



**TÜRKİYE’NİN ALT SEKTÖRLER  
BAZINDA YAPAY SİNİR AĞLARI İLE  
ELEKTRİK ENERJİSİ TÜKETİMİNİN  
2030 YILINA KADAR TAHMİNİ**

**Nadide ÇAĞLAYAN**

**Yüksek Lisans Tezi  
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı  
Endüstri Mühendisliği Bilim Dalı  
Yrd. Doç. Dr. Vecihi YİĞİT  
2016**

**Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TÜRKİYE’NİN ALT SEKTÖRLER BAZINDA YAPAY SİNİR  
AĞLARI İLE ELEKTRİK ENERJİSİ TÜKETİMİNİN 2030 YILINA  
KADAR TAHMİNİ**

**Nadide ÇAĞLAYAN**

**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
Endüstri Mühendisliği Bilim Dalı**

**ERZURUM  
2016**

**Her hakkı saklıdır**



**T.C.  
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**TEZ ONAY FORMU**

**TÜRKİYE’NİN ALT SEKTÖRLER BAZINDA YAPAY SİNİR AĞLARI İLE  
ELEKTRİK ENERJİSİ TÜKETİMİNİN 2030 YILINA KADAR TAHMİNİ**

Yrd. Doç. Dr. Vecihi YİĞİT danışmanlığında, Nadide ÇAĞLAYAN tarafından hazırlanan bu çalışma 05/01/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı - Endüstri Mühendisliği Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oybirliği/oy çokluğu (3/0.) ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Murat Demir AYDIN

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Gökay AKKAYA

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Vecihi YİĞİT

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 14/01/2016 tarih ve 03/28 ..... nolu kararı ile onaylanmıştır.

**Prof. Dr. Ertan YILDIRIM**  
Enstitü Müdürü

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### **TÜRKİYE’NİN ALT SEKTÖRLER BAZINDA YAPAY SİNİR AĞLARI İLE ELEKTRİK ENERJİSİ TÜKETİMİNİN 2030 YILINA KADAR TAHMİNİ**

Nadide ÇAĞLAYAN

Atatürk Üniversitesi  
Fen Bilimler Enstitüsü  
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı  
Endüstri Mühendisliği Bilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Vecihi YİĞİT

Enerji politikalarını belirlemede önemli araç olan tahmin çalışmaları tüm ülkelerde büyük ilgi görmektedir. Enerji stratejilerinin belirlenmesi konuyla ilgili dış politika, enerji güvenliği, kaynak planlama, enerji verimliliği başlıklarını yakından ilgilendirmektedir. Kısaca bahsedilen bu sebepler şehirler, ülkeler ve hatta küresel ölçekte talep, tüketim tahmin çalışmalarının önemini arttırmaktadır.

Bu çalışmada Türkiye’nin elektrik enerjisi tüketim tahmin çalışması yapay sinir ağıları metoduyla sektörlere göre yapılmıştır. 1970-2013 yılları verilerine göre her bir alt sektör için GSYH, nüfus, ithalat, ihracat, sektörle ilgili farklı bağımsız değişkenlerle yapılan çalışma sebep-sonuç ilişkisine dayanmaktadır. Farklı metotlarla tahmin edilen bağımsız değişkenlerle 2030 yılına kadar olabilecek sanayi, konut ve hizmetler, tarım ve ulaşım elektrik tüketim miktarları belirlenmiştir. Çalışmada farklı bilgisayar programları kullanılmıştır. YSA çalışması için MATLAB programı kullanılmıştır. Tahmin sonuçları değerlendirilerek sunulmuştur.

**2016, 77 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Yapay sinir ağıları, sektörel elektrik enerjisi tüketimi, talep tahmini, zaman serileri

## **ABSTRACT**

Master Thesis

### **THE FORECASTING OF ELECTRICITY ENERGY CONSUMPTION ON SUB-SECTORS BASES OF TURKEY BY ARTIFICIAL NEURAL NETWORK UNTIL 2030**

Nadide ÇAĞLAYAN

Atatürk University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Industrial Engineering  
Industrial Engineering Department

Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Vecihi YİĞİT

Forecasting is important tools in determining the energy policy work in all countries. Determination of energy strategies is closely connected with energy security, resource planning, energy efficiency titles. Briefly, these reasons increases the importance of demand forecasting studies for cities and countries.

Electricity energy consumption on sub-sectors (industrial-residential and services-agriculture-transport) bases of Turkey is forecasted in this study by using artificial neural network. According to the 1970- 2013 year data, the study included GDP, population, import, export and different arguments for each sub- sector is based on cause-effect relationships. With arguments that can be estimated with different methods until 2030, consumption of electricity energy were determined for industrial, residential and services, agricultural and transportation. In the study used different computer programs, MATLAB is used for ANN. Results of estimation are evaluated and presented.

**2016, 77 pages**

**Keywords:** Artifical neural network, sub-sectoral consupmption of electricity energy, demand forecasting, time series

## **TEŞEKKÜR**

Tezin bütün aşamalarında değerli fikirleriyle danışmanlık yaparak bana yol gösteren hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Vecihi YİĞİT başta olmak üzere tüm hocalarıma ve hayatımın her alanında desteklerini hissettiğim aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

**Nadide ÇAĞLAYAN**

**Ocak, 2016**



## İÇİNDEKİLER

|                                                                                                   |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| ÖZET.....                                                                                         | i         |
| ABSTRACT.....                                                                                     | ii        |
| TEŞEKKÜR.....                                                                                     | iii       |
| KISALTMALAR DİZİNİ.....                                                                           | vi        |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                                                              | vii       |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                                                           | ix        |
| <b>1. GİRİŞ.....</b>                                                                              | <b>1</b>  |
| <b>2. KAYNAK ÖZETLERİ .....</b>                                                                   | <b>5</b>  |
| 2.1. Elektrik ve Enerji Tüketimi İçin Yapılmış Tahmin Çalışmaları .....                           | 5         |
| 2.2. Elektrik ve Enerji Tüketimi İçin Yapay Sinir Ağları İle Yapılmış Tahmin<br>Çalışmaları ..... | 7         |
| <b>3. MATERYAL ve YÖNTEM.....</b>                                                                 | <b>11</b> |
| 3.1. Elektrik Enerjisi.....                                                                       | 13        |
| 3.2. Tahmin Yöntemleri .....                                                                      | 15        |
| 3.3. Nicel Talep Tahmin Yöntemleri.....                                                           | 16        |
| 3.3.1. Sebep-sonuç ilişkisine dayalı modeller .....                                               | 17        |
| 3.3.1.a. Regresyon modelleri.....                                                                 | 17        |
| 3.3.1.b. YSA modelleri.....                                                                       | 18        |
| 3.3.2. Zaman serilerine dayalı modeller .....                                                     | 19        |
| 3.3.2.a. Hareketli ortalamalar yöntemi .....                                                      | 20        |
| 3.3.2.b. Üstel düzeltme yöntemi.....                                                              | 20        |
| 3.4. Yapay Sinir Ağları.....                                                                      | 23        |
| 3.4.1. Yapay sinir ağlarının tarihçesi.....                                                       | 25        |
| 3.4.2. Yapay sinir ağlarının genel özellikleri .....                                              | 25        |
| 3.4.3. Yapay sinir ağlarının sınıflandırılması .....                                              | 26        |
| 3.4.3.a. Tiplerine göre yapay sinir ağları.....                                                   | 27        |
| 3.4.3.b. Öğrenme yöntemine göre yapay sinir ağları .....                                          | 28        |
| 3.4.3.c. Yapısına göre YSA.....                                                                   | 29        |
| 3.4.3.d. Öğrenme zamanına göre yapay sinir ağları .....                                           | 29        |

|                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.4.4. Yapay sinir ağlarının kullanım alanları .....                     | 30        |
| 3.5. Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları .....                               | 31        |
| 3.5.1. Çok katmanlı YSA temel yapısı .....                               | 32        |
| 3.5.1.a. Girdiler.....                                                   | 32        |
| 3.5.1.b. Girdi nöronu sayısı ve veri normalizasyonu.....                 | 32        |
| 3.5.1.c. Gizli nöron sayısı.....                                         | 34        |
| 3.5.1.d. Toplama fonksiyonu.....                                         | 34        |
| 3.5.1.e. Aktivasyon fonksiyonu ve çıktı .....                            | 35        |
| <b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....</b>                           | <b>39</b> |
| 4.1. Sanayi Sektöründe Elektrik Tüketimi Tahmini.....                    | 44        |
| 4.1.1. Nüfus .....                                                       | 44        |
| 4.1.2. İthalat ve ihracat .....                                          | 45        |
| 4.1.3. Sanayi katma değer verisi.....                                    | 46        |
| 4.1.4. Sanayi sektörü için YSA ağ tasarımı ve sonuçlar .....             | 47        |
| 4.2. Konut ve Hizmet Sektöründe Elektrik Tüketimi Tahmini .....          | 50        |
| 4.2.1. Gayri safi yurtiçi hasıla (GSYH).....                             | 51        |
| 4.2.2. Bina yüzölçümü.....                                               | 52        |
| 4.2.3. Yeni bina sayısı .....                                            | 52        |
| 4.2.4. Konut ve hizmetler sektörü için YSA ağ tasarımı ve sonuçlar ..... | 54        |
| 4.3. Tarım Sektöründe Elektrik Tüketimi Tahmini.....                     | 56        |
| 4.3.1. Tarımsal alan .....                                               | 57        |
| 4.3.2. Tarımsal Gelir.....                                               | 58        |
| 4.3.3. Tarım sektörü için YSA ağ tasarımı ve sonuçlar .....              | 59        |
| 4.4. Ulaşım Sektöründe Elektrik Tüketimi Tahmini .....                   | 62        |
| 4.4.1. Demiryolları elektrikli hat uzunluğu .....                        | 63        |
| 4.4.2. Karayolları uzunluğu .....                                        | 64        |
| 4.4.3. Ulaşımda elektrik tüketimi YSA tasarımı ve sonuçlar .....         | 65        |
| <b>5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....</b>                                         | <b>73</b> |
| KAYNAKÇA.....                                                            | 75        |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                                           | 78        |

## KISALTMALAR DİZİNİ

|         |                                                                   |
|---------|-------------------------------------------------------------------|
| ADALINE | Adaptif Doğrusal Eleman                                           |
| ANFIS   | Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi                        |
| ARIMA   | Otoregresif Bileşik Hareketli Ortalama                            |
| ARMA    | Otoregresif Hareketli Ortalama                                    |
| ART     | Adaptif Rezonans Teorisi                                          |
| ARMAX   | Autoregressive Moving Average With Exogenous Input                |
| ÇKA     | Çok Katmanlı Algılayıcı                                           |
| DEKTMK  | Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi                          |
| ETKB    | Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı                               |
| GAETM   | Genetik Algoritma ile Geliştirilmiş elektrik Tahmin Modeli        |
| GSYH    | Gayri Safi Yurtiçi Hasıla                                         |
| GWh     | Gigawattsaat                                                      |
| KGM     | Karayolları Genel Müdürlüğü                                       |
| KWh     | Kilowattsaat                                                      |
| MAED    | Enerji Talebi Analiz Modeli (Model for Analysis of Energy Demand) |
| MAPE    | Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi(Mean Absolute Percentage Error)      |
| MSE     | Ortalama Hataların Karesi(Mean Square Error)                      |
| SSE     | Toplam Hata Kareleri(Sum Square Error)                            |
| TÜİK    | Türkiye İstatistik Kurumu                                         |
| TWh     | Terawattsaat                                                      |
| YSA     | Yapay Sinir Ağları                                                |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.1. Dünyada 1949-2013 kaynaklarına göre birincil enerji tüketimi.....                                               | 12 |
| Şekil 3.2. Dünyada 1949-2013 birincil enerji kaynakları genel bakış.....                                                   | 12 |
| Şekil 3.3. Yıllara göre Türkiye elektrik enerjisi üretimi grafiği .....                                                    | 14 |
| Şekil 3.4. Türkiye elektrik tüketiminin yıllara göre yüzde değişimi .....                                                  | 15 |
| Şekil 3.5. Zaman serisi bileşenlerinin gösterimi.....                                                                      | 19 |
| Şekil 3.6. Biyolojik sinir hücresinin yapısı.....                                                                          | 23 |
| Şekil 3.7. Yapay sinir ağlarının genel yapısı .....                                                                        | 24 |
| Şekil 3.8. Yapay sinir ağlarının sınıflandırılması .....                                                                   | 27 |
| Şekil 3.9. İleri beslemeli yapay sinir ağı.....                                                                            | 28 |
| Şekil 3.10. Geri beslemeli yapay sinir ağı .....                                                                           | 28 |
| Şekil 3.11. Kullanım amaçlarına göre YSA modelleri .....                                                                   | 31 |
| Şekil 3.12. Sigmoid aktivasyon fonksiyonu değişim grafiği .....                                                            | 36 |
| Şekil 3.13. Hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu değişim grafiği .....                                                 | 36 |
| Şekil 3.14. Doğrusal aktivasyon fonksiyonu değişim grafiği .....                                                           | 37 |
| Şekil 3.15. Çok katmanlı yapay sinir ağı modeli .....                                                                      | 38 |
| Şekil 4.1. Elektrik enerjisi tüketiminin sektörlere göre dağılımı .....                                                    | 39 |
| Şekil 4.2. Yıllara ve sektörlere göre elektrik enerjisi tüketim miktarları grafiği .....                                   | 44 |
| Şekil 4.3. Sanayi sektörü için elektrik tüketimi ağ tasarımı .....                                                         | 48 |
| Şekil 4.4. Sanayi sektörü için YSA performans grafiği.....                                                                 | 48 |
| Şekil 4.5. Sanayi sektörü YSA regresyon grafiği .....                                                                      | 49 |
| Şekil 4.6. Sanayi sektörü 1970-2030 yılları için gerçek ve tahmini elektrik tüketim<br>değerleri grafiği .....             | 50 |
| Şekil 4.7. Konut ve hizmetler sektörü için elektrik tüketimi ağ tasarımı .....                                             | 54 |
| Şekil 4.8. Konut ve hizmetler sektörü için YSA performans grafiği.....                                                     | 54 |
| Şekil 4.9. Konut ve hizmetler YSA regresyon grafiği.....                                                                   | 55 |
| Şekil 4.10. Konut ve hizmetler sektörü 1970-2030 yılları için gerçek ve tahmini<br>elektrik tüketim değerleri grafiği..... | 56 |
| Şekil 4.11. Tarımda elektrik tüketimi ağ tasarımı.....                                                                     | 59 |
| Şekil 4.12. Tarım sektörü için YSA performans grafiği.....                                                                 | 60 |

