi (ay), basınç, sıcaklık, nispi nem, yağış, çıktı yapay sinir hücresi ise rüzgâr hızıdır. Veriler 30 yıllık dönemi kapsayacak şekilde seçilmiştir. Bulgular sonucunda hesaplanan tahmin değerleri ile gerçek değerlerin örtüştüğü bulunmuştur.

4.1.2. STIRPAT Model İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

Fan vd.(2006)'nin çalışmalarında STIRPAT model kullanılarak 1975-2000 yılları arasında farklı gelir seviyesine ait ülkelerin karbon emisyonu üzerinde nüfus, refah ve teknoloji etkisini kısmi en küçük kareler tahmin yöntemi kullanılarak ölçülmüştür. Bulgulara göre karbon emisyonu üzerinde en yüksek etkiye ekonomik büyümenin, en düşük etkiye ise 15-64 yaş arasındaki nüfusun sebep olduğu bulunmuştur.

York (2007)'un çalışmasında STIRPAT model kullanılarak 1960-2000 yılları arasında Avrupa Birliği'ne üye on dört ülkenin ekonomik ve demografik değişkenlerinin enerji tüketimi üzerindeki etkisi ölçülmüştür. Analiz sonuçlarına göre nüfus büyüklüğü ve yaş değişkeninin enerji tüketimi üzerinde etkisi olduğu görülmüştür. York, ekonomik kalkınmanın ve kentleşmenin enerji tüketimini önemli oranda etkilediğini savunmuştur.

Lin vd. (2009) Çin'in 1978-2006 yılları arasında şehirleşme, kişi başına düşen gayri safi hasıla, nüfus, sanayileşme oranı ve enerji yoğunluğu değişkenlerinin çevre üzerindeki etkisini STIRPAT çerçevesinde sıradan en küçük kareler yöntemini kullanarak ölçmüşlerdir. Çalışmanın analiz sonuçlarına göre nüfus çevre üzerinde en büyük etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Bunu sırasıyla şehirleşme, sanayileşme kişi başına düşen gayri safi yurt içi hasıla ve enerji yoğunluğu takip etmiştir.

Salim ve Shafiei (2014a) panel veri analizi kullanarak OECD ülkelerinin 1980-2011 periyodunda şehirleşmenin yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi üzerindeki etkisini STIRPAT model çerçevesinde ölçmüşlerdir. Çalışmada bunun için iki model oluşturulmuştur. Analiz sonuçlarına göre şehirleşme, yenilenemeyen enerji tüketimi üzerinde önemli ve pozitif etkiye sahipken; yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir.

Salim ve Shafiei (2014b)'nin çalışmalarında OECD ülkelerinin karbon emisyonlarının belirleyicilerini STIRPAT modeli kullanarak açıklamaya çalışmışlardır. Çalışmada 1980-2011 yılları arasındaki veriler kullanılmıştır. Bulgulara göre yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonunu düşürdüğü, yenilenemeyen enerji tüketiminin karbon emisyonunu arttırdığı belirlenmiştir. Yazarlar çalışmada sürdürülebilirlik ve istikrarlılık için yenilenebilir enerji tüketimin artırılması gerektiğini vurgulamışlardır.

Choi vd. (2015) STIRPAT çerçevesinde kentsel sağlık ve nüfus arasındaki ilişkiyi sıradan en küçük kareler yöntemi, panel veri analizi ve çok değişkenli analiz yöntemlerini kullanarak ölçmüşlerdir. Çalışmada bağımsız değişken olarak nüfus, gelir ve nüfus yoğunluğunu, bağımlı değişken olarak da seçilen dört ana hastalıktan şehirdeki ölüm oranı seçilmiştir. Analiz için Amerika'nın 1999-2010 verileri kullanılmıştır. Bulgulara göre nüfus ile şehrin sağlık durumu arasında yüksek doğrusal ilişki bulunmuştur. Birden fazla analiz kullanarak da bulgular güçlendirilmiştir.

Shanbaz vd. (2016a)'nin çalışmalarında Malezya'da karbon emisyonu ve şehirleşme arasındaki ilişki STIRPAT model çerçevesinde zaman serisi analizleri kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada yapılan nedensellik analizine göre şehirleşme, karbon emisyonunun Granger nedenidir. Ayrıca şehirleşme ve karbon emisyonu arasındaki ilişki U şeklindedir. Yani belli bir eşik değerine kadar şehirleşme arttıkça karbon emisyonu azalırken, eşik değerinden sonra şehirleşme ile birlikte karbon emisyonu da artmaya başlar.

Shanbaz vd. (2016b) diğer yaptığı çalışmalarında Pakistan'ın enerji tüketimi ve şehirleşme arasındaki ilişki ölçmüştür. Çalışmada 1972-2011 yılları arasında çeyreklik veriler analizi için de ARDL sınır testi yaklaşımı kullanılmıştır. Sonuçlar enerji tüketimi ve şehirleşme arasında dolaylı bir nedenselliğin olduğunu göstermiştir.

Wang vd. (2016) 2000-2014 yılları arasında Çin'in çevre kalitesi ile enerji yapısının arasındaki ilişkiyi ölçmeye çalışmışlardır. Çalışmada çevre kalitesini temsil etmek için çevrenin boyutları olan hava, su ve toprağı kapsayan kirlilik indeksi kullanılmıştır. İndeks ne kadar yüksekse çevre kalitesi de o kadar kötüdür. STIRPAT model çerçevesinde kirlilik indeksi üzerinde nüfus, gelir, enerji yapısı ve enerji verimliliğinin etkisi ölçülmüştür. Sonuçlar Çin'in çevre kalitesi üzerinde enerji yapısının

oldukça önemli olduğunu göstermiştir. Hem nüfus hem de gelir kirlilik indeksini pozitif yönde etkilemiştir. Enerji verimliliğinin ise negatif bir etkisi olmuştur.

4.1.3. Yapay Sinir Ağlarının ve STIRPAT Modelin Birlikte Kullanıldığı Çalışmalar

Dünya ve Türkiye literatüründe yapay sinir ağları ve STIRPAT model ile ilgili çok sayıda çalışma olmasına rağmen ikisinin birlikte kullanıldığı herhangi bir çalışma mevcut değildir. Dolayısıyla bu çalışmanın bu açıdan literatüre katkıda bulunacağı düşünülmektedir.





BEŞİNCİ BÖLÜM

UYGULAMA

5.1. TÜRKİYE’NİN YENİLENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİ İLE SAĞLIK GÖSTERGELERİNİN STIRPAT MODEL ÇERÇEVESİNDE YAPAY SİNİR AĞLARI İLE ANALİZ EDİLMESİ

Günümüzde sağlık alanındaki göstergelere bakılarak o ülkenin gelişmişliği ölçülebilmektedir. Bir ülkenin bebek ve beş yaş altı çocuk ölüm oranı, anne ölüm hızı düşük ve doğumda yaşam beklentisi yüksekse o ülkenin gelişmişliği de yüksektir. Ülkenin harcamalarında sağlığın payının artması da bir gelişmişlik ölçütüdür. Gelişmiş ekonomiler, büyümeye devam ederken çevreye verilen zararı en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin kullanımı da bu amacın temelini oluşturmaktadır. Dolayısıyla bir ülkenin kalkınması için yenilenebilir enerji tüketimi ve sağlık oldukça önemlidir. Bu bağlamda bu iki kavramın etkileşim içinde olması beklenmektedir.

Çalışmanın bu bölümünde; STIRPAT model çerçevesinde Türkiye’nin sağlık göstergeleri ve yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki sebep-sonuç ilişkisi yapay sinir ağları kullanılarak tahmin edilmiştir. Ayrıca Türkiye ekonomisinin son yıllarda önemli bir değişkeni haline gelen yenilenebilir enerji tüketimi hakkında geleceğe yönelik tahminlerde bulunulmuştur. Yenilenebilir enerji tüketimi modelinin tahmini için MATLAB (R2013a) programı kullanılmıştır.

5.1.1. Yenilenebilir Enerji Tüketimi Tahmin Modeli İçin Kullanılan Veriler

Çalışmanın literatür kısmında da açıklandığı üzere Türkiye’de kullanılan en yaygın temel sağlık göstergeleri sağlık harcamaları, doğumda yaşam beklentisi, bebek ve çocuk ölüm oranı ve anne ölüm hızıdır. Bu nedenle çalışmada bağımsız değişken olarak doğumda yaşam beklentisi (YB), bebek ölüm oranı (BÖ), 5 yaş altı çocuk ölüm oranı (ÇÖ), sağlık harcamaları (SH), nüfus (N) ve kişi başına düşen gayri safi yurt içi hasıla (GSYİH) seçilmiştir. Bağımlı değişken ise Türkiye’nin yenilenebilir enerji tüketimidir (YE). Veriler 1975-2013 yılları arasında 38 yıllık veri olup Dünya Bankası, OECDStat ve International Energy Agency (IEA)’dan alınmıştır.

5.1.2. STIRPAT Model

Bu çalışmada yenilenebilir enerji tüketimi ve kalkınmışlık göstergesi olarak kabul edilen sağlık göstergeleri arasındaki sebep-sonuç ilişkisi araştırılmaya çalışılmıştır. York ve arkadaşlarına (2003b) göre STIRPAT modeline eklenecek faktörler, teknoloji (T) teriminin bileşenleri olarak modele girebilmektedir. Çünkü T temelde birim başına düşen ekonomik faaliyetin (üretim ve tüketim) çevreye olan etkisi olarak düşünülmesine rağmen gelir ve nüfus dışında teorik olarak uygun olan her şey T teriminin bileşeni olabilmektedir. Bu çalışmada T faktörü sağlık göstergelerinden seçilmiştir ve doğumda yaşam beklentisi, bebek ölüm oranları, çocuk ölüm oranları T'yi temsil etmektedir¹. Yenilenebilir enerji tüketimi tahmin modeli şu şekilde kurulmuştur:

$$\ln(YE) = \ln\alpha_0 + \alpha_1 \ln(N) + \alpha_2 \ln(GSYİH) + \alpha_3 \ln(SH) + \alpha_4 \ln(YB) + \alpha_5 \ln(BÖ) + \alpha_6 \ln(ÇÖ) + \ln e_1 \quad (5.1)$$

Burada N: nüfus, GSYİH: kişi başına düşen gayrsi safi yurt içi hasıla, SH: sağlık harcamaları, YB: doğumda yaşam beklentisi, BÖ: bebek ölüm oranları, ÇÖ: beş yaş altı çocuk ölüm oranlarıdır.

5.1.3. Yenilenebilir Enerji Tüketimi Tahmini İçin Yapay Sinir Ağları

Türkiye'nin yenilenebilir enerji tüketiminin YSA ile tahmini için gerekli veri düzenleme ve dönüştürme işlemleri ve ağ yapısı ile ağ mimarisinin oluşturulması bu kısımda verilmiştir.