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 4.13.</b> Tarım sektörü için YSA regresyon grafiği .....                                                  | 60 |
| <b>Şekil 4.14.</b> Tarım sektörü 1970-2030 yılları için gerçek ve tahmini elektrik tüketim değerler.....           | 62 |
| <b>Şekil 4.15.</b> Ulaşım sektörü için elektrik tüketimi ağ tasarımı.....                                          | 65 |
| <b>Şekil 4.16.</b> Ulaşım sektörü için YSA performans grafiği .....                                                | 66 |
| <b>Şekil 4.17.</b> Ulaşım sektörü YSA regresyon grafiği .....                                                      | 66 |
| <b>Şekil 4.18.</b> Ulaşım sektörü 1970-2030 yılları için gerçek ve tahmini elektrik tüketim değerleri grafiği..... | 67 |
| <b>Şekil 4.19.</b> Yıllara ve sektörlere göre elektrik tüketimi gerçek ve öngörülen değerler grafiği .....         | 69 |
| <b>Şekil 4.20.</b> Sanayi sektörü elektrik tüketimi için MAED ve YSA tahmin sonuçları grafiği .....                | 70 |
| <b>Şekil 4.21.</b> Konut ve hizmetler sektörü elektrik tüketimi için MAED ve YSA tahmin sonuçları grafiği.....     | 71 |
| <b>Şekil 4.22.</b> Tarım sektörü elektrik tüketimi için MAED ve YSA tahmin sonuçları grafiği .....                 | 71 |
| <b>Şekil 4.23.</b> Ulaşım sektörü elektrik tüketimi için MAED ve YSA tahmin sonuçları grafiği .....                | 72 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 4.1. Sektörler ve değişkenleri ile ilgili bilgiler .....                      | 40 |
| Çizelge 4.2. Sektörlere ve yıllara göre net elektrik enerjisi tüketimi .....          | 42 |
| Çizelge 4.3. TÜİK nüfus projeksiyon değerleri.....                                    | 45 |
| Çizelge 4.4. İthalat öngörü değerleri.....                                            | 46 |
| Çizelge 4.5. İhracat öngörü değerleri.....                                            | 46 |
| Çizelge 4.6. Sanayi katma değer öngörü değerleri .....                                | 47 |
| Çizelge 4.7. Eğitim ve test kümesi hata değerleri.....                                | 49 |
| Çizelge 4.8. Sanayi sektörü YSA ile yapılmış tahmin sonuçları .....                   | 49 |
| Çizelge 4.9. 2013-2030 yılları için tahmin edilen GSYH değerleri .....                | 51 |
| Çizelge 4.10. Bina yüzölçümü öngörü değerleri .....                                   | 52 |
| Çizelge 4.11. Yeni bina sayısı öngörü değerleri .....                                 | 53 |
| Çizelge 4.12. Konut ve hizmetler sektörü eğitim ve test kümesi hata değerleri.....    | 55 |
| Çizelge 4.13. Konut ve hizmetler sektörü için YSA ile yapılmış tahmin sonuçları ..... | 55 |
| Çizelge 4.14. Tarımsal alan öngörü değerleri.....                                     | 57 |
| Çizelge 4.15. Tarımsal katmadeğer öngörü değerleri.....                               | 59 |
| Çizelge 4.16. Tarım sektörü eğitim ve test kümesi hata değerleri.....                 | 61 |
| Çizelge 4.17. Tarım sektörü için YSA ile yapılmış tahmin sonuçları .....              | 61 |
| Çizelge 4.18. Demiryolu elektrikli hat uzunluğu öngörü değerleri .....                | 63 |
| Çizelge 4.19. Karayolları uzunluğu öngörü değerleri.....                              | 64 |
| Çizelge 4.20. Ulaşım sektörü eğitim ve test kümesi hata değerleri .....               | 67 |
| Çizelge 4.21. Ulaşım sektörü için YSA ile yapılmış tahmin sonuçları .....             | 67 |
| Çizelge 4.22. 2030 yılına kadar olan sektörel tahmin sonuçları .....                  | 68 |
| Çizelge 4.23. MAED, YSA* ve YSA için karşılaştırma sonuçları .....                    | 70 |

## 1. GİRİŞ

Dünyada, gelirdeki, nüfustaki ve teknolojik gelişmelerdeki artışa paralel olarak enerjiye olan talep de artmaktadır. Nüfus artışı, ülkelerin artık eskisinden daha fazla diğer ülkelerle alışveriş halinde olması, sanayileşme, kentleşme vb. enerji ihtiyacında artışı tetikleyecek birçok farklı neden sıralanabilir. Nüfus artışları ve ekonomik büyüme oranlarının genellikle daha yüksek olduğu gelişmekte olan ülkelerle, gelişmiş ülkeler enerjiye olan talepteki artış oranları karşılaştırıldığında bu oran gelişmekte olan ülkeler için daha yüksektir. Enerji talebindeki bu artış ülkemiz için ortalama olarak %5,5–6 civarlarında olsa da son dönemlerde artış bu değerlerin çok daha üstünde seyretmektedir.

Toplam enerji ihtiyacı büyük oranda dışarıya bağımlı olan Türkiye için enerji politikalarının oluşturulması büyük önem taşımaktadır. Enerji politikaları oluşturulurken öncelikle ülkenin öz kaynaklarına dikkat edilmelidir. Çağdaş medeniyet seviyesini yakalamayı misyon, sürdürülebilir gelişme ve büyüme politikalarını ise vizyon edinmiş ülkemiz, doğru kaynaklardan edinilen verilerle hareket ederek, ülkenin içinde bulunduğu şartları dikkate alarak, yerli ve yenilenebilir kaynaklara gereken önemi vererek, rekabetçi bir enerji piyasası ile teknolojik-ekonomik-sosyal-çevresel argümanları optimize eden, bir enerji stratejisi ve enerji arz-talep dengesi oluşturmak durumundadır (Güner ve Albostan 2007).

Enerji politikalarının, güvenilir, temiz, sürekli ve çevrecilik yönleri dikkate alınarak oluşturulması gerekmektedir. Enerjiyle ilgili politikaların geliştirilmesi hem ülkenin ekonomik, çevresel durumları hem de tüketiciye her açıdan kaliteli ve ekonomik hizmet sağlayabilmek içindir. Politikaların oluşturulmasında toplam enerji tüketimi başlığı altında enerji türleri ve sektörel açıdan yaklaşım, ilgilenilmesi gereken bir diğer noktadır. Hangi enerji kaynağının ne kadar tüketildiği, arz- talep durumları bu politikaların belirlenmesi için çatı oluşturmaktadır. Çalışmamızda enerji çeşitlerinden olan elektrik enerjisi üzerinde durulmuştur. Elektrik enerjisi çağımızın vazgeçilemez unsurlarındandır. Yaşamın her alanında yararlandığımız elektrik enerjisi, kullanım

kolaylığı, temiz enerji kaynağı oluşu, ulaşılabilirliği gibi sebeplerden dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır. Elektrik enerjisi günümüz ekonomilerini ve ülkelerin teknolojik gelişimleri hakkında bilgi vermektedir.

Bahsedilen politikalar öngörü çalışmaları temelini üzerinde yükselir. Bu çalışmaların yapılacak olan yatırımları büyük oranda etkilediği söylenebilir. Elektrik talebinin az veya çok tahmin edilmesi elektrik iletiminde eksikliklere ya da atıl kapasite sebebiyle israfa yol açacaktır. Bu sebeple üzerinde hassasiyetle durulan bir konudur ve şirketler Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'nun belirlemiş olduğu yönetmeliğe tabidir. Kurumun hazırlamış olduğu 'Elektrik Enerjisi Talep Tahmin Yönetmeliği' bulunmaktadır. Yönetmeliğin amacı üretim kapasiteleriyle ilgili kararlarda, iletim ve dağıtım sistemleri için gelişim raporlarının hazırlanmasına ve dağıtım şirketleri yatırım planlarının oluşturulmasına ilişkin usul ve esasları belirlemektir. Veri seti olarak; iklimsel, demografik, ekonomik, sosyal, çevresel veriler ve üzerinde çalışılan konuyla ilgili olarak modelin gerektirdiği diğer bölgesel veriler dahil edilebileceği yönetmelikte belirtilmiştir. Bu yönetmelik üretim, dağıtım kollarında faaliyet gösteren şirketleri ilgilendirmektedir. Burada vurgulanmasının amacı öneminin daha somut açıklanabilmesi içindir.

Sektörel olarak elektrik enerjisi tüketim tahmin çalışması elektrik enerjisi üretim stratejilerinde alt başlık olarak değerlendirilebilir. Elektrik fiyatlarında tüketim miktarına, tüketici sektörüne göre düzenlemeler yapılmaktadır. Bu açıdan geçmiş değerler ve gelecekte olabilecek değerlerin birlikte ele alınması kısa, orta, uzun vadeli planlamalar yapılmasını kolaylaştıracaktır. İletim, dağıtım hatlarının tasarımında dahi tahmin verilerinden yararlanılabilir.

Öngörü çalışmaları ilgili olgunun geçmiş dönem verileriyle gelecekte olabileceği durumları, alabileceği değerleri belirleyebilmek için yapılır. Bu çalışma sonuçları kesin doğru kabul edilemez ancak planlama için kullanışlı bilgiler sağlarlar. Bununla birlikte geleceği öngörmenin planlama ile karıştırılmaması gerekir. Geleceğin öngörüsü, gelecekte ne olacağını geçmişe bakarak tahmin etmektir. Planlama ise geleceğin

öngörüsünü de kullanarak uygun çözümlere ulaşmayı amaçlar (Özmucur 1990). Tahmin çalışması geçmiş verilerin seyrine göre yapılabileceği gibi farklı değişkenler kullanılarak neden sonuç ilişkisine göre de yapılabilir. Sektörel olarak yapılan elektrik tahmini olan bu çalışma her sektör için farklı değişkenlerle neden sonuç ilişkisine dayalı olarak yapılmıştır. Bunun için tüm değişkenlerin 1970-2013 yıllarına ait verilerinden yararlanılmıştır.

Elektrik tüketiminin incelendiği çalışmada sanayi, konut ve hizmetler, tarım ve ulaşım sektörlerinde tüketilen elektrik enerjisi için tüketim öngörüsünde bulunulmak istenmiştir. Türkiye elektrik tüketiminde başı çeken sanayi sektörünü, konut takip etmektedir. Sanayi sektörünün 1970 yılında %67 olan payı 2013 yılına gelindiği zaman %47 oranlarına gerilemiştir. Bu elektrik tüketimindeki azalış değil, diğer sektörlerin elektrik enerjisine olan gereksiniminin artması sebebiyledir. Konut ve hizmetlerde ise durum sanayiden farklıdır. 1970'li yıllarda tüketimdeki payı %34 civarlarında olan konut 2013 yılına gelindiğinde yaklaşık olarak %46 değerindeki dilime sahip olmuştur. İki tüketim grubunun elektrik ihtiyacının öngörülmesi, enerji alanındaki yatırımları büyük oranlarda etkileyecek ve politikaları yönlendirecektir.

Enerji tüketiminde payı büyük olan ulaşım sektörü içinse elektrik tüketiminde durum farklıdır. Enerji tüketiminde kullanılan enerji kaynağının son yıllara kadar elektrik olmamasından dolayı ulaşım sektörünün elektrik tüketimindeki payı yok denecek kadar azdır. Bununla beraber günümüzde ulaşım sektöründe elektriğin kullanılmasının yaygınlaşabilmesi için birçok teknolojik çalışma vardır. Yüksek hızlı trenlerin, elektrikli araçların hayatımıza girmesi, iklim değişikliğiyle ilgili olarak duyarlılığın artması ve elektriğin ulaşım sektöründe daha ucuz bir kaynak olması ulaşım sektöründe tahmin çalışmasının uygulanmasını gerektirmiştir.

Tarım sektörü ise bir dönem farklı sebeplerle önemini kaybetmiş olsa da devlet teşvikleriyle girişimciler tarafından tekrar tarıma gereken değer verilmeye başlanmıştır. Tarımsal alanlar kentleşme ve sanayileşmenin etkisiyle ciddi azalışa geçmiştir ancak tarım alanındaki teknolojik gelişmeler hızla ilerlemektedir. Teknolojik gelişmelerin

varlığı da elektrik tüketimini beraberinde getirmektedir. Bundan dolayı tarımda tüketilen elektriğin tahmininin ilgili politikaların geliştirilmesine yol gösterici olabileceği düşünülmektedir.

Çalışmada takip eden bölümde daha önce yapılmış olan çalışmalara yer verilmiştir. İki bölümde hazırlanmış olan literatür çalışmasında ilk olarak farklı metodolojiler kullanılarak yapılmış enerji talep tahmin çalışmalarına ikinci alt başlık olarak da yapay sinir ağlarıyla yapılmış olan enerji, elektrik ve sektörlere göre elektrik tüketim, talep tahmin çalışmalarına yer verilmiştir. Takip eden bölümde enerji ile ilgili genel bilgiler yer almaktadır. Alt başlık olarak elektrik enerjisine değinilen bölümde elektrik sağlayan kaynaklar, önemi ve tüketim miktarlarıyla ilgili açıklamalarda bulunulmuştur. Çalışmanın 4.bölümünde tahmin yöntemleri ile ilgili bilgiler verilerek başlıklar altında uygulama çalışmasında yer alan tahmin yöntemleri ağırlıklı olmak üzere açıklamalar sunulmuştur. Takip eden bölümde yapay sinir ağlarına genişçe yer verilmiştir ve uygulama çalışmasına geçilmiştir. Her sektör için bağımsız değişkenlerin tahmini, ağ tasarımı ve sonuçları kendi alt başlıklarında sunulmuştur. Son bölümü oluşturan sonuç kısmında tüm çalışmayla ve sektörlere göre yapılan tahmin sonuçlarıyla ilgili olarak değerlendirmelere yer verilmiştir. Çalışma sonucunun geçmiş tahmin çalışmalarına bakıldığında ulaşılabilecek değerlerin bulunduğu söylenebilir. Son olarak çalışmanın genişletilebilmesi için düşünceler belirtilmiştir.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Enerji ile ilgili birçok alanda farklı yöntemlerle yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalar mühendislik bilimlerinden sosyal bilimlere geniş bir yelpazeye yayılmıştır. Gerek teknolojinin gelişmesiyle gerek ülke refah seviyesiyle ilgili olarak değerlendirilen enerji kullanımı için yapılan tahmin çalışmaları da oldukça ilgi görmektedir. Enerji talep tahmini üzerinde çokça çalışma olmasının yanında bir enerji çeşidi olan elektrik enerjisini konu alan çalışmaların sayısı daha azdır. İki konunun veri yapısı ve temelde büyük bir farkları olmadığından elektrik ve enerji için yapılmış olan çalışmalar beraber incelenmiştir.

### 2.1. Elektrik ve Enerji Tüketimi İçin Yapılmış Tahmin Çalışmaları

Himanshu and Lester (2008), altı farklı ekonometrik tahmin yöntemini kullanarak Sri Lanka'nın elektrik talebini 2025 yılına kadar tahmin etmişlerdir. Bu metotlar; statik Engle ve Granger yöntemi, dinamik Engle ve Granger yöntemi, düzenlenmiş en küçük kareler yöntemi, PSS yöntemi olarak bilinen Pesaran, Smith ve Shin' in önerdiği yöntem ve Johansen yöntemidir.

Kar ve Kınık (2008) çalışmasında toplam, sanayi ve mesken elektrik tüketimini zaman serisi verileri olarak alarak ekonomik büyüme ile aralarındaki ilişkiyi incelemiştir. Bunun için Johansen eş bütünleşme ve vektör hata düzeltme yöntemlerini kullanmıştır. Johansen eş bütünleşme testi ile aralarında ilişkinin varlığını, VECM ile de nedenselliğin yönünü belirlemişlerdir.

Toksarı (2009), karınca kolonisi yöntemiyle Türkiye'nin enerji talebi çalışmasını yapmıştır ve çalışmanın bağıl hatası Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın sunduğu bağıl hatadan daha düşük çıkmıştır. GSYH, nüfus, ithalat ve ihracat verileriyle yapılan çalışmada karınca kolonisi modelleri kuadratik ve doğrusal olmak üzere iki şekilde oluşturulmuştur. Ekonomik faktörlerdeki dalgalanmalar sebebiyle kuadratik modelin

daha uygun sonuçlar verdiği ifade edilen çalışmada 2025 yılına kadar öngörude bulunmuştur.

Çınar *et al.* (2010), 1970-2006 yılları verileriyle genetik algoritma yöntemini kullanarak hidroelektrik enerjisi için 2007-2012 yılları için talep tahmin çalışması yapmıştır ve değerlendirmeleriyle başarıyla sonuçlandığı gösterilmiştir.

Demirel vd (2010), 1970-2007 GSYH, nüfus, kurulu güç, üretilen ve tüketilen enerji verilerine kullanarak ANFIS ve ARMA yöntemleriyle elektrik enerjisi talep tahmininde bulunmuşlardır. Farklı paket programlar kullanılarak yapılan çalışmada 2006-2010 yılları için yapılan tahmin sonuçları kurumların öngörülerıyla karşılaştırılmıştır. ANFIS ve ARMA modelleri de çalışmada karşılaştırma yapılmış olup performans ölçütlerine göre en iyi sonucu ANFIS modelinin verdiği belirtilmiştir.

Yiğit (2011), 1979-2009 dönemi verilerini kullanarak genetik algoritma yöntemi ile 2010-2020 dönemi net elektrik talebini tahmin etmiştir. GSYH, nüfus, ithalat ve ihracat verileriyle GAETM\_Lineer ve GAETM\_Karesel olmak üzere iki farklı model geliştirmiştir. ETKB ve literatürdeki çalışmalarla karşılaştırma yapılarak modellerin güvenilir tahmin edici olarak kabul edilebileceği belirtilmiştir.

Dilaver and Hunt (2011), 1960-2008 verileriyle yapısal zaman serileri modelini kullanarak Türkiye’de konutlar için elektrik enerjisi talep tahmin çalışması yapmışlardır. 2020 yılına kadar yapılmış olan tahmin çalışması sonuçları benzer bir çalışmayla karşılaştırılarak sonuçlandırılmıştır.

Kazemi *et al.* (2012) İran’ın enerji talebinin tahmini için çok seviyeli bulanık regresyon modeli ile doğrusal programlama modeli geliştirmiş aşamalı olarak çözüme gitmişlerdir.

Özcan ve Erol (2013) çalışmalarında Türkiye’de 2012-2023 yılları arasında beklenen talebinin karşılanabilmesi için çok amaçlı doğrusal programlama modellemesi yapmışlardır. Çalışma Türkiye’de 2012-2023 yılları arasında oluşacak talebi karşılamak

için kaynak bazında tespit edilen 18 santral tipinde üretilmesi gereken elektrik enerjisinin miktarının belirlenmesi amacıyla minimum sapma yöntemi kullanılarak çözülmüştür.

Elektrik ve enerji talep tahminleri için yapılan çalışmalar çok fazladır. Daha önce genişçe yer verilenlerin dışında Yumurtacı and Asmaz (2004) doğrusal regresyonla 2050 yılına kadar, Tunç *et al.*(2006) doğrusal matematiksel optimizasyonla 2020 yılına kadar, Erdoğan (2007) ARIMA modellemesiyle 2004-2015 yılları için, Küçükali and Barış (2010) bulanık yaklaşımla 2008-2020 yılları için elektrik talep tahmin çalışmaları yapmışlardır.

## **2.2. Elektrik ve Enerji Tüketimi İçin Yapay Sinir Ağları İle Yapılmış Tahmin Çalışmaları**

Murat and Ceylan (2006) yapay sinir ağlarını kullanarak ulaşım sektöründe tüketilen enerji tahmini için model oluşturmuşlardır. 1970-2001 yılları GSYH, nüfus ve yıllık ortalama araç-km verilerini kullanarak yapılan çalışmada iki senaryo uygulanmıştır. Çalışma sonucunda ortaya çıkan durumların sebepleriyle birlikte açıklamaları yapılmıştır. Senaryolardan en iyi seçilenin bakanlık verileriyle örtüştüğü gözlemlenmiştir.

Pao (2006) çalışmasında elektrik tüketimi tahmininde doğrusal ve doğrusal olmayan metotları kullanarak modelleme yapmıştır. Çalışmada GDP, milli gelir, nüfus ve tüketici fiyat endeksi olmak üzere dört farklı değişken kullanarak Tayvan'ın elektrik tüketimini ekonomik faktörlere göre tahmin modeli geliştirmiştir. Doğrusal modeller arasında en iyi performansı gösteren ARMAX olarak belirlenirken YSA'nın doğrusal modellerden daha iyi sonuç verdiği vurgulanmıştır. Çalışmada kullanılan ekonomik faktörlerin araştırmacılar için yol gösterici olabileceğinin altı çizilmiştir.

Hamzaçebi (2007) çalışmasında sektörel olarak 2020 yılına kadar elektrik enerjisi tüketimini YSA ile incelemiştir. Çalışmada üç farklı ağ yapısı için sonuçlar

karşılaştırılarak seçim yapılmıştır. Seçilen ağ yapısı ve MAED simulasyon performansları test seti değerlerine göre karşılaştırılarak YSA yapısının MAED'den daha iyi performans gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Geem and Roper (2009) Güney Kore enerji tüketimini tahmin etmek için YSA, lineer tahmin modeli ve üstel tahmin modeliyle çalışmışlardır. Ortalama hata kareleri değerlerine göre YSA'nın diğer modellerden daha iyi olduğunu belirlemişlerdir ve YSA yapısını dört farklı senaryo ile 2025 yılına kadar öngörü yapmayı başarmışlardır.

Geem (2011), makalesinde 2025 yılına kadar Güney Kore için ulaşımda tüketilen enerjinin tahminini YSA ve regresyon modellerini kullanarak yapmıştır. Bağımsız değişken seti GDP, nüfus, petrol fiyatları, taşınan yolcu sayısı olan çalışmada bağımsız değişkenlerden üç farklı seçimle oluşturulan üç model kurulmuştur. Performans değerleri olarak en iyi olan YSA modeli belirlenmiştir. Tahmin çalışması farklı kaynaklardan edinilen üç farklı senaryo için yapılmıştır.

Kaynar vd (2011) YSA ve ARIMA modellerini uygulayarak günlük, haftalık doğalgaz tüketimi tahmin çalışması yapmışlardır. YSA çalışması için 1'den 10'a nöron sayısını değiştirerek en uygun YSA mimarisi belirlenmiştir. Çalışma MSE ve MAPE performans ölçütlerine göre değerlendirilmiştir. Ortaya çıkan sonuçlar doğrultusunda ileri beslemeli yapay sinir ağı modelinin daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Bilgili *et al.* (2012) sanayi ve konut sektörü için doğrusal regresyon, doğrusal olmayan regresyon ve yapay sinir ağlarını kullanarak 2015 yılına kadar karşılaştırmalı olarak elektrik tüketimi tahmini yapmışlardır. Çalışmada brüt elektrik üretimi, kurulu kapasite, nüfus ve abone sayısı değişkenleri modellere dahil edilmiştir. Tahmin sonuçları Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. YSA modelinin karşılaştırma yapılan diğer modellerden daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır.

Azadeh *et al.* (2013) tarafından yapılan çalışma 1996-2006 İran yenilenebilir enerji tüketim verileri ve CO<sub>2</sub>, NO, CO, nüfus, petrol fiyatları ve doğalgaz fiyatları

parametreleri dikkate alınarak yapılmıştır. Çalışmanın amacı yenilenebilir enerji tüketim tahmininin en iyi yapılabileceği yöntemi belirlemektir. Bunun için ileri beslemeli YSA modeli kullanılmış farklı nöron ve katman sayılarıyla çıkan MAPE değerleri dikkate alınarak en iyisi seçilmiştir. Çalışmanın bir parçası olarak sonuçların regresyon ve bulanık regresyon modelleriyle uyumu karşılaştırılmıştır ve sonuç olarak en düşük MAPE değerine sahip olan çok katmanlı ileri beslemeli YSA modelinin yenilenebilir enerji kaynakları tüketim tahmini için en uygun model olduğu belirlenmiştir.

Es vd (2014) çalışmalarında Türkiye'nin net enerji talep tahminini YSA ile yapmıştır. 1970-2010 yılları verilerini kullanarak yapılan çalışmada bağımsız değişken olarak GSYH, nüfus, ithalat, ihracat, bina yüzölçümü ve taşıt sayısı kullanılmıştır. YSA için uygun yapı belirlendikten sonra çoklu doğrusal regresyon analiziyle yapılan tahmin çalışması karşılaştırılmış ve YSA modelinin daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir.

Farzana *et al.* (2014) Güneybatı Çin'de kentsel bir alanda konutların enerji tüketimini çok modelli tahmin ve simülasyonla çalışmışlardır. Çalışmada YSA, gri model(iki farklı model), regresyon modeli, polinomsal model ve polinomsal regresyon modelleri kullanılmıştır. MAPE değeri ve istatistiksel analizler sonucunda YSA modelinin tahminde en iyisi olduğu belirlenmiştir. Tahminler 2025 yılına kadar yapılmış olup altı farklı model için sonuçlar grafiksel olarak sunulmuştur.

Kialashaki and Reisel (2014) Amerika sanayi sektöründe enerji talebi için YSA ile model geliştirilmesi çalışmasında bağımsız değişken olarak kullanılan GDP artışı ve enerji maliyetleri bazı istatistiksel yöntemlerin uygulanmasıyla belirlenmiştir. Çalışma sonucu çoklu doğrusal regresyonla karşılaştırılmıştır ve YSA yapısı seçilmiştir. Tahmin çalışması 2013-2030 döneminde enerji talebinin %16'lık artışı olabileceği çıkarımıyla sonuçlanmıştır.

Uzlu *et al.* (2014) Türkiye enerji tüketimini 2020 yılına kadar tahmin etmişlerdir. Çalışmada ağın eğitiminde öğretmenli öğrenmeye dayalı optimizasyon (TLBO) ve genellikle kullanılan geri yayılım algoritması dört farklı ağ tasarımı için olan

performans ölçütleri karşılaştırılmıştır. Ağa tasarımı olarak 15 gizli nörona sahip olan TLBO belirlenmiştir. GSYH, nüfus, ithalat ve ihracat girdilerinin modelde olduğu tasarım üç farklı senaryo oluşturularak 2020 yılına kadar türkiye enerji tüketiminin tahmini için kullanılmıştır.

Li *et al.*(2015) geliştirilmiş parçacık sürü optimizasyonu ve genetik algoritmalarla IPSO-ANN ve GA-ANN modelleriyle konutlar için elektrik enerji tüketimi tahmini çalışması yapmışlardır. Modellerin sonuca ulaşma süreleri ve performansları karşılaştırılmıştır.

Panklib *et al.* (2015) Tayland'ın elektrik tüketim tahminini 1989-2008 yılları verilerini kullanarak çoklu doğrusal regresyon analizi ve yapay sinir ağları metodlarıyla gerçekleştirmişlerdir. Bağımsız değişken olarak GDP, nüfus, ortalama maksimum sıcaklık ve elektrik güç talebi verileri kullanılmıştır. Yapay sinir ağları yapısı iki katmanlı ileri beslemeli ağıdır. Çalışma 2010, 2015 ve 2020 yıllarının tahminini gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda karşılaştırması yapılan modeller arasında YSA yapısının daha iyi olduğu vurgulanmıştır.

Literatür çalışmalarında da görüldüğü gibi enerji talebi ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır ve önemini kaybetmeyen bir çalışma alanı olarak devam etmektedir. Enerji çeşitleriyle, farklı sektörlerle ilgili olarak çalışmalar bulunmaktadır. Bu tezde yapılan çalışma ise önceki çalışmalardan farklı olarak, net elektrik tüketimi sanayi, konut ve hizmetler, tarım ve ulaşım alt sektörleri için ayrı ayrı ve farklı bağımsız değişkenlerle ele alınmış olmasıdır.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

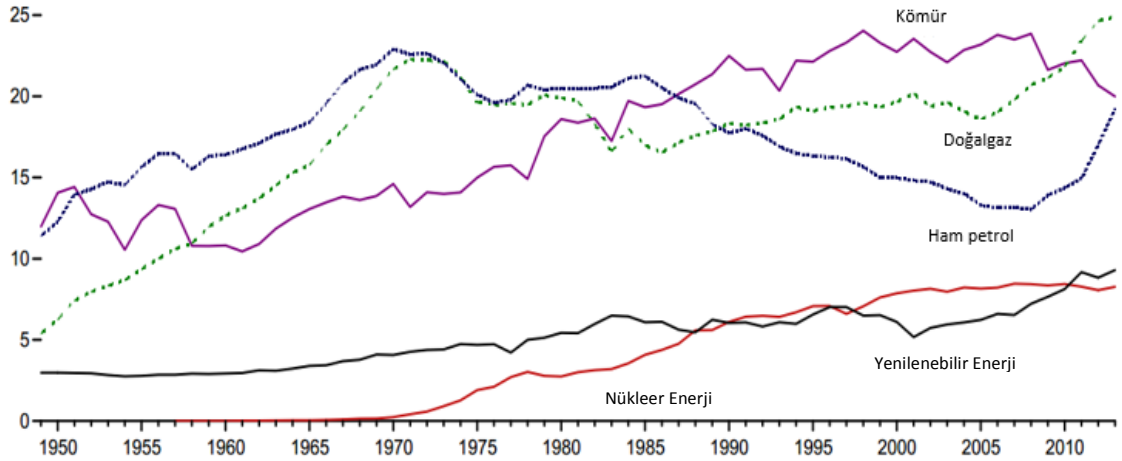
Günümüzde enerji ihtiyacı hızla artmaktadır ve ülke stratejilerine yön vermektedir. Teknolojik gelişmelerin artması, sanayinin ilerlemesi enerji ihtiyacındaki artışın ana sebeplerinden olmasıyla beraber bu artışa sosyal açıdan toplumsal beklenti ve talepler sebep olmaktadır.

Her alanda enerjiye duyulan sürekli ihtiyaç çoğu ülkenin enerji ithal etmesine ve büyük bir maliyete katlanmasına sebep olmaktadır. Enerji üretimi üzerine yapılan ve sayısı gün geçtikçe artan çalışmalar gerek enerji ithalatındaki pahalılık gerek temiz enerji kaynağı bulma arayışları stratejik enerji planlaması gerektirmektedir.

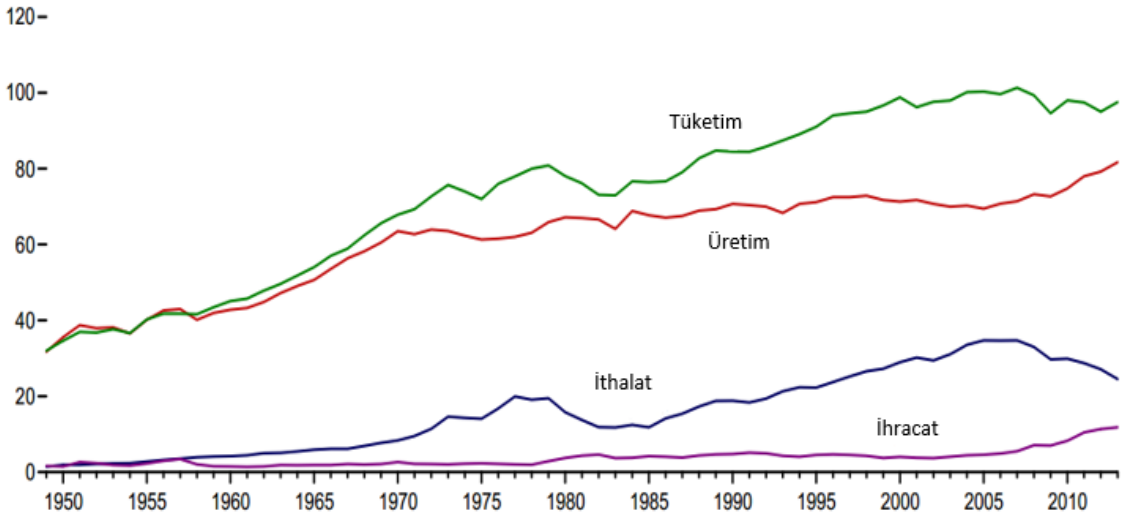
Enerji, ülkelerin kalkınmışlığını gösteren önemli bir güç olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle ülkelerin gelişmişlikleri karşılaştırılırken ülkenin ürettiği ve tükettiği enerji miktarları da göz önünde bulundurulmaktadır. Neredeyse tüm ihtiyaçların karşılanmasında ve sürdürülebilir gelişmede gerekli olan enerji; özellikle sanayi, konut ve ulaştırma gibi sektörlerde kullanılmaktadır. Bu üç sektör için kullanılan enerji türlerine bakıldığında zaman enerji başlığı altında üçünün de payı büyük olmasına karşın tükettikleri enerji çeşitleri oranları arasında farklılıklar büyüktür.

Enerji kaynakları birincil ve ikincil enerji kaynakları olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Bir önışleme tabi tutulmadan direk kullanılabilir olan birincil enerji kaynakları; jeotermal enerji, güneş enerjisi, gelgit enerjisi, rüzgar enerjisi, hidrolik enerji, nükleer enerji, biyokütle, fosil yakıtlar, dalga enerjisi olarak sıralanabilir. İkincil enerji kaynakları ise birincil kaynaklardan dönüştürülen elektrik ve petrol ürünleri olarak tanımlanabilir. İkincil kaynakların üretiminde tesislere ihtiyaç duyulmaktadır ve bu da ikincil kaynakları daha pahalı hale getirmektedir. Şekil 3.1 Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)'nın verilerine göre dünyada son 65 yıl için kaynaklarına göre tüketilen enerji miktarlarını göstermektedir. Kömür, doğalgaz, petrol, yenilenebilir kaynaklar ve nükleer elektrik için oluşturulmuş grafikten enerji kaynaklarına olan ilgiyle ilgili

yorumlamalar yapılabilir. Şekil 3.2’de verilen grafikte ise dünyada toplamda tüketilen, üretilen, ithal ve ihraç edilen miktarlar gösterilmiştir.