5.1.3.1. Yenilenebilir Enerji Tüketimi Tahmin Modeli İçin Veri Düzenleme ve Dönüştürme

Yenilenebilir enerji tüketimi tahmini için kullanılan 1975-2013 yılları arasındaki 38 yıllık verinin STIRPAT modelinin doğası gereği logaritması alınmıştır. YSA'nın çalışabilmesi için gerekli olan normalleştirme işlemi logaritması alınan verilere uygulanmıştır. Normalleştirme hem girdi hem de çıktı verilerine [0,1] aralığında yapılmıştır. Normalleştirme işlemi yapılırken;

¹ T değişkeni belirlenirken STIRPAT modeli geliştiren profesörlerden biri olan Richard York'a danışılmıştır. (<http://stirpat.msu.edu/Team.htm>, Richard York, University of Oregon, rfyork@uoregon.edu)

$$x_n = \frac{x_0 - x_{min}}{x_{maks} - x_{min}} \quad (5.2)$$

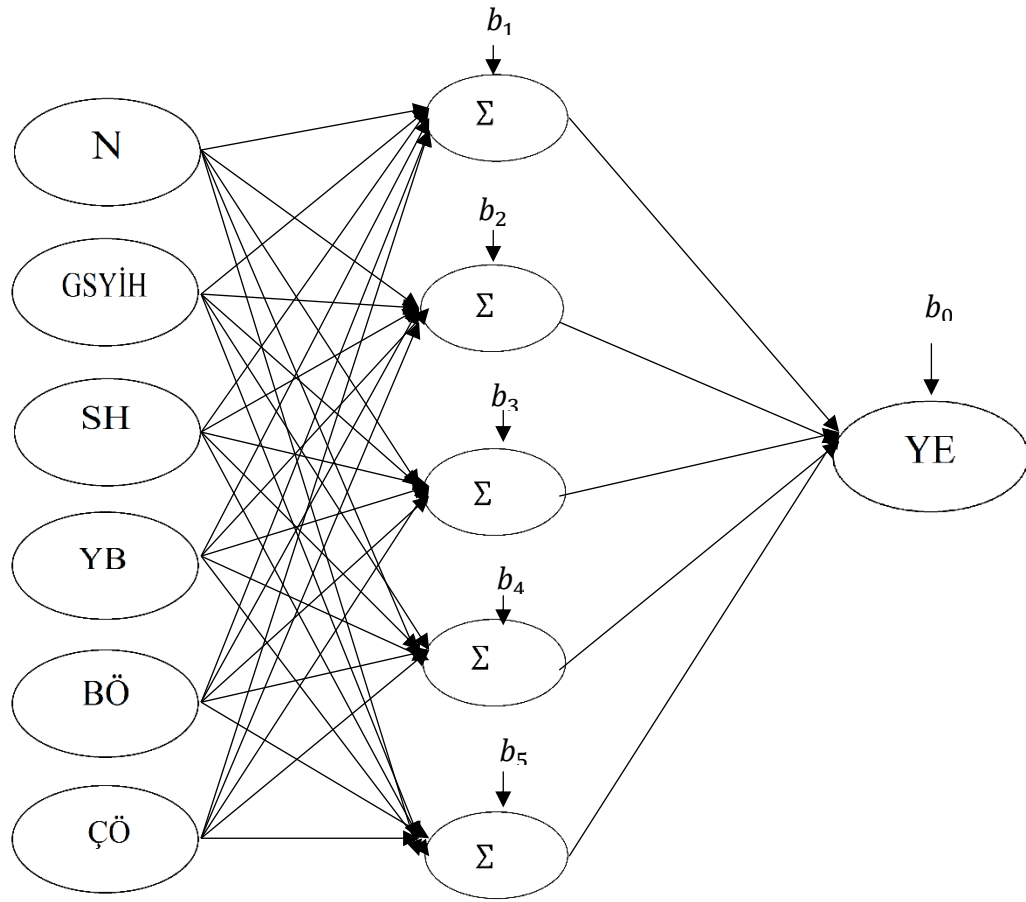
formülü kullanılmıştır. Burada x_n normalleştirilmiş veriyi, x_0 orijinal veriyi, x_{min} veri setindeki en küçük değeri, x_{maks} veri setindeki en büyük değeri ifade etmektedir.

Eğitim, doğrulama test setlerini belirlemek için yapılan birçok deneme sonucunda verilerin % 70'i eğitim, % 15'i doğrulama ve % 15'i test seti için kullanılmıştır. Bu oranlar için literatürdeki değerler göz önünde bulundurulmuş ve deneme yanılma yolu ile YSA 'nın model performansını arttıran düzenlemeler yapılmıştır (Zhang vd., 1998).

5.1.3.2. Yenilenebilir Enerji Tüketimi Tahmin Modeli İçin Yapay Sinir Ağı Yapısı

Yenilenebilir enerji tüketimi tahmin modelinin bağımsız değişkenleri; nüfus, gayri safi yurt içi hasıla, sağlık harcamaları, doğumda yaşam beklentisi, bebek ölüm oranları ve çocuk ölüm oranları, bağımlı değişkeni de yenilenebilir enerji tüketimidir. Yenilenebilir enerji tüketimi tahmin modelinde girdi değişkenlerini bağımsız değişkenler, çıktı değişkenlerini de bağımlı değişkenler oluşturmaktadır. Yenilenebilir enerji tüketimi tahmin modeli Şekil 5.1'de gösterilmiştir.

Şekil 5.1: Yenilenebilir Enerji Tüketimi Tahmin Modelinin Yapay Sinir Ağı Yapısı



Bağımsız değişken sayısı altı olduğundan girdi katmanında altı tane girdi yapay sinir hücresi ve bir tane de bağımlı değişken olduğundan çıktı katmanında bir adet çıktı yapay sinir hücresi bulunmaktadır.

5.1.3.3. Yenilenebilir Enerji Tüketimi Tahmin Modeli İçin Yapay Sinir Ağı Mimarisi

YSA için gerekli veri düzenleme ve dönüştürme işleminden sonra, veriler programa girilerek gerçek değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki farkı en aza indiren farklı yapay sinir ağı mimarileri oluşturulmuştur. Bu aşamada farklı ağ türleri, yapay sinir hücre sayıları, öğrenme algoritmaları, aktivasyon fonksiyonları denenerek çıktı olarak seçilen yenilenebilir enerji tüketimini en az hata ile tahmin eden YSA mimarisi bulunmaya çalışılmıştır.

Yenilenebilir enerji tüketimi tahmin modelinde girdi yapay sinir hücre sayısı bağımsız değişken sayısına eşit olup 6'dır. Çıktı yapay sinir hücre sayısı da bağımlı değişkene eşit olup 1'dir.

Yenilenebilir enerji tüketimi tahmin modelinin oluşturulmasını sağlayan uygun ağ mimarisi için yapılan denemeler içinde en iyi sonuçları veren denemeler Tablo 5.1'de gösterilmiştir. En uygun yapay sinir ağı mimarisinde girdi ve çıktı yapay sinir hücreleri kullanılarak ileri beslemeli geri yayılım algoritmali yapay sinir ağı kurulmuştur. Literatürdeki çalışmalara göre başarılı sonuçlar elde etmek için tek gizli katman sayısı yeterlidir (Zhang vd., 1998: 35-62). Yenilenebilir enerji tüketimi tahmin modeli için de tek gizli katman birden fazla gizli katmana göre daha başarılı sonuçlar verdiği için modelde tek gizli katman kullanılmıştır. Gizli katmandaki yapay sinir hücre sayısı ise literatürdeki yaklaşımlar göz önünde bulundurularak deneme yanılma yoluyla eğitim ve doğrulama için en iyi sonucu veren gizli yapay sinir hücre sayısı bulunmaya çalışılmıştır. Oluşturulan yenilenebilir enerji tüketimi tahmin modelinde çeşitli denemeler sonucunda gizli katman aktivasyon fonksiyonu olarak özdeşlik aktivasyon fonksiyonu (purelin) kullanılmıştır. Çıktı katmanı aktivasyon fonksiyonu olarak da özdeşlik aktivasyon fonksiyonu tercih edilmiştir. Bu tercihler yapılırken analiz sonucunda elde edilen performans kriterlerinin değerleri göz önüne alınmıştır. Öğrenme metodu için en iyi sonucu veren bayesyen düzeltmeye dayalı geri yayılım algoritması (trainbr) kullanılmıştır.

Momentum katsayısı (mc) ve öğrenme katsayısı (lr) geri yayılım algoritmasının en önemli parametreleridir. Momentum katsayısı, ağıdaki salınımını ve ağı yerel minimum noktalarına takılıp kalmasını engellemektedir. Öğrenme katsayısı ise ağırlıkların bir sonraki düzeltmede hangi oranda değiştirileceğini göstermektedir. Öğrenme katsayısı literatürdeki tecrübelerle göre 0.01 ve 0.9 arasında değişir. Çalışmada yine deneme yanılma yoluyla performans kriterlerine göre en iyi çözümü veren $mc=0,1$ ve $lr=0,9$ seçilmiştir.

YSA eğitimi sırasında hata performans fonksiyonu olarak MSE ve kurulan yenilenebilir enerji tüketimi tahmin modelinin başarısını karşılaştırma amacıyla da MAPE, RMSE performans ölçütleri kullanılmıştır.

Tablo 5.1: Uygun Ağ Yapısı İçin Yapılan Denemeler (Eğitim Seti Değerleri)

Deneme	Bölme oranı	Yapay sinir hücre sayısı	Lr	Mc	Aktivasyon fonksiyonu	Öğrenme algoritması	İterasyon sayısı	MAPE	RMSE
1	80-10-10	5	0,01	0,9	Tansig	Trainbr	5000	0,1193	0,0119
2	80-10-10	8	0,01	0,9	Logsig	Trainbr	10000	0,1891	0,0159
3	80-10-10	20	0,01	0,9	Tansig	Trainbr	5000	0,1941	0,0154
4	80-10-10	3	0,6	0,8	Purelin	Trainbr	1000	0,1906	0,0214
5	80-10-10	5	0,6	0,8	Purelin	Trainlm	1000	0,2198	0,0263
6	80-10-10	6	0,1	0,9	Purelin	Trainbr	1000	0,1904	0,0208
7	80-10-10	7	0,6	0,8	Tansig	Trainlm	1000	0,2058	0,0214
8	80-10-10	8	0,6	0,8	Logsig	Trainbr	1000	0,9408	0,0990
9	80-10-10	9	0,6	0,8	Logsig	Trainlm	1000	0,1929	0,0221
10	80-10-10	10	0,2	0,5	Purelin	Trainbr	1000	0,2860	0,0214
11	80-10-10	1	0,3	0,8	Tansig	Trainbr	1000	0,2678	0,0172
12	80-10-10	2	0,4	0,7	Tansig	Trainbr	1000	0,2147	0,0245
13	80-10-10	3	0,1	0,9	Purelin	Trainbr	2000	0,2572	0,0187
14	80-10-10	4	0,6	0,8	Tansig	Trainbr	2000	0,2450	0,0159
15	70-15-15	5	0,6	0,8	Logsig	Trainbr	2000	0,1602	0,0175
16	70-15-15	5	0,1	0,9	Purelin	Trainbr	1000	0,1788	0,0197
17	70-15-15	7	0,6	0,8	Logsig	Trainlm	2000	0,2766	0,0203
18	80-10-10	8	0,6	0,8	Tansig	Trainlm	3000	0,2603	0,0199
19	80-10-10	9	0,2	0,7	Tansig	Trainbr	2500	0,3217	0,0413
20	70-15-15	10	0,1	0,9	Tansig	Trainbr	5000	0,1880	0,0199
21	70-15-15	6	0,4	0,8	Logsig	Trainlm	5000	0,1323	0,0150
22	70-15-15	4	0,1	0,8	Logsig	Trainbr	5000	0,1777	0,0198
23	70-15-15	3	0,6	0,8	Logsig	Trainbr	1000	0,2377	0,0452
24	70-15-15	4	0,7	0,8	Purelin	Trainbr	2000	0,3298	0,0442
25	70-15-15	5	0,1	0,9	Purelin	Trainbr	5000	0,1898	0,0119
26	70-15-15	6	0,6	0,8	Logsig	Trainbr	2000	0,2103	0,0159
27	70-15-15	7	0,6	0,8	Logsig	Trainbr	1000	0,1685	0,0154
28	70-15-15	8	0,6	0,8	Logsig	Trainbr	1000	0,1478	0,0108
29	70-15-15	9	0,6	0,8	Logsig	Trainbr	1000	0,2358	0,0302
30	70-15-15	10	0,6	0,8	Logsig	Trainbr	1000	0,1688	0,0101
31	70-15-15	1	0,6	0,8	Purelin	Trainlm	1000	0,1741	0,0214
32	70-15-15	2	0,6	0,8	Purelin	Trainlm	1000	0,1232	0,0014
33	70-15-15	3	0,6	0,8	Purelin	Trainlm	2000	0,3657	0,0487
34	70-15-15	4	0,6	0,8	Purelin	Trainlm	2000	0,1925	0,0216
35	70-15-15	5	0,6	0,8	Purelin	Trainlm	2000	0,2365	0,0347
36	70-15-15	6	0,6	0,8	Purelin	Trainlm	2500	0,1796	0,0201
37	70-15-15	7	0,6	0,8	Purelin	Trainlm	3000	0,2002	0,0200
38	80-10-10	4	0,01	0,9	Tansig	Trainbr	5000	0,3524	0,0475
39	80-10-10	6	0,01	0,9	Tansig	Trainbr	5000	0,1892	0,0175
40	80-10-10	7	0,01	0,9	Logsig	Trainbr	5000	0,1902	0,0199
41	80-10-10	3	0,01	0,9	Logsig	Trainbr	5000	0,2141	0,0225
42	80-10-10	2	0,01	0,9	Purelin	Trainbr	5000	0,2268	0,0204
43	80-10-10	18	0,01	0,9	purelin	Trainlm	1000	0,2547	0,0313
44	80-10-10	12	0,01	0,9	Tansig	Trainlm	1000	0,2747	0,0315
45	80-10-10	21	0,01	0,9	Purelin	Trainlm	1000	0,1642	0,0150
46	80-10-10	9	0,01	0,9	Logsig	Trainlm	1000	0,3675	0,0494
47	70-15-15	2	0,01	0,9	Logsig	Trainlm	1000	0,3478	0,0428
48	70-15-15	3	0,01	0,9	Purelin	Trainlm	1000	0,1102	0,0100
49	70-15-15	5	0,2	0,8	Purelin	Trainlm	2000	0,0645	0,0005
50	70-15-15	9	0,3	0,9	Purelin	Trainbr	10000	0,4524	0,0587

Uygun ağ yapısı için yapılan denemeler Tablo 5.1. 'de verilmiştir. YSA modeli için en uygun ağ mimarisi şu şekilde olmalıdır:

Bölme oranı; literatürde eğitim, doğrulama ve test setlerinin belirlenmesi için az miktarda öneriler bulunmaktadır. Birçok çalışmada (% 80- % 10-% 10), (% 70- % 15-% 15), (% 60- % 20-% 20) bölme oranları kullanılmıştır. Bu oranlar eldeki veri sayısı ile yakından ilgilidir (Hamzaçebi, 2011 :76).