**Şekil 3.1.** Dünyada 1949-2013 kaynaklarına göre birincil enerji tüketimi (IEA 2014)



**Şekil 3.2.** Dünyada 1949-2013 birincil enerji kaynakları genel bakış (IEA 2014)

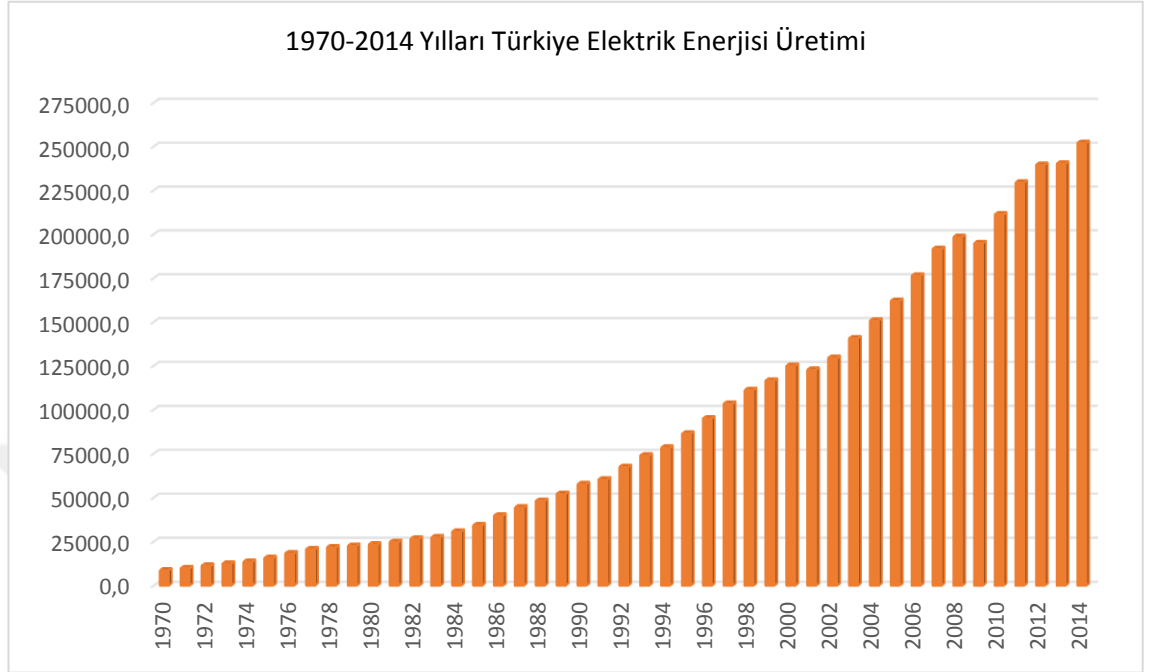
Dünyada ülkeleriyle karşılaştırıldığı zaman ülkemiz toplam birincil enerji arzı açısından gelişmelerinin iyi bir seviyede olduğu söylenebilir. Ekonomik krizlerin yaşandığı yılların olumsuzluklarına rağmen birincil enerjideki artış oranı Çin ve Hindistan’dan sonra gelmektedir (DEKTMK 2013). Enerji ihtiyacındaki artışın olumlu durumu

yanında beraberinde getirdiği riske de değinmek gerekmektedir. 1990-2012 yılları arasında %52'den %72'ye çıkan enerji ithalatı ülkenin öz kaynaklarının verimli kullanılabilmesi ve yeni kaynaklar bulunabilmesi için çalışmaların arttırılması ülke geleceği açısından ehemmiyet taşımaktadır.

### **3.1. Elektrik Enerjisi**

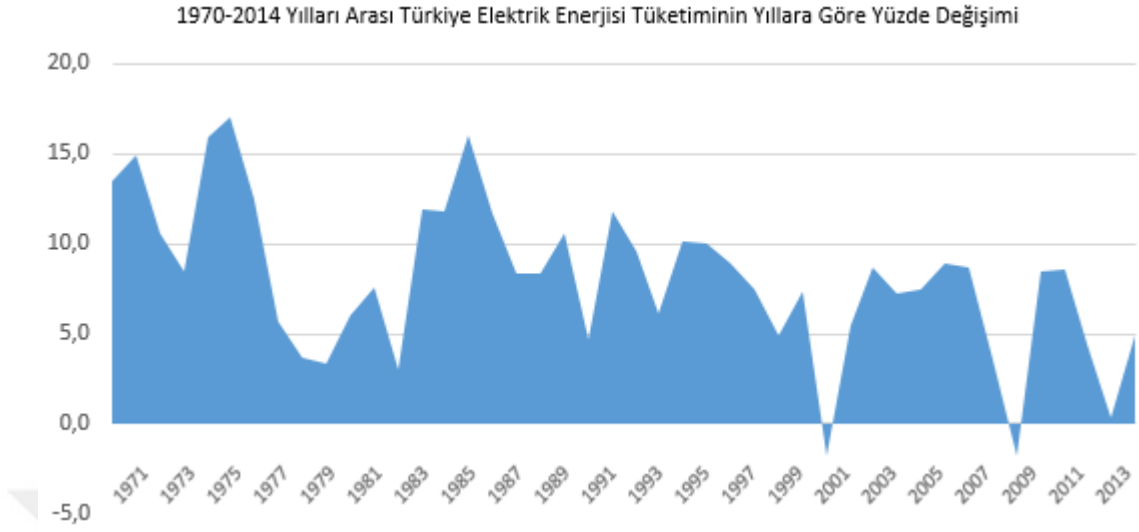
Elektrik enerjisi, evlerde, işyerlerinde, tarım, ulaşım vb. her alanda farklı amaçlar için kullanılabilen yaygın bir enerji türüdür. Dünyanın çok büyük bölümünde termik, hidroelektrik ve nükleer santrallerin ürettiği elektrik enerjisinden ihtiyaçlar karşılanmaktadır, bu tesislerin yanında temiz ve orta vadede masrafı daha da az olan güneş hücreleri, rüzgâr türbinleri ve çeşitli yenilenebilir enerji santralleri de elektrik üretiminde rol almaktadır.

Elektrik enerjisinin kullanımındaki kolaylık, temiz oluşu, günlük hayatta yaygın kullanımının oluşu ülkelerin gelişmişlik düzeyinin en önemli göstergelerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Ülkemizde 1902 yılında elektrik enerjisi üretilmeye başlanmıştır ve günümüzde farklı üretim kapasitelerine sahip 555 üretim tesisi bulunmaktadır. Elektrik enerjisi depolanamadığından dolayı üretimi ve tüketim miktarları neredeyse eşit bir görünüm sergilemektedir.



**Şekil 3.3.** Yıllara göre Türkiye elektrik enerjisi üretimi grafiği (1970-2014)

Elektrik enerjisi tüketimi 1970-2014 için incelendiği zaman neredeyse düzenli bir artış sergilediği görülmektedir. Yıllara göre artış oranları ise değişiklik göstermektedir. 1971 yılından 2014 yılına kadar olan artış oranları grafikte verilmiştir. 2001 ve 2009 yılları önceki yıllara göre düşüşe sahip olmakla beraber diğer yıllarda artış olduğu grafikten gözlemlenmektedir. En büyük tüketim artış oranı 1976 yılında %18,4 olarak görülmektedir. Düşüşe bakıldığı zaman da 2009 yılında %2,2 olarak yaşanmıştır. 1971'den 2014'e ortalama tüketim oranının her yıl %8,1 arttığı, son 10 yıl incelendiği zaman tüketimin her yıl %5,5 arttığı görülmektedir (Anonim 2015). Neredeyse her yıl artış olan elektrik tüketiminin son yıllarda artış yüzdesindeki azalmalar ısınma, aydınlatma gibi alanlarda yenilenebilir enerjilerden yararlanmanın artışından kaynaklandığı söylenebilir.



**Şekil 3.4.** Türkiye elektrik tüketiminin yıllara göre yüzde değişimi

Ekonomik gelişmenin ve sosyal refahın en önemli göstergelerinden birisi olan elektrik üretim miktarları ve tüketimindeki yüzdelerdeki değişimin sunulduğu grafikler elektrik üretimdeki ivmeli artışı göstermektedir. Cumhuriyetin kuruluşunun ilk yıllarında kişi başına düşen elektrik enerjisi tüketimiyle gelinen dönemdeki arasında çok büyük farklar bulunmaktadır. Ortalama dünya kişi başı tüketimi 2500 KWh olarak belirlenen seviye ilerleyen dönemlerde sıkça dile getirildiği gibi ciddi bir enerji krizlerine yol açabilir. Dünya genelinde oluşabilecek bu durum için ülkemizde enerjiye yönelik büyük yatırımlar yapılmaktadır ve yapılmaya da devam edilmelidir.

### 3.2. Tahmin Yöntemleri

Tahmin, geçmişte oluşmuş durumların değerlendirilerek belirsizlikleri ortadan kaldırıp, sonuçları daha iyi görebilmeyi, doğru karar verebilmeyi sağlama amacıyla geleceğe yönelik yapılan öngörüdür. Tahmin çalışmaları, gelecekte durumların nasıl olacağına yaklaşabilmek için yapılan ancak sonuçları kesin olarak kabul edilemeyen araçlar olarak da ifade edilebilir. Gelecekle ilgili karar vermeyi gerektiren birden fazla durumla karşılaşılabilir. Tahmin yöntemleri, işletme, finans, ekonomi, planlama, siyaset gibi alanlarda sıklıkla kullanılmaktadır.

Tahmin yöntemi, değişen koşullara uyum sağlayabilmek ve daha planlı, stratejik hareket edebilmek için büyük işletmelerden küçük ve orta çaptaki işletmelere, büyük yatırımcılardan küçük yatırımcılara, yatırım kararını planlamaya çalışan bir işadamından tüketim kararını planlamaya çalışan ailenin en küçük bireyine kadar herkes tarafından kullanılan bir yöntemdir. Öngörünün hayatın her alanında, herkes tarafından uygulanan şekilde rol aldığı söylenebilir (Soysal ve Ömürgönülşen 2010).

Tahmin yöntemleri, temel olarak nicel ve nitel yöntemler olmak üzere iki grupta ele alınmaktadır. Nicel yöntemlerde girdi verileri, çeşitli zamanlarda derlenmiş olan verilerdir. Nitel yöntemlerde ise konu ile ilgili uzmanların bilgi ve tecrübelerinden yola çıkarak bu alandaki gelişmelerin doğrultusu, ne tür ihtiyaçlar ortaya çıkabileceği gibi konularda yoğunlaşmaktadır. Konunun devamında nicel tahmin yöntemleri üzerinde durulacaktır (Çuhadar 2006).

### **3.3. Nicel Talep Tahmin Yöntemleri**

Nicel tahmin yöntemleri, matematiksel modellemeler yardımıyla yapılan tahmin yöntemleridir. Nicel tahmin yöntemlerinin kullanılabilmesi için, yeterli sayısal bilginin bulunması gerekmektedir. Sayısal bilgi yeterliliği her durum için farklı olacağından genelleme yapabilmek doğru değildir. Ayrıca istatistikî metotlar uygulanarak bunun belirlenebilmesi mümkündür. Nicel tahmin yöntemleri ile tahminde bulunabilmek için bazı koşulların sağlanabilmesi gereklidir:

- Geçmişe ait bilginin mevcudiyeti
- Bilginin sayısal bir biçimde ifade edilebiliyor olması
- Değişkenin geçmişte gösterdiği yapının gelecekte de devam edeceği düşüncesinin geçerli olması

Geçmiş gözlem değerleri süreçle ilgili ilişkilerin belirlenmesini sağlayarak modelin gelecekte nasıl davranacağı konusunda yol göstericilik yapar. Nicel tahminde

bulunabilmek için iki temel yaklaşım kullanılmaktadır: sebep- sonuç ilişkisine ve zaman serileri analizine dayalı modeller (Hamzaçebi 2011).

Sebep-sonuç ilişkisine dayalı modeller olarak; regresyon modelleri(doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon modelleri), YSA modelleri, zaman serileri analizine dayalı olan regresyon modelleri olarak; hareketli ortalamalar, üstel düzeltme ve Box-Jenkins (ARIMA) modelleri açıklanacaktır.

İstatistiksel tahmin metotları olarak da isimlendirilebilir olan bu tahmin metotları talepleri, talebi etkileyen faktörlerine, zaman serisi ise kendi önceki değerlerinin etkilerine ve farklı dış etkilerle olan ilişkilerine göre analiz ederek, kısa, orta veya uzun dönemler için tahmin yapılmasını sağlar. İstatistiki metotlarla geçmiş olaylar incelenip analiz edilerek gelecekle ilgili senaryolar veya öngörüler hazırlanabilir.

### **3.3.1. Sebep-sonuç ilişkisine dayalı modeller**

Sebep-sonuç ilişkisine dayalı modeller iki değişken gurubundan oluşmaktadır. Bu değişkenler bağımlı ve bağımsız değişkenlerdir, açıklanan ve açıklayıcı değişkenler olarak da ifade etmek mümkündür. Bu modeller, değişkenlerin, önceki dönemlerden, deneysel olarak veya çeşitli yollarla elde edilmiş yeterli sayıdaki veriler sayesinde bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin belirlenmesine dayalı olan modellerdir. Doğrusal regresyon (basit, çoklu) modelleri, doğrusal olmayan regresyon modelleri, sebep-sonuç ilişkisine dayalı YSA modelleri bu sınıfa girmektedir.

#### **3.3.1.a. Regresyon modelleri**

Bir değişkenin aldığı değerler sabit kalmayıp artma azalma durumlarında değişmelere sahip olacaktır. Bu değişmelerin başka değişkenlerle açıklanabileceği varsayımına dayanarak kurulan modellere regresyon modelleri denir (Güriş vd. 2013). Eğer tek bağımsız değişken kullanılarak model kuruluyorsa basit regresyon modeli, birden çok değişken kullanılarak kuruluyorsa çok değişkenli regresyon modeli olarak isimlendirilir.

Regresyon analizi ile bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni ne ölçüde açıkladığı, nasıl etkilediği ile ilgili yorumlar yapılabilir.

Regresyon modelleri de kendi içinde doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon modelleri olarak sınıflandırılabilir. Doğrusal regresyon modelleri normal dağılımlı, minimum varyanslı ve yansız tahmin verirken, doğrusal olmayan regresyon modelleri bunu örnek boyutu çok büyük olduğunda yapabilmektedir. Doğrusal olmayan modellerde sonuç çıkarımı doğrusal modellere nazaran daha zor olabilmektedir (Keskintürk ve Şahin 2009).

Basit doğrusal regresyon modeli eşitlik (3.1)'de, basit doğrusal olmayan regresyon modeli eşitlik (3.2)'de verilmiştir. Doğrusal regresyon modellerinde parametre sayıları bağımsız değişken sayısına bağlıken, doğrusal olmayan modellerde böyle bir durum söz konusu değildir.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i \quad (3.1)$$

$$Y_i = f(X_i, \gamma) + \varepsilon_i \quad (3.2)$$

### 3.3.1.b. YSA modelleri

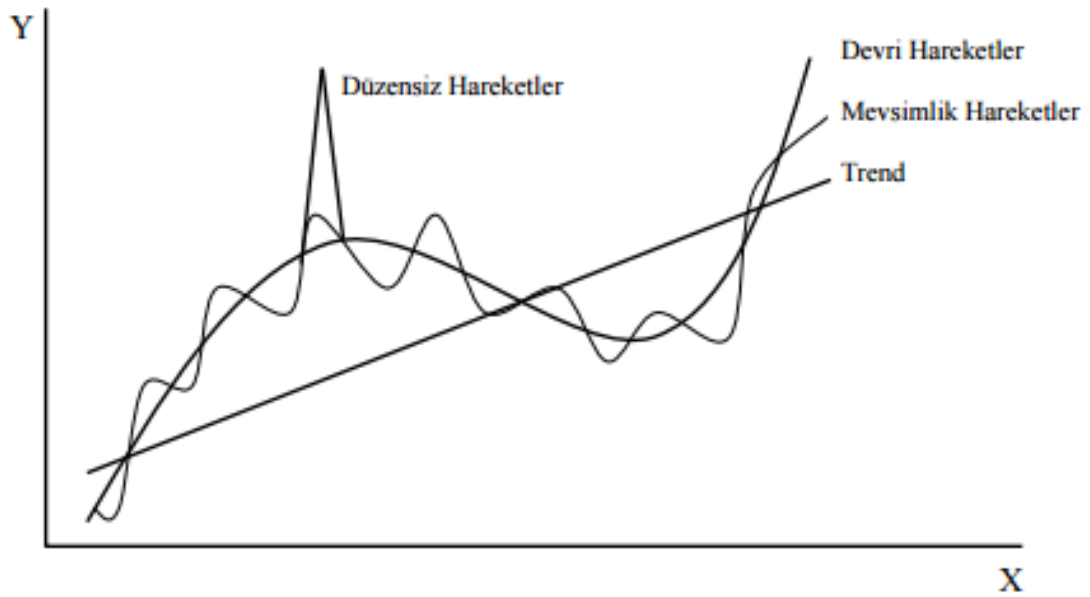
İnsan beyninin çalışma yapısından etkilenilerek geliştirilmiş olan YSA modelleri tahmin çalışmalarında da sıklıkla kullanılmaktadır. YSA modelleri hem zaman serisi hem de sebep- sonuç ilişkisi incelenen modeller için uygulanabilmekte olan esnek tahmin aracıdır. Kısaca bahsedilen yapay sinir ağları ilerleyen bölümlerde daha geniş açıklanacaktır.