Gizli katmandaki yapay sinir hücre sayısı için belirli bir kural yoktur. Az sayıda gizli yapay sinir hücresi veri yapısındaki ilişkiyi öğrenmede başarısız olabilmekte, çok sayıda yapay sinir hücresi ise YSA'nın ezberlemesine sebep olmaktadır. En uygun gizli yapay sinir hücrelerini belirlemek için az sayıda yapay sinir hücresi ile başlayıp doğrulama kümesi için YSA'nın performansı bozuluncaya kadar gizli yapay sinir hücreleri arttırılabilmektedir (Es, 2013: 48)

Öğrenme katsayısı (η); yapay sinir hücrelerinin ağırlıkların değişim miktarını belirler. Tecrübeler (0-1) arasında değerlerin kullanıldığını göstermektedir. Momentum katsayısı(α); YSA'nın öğrenme performansını etkiler. Aynı şekilde momentum katsayısı için de literatürde (0-1) arasında değerler kullanılmaktadır.

Aktivasyon fonksiyonu; YSA'nın performansını etkilemesine rağmen hangi fonksiyonun kullanılacağına dair herhangi bir kural yoktur. Literatürdeki çalışmaların çoğunda sigmoid (logsig) fonksiyonu, hiperbolik tanjant (tansig) fonksiyonu ve doğrusal (purelin) fonksiyonu kullanılmaktadır (Hamzaçebi, 2011 :74). Öğrenme algoritması; deneme yanılma yolu ile belirlenir.

İterasyon sayısı; yapay sinir ağlarının eğitiminin durdurulabilmesi için önemlidir. Birkaç deneme yapıldıktan ve hata grafikleri incelendikten sonra ağın eğitilmesi için gerekli iterasyon sayısı hesaplanabilmektedir (Öztemel, 2003: 104).

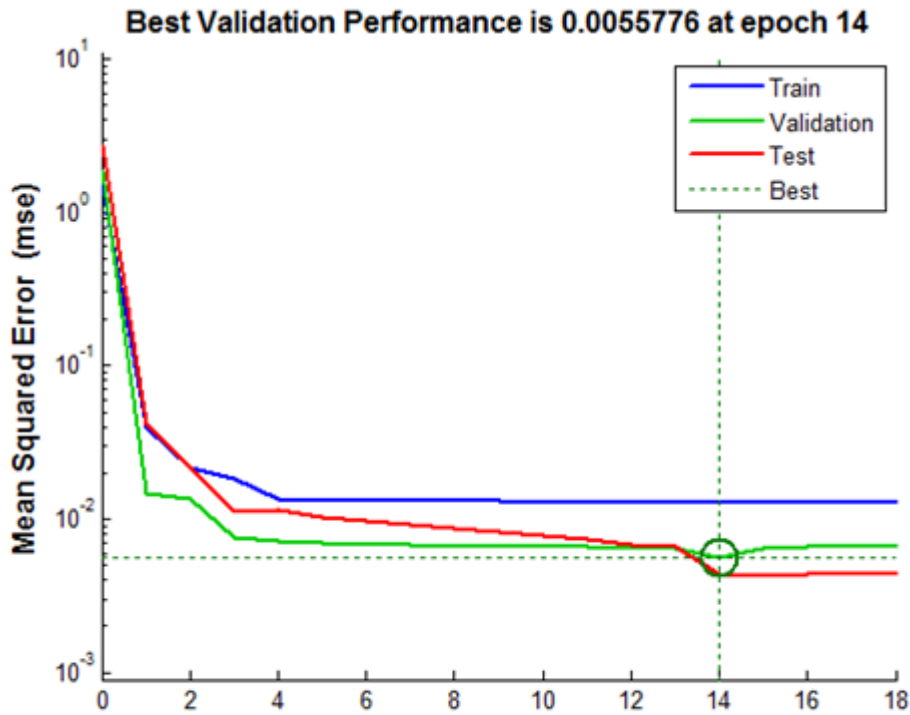
MAPE değeri; % 10'un altında olduğunda yüksek doğruluğa sahip tahminler, % 10 ile % 20 arasında "doğru tahminler", %20 ile %50 arasında kabul edilebilir tahminler ve %50'nin üzerinde olan tahminler de yanlış ve hatalı tahmin olarak nitelendirilir (Çuhadar,2006; Güngör, 2009: 106). RMSE değeri; mükemmel bir tahmin için 0 veya 0'a oldukça yakın değer olmalıdır (Çuhadar vd., 2009: 106).

Tablo 5.1’de veriler incelendiğinde en uygun ağ yapısına 16. sıradaki ağ yapısı ile ulaşılmıştır. 1-15-21-22-27-28-30-31-32-45-48-49 numaralı denemelerin değerleri 16. denemeye göre daha uygun gözükmesine rağmen bu denemelerinin eğitim setindeki performans kriterleri ile doğrulama setlerindeki performans kriterleri uyuşmadığı için bu denemelerde yapay sinir ağı öğrenmemiş ezberlemiştir.

5.2. BULGULAR

Yenilenebilir enerji tüketimi tahmin modeli 1000 iterasyonda eğitilmiş ve bu eğitim sonucunda yenilenebilir enerji tüketimini en iyi tahmin eden modele ait MSE (Ortalama Hata Kare) fonksiyonunun grafiği Şekil 5.2’de gösterilmiştir. Yenilenebilir enerji tüketimi tahmin modeli en iyi performansı 14. döngüde yakalamıştır.

Şekil 5.2: Yenilenebilir Enerji Tüketimi Tahmin Modelinin MSE Hata Fonksiyonu Grafiği



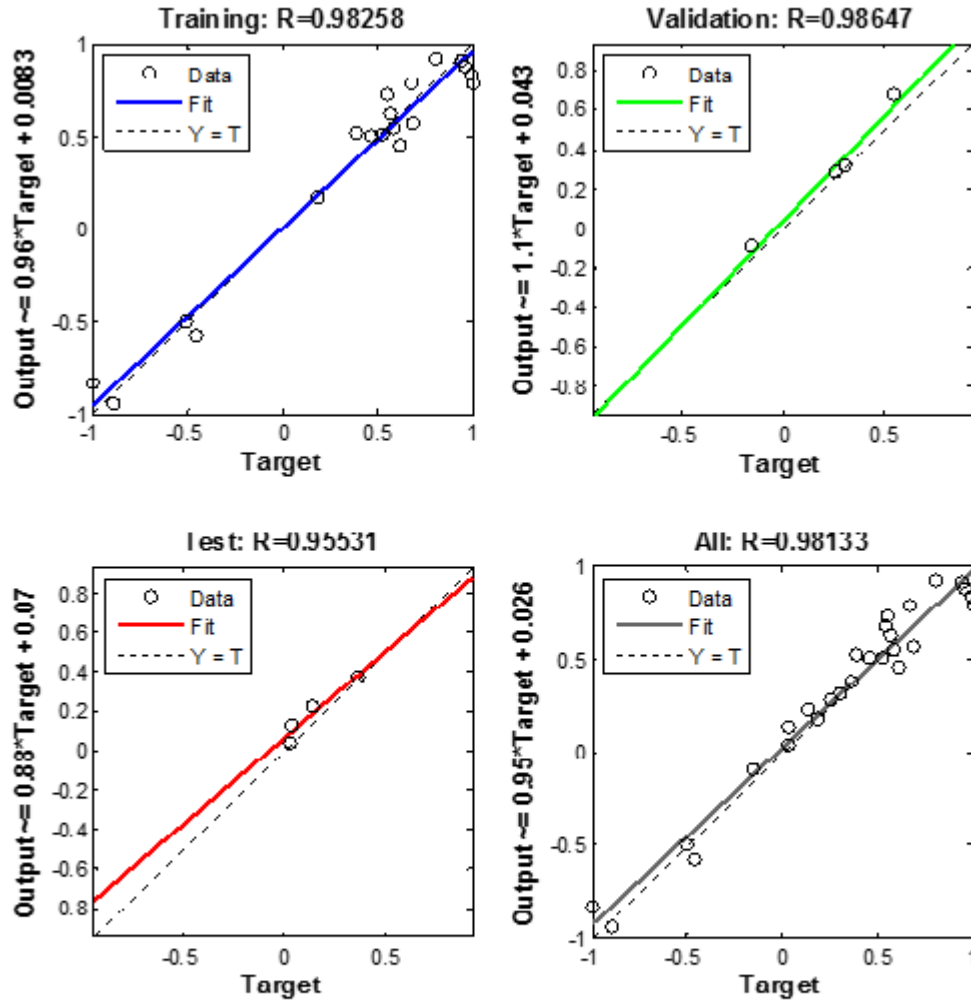
Train: Eğitim seti, Validation: Doğrulama seti, Test: Test seti, Best: En düşük MSE değeri

Şekil 5.2’de verilen grafik incelendiğinde, yenilenebilir enerji tüketimi tahmin modeli için en düşük hata değerine ($MSE=0,00055776$) 14’üncü iterasyonda ulaşıldığı görülmektedir (Best validation Performance ist 0.0055776 at epoch 14) ve yapay sinir ağı en iyi öğrenmeyi bu aşamada gerçekleştirmiştir. Eğitim sonunda, 14’üncü iterasyonda ulaşılan ağırlık değeri, program tarafından en iyi değer olarak belirlenmiştir ve bu noktada öğrenmenin tamamlandığı söylenebilmektedir.

Yenilenebilir enerji tüketimi tahmin modelinin regresyon eğrileri ise Şekil 5.3’de verilmiştir. Bu şekilde regresyon eğrileri ile gözlem noktaları arasındaki fark hata olarak adlandırılır. Regresyon eğrisine ait parametreleri öyle tahmin edilmelidir ki; gözlem noktaları eğrilerin üzerine denk gelmeli ve hata en az olmalıdır.



Şekil 5.3: Yenilenebilir Enerji Tüketimi Tahmin Modelinin Regresyon Grafiği

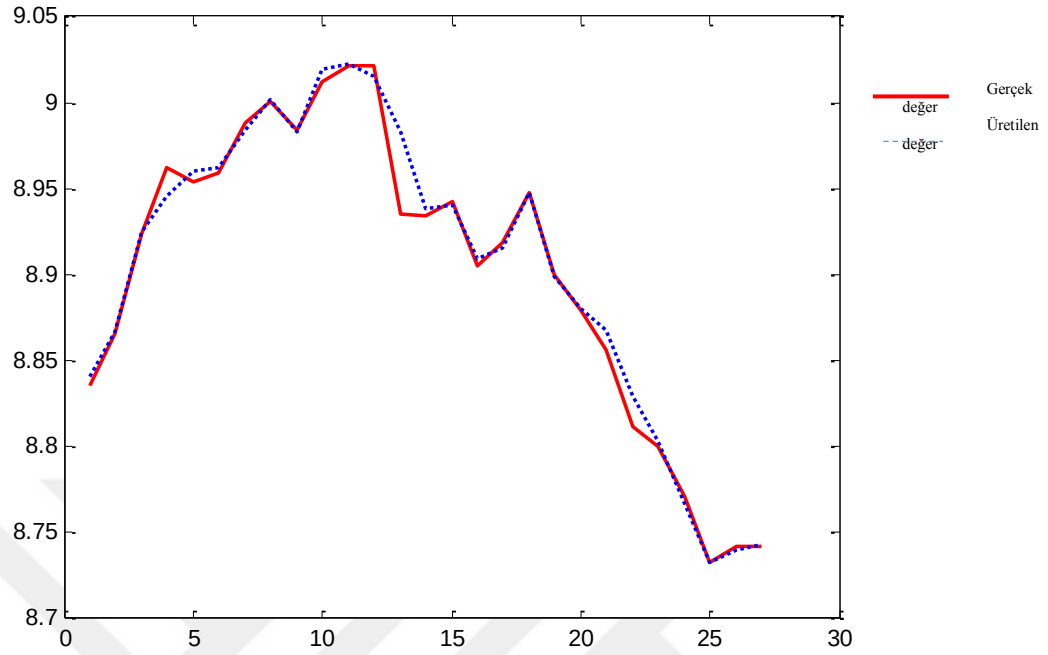


Training: Eğitim seti. **Validation:** Doğrulama seti. **Test:** Test seti. **All:** Bütün model
Target: Hedef, **Output:** Çıktı

Şekil 5.3'den görüldüğü üzere yenilenebilir enerji tüketimi tahmin modelinin eğitim, doğrulama ve test setleri oldukça yüksek regresyon değerlerine sahiptir. Bu grafikler yapay sinir ağının eğitiminin başarılı bir şekilde gerçekleştiğini ve yapay sinir ağının gerçek değerlere oldukça yakın değerler ürettiğini göstermektedir. Eğitim, doğrulama ve test setiyle kurulan yenilenebilir enerji tahmin modeli bir bütün olarak da $R^2 = 0,98133$ regresyon değeriyle oldukça başarılıdır.

Eğitim setindeki verilerin gerçek değerler ile yapay sinir ağının ürettiği değerlere ilişkin grafik aşağıdaki Şekil 5.4'te verilmiştir.

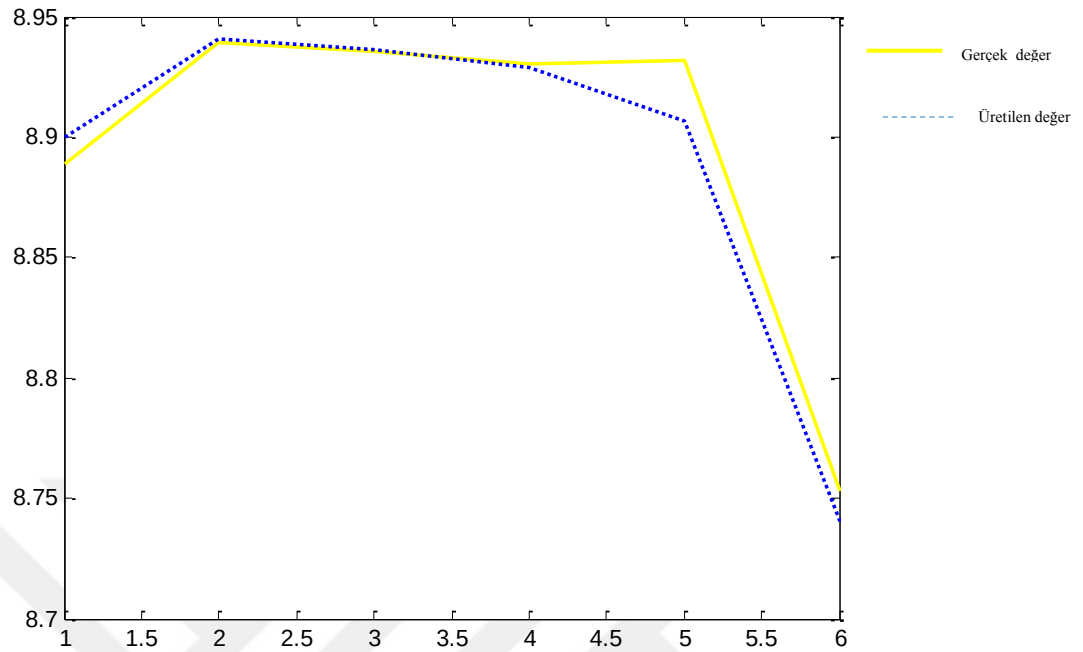
Şekil 5.4: Eğitim Setindeki Verilerin Gerçek Değerleri İle Üretilen Değerinin Grafiği



Şekil 5.4'te görüldüğü üzere eğitim setinde üretilen değerler ile gerçek değerler yüksek oranda örtüşmüştür. Bu da yapay sinir ağının yenilenebilir enerji tüketimi ile sağlık göstergeleri arasındaki ilişkiyi başarılı bir şekilde öğrendiğini göstermektedir.

Doğrulama setindeki verilerin gerçek değerler ile ağın ürettiği değerlere ilişkin grafik aşağıdaki Şekil 5.5'te verilmiştir.

Şekil 5.5. Doğrulama Setindeki Verilerin Gerçek Değerleri İle Üretilen Değerinin Grafiği



Şekil 5.5'e bakıldığında doğrulama setindeki gerçek değerler ile üretilen değerlerin örtüştüğü görülmektedir. Bu sonuç, yapay sinir ağının eğitim sırasında ezberlemediğini öğrendiğini göstermektedir.

Yenilenebilir enerji tüketimi tahmin modelinin eğitiminin başarısı için eğitim kümesinin MAPE değerinin düşük olması gerektiğini söylemek her zaman doğru sonuç vermez. Çünkü ağ öğrenme yerine ezberleme yoluna gitmiş olabilir. Bu durumdan kaçınmak için doğrulama kümesi kullanılmakta ve en iyi performansı veren modelin seçiminde eğitim sonucunda doğrulama kümesi daha çok dikkate alınmaktadır. Eğitim ve doğrulama kümelerinin MAPE değerleri Tablo 5.2'de gösterilmiştir.

Tablo 5.2: Eğitim ve Doğrulama Kümelerinin Performans Değerleri

VERİ	MAPE	RMSE	R ²
Eğitim seti	0,1788	0,0197	0,9625
Doğrulama seti	0,1819	0,0201	0,9585

Tablo 5.2’den eğitim kümesi ile elde edilen 0.1788’lik hata değeri eğitimin oldukça başarılı olduğu görülmektedir. Doğrulama kümesindeki 0.1819’luk hata payı ise ağız ezberlemeyip öğrendiğini ve hata payının azaldığını göstermektedir.

Yenilenebilir enerji tüketimi tahmin modelinin eğitimi sonucu elde edilen ağırlıkların hangi oranda doğru tahmin yaptığını görebilmek için YSA modelinin test edilmesi gerekmektedir. Tablo 5.3’te Yenilenebilir enerji tüketimi tahmin modelinin tahmin ettiği test kümesinin tahmin değerleri, gerçek değerlerle karşılaştırılmış ve MAPE, RMSE, R^2 değerleri hesaplanmıştır.

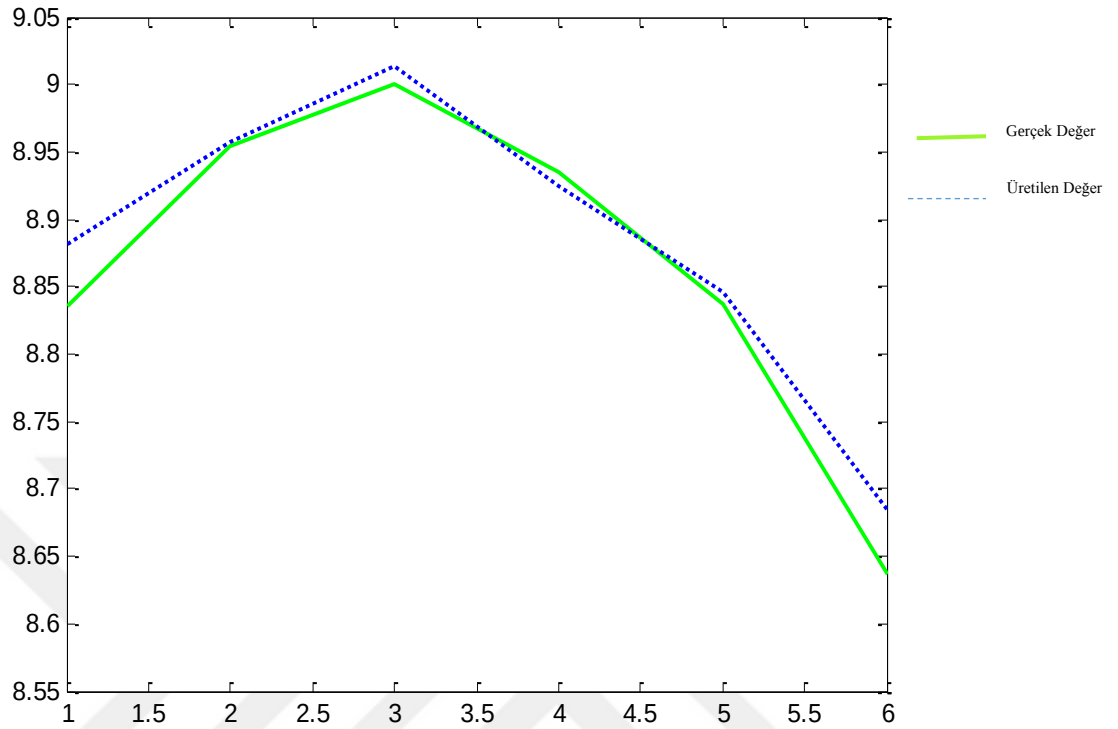
Tablo 5.3: Yenilenebilir Enerji Tüketimi Tahmin Modelinin Tahmin Ettiği Test Kümesinin Tahmin Değerleri ve Performans Ölçütleri

YILLAR	GERÇEK DEĞER	TAHMİN EDİLEN DEĞER
1978	8,9237	8,9174
1980	8,9542	8,9616
1982	8,9881	8,9951
1984	9,0004	9,0009
1990	8,9355	8,9392
2013	8,8404	8,8488

Tablo 5.3’te yer alan test kümesinde elde edilen MAPE değerleri Yenilenebilir enerji tüketimi tahmin modelinin başarılı tahminler yapabilecek düzeyde olduğunu göstermektedir. Çünkü kurulan yenilenebilir enerji tüketimi tahmin modelinde test kümesinin gerçek değerleri ile elde edilen tahmin değerleri arasındaki hata payı oldukça düşüktür.

Ağız eğitilmesinden sonra elde edilen ağırlık değerleri; eğitim, doğrulama ve test kümelerinin tahmini için kullanılmış ve elde edilen sonuçlar gerçek değerlerle karşılaştırılmalı olarak Şekil 5.6’te sunulmuştur. Yenilenebilir enerji tüketimi tahmin modelinin eğitim, doğrulama ve test kümesi için elde ettiği tahmin değerleri gerçek değerlere yakın ve oldukça başarılı sonuçlardır.

Şekil 5.6: Test Setindeki Verilerin Gerçek Değerleri İle Üretilen Değerinin Grafiği



Oluşturulan ağ yapısı ile YSA modelinin başarılı MAPE ve R^2 performans ölçütü ile test edilmiş ve başarılar tahminler ortaya koyduğu kanıtlanmıştır.

YSA eğitimi sırasında gizli katmanda girdi yapay sinir hücrelerinin net ağırlık değerleri; $x_i=i$. Yapay sinir hücresinin çıktısı, $w_{ij}=i$. ve j . yapay sinir hücrelerinin arasındaki bağlantının ağırlık değeri, n = girdi sayısı olmak üzere;

$$NET_j = \sum_{i=1}^n x_i w_{ij} + b_j, \quad b = 1, 2, \dots, k \quad (5.4)$$

şeklinde hesaplanır. Her bir gizli katman aktivasyon fonksiyonu olarak “purelin” fonksiyonunu kullanarak net girdiden aşağıdaki şekilde çıktı üretir.

$$m_j = f(NET_j) = NET_j, \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (5.5)$$

Gizli katmanların her birindeki net çıktıları çıktı katmanının eşik değeri eklenerek çıktı katmanının değeri;

$$NET_0 = \sum_{j=1}^k v_j m_j + b_0 \quad (5.6)$$

şeklinde hesaplanır. Sonuçta tahmin edilen değer ise,

$$\hat{Y} = f(NE\bar{T}_0) \quad (5.7)$$

olarak bulunur.