### 3.3.2. Zaman serilerine dayalı modeller

Bir olaya ilişkin gözlemlenen verilerin zaman dikkate alınarak sıralanmasıyla oluşturulan çizelgelere zaman serileri denir. Zaman serileri analizi de belirli zaman aralıklarında gözlemlenmiş olayla ilgili, serinin yapısına uygun süreci modellemeyi ve önceki dönemlere ilişkin gözlem değerlerinin ilişkilendirilmesiyle geleceğe yönelik öngürüler yapmayı amaçlayan bir metottur (Kaynar ve Taştan 2009).

Birbiriyle ilişkili olan değişkenler serisinde değişkenlerden birinin zamanı belirtmesiyle elde edilen seriyeye zaman serisi denir. Zaman serisi analizleri ile serideki hareketler belirlenebilir ve bu hareketlere sebep olan faktörler analiz edilebilir (Başar ve Oktay 2012)

Zaman serilerinde trend, mevsimsellik, düzensiz hareketler ve devri hareketler kavramları temel oluşturmaktadır. Şekil 3.5’de bu kavramların ifade ettiği durumlar gösterilmiştir.



**Şekil 3.5.** Zaman serisi bileşenlerinin gösterimi (Başar ve Oktay 2012)

Zaman serisi analizine dayanan tahmin yöntemleri olan hareketli ortalamalar yöntemi, üstel düzeltme yöntemi ve Box-Jenkins yöntemleri en çok kullanılanlardandır. Devam eden bölümlerde yöntemler açıklanmaya çalışılacaktır.

### 3.3.2.a. Hareketli ortalamalar yöntemi

Hareketli ortalamalar yönteminde Y değişkeninin önceki k dönemde aldığı değerlerin ortalama değeri hesaplanarak elde edilir. Bu yöntemle elde edilen değerler kısa vadede tahminlerde kullanılmasının daha uygun olduğu belirtilmektedir. Hareketli ortalamalar yöntemi de kendi içinde basit hareketli ortalama ve ağırlıklı hareketli ortalama yöntemi olarak ikiye ayrılmaktadır. Basit hareketli ortalama yönteminde ortalaması alınan tüm dönemlerin ağırlığı eşit olarak alınmaktadır. Basit hareketli ortalama yöntemi için model eşitlik (3.3)'de verilmiştir.

$$X = \frac{\sum(X_n + X_{n-1} + \dots + X_{n-k})}{k} \quad (3.3)$$

Ağırlıklı hareketli ortalama yönteminde modele dahil edilecek olan dönemlerin ağırlıkları farklı alınır, genellikle ağırlıklandırma son dönemin ağırlığı daha fazla olacak şekilde yapılır.

$$X_{n+1} = \frac{w_n X_n + w_{n-1} X_{n-1} + \dots + w_{n-k} X_{n-k}}{w_n + w_{n-1} + \dots + w_{n-k}} \quad (3.4)$$

### 3.3.2.b. Üstel düzeltme yöntemi

Üstel düzeltme yöntemi, verilerdeki son değişim ve sıçramaları dikkate alarak öngörülerde sürekli güncelleştirmelerin yapıldığı bir yöntemdir. Üstel düzeltme yönteminde gelecek dönem tahminin hesabında son döneme ait tahmin ile bu tahminden elde edilen hatanın bir kısmı kullanılmaktadır.

Üstel düzeltme yönteminde katsayı değerleri uygulanan modelin hata kareleri toplamını en küçük yapacak şekilde belirlenir. Üstel düzeltme yöntemleri; basit üstel düzeltme, Holt üstel düzeltme (çift parametrelili), Brown üstel düzeltme (tek parametrelili), Winter's üstel düzeltme (mevsimsel model) yöntemi olarak sıralanabilir.

### Basit Üstel Düzeltme Yöntemi

Mevsimsel dalgalanma ve trende sahip olmayan veriler için veri ortalamalarına bağlı olarak  $\alpha$  parametresiyle eşitlik oluşturulan modellerdir. Genel modeli eşitlik (3.5)'de verilmiştir.

$$\hat{Z}_{t+1} = \alpha Z_t + (1 - \alpha)\hat{Z}_t \quad (3.5)$$

$\hat{Z}_{t+1}$  : Gelecek dönem tahmin değerini ifade etmektedir

$Z_t$  : Önceki dönemin gerçek değerini ifade etmektedir

$\hat{Z}_t$  : Önceki döneme ait tahmin değeridir

$\alpha$  : Düzeltme katsayısını ifade etmektedir

### Holt ve Brown Üstel Düzeltme Yöntemi

Verinin trende sahip olduğu ancak mevsimsellik göstermediği durumlarda kullanılabilen iki parametrelili tahmin modelleridir. Zaman serileri verileriyle tahminde ortalamanın ve büyüme oranının değişmesi durumunda kullanılabilecek bir yöntem olarak Holt'un doğrusal yöntemi gösterilebilir. Seride artış veya azalış sergileyen bir trend olabilir. Trendi belirleyebilmek için yeni bir temel düzey oluşturmak amacıyla üstel düzeltme yapılır (Özüdoğru ve Görener 2015)

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (3.6)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (3.7)$$

Eşitlik (3.6)'da trendin varlığından dolayı oluşan gecikme ortadan kaldırılmaktadır. Eşitlik (3.7)'de ise önceki dönem kestirilmiş olan trend yeniden değerlendirilir.  $m$  dönem sonraki tahmin değeri için model eşitlik (3.8)'de verilmiştir (Çekici ve İnel 2013).

$$F_{t+m} = L_t + b_t m \quad (3.8)$$

$t$ : dönem

$L_{t-1}$ :  $(t-1)$  dönemindeki düzeltilmiş değer

$L_t$ :  $t$  dönemindeki temel değer

$Y_t$ :  $t$  dönemindeki gözlem değeri

$\alpha$ : temel değer düzeltme katsayısı

$b_t$ :  $t$  dönemindeki trend değeri

$\beta$ : trend için düzeltme katsayısı

Holt'un Doğrusal Yöntemi aynı zamanda 'Çift Üstel Düzeltme Yöntemi' ve 'Düzeltilmiş Üstel Düzeltme Yöntemi' olarak da adlandırılmaktadır.  $\alpha$  sabitinin  $\beta$  sabitine eşit olduğu durumlar için bu yöntem, 'Brown'un Çift Üstel Düzeltme Yöntemi' olarak adlandırılmaktadır (Bulut 2006).

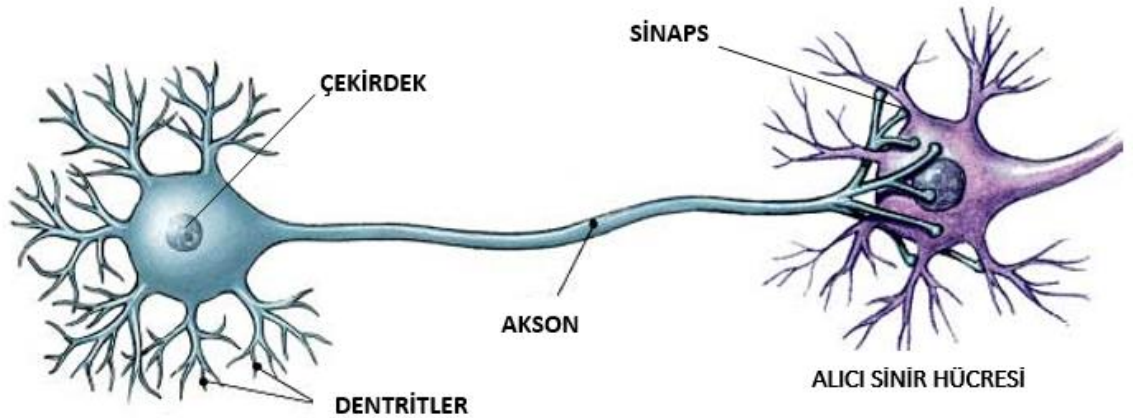
### **Holt-Winter Üstel Düzeltme Yöntemi**

Holt-Winters yöntemi mevsimselliğin ve trendin olduğu seriler için kullanılan bir yöntemdir, Holt'un doğrusal üstel düzeltme yöntemini Winters'ın mevsimselliğin etkisinde geliştirmesiyle ortaya koyulmuştur. Holt-Winters Yöntemi üç temel düzeltme eşitliğine sahiptir. Temel, trend ve mevsimsellik için olan bu üç düzeltme sabiti ile yapılan düzeltmeler, Holt'un Doğrusal yöntemine benzer şekilde tek toplam eşitlikte toplanarak mevsimsellik eşitliği elde etmektedir. Uygulamada iki farklı Holt-Winters yöntemi bulunmaktadır. Bunlar çarpımlı dönemsellik ve toplamli dönemsellik yöntemleridir (Bulut 2006).

Holt-Winters'ın üstel düzeltme yöntemi belirtildiği gibi üç eşitlikle ilişkilidir. Birinci eşitlik serinin t. dönemindeki seviyesini belirlemek, ikincisi trendi belirlemek, üçüncüsü ise mevsimsel bileşeni belirlemek için kullanılır. Çarpımsal üstel düzeltme yönteminde mevsimsel dalgalanmanın büyüklüğü serinin uzunluğuna göre değişirken toplumsal yöntemde sabittir (Özüdoğru ve Görener 2015).

### 3.4. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları, katmanlı yapıya sahip olan biyolojik sinir ağlarının donanımsal ve sayısal olarak modellenmiş halidir. Bir diğer ifadeyle yapay sinir ağları, öğrenebilme, öğrenilen bilgiyi işleyebilme ve yeni bilgi üretebilme yeteneklerine sahip biyolojik ağ yapısından esinlenerek geliştirilmiş sayısal modellemelerdir. Biyolojik sinir ağlarının yapısı temelde dört bölümden oluşmaktadır; gövde(çekirdek), dentrit, akson ve sinaps. Dentritlerin görevi gelen sinyalleri çekirdeğe iletmektir. Çekirdek dendritlerden gelen sinyalleri bir araya toplar ve aksona iletir. Bu sinyaller aksonda işlenerek sinapslara gönderilir. Sinapslar da yeni üretilen sinyalleri diğer sinir hücrelerine iletir (Yalçın 2015).

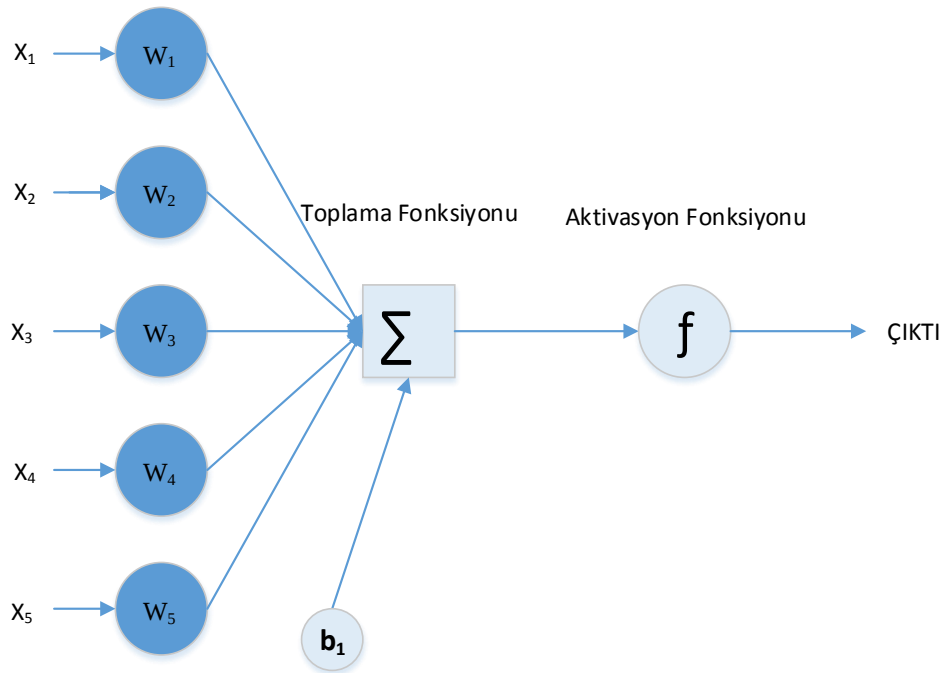


**Şekil 3.6.** Biyolojik sinir hücresinin yapısı (Anonim 2015)

Bu yapıdan esinlenerek geliştirilen yapay sinir ağları birçok probleme uygulanabilmektedir ve performansı yüksek çözümler üretilebilmektedir. Genel bakış açısıyla yapay sinir ağları simülasyon olarak görülebilir.

Yapay sinir ağlarında girdiler ağırlıklandırmalarla sisteme gelir (sinapslara uyarının gelmesi), sinapslara iletilen uyarılan toplama fonksiyonuna gelerek birleştirilir (dentrit), veriler aktivasyon fonksiyonunda işlenir (çekirdek) ve çıktılar üretilir (akson).

Yapay sinir ağlarıyla çalışılırken sinir ağı ilişkilendirmeyi yapan kurallar üretir, bu iç kuralları eldeki veriler ve sonuçlarıyla sürekli ilişkilendirmeler yaparak oluşturur. Temelde ağ ilk olarak ilişkilendirmelerle, deneme yanılma ile öğrenmeyi yerine getirir. Ağ ilişkiyi öğrendikten sonra, bilgiyi saklar ve yeni gelecek işlem için kendince bir sistem geliştirir. Bilgiyi alır, öğrenir ve işler. Burada vurgulanması gereken nokta uygulanabilecek her konuda yapay sinir ağlarıyla çalışma zamanının verimli kullanılması ve maddi açıdan büyük faydalar sağlayacaktır. Genel işleyişi açıklanan yapay sinir ağlarının çalışma yapısı, ilerleyen bölümlerde farklı tiplerine göre açıklanacaktır.



**Şekil 3.7.** Yapay sinir ağlarının genel yapısı

### 3.4.1. Yapay sinir ağlarının tarihçesi

Yapay sinir ağlarının ortaya çıkışı 1943 yılında Alman hekim Warren McCulloch ile matematikçi Walter Pitts'in insan beyninin matematiksel problemlere yaklaşımından esinlenerek yaptıkları elektriksel devre tasarımıyla başlamıştır. Bunu birçok çalışma takip etmiştir ve çeşitli öğrenme algoritmaları geliştirilmeye başlanmıştır. Bunlardan en bilinenleri; Hebb öğrenme algoritmasının bilgisayara dayalı olarak geliştirilmesi (1949), perceptron'un geliştirilmesi (1953), Widrow ve Hoff ADALINE öğrenme algoritmasını geliştirmiştir (1959), bu algoritmalar temelinde geliştirilen algoritmalar oluşturulmuştur ancak 1970'li yıllarda tek katmanlı yapının yetersiz olduğu görülmüş ve çok katmanlı yapıyla ilgilenilmeye başlanmıştır. 1974 yılında geri yayılım algoritması geliştirilmiştir. 1982 yılında çok katmanlı ağ yapısı ortaya konulmuştur. Yapay sinir ağları üzerinde oldukça yoğun çalışılan bir konu olması halen yeni gelişmeleri beraberinde getirmektedir. Adaptif ağ tabanlı bulanık çıkarım sistemi (ANFIS) yapısı buna verilebilecek bir örnektir.