Yenilenebilir enerji tüketimi ve sağlık göstergeleri arasındaki ilişkinin YSA'dan elde edilen tahmin denklemleri,

$$NE\bar{T}_1 = -0,7139 + 0,300 \ln(N) - 0,4275 \ln(GSY\bar{I}H) - 0,0093 \ln(SH) - 0,8277 \ln(YB) + 1,3666 \ln(B\bar{O}) - 2,6354 \ln(\bar{C}\bar{O}) \quad (5.8)$$

$$NE\bar{T}_2 = -0,9696 + 0,1878 \ln(N) - 0,4058 \ln(GSY\bar{I}H) + 0,3855 \ln(SH) - 0,0478 \ln(YB) + 0,4885 \ln(B\bar{O}) - 0,8237 \ln(\bar{C}\bar{O}) \quad (5.9)$$

$$NE\bar{T}_3 = 0,5457 + 0,1510 \ln(N) + 0,5514 \ln(GSY\bar{I}H) - 0,0576 \ln(SH) - 1,3361 \ln(YB) + 0,8114 \ln(B\bar{O}) + 2,5336 \ln(\bar{C}\bar{O}) \quad (5.10)$$

$$NE\bar{T}_4 = 0,5676 + 0,0843 \ln(N) - 0,2452 \ln(GSY\bar{I}H) - 0,7183 \ln(SH) + 0,3397 \ln(YB) + 1,4859 \ln(B\bar{O}) + 0,0981 \ln(\bar{C}\bar{O}) \quad (5.11)$$

$$NE\bar{T}_5 = -0,1398 - 0,3152 \ln(N) - 0,3932 \ln(GSY\bar{I}H) + 0,7003 \ln(SH) + 0,3740 \ln(YB) + 1,3413 \ln(B\bar{O}) + 0,6833 \ln(\bar{C}\bar{O}) \quad (5.12)$$

şeklinde hesaplanmıştır.

Gizli katmanın çıktı değerleri ise denemeler sonucunda iyi sonucu veren özdeşlik fonksiyonları kullanılarak (5.5) no'lu denklemden aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$m_1 = -0,7139 + 0,300 \ln(N) - 0,4275 \ln(GSY\bar{I}H) - 0,0093 \ln(SH) - 0,8277 \ln(YB) + 1,3666 \ln(B\bar{O}) - 2,6354 \ln(\bar{C}\bar{O}) \quad (5.13)$$

$$m_2 = -0,9696 + 0,1878 \ln(N) - 0,4058 \ln(GSY\bar{I}H) + 0,3855 \ln(SH) - 0,0478 \ln(YB) + 0,4885 \ln(B\bar{O}) - 0,8237 \ln(\bar{C}\bar{O}) \quad (5.14)$$

$$m_3 = 0,5457 + 0,1510 \ln(N) + 0,5514 \ln(GSY\bar{I}H) - 0,0576 \ln(SH) - 1,3361 \ln(YB) + 0,8114 \ln(B\bar{O}) + 2,5336 \ln(\bar{C}\bar{O}) \quad (5.15)$$

$$m_4 = 0,5676 + 0,0843 \ln(N) - 0,2452 \ln(GSY\bar{I}H) - 0,7183 \ln(SH) + 0,3397 \ln(YB) + 1,4859 \ln(B\bar{O}) + 0,0981 \ln(\bar{C}\bar{O}) \quad (5.16)$$

$$m_5 = -0,1398 - 0,3152 \ln(N) - 0,3932 \ln(GSY\bar{I}H) + 0,7003 \ln(SH) + 0,3740 \ln(YB) + 1,3413 \ln(B\bar{O}) + 0,6833 \ln(\bar{C}\bar{O}) \quad (5.17)$$

Buradan çıktı katmanının net girdisi,

$$NET_0 = -0,4669 - 2,4613 m_1 + 0,1953 m_2 - 1,9426 m_3 - 1,2516 m_4 - 1,4839 m_5 \quad (5.18)$$

olarak hesaplanmıştır. Çıktı katmanında kullanılan aktivasyon fonksiyon doğrusal fonksiyon olduğunda çıktı katmanının değeri;

$$\hat{Y} = f(NET_0) = NET_0 \quad (5.19)$$

şeklinde dir. Yani yenilenebilir enerji tüketimi tahmin denklemi

$$\widehat{YE} = -0,4617 + 0,0317 \ln(N) + 0,1785 \ln(GSYİH) + 0,0698 \ln(SH) + 3,6134 \ln(YB) - 8,4965 \ln(BÖ) - 0,2674 \ln(ÇÖ) \quad (5.20)$$

olarak tahmin edilmiştir.

Tahmin edilen yenilenebilir enerji tüketimi tahmin modeline göre katsayılar yorumlanırsa;

- Nüfustaki % 1’lik artış yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde % 0,031’lik bir artışa sebep olmaktadır.
- GSYİH’deki % 1’lik artış yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde % 0,178’lik bir artışa sebep olmaktadır.
- Sağlık harcamalarındaki % 1’lik artış yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde % 0,069’luk bir artışa sebep olmaktadır.
- Doğumda yaşam beklentisindeki % 1’lik artış yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde % 3,613’lük bir artışa sebep olmaktadır.
- Bebek ölümlerindeki % 1’lik artış yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde % 8,496’lık bir düşüşe sebep olmaktadır.
- Çocuk ölümlerindeki % 1’lik artış yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde % 0,267’lık bir düşüşe sebep olmaktadır.

Elde edilen (5.20) no’lu denklemde doğumda yaşam beklentisinin yenilenebilir enerji tüketimini pozitif yönde etkilediği görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde yaşam beklentisinin pozitif etki etmesinin en önemli sebeplerinin doğumda yaşam beklentisinin artmasıyla ülkenin refahını arttırması ve refahı artan ülkede de yenilenebilir enerji tüketimi artışının beklenmesi olduğunu söylemek mümkündür. Aynı şekilde GSYİH ve sağlık harcamalarındaki artış ekonomik kalkınmanın bir göstergesi olduğu için

kalkınmakta olan bir ülkenin yenilenebilir enerji tüketiminde de artış beklenir. Bebek ve çocuk ölümleri ise yenilenebilir enerji tüketimini negatif yönde etkilemiştir. Bu da yenilenebilir enerji tüketiminin yüksek olduğu kalkınmış ülkelerde bebek ve çocuk ölümlerinin düşük olmasıyla örtüşmektedir.

Sonuç olarak Türkiye'nin yenilenebilir enerji tüketimi ve sağlık göstergeleri arasında dolaylı yönde bir ilişki vardır. Sağlık göstergeleri ekonomik kalkınmayı etkilediği için yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde de etkisi vardır.

5.3. YAPAY SİNİR AĞLARI İLE YENİLENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİ GELECEK DÖNEM TAHMİNİ

Zaman serisine dayalı tahminlerde bir değişkenin geçmiş döneme ait verileri ile gelecek döneme ait değerleri tahmin edilir. YSA modelinde zaman serisine dayalı tahmin yaparken; girdiler değişkenin geçmiş değerleri çıktılar ise gelecekteki tahmin değerleridir (Hamzaçebi, 2011: 96). Girdi yapay sinir hücre sayısı ise tahmin değerinin kaç adet geçmiş gözlem değeri ile ilişkilendirileceğine göre değişmektedir.

Çalışmada girdi yapay sinir hücre sayısı deneme yanılma yoluyla belirlenmiş ve en uygun yenilenebilir enerji tüketimi tahmin modelinin 3 girdi yapay sinir hücreli olduğu görülmüştür. Analiz sonucunda Türkiye'nin 2014-2020 yılları arasındaki yenilenebilir enerji tüketimi tahmin edilmiştir. Bu tahmin değerleri Tablo 5.4'de verilmiştir.

Tablo 5.4: Türkiye'nin 2014-2020 Yılları Arasındaki Yenilenebilir Enerji Tüketimi Tahmini

Yıllar	Tahmin Sonuçları
2014	7054
2015	7129
2016	7201
2017	7289
2018	7486
2019	7541
2020	7789

Tablo 5.4'te tahmin sonuçlarına göre Türkiye yenilenebilir enerji tüketimini 2020 yılına kadar artırmaktadır. Buna rağmen potansiyelinin oldukça düşük bir kısmını kullanmaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada sağlık ve enerji kavramları üzerinde durulmuş, dünyada gelişmişlik göstergesi olarak belirlenmiş sağlık göstergeleri kullanılarak sağlık ile yenilenebilir enerji arasındaki ilişki nicel tahmin yöntemlerinden olan yapay sinir ağları yöntemi ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Sağlık göstergelerinde meydana gelen değişmelerin yenilenebilir enerji tüketimi üzerine olan etkileri sorgulanmıştır. Literatürde yapay sinir ağları ile sağlık göstergeleri kullanarak yenilenebilir enerji tüketiminin tahmin edildiği herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmada 1975-2013 yıllarına ait veriler ile çıktı değişkeni olarak yenilenebilir enerji tüketimi, girdi değişkenleri olarak nüfus, gayri safi yurt içi hasıla, sağlık harcamaları, doğumda yaşam beklentisi, bebek ve çocuk ölüm oranları kullanılmıştır. Yapay sinir ağları ile yenilenebilir enerji tüketimi tahmininde en iyi sonuca ulaşabilmek için yani üretilen değerler ile gerçek değerler arasındaki farkı en aza indirmek için birçok deneme yapılmıştır. Veriler, yapay sinir ağlarının çalıştırılacağı Matlab (2013b) programına girilmeden önce STIRPAT modelin doğası gereği logaritmalari alınmış ve normalleştirme işlemi gerçekleştirildikten sonra ağ yapısı tasarlanmıştır. Birçok deneme sonucu bulunan en iyi yenilenebilir enerji tüketimi tahmin sonucunu; tek gizli katmanlı ve bu katmanda 4 yapay sinir hücresi bulunan (6-5-1), bayesyen öğrenme algoritması, özdeşlik aktivasyon fonksiyonuna sahip yapı vermiştir. En iyi performansa sahip yapı belirlendikten sonra 1975-2013 yıllarına ait veriler ile 2014-2020 yıllarına ait yenilenebilir enerji tüketimi verileri tahmin edilmiştir. Performans değerlendirme ölçütlerine bakıldığında yapay sinir ağları modelinin tahminlemede başarılı olduğu kanaatine varılmıştır.

Bu çalışmanın sonucunda doğumda yaşam beklentisi ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında pozitif yönlü bir ilişkinin olduğu belirlenirken, bebek ve çocuk ölüm oranları arasında negatif yönlü bir ilişki olduğu bulunmuştur.

Dünya genelinde gelişmişlik göstergesi olarak kabul görmüş sağlık göstergeleri olan doğumda yaşam beklenti, bebek ve çocuk ölüm oranlarında meydana gelen iyileşmelerin kalkınma üzerine önemli etkileri vardır. Doğumda yaşam beklentisi yüksek, bebek ve çocuk ölüm oranlarının düşük olduğu toplumlar diğer toplumlara göre daha sağlıklıdır. Sağlıklı bir toplumun beşeri sermayeyi kullanma süresi uzadığı için işgücü verimliliği artmakta ve bunun sonucunda ekonomik büyüme gerçekleşmektedir.

Gelişmekte olan toplumların nüfus artışı, refah seviyesinin yükselmesi, sanayileşme ve teknolojik gelişmelere paralel olarak enerjiye olan ihtiyacı da artmaktadır. Ekonomisi büyüyen toplumlar enerjide dışa bağımlılıklarını azaltarak kendi potansiyellerini kullanmaya yönelmektedir. Bunun için de yenilenebilir enerji kaynakları ülkeler için önem kazanmaktadır. Özellikle kalkınmakta olan ülkeler yenilenebilir enerji kaynakları olan hidroelektrik, rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle gibi enerji kaynaklarından başta elektrik üretimi olmak üzere çeşitli yollarla yararlanmaktadır. Bunlar sağlık göstergelerinde meydana gelen iyileşmelerin yenilenebilir enerji tüketimini dolaylı olarak pozitif yönde etkileyeceğini göstermektedir.

Doğru sağlık politikaları geliştirmek, sağlığa yatırım yapmak yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde dolaylı yönde önemli katkılar yapmaktadır. Sağlık alanında daha etkin ve verimli yatırımların gerçekleştirilmesi ülkenin beşeri sermayesini geliştirerek kalkınmayı hızlandıracak ve toplumların refah seviyesini artıracaktır. Bununla birlikte artan enerji ihtiyaçlarını temiz, sürdürülebilir ve sağlıklı olan yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılayacaktır. Bu da ülke için her anlamda sürdürülebilirliği sağlayacaktır.

Türkiye sağlık konusunda güçlü yönleri sahip olmasına rağmen birçok gelişmiş ülkenin gerisinde kalmaktadır. Bu yüzden uyguladığı sağlık politikaları ile bu alanda kendini geliştirmelidir. Bu kapsamda da Sağlık Bakanlığı 2013- 2017 Stratejik Plan'ı yayınlamıştır. Bu plana göre Türkiye sağlık konusunda ilerleme kaydetmiş olsa da birçok konuda (Bebek ölümleri, çocuk ölümler vs.) yetersizdir.