### 3.4.2. Yapay sinir ağlarının genel özellikleri

Yapay sinir ağları sinir sisteminin biyolojik yapısından esinlenerek geliştirilmiş sayısal bir yapıya sahiptir. Yani YSA, biyolojik sinir sistemindeki sinir hücreleri fonksiyonunu gören elamanların sayısal olarak modellenmiş şeklidir. Yapay sinir ağları elemanlarıyla biyolojik sinir sistemi arasında büyük bir benzerlik vardır ve bu genel özellikler açısından da böyledir. Yapay sinir ağı modelleri tecrübe ederek öğrenirler, daha önce öğrenilen bilgilerden genellemeler yaparak yeni çıkarımlar üretirler (Akkaya 2007).

### Doğrusal Olmama

YSA yapısında temel eleman olan nöron doğrusal değildir. Bu sebeple nöronların birleşmesinden meydana gelen YSA yapısı da doğrusal değildir. Bu özelliğiyle doğrusal olmayan karmaşık problemlerin çözümünde önemli bir araç olarak kullanılmaktadır.

## Öğrenme

İnsan beyninden esinlenilmesini sağlayan algılanan verilerden çıkarımlar yapma yeteneğini ifade eder. Bu özellik sayesinde klasik algoritmalarından öne çıkan YSA karmaşık problemlere çözüm sağlayabilmektedir. Diğer yöntemlerden farklı olarak yapay sinir ağları ile problem için tam olarak tanımlanmış çözüm algoritması olmasa dahi çözüme gidilebilir. Yapay sinir ağlarının bu tip problemleri çözebilmesi için gereken tek şey örnek girdiler için sonuçların verilmesidir.

## Genelleme

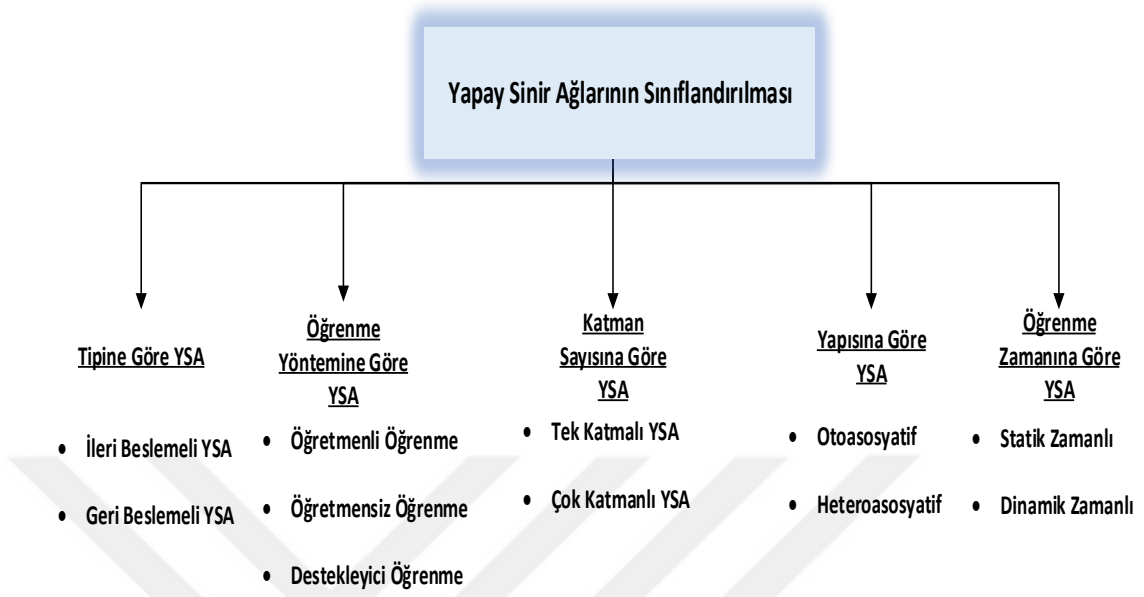
Öğrenme yeteneğiyle yakından alakalı olan genelleme özelliği tanımlanmamış veriler için çözüm üretebilmekte, hatalı ve kayıp verileri tolere edebilmektedir. Daha önce karşılaşılmamış durumlar için genelleme yapabilmektedir.

## Esneklik, Hız ve Makine Etkileşimi

YSA yapılan çalışmalarda oluşabilecek değişikliklere adapte olabilmektedir. Çalıştırılan algoritmalara göre hızda farklılıklar olsa da genel olarak yapay sinir ağları yapısıyla hızlı ve doğru çözümlere ulaşılabilir. Yapay sinir ağları çalışmaları için geliştirilmiş program, modül ve eklentiler bulunmaktadır. Bunlardan başka kodlama yapılarak da yapay sinir ağlarıyla çalışmalar yapılabilir.

### 3.4.3. Yapay sinir ağlarının sınıflandırılması

Çalışmalarda yapay sinir ağları için çok farklı sınıflandırmalar yapılmıştır. Genel yaklaşımla yapay sinir ağları bu bölümde beş başlık altında incelenmiştir. Yapay sinir ağları; tiplerine, öğrenme yöntemine, katman sayılarına, yapılarına ve öğrenme zamanına göre sınıflandırılabilirler. Şekil 3.8 bu sınıflandırmayı göstermektedir.

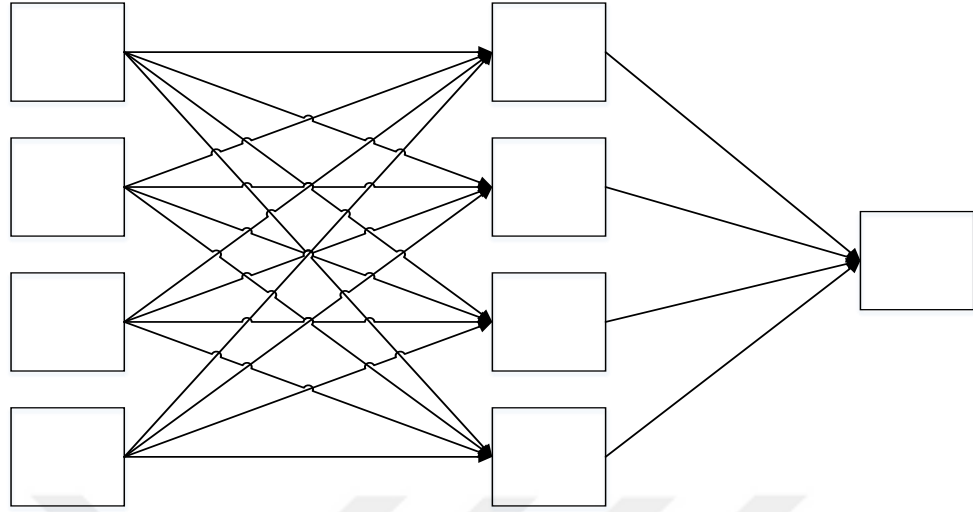


**Şekil 3.8.**Yapay sinir ağlarının sınıflandırılması

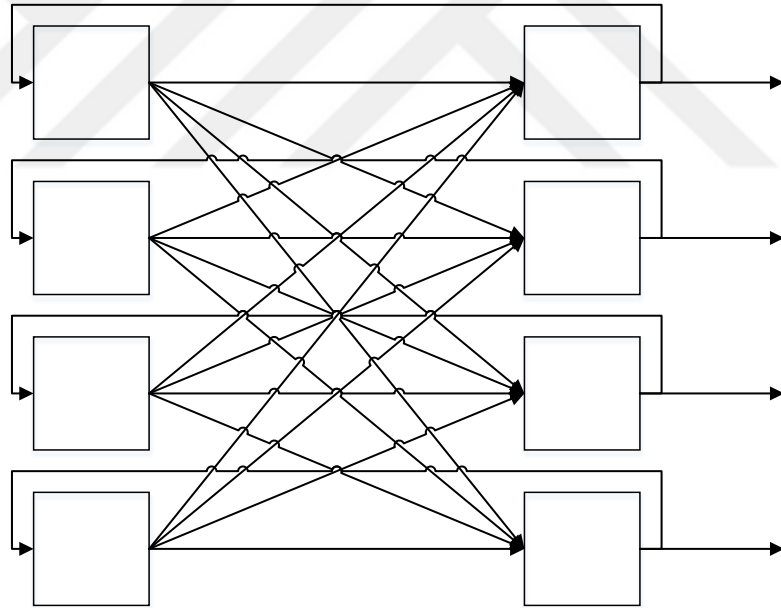
### 3.4.3.a. Tiplerine göre yapay sinir ağları

Tiplerine göre ağlar ileri ve geri beslemeli olmak üzere iki tipte sınıflandırılır. İleri beslemeli tipteki ağlarda işlem elemanları arasında bir döngü oluşmaz. Girdilere karşılık ağ veri üretir ve hızlı bir sisteme sahiptir. İşlem elemanları arasında sıralı bir akış oluşur.

Geri beslemeli ağlarda ağ yapısında sıralı bir akış görülmez. Nörondaki bilgi kendi katmanından önceki veya kendi katmanındaki bir nörona girdi olabilir. Bu şekilde kendini besleyebilen bir yapıya sahiptir. Döngü oluşturdıkları için ileri beslemeli ağ yapısına göre daha yavaş oluşabilirler. Şekil 3.9 ve Şekil 3.10’da ileri ve geri beslemeli ağ yapıları gösterilmiştir.



**Şekil 3.9.** İleri beslemeli yapay sinir ağı



**Şekil 3.10.** Geri beslemeli yapay sinir ağı

#### 3.4.3.b. Öğrenme yöntemine göre yapay sinir ağları

Bu sınıflandırma üç başlıktan oluşur;

- **Öğretmenli Öğrenme:** Bu yöntemde ağa girdi ve çıktı verileri girilir. Ağ girdi verilerine göre ağı eğitirken çıktı verileriyle karşılaştırma yapar. Ağ ağırlıkları bununla beraber değiştirilir. Bu karşılaştırma sonucunda hata seviyesi gözlemlenebilir ve ağ eğitiminin durdurulmasında bu ölçüt kullanılabilir. Çalışmada üzerinde durulacak olan geri yayılım ağı buna verilebilecek örneklerdendir.
- **Öğretmensiz Öğrenme:** Bu yapıda ağa girdiler verilirken çıktı verileri tanıtılmaz. Ağ yapısı girdiler arasındaki ilişkiyi algılar. Üretilen veriler girdiler arasındaki ilişki sonucunda belirlenir. Hem çıktı hem de girdi olan veriler arasındaki kural ve ilişkilerin araştırılması ve en uygununun bulunması ağın eğitilmesi anlamına gelmektedir. Adaptif Rezonans Teorisi (ART), Hopfield Ağı, Kohonen Ağı en çok kullanılanlarıdır (Hamzaçebi 2011).
- **Destekleyici Öğrenme:** Bu yapıda ağ gerçekleşen her iterasyon sonucunda doğru yanlış, başarılı başarısız diye çıkarımlarda bulunur. Ağ yapısında girdi seti ve çıktı seti sürekli olarak kendini düzenler. Ağ yapısı girdi veri setiyle öğrendikçe sonuç çıkarımına gider.

### 3.4.3.c. Yapısına göre YSA

YSA'lar yapılarına göre otoasosyatif ve heteroasosyatif olmak üzere iki sınıfta incelenebilir. Otoasosyatif ağlar, girdi nöronlarının aynı zamanda çıktı nöronu olarak görev yaptığı ağlardır. Hopfield ağları bu türdendir. Heteroasosyatif ağlar, farklı girdi ve çıktı nöronlarının bulunduğu ağ yapılarıdır. Algılayıcı, çok katmanlı algılayıcı, Kohonen ağı bu türdendir (Hamzaçebi 2011)

### 3.4.3.d. Öğrenme zamanına göre yapay sinir ağları

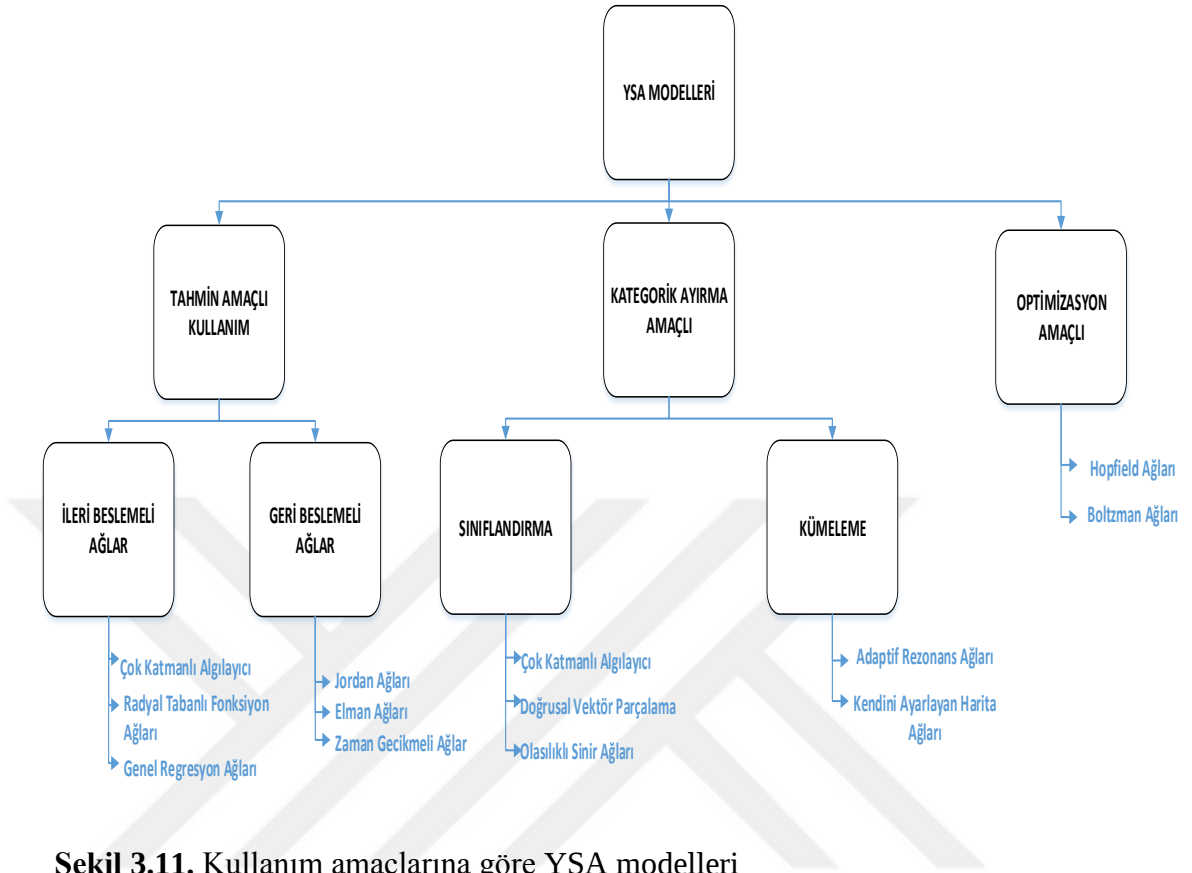
- **Statik Zamanlı:** Statik zamanlı ağ yapısında yapay sinir ağı önceden eğitilir, eğitimi biten ağ daha sonra kullanılması istenen haliyle çalıştırılır. Bu yapıda eğitim sırasında hesaplanan ağırlıklarda değişiklik oluşmaz.
- **Dinamik Zamanlı:** Dinamik zamanlı ağ yapısında ağın eğitiminde oluşan ağırlıklar, ağın tekrar kullanılmasıyla, onay durumuna göre değişebilir.

#### 3.4.4. Yapay sinir ağlarının kullanım alanları

Yapay sinir ağları uygulamaları genel başlıklar altında endüstriyel, finansal alanlarda, havacılık ve savunma, sağlık ve tarımsal uygulama alanlarında kullanılmaktadır. Belirtilen alanlardan da anlaşılabileceği gibi çok geniş uygulama alanı olan yapay sinir ağı metodu alt başlıklar olarak tahmin, sınıflandırma, veri ilişkilendirme, veri yorumlama ve veri filtreleme işlemlerinde sıkça kullanılan bir araçtır. Bunlar dışında uygulama alanlarına aşağıdaki örnekler verilebilir;

- Kalite kontrol
- Finansal tahmin
- Optimizasyon(gezgin satıcı, araç rotalama vb.)
- Konuşma, parmak izi, retina tanımlama
- Deneysel araştırmalar için tahmin çalışmaları
- Ekonometrik tahmin

Yapay sinir ağlarının kullanım alanı olarak sayılabilecek başlıklar arttırılabilir. Hamzaçebi(2011) çalışmasından yola çıkarak hazırlanmış olan Şekil 3.11 YSA' nın kullanım alanı ve uygun model yapısını özetlemektedir.