Dünyada kalkınmış ve kalkınmakta olan ülkeler, ilerlemenin ve gelişmişliğin temelini sağlıklı nesillerin oluşturduğunun farkında olduğu için sağlıklı yaşamın gerektirdiği koşulları oluşturmaları gerekmektedir. Kalkınmakta olan Türkiye de sağlıklı bir toplum oluşturmak ve kalkınmasının devamlılığını sağlamak adına sağlık göstergelerini iyileştirici politikalar benimsenmelidir.

Türkiye doğumda beklenen yaşam süresi göstergesi açısından kalkınmış ülkeler düzeyindedir. Fakat bebek ve çocuk ölüm oranlarına göre çoğu gelişmiş ülkenin gerisinde kalmaktadır. Türkiye'nin GSYİH sağlık harcamalarının payı birçok ülkeye göre iyi olmasına rağmen WHO'nun belirlediği oranların altında kalmaktadır.

Türkiye sağlık konusunda ilerleme kaydettikçe ekonomisi de olumlu yönde etkilenmekte ve büyümektedir. Türkiye'nin ekonomisi büyüdükçe enerjiye olan ihtiyacı artmaktadır. Bununla beraber Türkiye enerjide yüksek oranda dışa bağımlı bir ülkedir. Bu sebeple Türkiye için enerji, büyümenin önünde önemli bir engel olarak durmaktadır. Türkiye petrol ve doğalgaz bakımından enerji ithal eden bir ülke konumunda olduğu için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmelidir. Ayrıca enerji üretiminde yenilenebilir enerjinin payını da yükseltmelidir. Son yıllarda yenilenebilir enerji tüketiminde yükseliş olmasına rağmen potansiyelini yeteri kadar kullanmamaktadır.

Türkiye yenilenebilir enerji potansiyelini gerektiği gibi kullanabilmek için önemli adımlar atmaktadır. Bunlardan biri de 2014-2018 yılları arasında uygulanacak olan onuncu yıl kalkınma planıdır. Bu planda yenilenebilir enerji üretiminin artırılması, desteklenmesi ve teşvik edilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Bu doğrultuda 2018 yılı itibariyle Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimi payını % 29'a yükseltmesi hedeflenmiştir

KAYNAKÇA

- AAMODT, Rune, (2010), “Using Artificial Neural Networks to Forecast Financial Time Series”, Yüksek Lisans Tezi, **Norveç Bilim ve Teknoloji Üniversitesi**, Norveç.
- ANDERSON, Dave and George, MCNEILL, (1992), “Artificial Neural Networks Technology”, **Kaman Sciences Corporation**, 258(6), ss.1-83
- ARBİB, Michael A., (2003), **The Handbook of Brain Theory And Neural Networks**, Second Edition, Massachusetts Institute of Technology, USA.
- ATASEVEN, Burçin, (2013). Yapay sinir ağları ile öngörü modellemesi, **Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**,13(1),ss.101-115.
- ATILGAN, İbrahim, (2000), “Türkiye’nin Enerji Potansiyeline Bakış”, **Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**, 15(1), ss.31-47
- ATUN, Rıfat A., and Susan, FITZPATRICK, (2005), “Advancing Economic Growth: Investing in Health”, **A Summary of the Issues Discussed at a Chatham House Conference**, Held On 22–23 June.
- AYHAN, Mustafa, (2007), “Yenilenebilir Enerji Kaynakları”, **Termodinamik Dergisi**, Sayı: 176.
- AZADEH, A., BABAZADEH, R., & ASADZADEH, S. M. (2013). Optimum estimation and forecasting of renewable energy consumption by artificial neural networks. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 27, ss.605-612.
- BAİLEY, David and Donna, THOMPSON, (1990), “How to develop Neural-Network Applications”, **AI Expert**, 5(6), ss.38-47.
- BARGHASH, Mahmoud A. and Nader S., SANTARİSİ, (2004), “Pattern Recognition of Control Charts Using Artificial Neural Networks – Analysing The Effect of The Training Parameters”, **Journal of Intelligent Manufacturing**, 15, ss.635-644.
- BAŞ, Nuray, (2006), “Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı ve Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, **Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul.

- BAYIR, Fırat, (2006), “Yapay Sinir Ağları ve Tahmin Modellemesi Üzerine Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**, İstanbul.
- BAYRAMOĞLU, Mehmet Fatih, (2007), **Finansal Endekslerin Öngörüsünde Yapay Sinir Ağı Modellerinin Kullanılması: İMKB Ulusal 100 Endeksinin Gün İçi En Yüksek ve En Düşük Değerlerinin Öngörüsü Üzerine Bir Uygulama**, İktisadi Araştırmalar Vakfı, İstanbul.
- BİÇEN, C., (2006), “Box Jenkins Zaman Serisi Analiz Yöntemi İle İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları Tahminlerinin Karşılaştırılması”, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, **Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü**. Ankara.
- BİRİNCİ, Avni, (1998) "Nüfus Artışının Ekonomiye Yaptığı Etkiler Açısından Değerlendirilmesi Ve Türkiye'deki Yansımaları." **Journal of the Faculty of Agriculture** 29.1.
- BOSERUP, Ester (1965). The condition of agricultural growth. **The Economics of Agrarian Change under Population Pressure**.
- CAPLAN, Robert D., and R. Van HARRISON, (1993), “Person-Environment Fit Theory: Some History, Recent Developments, and Future Directions”, **Journal of Social Issues**, 49(4), ss.253-275.
- CATTON, William R., (1987), “The World’s Most Polymorphic Species”, **Bioscience**, 37(6), ss.413-419.
- CHENG, Bing and D. Michael TITTERINGTON, D. M., (1994), “Neural Networks: A Review From a Statistical Perspective”, **Statistical Science**, ss.2-30.
- CHOİ, Sungsup Brian, Yong Joo, LEE and Yu Sang CHANG, (2015). “An Empirical Fact of Urban Health Advantage vs. Urban Health Penalty-Scaling Analysis of Death Count in 4 Major Disease Categories”, **Urban Health Penalty-Scaling Analysis of Death Count in**, 4.
- COMMONER, Barry, (1971), “The Closing Circle”, **Alfred A. Knopf. Cons, JD, & Hayes**, New York: 8, ss.341-351.

- COMMONER, Barry, (1992), “The Failure of the Environmental Effort”, **Current History**, 91(564), 176.
- ÇAPİK, Mehmet, Ali Osman, YILMAZ and İbrahim, ÇAVUŞOĞLU, (2012), “Present Situation and Potential Role of Renewable Energy in Turkey”, **Renewable Energy**, 46, ss.1-13.
- ÇELİK, Burak, (2008), “Yapay Sinir Ağları Metodolojisi İle Zaman Serisi Analizi: Teori ve Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, **Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü**, İstanbul.
- ÇELİK, Yusuf, (2006), “Sürdürülebilir Kalkınma Kavramı ve Sağlık”, **Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi**, 9(1).
- ÇENGEL, A. Yunus, (2001), “Dünyada Ve Türkiyede Jeotermal, Rüzgar Ve Diğer Yenilenebilir Enerjilerin Kullanımı”, **Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi**, Kayseri, ss. 1-12.
- ÇINAR, Didem, and Gülgün KAYAKUTLU, (2007). Forecasting Production of Renewable Energy Using Cognitive Mapping. **In 19th International conference on production research, Valparaiso, Chile.**
- ÇUHADAR, Murat, (2006), “Turizm Sektöründe Talep Tahmini İçin Yapay Sinir Ağları Kullanımı ve Diğer Yöntemlerle Karşılaştırmalı Analizi (Antalya İlinin Dış Turizminde Uygulama)”, Doktora Tezi, **Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü**, Isparta.
- ÇUHADAR, Murat, İbrahim GÜNGÖR ve Ali, GÖKSU, (2009), “Turizm talebinin yapay sinir ağları ile tahmini ve zaman serisi yöntemleri ile karşılaştırmalı analizi: Antalya iline yönelik bir uygulama”, **Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 14(1).
- DEMUTH, Howard, Mark, BEALE and Martin, HAGAN, (2008), **MATLAB Neural Network Toolbox TM 6.User’s Guide.**
- DİETZ, Thomas and Eugene A., ROSA, (1997), “Effects of Population and Affluence on CO2 Emissions”. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 94(1), ss.175-179.

- DIETZ, Thomas and Eugene A., ROSA, (1994), "Rethinking The Environmental Impacts of Population, Affluence and Technology", **Human Ecology Review**, 1, ss.277-300.
- DOBNÍKAR, Andrej, Nigel C, STEELE, David W., PEARSON and Rudolf F., ALBRECHT, (1999), **Artificial Neural Nets and Genetic Algorithms**, Springer-Verlag. Wien-NewYork.
- DOĞANCI, Ömer, Mustafa, ERTÜRK, Abuzer, ÖZSUNAR ve Erol ARCAKLIOĞLU, (2016), "Orta ve Batı Karadeniz Bölgesi Rüzgâr Enerjisi Tahmin Çalışması", **İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi**, 5(1).
- DUNCAN, Otis Dudley, (1964), "From Social System to Ecosystem", **Sociological Inquiry**, 31, ss.140-149.
- DUNLAP, Riley, Loren LUTZENHEİSER, and Eugene ROSA, (1994), "Understanding Environmental Problems: A Sociological Perspective", In Beat Bürgenmeier (Ed.), **Economy, Environment, and Technology**, Armonk, NY: M.E. Sharpe.
- EBERHART, Russel C. and Yuhui, SHI, (2007), "Computational Intelligence: Concepts to Implementation", **Imprint: Morgan Kaufmann, Elsevier**, ss.269-372.
- EHRHARDT-MARTÍNEZ, Karen, (1998), "Social Determinants of Deforestation in Developing Countries: A Cross-National Study", **Social Forces**, 77(2), ss.567-586.
- EHRHARDT-MARTÍNEZ, Karen, Edward M., CRENSHAW and J. Craig, JENKINS, (2002), "Deforestation and the Environmental Kuznets Curve: A Cross-National Investigation of Intervening Mechanisms", **Social Science Quarterly**, 83(1), ss.226-243.
- EHRLICH, Paul R. and Anne H., EHRLICH, (1990), **The Population Explosion**, Simon and Schuster, New York.
- EHRLICH, Paul R. and John HOLDREN, (1972). "Review of the closing circle", **Environment**, 14(3), 24-52.

- EHRLICH, Paul R. and John, HOLDREN, (1971), “Impact of population growth”, **American Association for the Advancement of Science**. Science, New Series, Vol. 171, No. 3977, ss. 1212-1217.
- EHRLICH, Paul, R., (1968), **The Population Bomb**, Ballantine, New York.
- ELMAS, Çetin, (2003), **Yapay Sinir Ağları**, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- ENİŞ, Ahmet, (2005), “Enerji Politikaları: Yerli, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları”, **TMMOB V. Enerji Sempozyumu**, ss.185-199.
- ERDOĞAN, Namık Kemal and Nevin, UZGÖREN, (2009), “Box-Ljung ve Nonparametrik Regresyon Yöntemlerinin Etkinliklerinin Karşılaştırılması: İMKB 100 Endeksine Yönelik Bir Uygulama”, **Ekonometri ve İstatistik e-Dergisi**, (10), 1-19.
- ERGEZER, Halit, Mehmet, DİKMEN ve Erkan, ÖZDEMİR (2003), **Yapay Sinir Ağları ve Tanıma Sistemleri**, PİVOLKA.
- ERMİS, Kemal, Aytunç, EREK and İbrahim, DİNCER, (2007), “Heat transfer analysis of phase change process in a finned-tube thermal energy storage system using artificial neural network”, **International Journal of Heat and Mass Transfer**, 50(15), 3163-3175.
- ERSOY, A. Yağmur, (2010), “Ekonomik Büyüme Bağlamında Enerji Tüketimi”, **Akademik Bakış Dergisi**, 20, ss.1-11.
- ES, Hüseyin Avni, (2013), “Yapay Sinir Ağları İle Türkiye Net Enerji Talep Tahmini”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara.
- EUROPEAN COMMISSION, (2005), **Turkey 2005 Progress Report**, Brussels, SEC (2005), 1426.
- FADARE, David Abimbola, (2009), “Modelling of solar energy potential in Nigeria using an artificial neural network model”, **Applied Energy**, 86(9), ss.1410-1422.