Şekil 3.11. Kullanım amaçlarına göre YSA modelleri

### 3.5. Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları

Birçok uygulamada sıklıkla kullanılan yapay sinir ağı modelidir. Model temel olarak girdi, gizli katman ve çıktı katmanından oluşmaktadır. Katmanlardaki işlemler bir önceki katmanlardaki işlemlere bağlı olarak ilerler. Giriş katmanı yapay sinir ağına verilerin alındığı katman olarak tanımlanabilir. Girdi katmanındaki veriler ağına tanıtılır ve gizli katmana gelir. Gizli katman gelen verilerin işlendiği aşamadır burada girişler ve ağırlıklar çarpılarak toplanır. İşlenen veri çıktı katmanına iletilir belirlenen transfer fonksiyonuna göre oluşan veriler o nöronun çıkış değeridir ve dış dünyaya aktarılır.

Çok katmanlı YSA modelinde akış ileri yönlü olduğu için ileri beslemeli ağ tipindedir. Bu model için öğrenme algoritması olarak sıklıkla ‘Geri yayılım algoritması’ kullanılmaktadır. Geri yayılım algoritmasının tercih edilme sebebi olarak matematiksel açıdan kolaylıkla ispatlanabilir olması gösterilebilir. Geri yayılım algoritması eğitim

veri seti için en küçük hatayı sağlayacak şekilde ağırlıkların belirlenmesini sağlar. Ağırlıklar eşitlik (3.9)'da verilen hata fonksiyonunun minimize edilmesi ile belirlenir. Hata değeri en küçük oluncaya kadar ağırlık hesapladığı ağırlık değerleri düzenlenir.

$$E = \frac{1}{2} (x_t - y_t)^2 \quad (3.9)$$

### 3.5.1. Çok katmanlı YSA temel yapısı

Çok katmanlı YSA yapısı girdi katmanı, gizli katman ve çıktı katmanından oluşmaktadır. Ağ yapısının belirlenmesinde bu üç temel yapı göz önüne alındığı zaman girdi nöronu sayısı, gizli nöron sayısı ve çıktı nöron sayısı öneme sahiptir.

#### 3.5.1.a. Girdiler

Girdiler, deney sonucunda elde edilmiş, kayıtlardan ulaşılmış, dış dünyadan alınan verileridir. Eğitim veri setinde girdilere göre olan çıktı durumuna göre eğitim gerçekleştirilmektedir. Girdilerin ağırlıklarına göre öğrenme işlevi yerine getirilerek, eğitim aşaması gerçekleştirilir (Öztemel 2006).

Girdiler neden sonuç problemleri için bağımsız değişkenleri ifade etmektedir. Ön çalışma olarak probleme etki eden girdiler belirlenmelidir. Bağımsız değişkenlerin seçimine özen gösterilmeli ve modeli şişirecek çok fazla sayıda değişken kullanımından kaçınılmalıdır. Ayrıca bağımsız değişkenler arasında mevcut olabilecek çoklu doğrusal bağlantı ya da birlikte değişim gibi durumların varlığı araştırılmalı, eğer varsa bu durum giderilmeye çalışılmalıdır (Hamzaçebi 2011).

#### 3.5.1.b. Girdi nöronu sayısı ve veri normalizasyonu

Girdi nöronu sayısı tahmin problemleri için bağımsız değişkenin sayısını ifade etmektedir. Literatürde kullanımının etkili olduğu kanıtlanmış ya da farklı istatistiksel

yöntemler kullanılarak belirlenmiş bağımsız değişkenler elektronik ortamda düzenlenmelidir.

Veri normalizasyonu farklı veri grupları arasındaki dengesizliği gidermek veya aynı veri kümesi içinde olan aşırı büyük/küçük verilerin olumsuzluklarını giderebilmek için yapılan ön çalışmadır. Birçok veri normalizasyon yöntemi bulunmaktadır. Araştırmacı hangi yöntemi seçeceğine kendi veri yapısına göre karar vermek durumundadır. YSA çalışmalarında dikkat edilmesi gereken bir aşama olan normalizasyon işlemlerinden uygun olan model deneme yanılma yoluyla da belirlenebilir. Yapay sinir ağlarının eğitimi, ham veri setine normalizasyon işlemi uygulanmazsa oldukça zaman alıcı olabilir. Normalleştirme işlemlerinde farklı teknikler kullanılabilir (Yavuz ve Deveci 2012). Literatürde kullanılmış veri normalizasyon yöntemlerinden bazıları; doğrusal normalizasyon, basit normalizasyon ve istatistiksel normalizasyon olarak sıralanabilir:

- Doğrusal normalizasyon ([0,1] aralığı)

$$x' = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$$

- Doğrusal normalizasyon([a,b] aralığı)

$$x' = (b - a) \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} + a$$

- Basit normalizasyon

$$x' = \frac{x_i}{x_{\max}}$$

- İstatistiksel normalizasyon

$$x' = \frac{x_i - \bar{x}}{s}$$

Verileri normalleştirme için farklı bir yaklaşım da, Lachtermacher and Fuller (1995) tarafından önerilmektedir. Yazarlar, bütün verileri eğitim kümesindeki en büyük veriden daha büyük bir sayıya bölmenin eğitim kümesindeki verilerden daha büyük değerlerde tahminin ortaya çıkabileceği ihtimalinde oluşabilecek problemleri bertaraf etmeye sağlayacağını ifade etmektedir. Yazarlar, bu sayının eğitim kümesindeki en büyük sayının %30–100 fazlası olabileceğini belirtmektedirler (Hamzaçebi 2011).

### 3.5.1.c. Gizli nöron sayısı

Gizli nöron sayılarının tespitinde kesinleşmiş kurallar yoktur. Gizli nöron sayısı problem büyüklüğüne bağlı olarak değişebilir. Genel olarak şunu söylemek gerekir: az sayıda gizli nöron veri yapısındaki ilişkiyi öğrenmede başarısız olabilir, çok sayıda gizli nöron ise ağıın öğrenmesi yerine ezberlemesine sebep olur. En uygun gizli nöron sayısını belirlemek için, deney tasarımı yapılabilir, ya da az sayıda gizli nöron ile başlayıp doğrulama kümesi için ağıın performansı bozuluncaya kadar gizli nöron sayısı artırılır (Hamzaçebi 2011). Bazı çalışmalarda gizli nöron sayısının tespit edilmesi için birçok deneme yapıldığı görülmektedir.

### 3.5.1.d. Toplama fonksiyonu

Toplama fonksiyonu girdilerin ağırlık değerleriyle çarpılarak toplanması işlemini görür. Bu işlemde amaç bilgilerin birleştirilmesi olduğu söylenebilir. Toplama fonksiyonu aktivasyon işleminden önce gerçekleşmektedir, bu işlem sonrası nöronun girdisi oluşur ve aktivasyon fonksiyonunda işlenerek bu nöronun çıktısı durumda olurlar. Herhangi bir  $j$  nöronunun toplam girdisini diğer nöronlardan gelen değerlerin ağırlıklı toplamı ve eşik (bias) değerinin toplamı oluşturur (Hamzaçebi 2011). Bağlantı eşitlik (3.10)'da verilmiştir.

$$y_j = \sum_i (w_{ij} \times x_i) + b_j \quad (3.10)$$

$x_i$  = i nöronunun çıktı değeri

$w_{ij}$  = i nöronu ile j nöronu arasındaki bağlantı ağırlığı

$b_j$  = j nöronu için bias değeri

$y_j$  = j nöronunun net girdi değeri

Eşitlik (3.10)' da belirtilmiş olan toplama fonksiyonu dışında kullanılan birleştirme fonksiyonları şunlardır:

Çarpım Birleştirme fonksiyonu

$$y_j = \prod (w_{ij} \times x_i)$$

Maksimum Birleştirme fonksiyonu

$$y_j = Maks(w_{ij} \times x_i)$$

Minimum Birleştirme fonksiyonu

$$y_j = Min(w_{ij} \times x_i)$$

Signum Birleştirme fonksiyonu

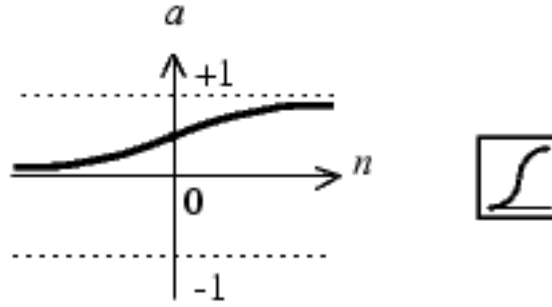
$$y_j = \sum_i Sgn(w_{ij} \times x_i)$$

### 3.5.1.e. Aktivasyon fonksiyonu ve çıktı

Yapay sinir ağları için önemli konulardan biriside aktivasyon fonksiyonudur. Aktivasyon fonksiyonu girdi değerine farklı bir dönüşüm sağlayan lineer ya da non-lineer fonksiyon olarak tanımlanabilir. Aktivasyon fonksiyonu ağın hızını, ağırlık değerlerini, performansını etkilemektedir. Çalışmalarda farklı aktivasyon fonksiyonu değerlerine göre çalışılarak sonuçlar değerlendirilmektedir. Çok katmanlı yapay sinir ağlarında kullanılan aktivasyon fonksiyonları sigmoid, hiperbolik tanjant ve doğrusal aktivasyon fonksiyonlarıdır.

- **Sigmoid Aktivasyon Fonksiyonu:** Logsig olarak da karşımıza çıkabilen aktivasyon fonksiyonu  $[0,1]$  aralığında değer alabilmektedir. Sigmoid fonksiyonu doğrusal değişim göstermemektedir. İlgili bağıntı ve değişim grafiği sırasıyla eşitlik(11) ve Şekil 3.12'de verilmiştir.

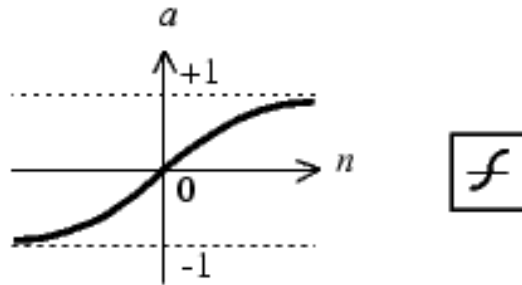
$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (3.11)$$



**Şekil 3.12.** Sigmoid aktivasyon fonksiyonu değişim grafiği

- **Hiperbolik Tanjant Aktivasyon Fonksiyonu:** Tansig olarak da isimlendirilen fonksiyon gelen girdileri  $[-1,1]$  değer aralığında işler. Fonksiyona ait bağıntı eşitlik (3.12) ve değişim grafiği Şekil 3.13’de verilmiştir.

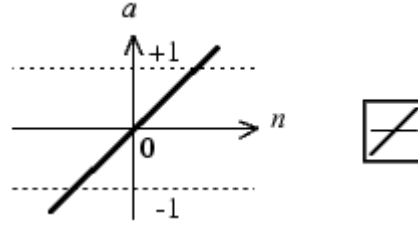
$$f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (3.12)$$



**Şekil 3.13.** Hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu değişim grafiği

- **Doğrusal Aktivasyon Fonksiyonu:** Özdeşlik fonksiyonu olarak da isimlendirilebilen fonksiyon gelen değerlerin dönüştürülmeden kullanıldığı fonksiyondur.

$$f(x) = x \quad (3.13)$$



**Şekil 3.14.** Doğrusal aktivasyon fonksiyonu değişim grafiği

Genel olarak aktivasyon fonksiyonu olarak yukarıda belirtilen fonksiyonlar kullanılmaktadır. Çıktı katmanında aktivasyon fonksiyonunda işlenen değerler dış dünyaya sunulur, bu değerler çıktı olarak isimlendirilir. Gerçek değerlerle ağın verdiği değerlerin karşılaştırılması gerekmektedir. Bu değerler MAPE, MSE, MAE gibi performans ölçütlerine göre değerlendirilirler. Değerlendirme yapılmadan önce normalize edilerek ağa sunulan verilere göre çıktı üretileceğinden dolayı yapılacak olan değerlendirme işlemi çıktı değerlerinin dönüştürülmüş haliyle yapılmalıdır. Aksi halde sonuçlar yanıltıcı olacaktır. Performans ölçütlerinin bazıları eşitlik (3.14), (3.15) ve (3.16)'da verilmiştir. Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde MAPE değerleri dikkate alınarak ağ tasarımına karar verilmiştir.

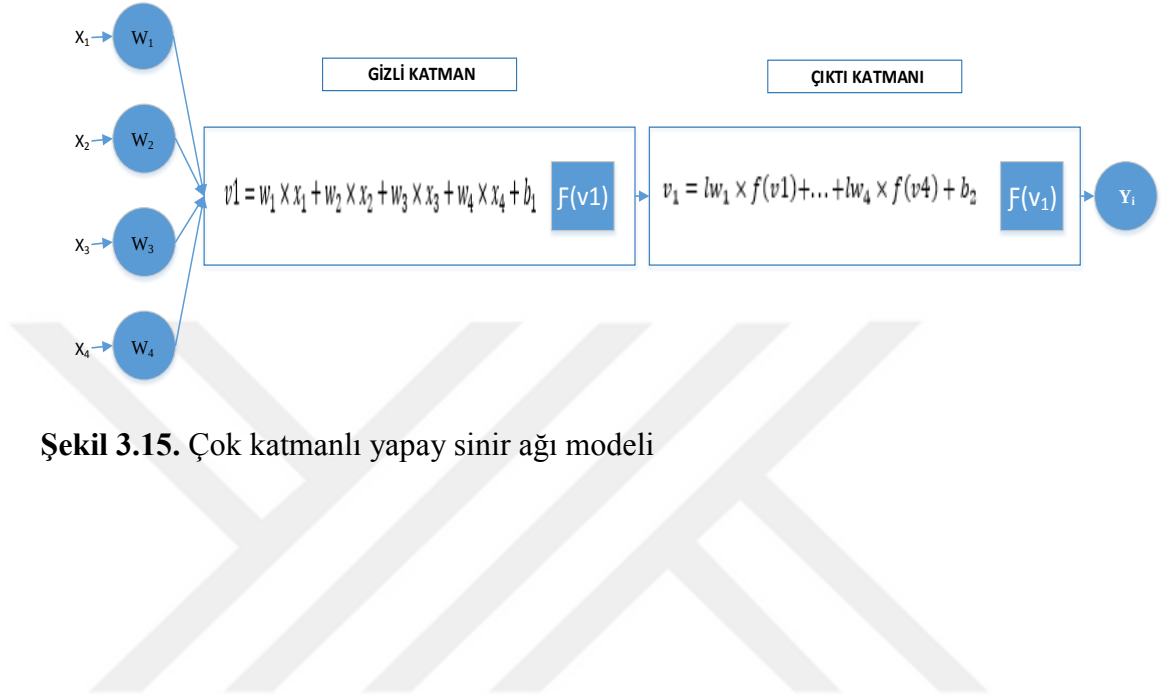
$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{x_{i,gerçek} - x_{i,tahmin}}{x_{i,gerçek}} \right| * 100 \quad (3.14)$$

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{i,gerçek} - x_{i,tahmin})^2 \quad (3.15)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_{i,gerçek} - x_{i,tahmin}| \quad (3.16)$$

İfade edilen çok katmanlı yapay sinir ağları modelinden iki katmanlı ağ yapısı şekil 3.15'de gösterilmiştir. Verilen şekilde  $x$  değerleri girdileri,  $w$  değerleri girdi katmanıyla gizli katman nöronlarını birbirine bağlayan ağırlık değerlerini,  $lw$  değerleri gizli katman

ve çıktı katmanı arasındaki ağırlık değerlerini,  $f(v_1)$  ve  $f(v_1)$  gizli katman ve çıktı katmanı için aktivasyon fonksiyonlarını ifade etmektedir.