- FAN, Ying, Lan Cui, LIU, Gang, WU and Yi Ming, WEI, (2006), “Analyzing impact Factors of CO₂ Emissions Using The STIRPAT Model”, **Environmental Impact Assessment Review**, 26(4), ss.377-395.
- GANS, Oscar and Frank, JOST, (2005), “Decomposing the Impact of Population Growth on Environmental Deterioration”, **Lecture Series**, University of Heidelberg.
- GARCÍA-GONZALEZ, Javier and Alonso, CASTRO, (2001), “Short-term hydro scheduling with cascaded and head-dependent reservoirs based on mixed-integer linear programming”, **In Power Tech Proceedings**, IEEE Porto, Vol. 3, pp. 6-pp.
- GATELY, Edward, (1996), **Neural Networks for Financial Forecasting**, Wiley, New York.
- GROSSBERG, Stephen, (1992), **Neural Networks and Natural Intelligence**, Massachusetts Institute of Technology, USA.
- GROSSMAN, Gene and Alan, KRUEGER, (1995), “Economic Environment and the Economic Growth”, **Quarterly Journal of Economics**, 110(2), ss.353-377.
- GÜLAY, Ahmet Nuri, (2008), “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Açısından Türkiye’nin Geleceği ve Avrupa Birliği ile Karşılaştırılması”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, **Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**, İzmir.
- GÜNGÖR, Bener ve Ahmet, TORTUM, (2007), **Esnek Hesaplama Teknikleri ile Hisse Senedi Fiyat Tahminleri**, İmaj Yayınevi, Ankara.
- GÜZEL, Pınar, Dilşad, ÇOKNAZ, and Meliha A., NOORDEGRAAF, (2009), “Sürdürülebilir Kalkınmanın Çevre Boyutunda Uluslararası Olimpiyat Komitesi (Ioc) Uygulamaları ve Olimpiyat Organizasyonları Kapsamında İncelenmesi”, **Spor Bilimleri Dergisi**, 20(2), ss.24-34.
- HAGAN, Martin T., Howard B., DEMUTH and Mark H., BEALE, (1996), “Neural Network Design”, **PWS Publishing Company**, Boston.
- HAMZAÇEBİ, Coskun and Fevzi KUTAY, (2004), “Yapay Sinir Ağları ile Türkiye Elektrik Enerjisi Tüketiminin 2010 Yılına Kadar Tahmini”, **Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, 19, ss.227-233.

- HAMZAÇEBİ, Coşkun, (2011), **Yapay Sinir Ağları: Tahmin Amaçlı Kullanımı Matlab ve Neurosolutions Uygulamalı**, Ekin Yayınevi, Bursa.
- HAMZAÇEBİ, Coşkun, (2016), “Primary Energy Sources Planning Based on Demand Forecasting: The Case of Turkey”, **Journal of Energy in Southern Africa**, 27(1), ss.1-10.
- HANCOCK, Trevor, (1993), “Health, Human Development And The Community Ecosystem: Three Ecological Models”, **Health Promotion International**, 8(1), ss.41-47.
- HANCOCK, Trevor, (2009), Social Sustainability: The ‘soft infrastructure’ of a healthy community, **Retrieved March**.
- HANSLUWKA, Harald E., (1985), “Measuring the Health of Populations, Indicators and Interpretations”, **Social Science and Medicine**, Vol.20, No.12, ss.1207-1224.
- HARRİSON, Paul and Fred, PEARCE, (2000), **AAAS Atlas of Population & Environment**, Univ of California Press.
- HAYKİN, Simon, (1994), **Neural Network, A Comprehensive Foundation**, Macmillan College Publishing Company, New York.
- HAYKİN, Simon, (1999), **Neural Networks: A Comprehensive Foundation**, Prentice Hall, New Jersey, USA.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), (2013), “Renewable Energy Medium-Term Market Report 2013 Market Trends and Projections 2018”, **OECD/IEA International Energy Agency**.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), (2007), **Renewables for Heating and Cooling**, Renewable Energy Technology Deployment Publications, Paris.
- İSLAM, Saifuddin Mohammed Zahedul, (2012), “Bangladeş Sağlık Sisteminin Ekonomik Sürdürülebilirliğinin İncelenmesi ve Uluslararası Karşılaştırılması”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**, İstanbul.
- İSKENDER, Serdar, (2007), **Asrın Çözölemeyen Problemi Enerji**, Saner Basım Sanayii, Ankara.

- JANG, Jang O., (2007), “Neural Network Saturation Compensation For DC Motor Systems”, **IEEE Transactions on Industrial Electronics**, 54(3), ss.1763-1767.
- KAASTRA, Lebellin and Milton, BOYD, (1996), “Deisgning a Neural Network For Forecasting Financial and Economic Time Series”, **Neurocomputing**, 10, ss.215-236
- KANKAL, Murat, Adem, AKPINAR, Murat İhsan, KÖMÜRCÜ, and Talat Şükrü, ÖZŞAHİN, (2011). Modeling and forecasting of Turkey’s energy consumption using socio-economic and demographic variables. **Applied Energy**, 88(5), 1927-1939.
- KAPLUHAN, Erol, (2014), “Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Biyokütle Enerjisinin Dünyadaki ve Türkiye’deki Kullanım Durumu”, **Marmara Coğrafya Dergisi Sayı**, (30), ss.97-125
- KARAGÖZ, Sevda, (2015), “Türkiye’de Sağlık Hizmetleri ve Sağlık Harcamaları”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, **Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**, İstanbul.
- KAHRAMAN, Nihan, (2008). “Kısa kanallı Cmos devrelerin yapay sinir ağları ile üretim teknoloji parametrelerinden bağımsız tasarımı”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, **Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul.
- KARAHAN, Mehmet, (2011), “İstatistiksel Tahmin Yöntemleri Yapay Sinir Ağları Metodu İle Ürün Talep Tahmini Uygulaması”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, **Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**, Konya.
- KARABULUT, Kerem, (1998) Türkiye’de Sağlık Sektörü-Sağlık Harcamaları Üzerine Bir Uygulama, Yayınlanmamış Doktora Tezi, **Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**, Erzurum.
- KARAMANDERESİ, İsmail, (2001), “Jeotermal Kaynaklar ve Mineralli Sular Yasa Sorunları”, (Edit. : İsmail H. Karamenderesi, Hikmet Yavaş ve Mustafa Görgün), **Yerel Gündem 21 Birlikteliğinde Yenilenebilir Enerji Kaynakları**, Anadolu Matbaacılık, İzmir, ss. 79-80.

- KARDAN, M. R., KOOHİ-FAYEGH, R., SETAYESHİ, S. and GHİASSİ-NEJAD, M., (2004), “Fast Neutron Spectra Determination by Threshold Activation Detectors Using Neural Networks”, **Radiation Measurements**, 38(2), ss.185-191.
- KARLUK, S. Rıdvan, (2007), **Cumhuriyet’in İlanından Günümüze Türkiye Ekonomisinde Yapısal Dönüşüm**, 11. Baskı, Beta Yayınları, İstanbul.
- KAVAKLIOĞLU, Kadir, Halim, CEYLAN, Harun Kemal, ÖZTURK, and Olcay Ersel CANYURT, (2009), “Modeling and prediction of Turkey’s electricity consumption using artificial neural networks”, **Energy Conversion and Management**, 50(11), 2719-2727.
- KEYFİTZ, Nathan, (1991a), “Population and Development Within The Ecosphere: One View of the Literature”, **Population Index**, ss.5-22.
- KEYFİTZ, Nathan, (1991b), “Population Growth Can Prevent the Development That Would Slow Population Growth”, **Popline**, ss.39-77.
- KEYFİTZ, Nathan, (1993), “Are There Ecological Limits To Population?”, **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 90(15), ss.6895-6899.
- KHATİB, Tamer, Azah, MOHAMED, MAHMOUD, M., & SOPİAN, K. (2012). Estimating global solar energy using multilayer perception artificial neural network. **International journal of energy**, (1).
- KİCKBUSCH, Ilona, (2010), **The Food System: A Prism of Present and Future Challenges For Health Promotion And Sustainable Development**.
- KJERGARD, Bente, Birgit, LAND and Kirsten Bransholm PEDERSEN, (2013), “Health and Sustainability”, **Health Promotion International**, das071.
- KALOGİROU, Soteris A. (2000). Applications of artificial neural-networks for energy systems. **Applied energy**, 67(1), 17-35.
- KÜLEKÇİ, Özlem Candan, (2009), “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Jeotermal Enerjinin Yeri ve Türkiye Açısından Önemi”, **Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi**, 1(2), ss.83-91.

- LİN, Shoufu, Dingtao, ZHAO and Dora, MARİNOVA, (2009). Analysis of the environmental impact of China based on STIRPAT model. **Environmental Impact Assessment Review**, 29(6), 341-347.
- LİPPMANN Richard P., (1987), “An Introduction to Computing With Neural Nets”, **IEEE ASSP Magazine**, 4(2), ss.4-22.
- LİTSİOS, Socrates, (1993), “Sustainable Development is Healthy Development”, **In World Health Forum**, Vol. 15, No. 2, ss. 193-195.
- LUSTİNG, Nora, (2004), “Investing in Health for Economic Development Report”, **By The Mexican Commission on Macroeconomics and Health**, 1st Edition, Mexico, ss.1-60.
- MABEL, M. Carolin, and FERNANDEZ, E. (2008), “Analysis of wind power generation and prediction using ANN: a case study”, **Renewable Energy**, 33(5), 986-992.
- MACKAY, David J.C., (2003), **Information Theory, Inference and Learning Algorithms**, Cambridge.
- MAKRİDAKİS, Spyros, Steven C., WHEELWRIGHT and Rob J., HYNDMAN, (2008). **Forecasting methods and applications**. John Wiley & Sons.
- MALTHUS, T. R., (1967), **Essay on the Principle of Population**, JM Dent
- MASTERS, Timothy, (1993), **Practical Neural Network Recipes in C++**, Morgan Kaufmann.
- MAZGİT, İsmail, (2002), “Bilgi Toplumu ve Sağlığın Artan Önemi”, **I. Ulusal Bilgi, Ekonomi ve Yönetim Kongresi**, Hereke, Kocaeli.
- MCNELİS, Paul D., (2005), **Neural Networks in Finance: Gaining Predictive Edge in the Market**, Academic Press.
- MEADOWS, Donella H., Dennis L., MEADOWS, Jorgen, RANDERS and Willlliam W., BEHRENS, (1972), **The Limits To Growth**, New York.
- MEHROTRA, Kishan, Chilukuri K., MOHAN and Sanjay, RANKA, (1997), **Elements of Artificial Neural Networks**, MIT Press.
- MYERS, Raymond H., (1986), **Classical and Modern Regression With Application**, Duxbury Press, Boston, MA.

- OEDCD/IEA/EURASTAT, (2005), **Energy Statistics Manual**, Paris.
- ONBAŞIOĞLU, Seyhan, (2005), “Neden Yenilenebilir Enerji ?”, **Termodinamik Dergisi**, Sayı: 128.
- ÖNAL, Eylem ve Rahmiye Zerrin, YARBAY, (2010), “Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli ve Geleceği”, **İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, Sayı:18-9.
- OUAMMİ, A., ZEJLİ, D., DAGDOUGUİ, H., and BENCHRİFA, R. (2012). Artificial neural network analysis of Moroccan solar potential. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 16(7), 4876-4889.
- ÖZER, Yunus Emre, (2016), “Türkiye’nin Temiz Ve Yenilenebilir Enerji Konusunda Karşılaştırmalı Analizi”, **Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 9(1).
- ÖZSOY, Ceyda Erden, (2015), “Düşük Karbon Ekonomisi Ve Türkiye’nin Karbon Ayak İzi”, **Hak İş Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi**, 4(9).
- ÖZTEMEL, Ercan, (2003), **Yapay Sinir Ağları**, Papatya Yayıncılık, İstanbul.
- ÖZTEMEL, Ercan, (2006), **Yapay Sinir Ağları**, Papatya Yayıncılık, İstanbul.
- PAO, Hisio Tien (2006). Comparing linear and nonlinear forecasts for Taiwan's electricity consumption. **Energy**, 31(12), 2129-2141.
- PAO, Hsiao Tien, Yi Yang, LI and Hsin-Chia, FU, (2014), “Clean Energy, Non-Clean Energy, and Economic Growth in the MIST countries”, **Energy Policy**, 67, ss.932-942
- RASKİN, Paul D., (1995), “Methods For Estimating The Population Contribution to Environmental Change”, **Ecological Economics**, ss.15:225-233.
- RİCHARDS, Deanna J. and Thomas N., GLADWİN, (1999), “Sustainability Metrics For the Business Enterprise”, **Environmental Quality Management**, 8(3), ss.11-21.
- RİDKER, Ronald. Gene and Elizabeth W., CECELSKİ, (1979), “Resources, Environment, and Population: The Nature of Future Limits”, **Population Bulletin**, Vol. 34, No. 3.

- RİDKER, Ronald Gene,(1972). **Population Resources and The Environment**, Popline.org.
- RİDKER, Ronald Gene, (1979), **Resource and Environmental Consequences of Population and Economic Growth**.
- RİDKER, Ronald Gene, (1992), “PopulatiOn issues”, **Resources**, Winter, (106).
- ROSA, Eugene A. and Thomas, DIETZ, (1998), “Climate Change and Society Speculation, Construction and Scientific Investigation”, **International Sociology**, 13(4), ss.421-455.
- SAĞIROĞLU Şeref, Erkan, BEŞDOK ve Mehmet, ERLER, (2003), **Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları-I, Yapay Sinir Ağları**, Ufuk Kitap Kirtasiye, Kayseri.
- SAĞLAM, Mustafa, Tanay Sıtkı, UYAR ve İstanbul, GÖZTEPE (2005), **Dalga Enerjisi ve Türkiye’nin Dalga Enerjisi Teknik Potansiyeli**, Elektrik Mühendisleri Odası.
- .SAMUELSON, Paul and William, NORDHAUS, (1992), **Economy**, M.: NGO "Algona" VNIISI,1
- SALİM, R. A., and SHAFİEİ, S. (2014a). “Urbanization and renewable and non-renewable energy consumption in OECD countries: An empirical analysis” **Economic Modelling**, 38, ss.581-591.
- SHAFİEİ, S., and SALİM, R. A. (2014b), “Non-renewable and renewable energy consumption and CO 2 emissions in OECD countries: a comparative analysis” **Energy Policy**, 66, ss.547-556.
- SARLE, Warren S., (1994), **Neural Networks and Statistical Models**.
- SCHULZE, Peter C. (2002), “I= PBAT”, **Ecological Economics**, 40(2), 149-150.
- SEYDİOĞULLARI, Hatice Selcen, (2013), “Sürdürülebilir Kalkınma için Yenilenebilir Enerji”, **Planning**, 23(1), ss.19-25.
- SHACHMUROVE, Yochanen and Dorota WITKOWSKA, (2001), “Dynamic Interrelation Among Major World Stock Market: A Neural Network Analysis”, **International Journal of Business**, 6(1), ss.1-22.

- SHAHBAZ, Muhammad, Nanthakumar, LOGANATHAN, Ahmed Taneem MUZAFFAR, Khalid, AHMED and Muhammad Ali, JABRAN (2016a), “How urbanization affects CO 2 emissions in Malaysia? The application of STIRPAT model”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 57, 83-93.
- SHAHBAZ, Muhammad, CHAUDHARY, A. R., and İlhan, OZTURK, (2016b). Does urbanization cause increasing energy demand in Pakistan? Empirical evidence from STIRPAT model. . **Munich Personal RePEc Archive**, 1-30
- SHAPIRO, Arnold F. and Lachmi C., JAIN, (2003), **Intelligent and Other Computational Techniques in Insurance: Theory and Applications**, World Scientific.
- SMİTH, Kate A. and Jatinder N., GUPTA, (2002), **Neural Networks in Business: Techniques and Applications**. IGI Global.
- STERN, M. P., GONZALEZ, C., MITCHELL, B. D., VİLLALPANDO, E., HAFFNER, S. M., & HAZUDA, H. P. (1992), “Genetic and environmental determinants of type II diabetes in Mexico City and San Antonio”, **Diabetes**, 41(4), 484-492.
- SÖZEN, Adnan, Erol, ARCAKLİOĞLU, E. and Mehmet, ÖZALP, (2004), “Estimation of solar potential in Turkey by artificial neural networks using meteorological and geographical data”, **Energy Conversion and Management**, 45(18), 3033-3052.
- SOZEN, Adnan, Erol ARCAKLİOĞLU and Mehmet OZKAYMAK, (2005), “Modelling of Turkey's net energy consumption using artificial neural network” **International Journal of Computer Applications in Technology**, 22(2-3), 130-136.
- ŞAHİN, Şule Önsel, (2002), “Yapay Sinir Ağları Yardımı İle Dinamik Bir Senaryo Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, **İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul.
- ŞEN, Zekâi, (2002), **Temiz Enerji ve Kaynakları**, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- ŞEN, Zekai, (2004), **Yapay Sinir Ağları İlkeleri**, Su Vakfı, İstanbul.

- TANG, Zaiyong and Paul A. FİSHWİCK, (1993), “Feedforward Neural Nets as Models For Time Series Forecasting”, **ORSA Journal on Computing**, 5(4), ss.374-385.
- TOKGÖZ, Erdinç, (1981), “Sosyal Gelişmede Sağlık”, **Türkiye 2. İktisat Kongresi Sosyal Gelişme ve İstihdam Komisyonu Tebliğleri**, DPT Yayınları, Yayın No. 1783, Ankara, ss. 499.
- TOLON, Metehan, (2007), “Tüketici Tatmininin Yapay Sinir Ağları Yöntemiyle Ölçülmesi ve Ankara’daki Perakendeci Mağazaların Müşterileri Üzerinde Bir Uygulama”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**, Ankara.
- TÜRKİYE ÇEVRE VAKFI, (2006), **Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları**, Yayın No: 175, Önder Matbaacılık, Ankara.
- TÜYLÜOĞLU, Şevket ve Mustafa, TEKİN, (2009), “Gelir Düzeyi ve Sağlık Harcamalarının Beklenen Yaşam Süresi ve Bebek Ölüm Oranı Üzerindeki Etkileri”, **Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 13(1).
- THİAW, Lamine, Gustave, SOW and Salif, FALL, (2014, April). Application of Neural Networks Technique in Renewable Energy Systems. **In Proceedings of the 2014 First International Conference on Systems Informatics, Modelling and Simulation**, IEEE Computer Society, ss. 8-13.
- UNITED NATIONS, (2005), “Department of Economic and Social Affairs”, **Increasing Global Energy Demand Market Share: Recent Trends and Perspectives**, UN Publications, New York.
- VARINCA, Kamil B. Ve M. Talha, GÖNÜLLÜ, (2006), “Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma”, **I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi**, ss.270-275
- VEELEN TURF, Leo P. J., (1995), **Analysis and Applications of Artificial Neural Networks**, Prentice Hall International (UK) Limited, United Kingdom.

- VITOUSEK, Peter M., Harold A., MOONEY, Jane, LUBCHENCO and Jerry M., MELILLO, (1997), "Human Domination of Earth's Ecosystems", **Science**, 277(5325), ss.494-499.
- WAGGONER, Paul E. and Jesse H. AUSUBEL, (2002), "A Framework For Sustainability Science: A Renovated IPAT Identity", **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 99(12), ss.7860-7865.
- WARNER, Brad and Manavendra, MISRA, (1996), "Understanding Neural Networks as Statistical Tools", **The American Statistician**, 50(4), ss.284-293.
- WEISBERG, Sanford, (1985), **Applied Linear Regression**, 2nd Edition. Wiley, NewYork.
- WIDROW, Bernard, David E., RUMELHART and Michael A., LEHR, (1994), "Neural Networks: Applications In Industry, Business And Science", **Communications of the ACM**, 37(3), ss.93-106.
- WONG, Francis S., (1991), "Time Series Forecasting Using Backpropagation Neural Networks", **Neurocomputing**, 2(4), ss.147-159.
- WORLD ENERGY COUNCIL, (2007), **2007 Survey of Energy Sources**, WEC Publications, London.
- WORLD ENERGY COUNCIL, (2012), **Survey of Energy Resources**, London: WEC.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), (2015), **Global Reference List of 100 Core Health Indicators**.
- YORK, Richard, Eugene A., ROSA and Thomas DIETZ, (2003a), "A Rift in Modernity? Assessing The Anthropogenic Sources of Global Climate Change With The STIRPAT Model", **International Journal of Sociology and Social Policy**, 23(10), ss.31-51.
- YORK, Richard, Eugene A., ROSA and Thomas DIETZ, (2003b), "Stirpat, Ipat and Impact: Analytic Tools For Unpacking The Driving Forces of Environmental Impacts. **Ecological Economics**, 46(3), ss.351-365.

YORK, Richard, Thomas, DIETZ and Eugene, ROSA, (2002), “Bridging Environmental Science With Environmental Policy: Plasticity of Population, Affluence, and Technology”, **Social Science Quarterly** 83, ss.18-34.

YURTOĞLU, Hasan, (2005), “Yapay Sinir Ağları Metodolojisi ile Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler İçin Türkiye Örneği”, **Uzmanlık Tezi**, Ekonomik Araştırmalar ve Stratejik Araştırmalar Genel Müdürlüğü.

WANG, L., ZHAO, X., & FAN, X. (2016). The Impact of Energy Consumption Structure on China’s Environmental Quality. **International Journal of Nonlinear Science**, 21(1), 54-59.

ZHANG, G. Peter, (2003), “Time Series Forecasting Using a Hybrid ARIMA and Neural Network Model”, **Neurocomputing**, 50, ss.159-175.

ZHANG, Guagiong, B.Eddy, PATUWO and Michael Y., HU, (1998), “Forecasting with Artificial Neural Networks:The State of the Art”, **International Journal of Forecasting**, 14, ss.35-62.

Elektronik Kaynaklar:

EIE-MENR, “**Electrical Power Resources Survey Administration at MENR EIE**”, (General Directorate of Electrical Power Resources Survey and Development Administration), <http://www.eie.gov.tr>, (14.03.2016).

EPDK, (2012), “**Energy Investor Handbook**”, <http://www.epdk.gov.tr>, (20.03.2016).

FUENTE, D. A., (2004), “**Artificial Neural Networks, the Tutorial**”, Universidad Politecnica de Madrid <http://www.gc.ssr.upm.es/inves/neural/ann1/anntutorial.html>, (10.02.2016).

<http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fStratejik+Plan%2fETKB+2015-2019+Stratejik+Plani.pdf>, (20.06.2016).

http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/129532/Ottawa_Charter.pdf, (03.02.2016).

<https://www.rvo.nl/sites/default/files/2015/10/Renewable%20Energy%20Turkey.pdf>, (20.06.2016).

TEBO, A., (1994), “**Artificial Neural Networks: A Developing Science**”,
[http://www.spie.org/app/publications/magazines/oerarchive/september/neural_](http://www.spie.org/app/publications/magazines/oerarchive/september/neural_net.html)
[net.html](http://www.spie.org/app/publications/magazines/oerarchive/september/neural_net.html), (15.01.2016).

Türkiye Enerji Tabii ve Kaynaklar Bakanlığı, *www.enerji.gov.tr*, (03.02.2016)

Türkiye Kalkınma Bakanlığı, *www.kalkinma.gov.tr*, (20.06.2016).



DİZİN

-A-

Aktivasyon Fonksiyonu, 22, 25, 26, 28,
31, 33, 37, 39, 63, 73, 78

-B-

Bebek Ölüm Oranı, 59

-Ç-

Çocuk Ölüm Oranı, 59
Çok Katmanlı Algılayıcılar, 21, 31, 39

-D-

Doğumda Yaşam Beklentisi, 11, 13, 59,
60, 61, 76, 78

-E-

Ekolojik Esneklik, 47, 48, 49
Enerji, V, 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14,
17, 18, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 60,
61, 63, 67, 68, 69, 71, 72, 74, 76, 77,
78, 79, 80, 96, 97

-P-

Performans Ölçütleri, 29, 64

-S-

Sağlık, viii, v, 1, 2, 10, 11, 12, 13, 14,
15, 16, 18, 56, 59, 60, 61, 70, 74, 76,
78, 79, 80
Sağlık Harcamaları, 11, 12, 59, 60, 61,
76, 78, 80
STIRPAT Model, viii, v, vi, 2, 42, 45,
46, 47, 48, 49, 52, 55, 56, 57, 59, 60,
61, 78, 90, 93

-T-

Tahmin, 1, 23, 35, 36, 38, 39, 40, 43,
45, 46, 48, 52, 53, 54, 55, 59, 60, 61,
62, 63, 64, 66, 67, 68, 69, 71, 72, 74,
75, 76, 77, 78

-Y-

Yapay Sinir Ağları, viii, v, 1, 2, 29, 31,
52, 53, 54, 55, 57, 59, 66, 78, 83, 88
Yenilenebilir Enerji, viii, v, 1, 2, 5, 6, 7,
8, 9, 10, 13, 14, 17, 18, 53, 54, 55,
56, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 67, 69, 70,
72, 75, 76, 77, 78, 79, 80
Yenilenebilir Enerji Tüketimi, viii, v, 1,
2, 17, 18, 54, 56, 59, 60, 61, 62, 63,
64, 67, 69, 70, 72, 75, 76, 77, 78, 79,
80