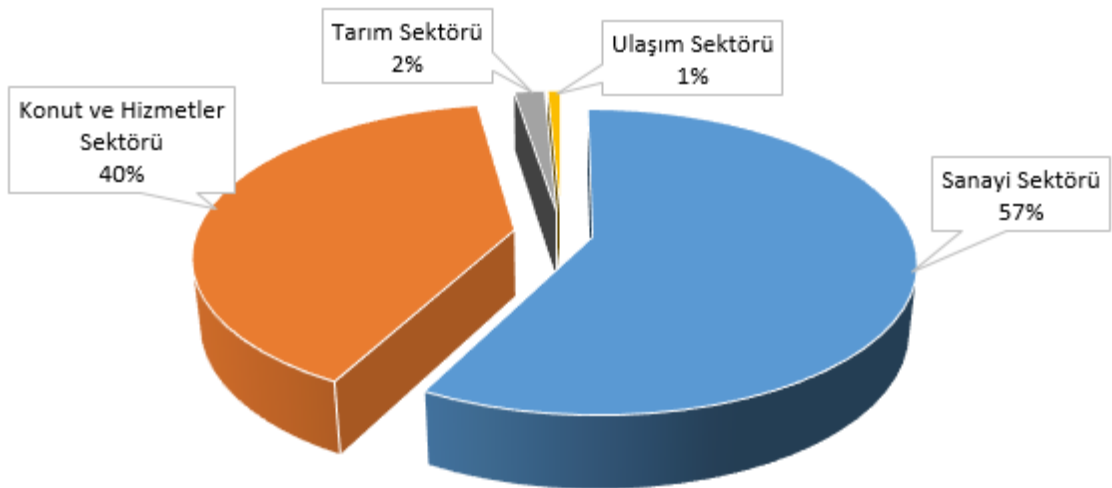


**Şekil 3.15.** Çok katmanlı yapay sinir ağı modeli

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Ülkelerin gelişmişlik düzeyiyle yakından ilgili olan elektrik enerjisi tüketim miktarları farklı makale ve kaynaklardan incelenerek gelecek yıllar için tüketim miktarının nasıl olacağı konusu üzerinde çalışılmıştır. Ülkemizde nüfusun artması, sanayileşmenin hız kazanması, gelişen hizmet sektörü elektrik tüketimi arttırmıştır.

Sektörel açıdan değerlendirilen elektrik enerjisi tüketimi sanayi, konut, tarım ve ulaşım başlıklarından oluşmaktadır. Sanayi sektörü elektrik tüketiminde lider rolündedir. Gerek tüketimde gerek tasarrufta en büyük dilim sanayi sektörüne aittir. Sanayi sektörünü takip eden konut sektöründeki elektrik tüketimi hem inşaat sektöründeki hem de ev ve iş yerlerinde kullanılan elektronik teknolojisindeki ilerlemelerle beslenmektedir. Tarım ve ulaşım sektörü tüketimde büyük bir yüzdeye sahip olmasa da tarımda kullanılan makine ve aletler, ulaşım da çevreye duyarlı olması açısından elektrikli araçlara artan ilgi sebebiyle çalışmada yer almıştır. Şekil 4.1’de 1970-2014 yılları için ortalama sektörel elektrik tüketim payları verilmiştir.



**Şekil 4.1.** Elektrik enerjisi tüketiminin sektörlere göre dağılımı

Çalışmada her sektör için farklı bağımsız değişkenler kullanılmıştır. Bu değişkenler literatürdeki çalışmalarda kullanılmış olan değişkenlerden yola çıkarak belirlenmiştir.

Elektrik talebi, elektrik ihtiyacı bulunan alanın talebine ve sağlayıcı ekipmana duyulan talebe bağlıdır. Hane bireyleri gelirlerine ve ödemelerine; işletmeler ise verimlerine bağlı olarak elektrik talep ederler. Dolayısıyla, elektrik talebi tüketici gruplarının elektriği kullanım amaçlarına göre değişmektedir (Akan ve Tak 2003). Bu sebeple her sektör için ayrı değişkenler belirlenerek, farklı veri tabanlarından zaman serisi verilerine ulaşılmıştır. Bağımsız değişkenlerin belirlenmesinde literatürde sıkça kullanılan değişkenlerin yanı sıra regresyon analiziyle anlamlı çıkan bağımsız değişkenlere yer verilmiştir. Bağımsız değişkenlerin seçiminde önemli bir diğer husus da modele yıllara göre yeterli veri sayısına sahip olan değişkenlerin dahil edilmiş olmasıdır. Çizelge 4.1’de her bir sektör için kullanılan değişkenler gösterilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Sektörler ve değişkenleri ile ilgili bilgiler

| SEKTÖR             | KULLANILAN DEĞİŞKENLER            | VERİLERİN ELDE EDİLDİĞİ KAYNAK |
|--------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| SANAYİ             | Sanayi Katma Değer                | WorldBank                      |
|                    | Nüfus                             | TÜİK                           |
|                    | İthalat                           | TÜİK                           |
|                    | İhracat                           | TÜİK                           |
| KONUT ve HİZMETLER | GSYH                              | WorldBank                      |
|                    | Nüfus                             | TÜİK                           |
|                    | Bina Yüzölçümü                    | TÜİK                           |
|                    | Yeni Bina Sayısı                  | TÜİK                           |
| TARIM              | Nüfus                             | TÜİK                           |
|                    | Tarımsal Alan                     | WorldBank                      |
|                    | Tarım Katma Değer                 | WorldBank                      |
| ULAŞIM             | GSYH                              | WorldBank                      |
|                    | Nüfus                             | TÜİK                           |
|                    | Demiryolu Elektrikli Hat Uzunluğu | TÜİK                           |
|                    | Karayolu Uzunluğu                 | TÜİK-KGM                       |

Gelecek yıllar için tahmin yapıldığından, gelecek değerler için literatürde farklı senaryolara göre hesaplamalarla ya da tahmin periyodunun sonunda en büyük değerin var olan en yüksek gözlem değerinin %30-%100'ü arasında değere sahip olacağı var sayılarak hesaplama yapılmaktadır. Bu şekilde yapılmasının sebebi tahmin yapılırken girilecek verilerin normalizasyon sorununu ortan kaldırmak içindir. Çalışmada farklı senaryolar oluşturmak yerine elde edilmiş veriler için SPSS programında ön tahmin çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Ön tahmin çalışmalarında MAPE değeri dikkate alınmıştır ve %0-%15 aralığında hata değerine sahip olan modeller kullanılmıştır. SPSS exper modeler modülüyle en uygun model belirlenmektedir. Bu modülde tüm modeller arasında toplamda uyum iyiliği en iyi olan model belirlenmektedir. Ön tahmin çalışması sonrasında tüm veri setine  $[0,1]$  aralığında doğrusal normalizasyon işlemi uygulanmıştır. Veri setindeki değerler %80 eğitim %20 test olmak üzere iki bölüme ayrılarak MATLAB 'nntool' ile YSA ortamında çalışılmıştır.

Veri setindeki değerler 1970-2013 yılları değerleridir. Veri seti değerleri ilk olarak yıl sıralamasına göre ayrılıp çalışılmıştır. Ancak bu guruplandırmada büyük değerler genelde test kümesine düşmüştür ve çıkan sonuçlar doğrultusunda ağın iyi eğitilemediği gözlemlenmiştir. Bu durumu ortadan kaldırmak için yıllar rassal olarak karıştırılarak ağa sunulmuştur. Bu aşamada dikkat edilen durum tüm veri seti için aynı sıralamanın olmasıdır ve büyük küçük değerlerin yeterli bir şekilde eğitim ve test kümelerinde bulunmasıdır. Ağ sonuçları değerlendirilirken program ortamında MSE veya SSE değerleri dikkate alınmıştır. Eğitim ve test kümesi sonuçlarının değerlendirilmesi için Excel ortamında normleştirilmiş değerler gerçek çıktılarına dönüştürülmüştür. Gerçek çıktıların MAPE değerlerine göre 2030 yılına kadar tahmin yapacak olan ağ yapısına karar verilmiştir. MAPE sonuçlarına göre eğitim ve test kümesi için %0-%10 aralığında sonuç veren ağ yapısı kabul edilerek tahmin yapılmıştır. Sırasıyla sanayi, konut ve hizmetler, tarım ve ulaşım için yapılan çalışmalar ilerleyen başlıklarda detaylandırılarak açıklanmıştır. Her sektör için ayrı ayrı yapılan çalışmaların ortak özelliği olarak Bayesyen düzeltmeye dayalı geri yayılım algoritması kullanılmıştır. Her model için farklı denemeler içinde en iyi sonucu veren algoritma olmuştur.

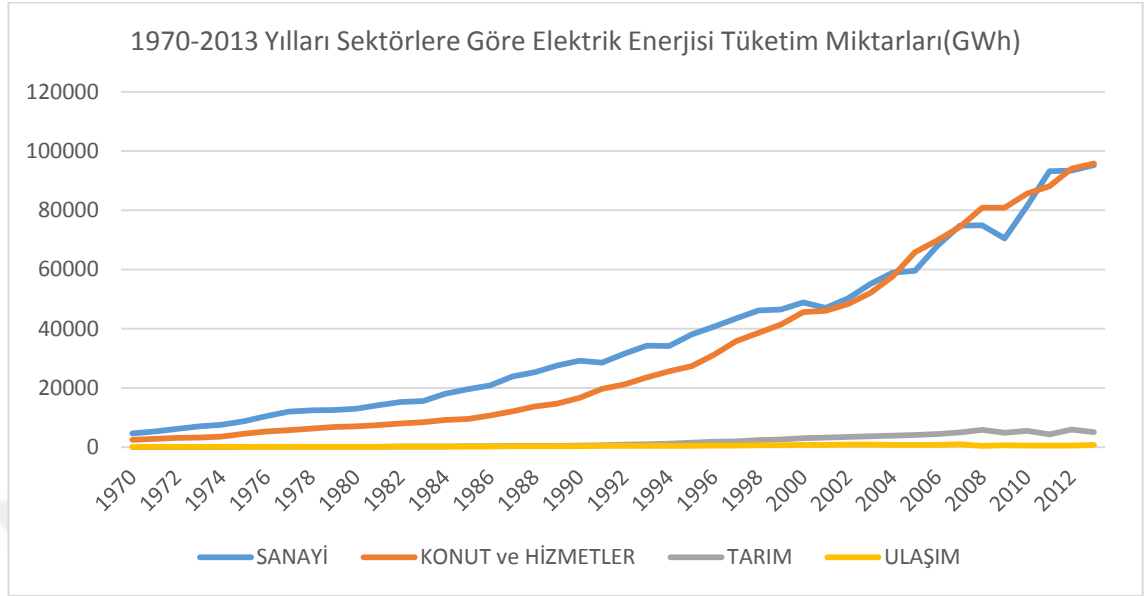
Tahmin çalışmasının yapıldığı sanayi, konut, tarım ve ulaşım sektörleri için veriler Çizelge 4.2 ile verilmiştir. Bu veriler Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi internet sitesinden ulaşılan ‘Türkiye Enerji Denge Tabloları’ kaynaklarından yararlanarak düzenlenmiştir.

**Çizelge 4.2.** Sektörlere ve yıllara göre net elektrik enerjisi tüketimi (GWh) (DEKTMK)

| SEKTÖRLERE GÖRE NET ELEKTRİK ENERJİSİ TÜKETİM MİKTARI(GWh) |        |                       |       |        |
|------------------------------------------------------------|--------|-----------------------|-------|--------|
| YILLAR                                                     | SANAYİ | KONUT ve<br>HİZMETLER | TARIM | ULAŞIM |
| 1970                                                       | 4690   | 2502                  | 36    | 80     |
| 1971                                                       | 5345   | 2820                  | 41    | 83     |
| 1972                                                       | 6192   | 3180                  | 47    | 108    |
| 1973                                                       | 7085   | 3274                  | 54    | 117    |
| 1974                                                       | 7579   | 3600                  | 57    | 123    |
| 1975                                                       | 8745   | 4519                  | 75    | 153    |
| 1976                                                       | 10505  | 5295                  | 105   | 174    |
| 1977                                                       | 11983  | 5706                  | 129   | 151    |
| 1978                                                       | 12406  | 6238                  | 131   | 159    |
| 1979                                                       | 12538  | 6823                  | 149   | 153    |
| 1980                                                       | 13008  | 7081                  | 160   | 149    |
| 1981                                                       | 14206  | 7500                  | 169   | 155    |
| 1982                                                       | 15198  | 8015                  | 188   | 186    |
| 1983                                                       | 15576  | 8464                  | 224   | 201    |
| 1984                                                       | 18027  | 9165                  | 260   | 184    |
| 1985                                                       | 19608  | 9576                  | 311   | 213    |
| 1986                                                       | 20886  | 10756                 | 326   | 242    |
| 1987                                                       | 23873  | 12126                 | 398   | 300    |
| 1988                                                       | 25258  | 13684                 | 425   | 354    |
| 1989                                                       | 27603  | 14693                 | 464   | 360    |
| 1990                                                       | 29212  | 16688                 | 575   | 345    |

**Çizelge 4.2. (devam)**

|      |         |       |      |     |
|------|---------|-------|------|-----|
| 1991 | 28512   | 19664 | 712  | 395 |
| 1992 | 31536   | 21152 | 859  | 438 |
| 1993 | 34247   | 23523 | 989  | 478 |
| 1994 | 34138   | 25579 | 1194 | 490 |
| 1995 | 38007   | 27384 | 1513 | 490 |
| 1996 | 40638   | 31155 | 1825 | 539 |
| 1997 | 43491   | 35777 | 2012 | 604 |
| 1998 | 46139   | 38567 | 2348 | 651 |
| 1999 | 46480,3 | 41433 | 2625 | 664 |
| 2000 | 48842   | 45664 | 3070 | 720 |
| 2001 | 46989   | 46058 | 3203 | 820 |
| 2002 | 50292   | 48336 | 3490 | 830 |
| 2003 | 55099   | 52120 | 3657 | 890 |
| 2004 | 58879   | 57637 | 3895 | 731 |
| 2005 | 59568   | 65833 | 4113 | 749 |
| 2006 | 68027   | 69813 | 4441 | 790 |
| 2007 | 74828   | 74391 | 4981 | 936 |
| 2008 | 74850   | 80805 | 5806 | 485 |
| 2009 | 70470   | 80886 | 4879 | 659 |
| 2010 | 81378   | 85634 | 5509 | 543 |
| 2011 | 93151   | 88056 | 4360 | 531 |
| 2012 | 93332   | 93977 | 5937 | 510 |
| 2013 | 95255   | 95708 | 5142 | 772 |



**Şekil 4.2.** Yıllara ve sektörlere göre elektrik enerjisi tüketim miktarları grafiği

#### 4.1. Sanayi Sektöründe Elektrik Tüketimi Tahmini

Sanayi sektörü elektrik tüketiminin yaklaşık %57'sini (1970-2013 yılları için ortalama değer) oluşturmaktadır. Bu değer dikkate alındığı zaman elektrik üretimi için sanayinin önemi anlaşılabilmektedir. Elektrik piyasası için göz ardı edilemeyecek olan bu dilime karşın üretim planlaması önemlidir.

Sanayide tüketilen elektrik miktarını tahmin etmek için bağımsız değişken olarak sanayi katma değeri, nüfus, ithalat ve ihracat verileri belirlenmiştir. Nüfus, ithalat ve ihracat verilerine TÜİK'den ulaşılmış olup katma değer verilerine Worldbank veri tabanından ulaşılmıştır.

##### 4.1.1. Nüfus

Ülkelerin enerji tüketimini etkileyen en belirgin faktör nüfustur. Bunun sebebi ülkenin kişi sayısındaki artış her alanda ihtiyacı artırmakla birlikte tüketimini de arttırmaktadır. Nüfus miktarı neredeyse şimdiye dek yapılmış tüm enerji tahmin çalışmalarında

değişken olarak kullanılmaktadır. Yıllara göre nüfus ve gelecek öngörü değerleri TÜİK web sayfasından edinilmiştir Çizelge 4.3’de projeksiyon değerleri verilmiştir.

**Çizelge 4.3.** TÜİK nüfus projeksiyon değerleri

| YILLAR | Nüfus(10 <sup>6</sup> ) | YILLAR | Nüfus(10 <sup>6</sup> ) |
|--------|-------------------------|--------|-------------------------|
| 2013   | 74,93                   | 2022   | 83,54                   |
| 2014   | 77,32                   | 2023   | 84,25                   |
| 2015   | 78,15                   | 2024   | 84,94                   |
| 2016   | 78,97                   | 2025   | 85,57                   |
| 2017   | 79,77                   | 2026   | 86,18                   |
| 2018   | 80,55                   | 2027   | 86,78                   |
| 2019   | 81,32                   | 2028   | 87,35                   |
| 2020   | 82,08                   | 2029   | 87,90                   |
| 2021   | 82,82                   | 2030   | 88,43                   |

#### 4.1.2. İthalat ve ihracat

İthalat ve ihracat verileri ülkenin ticari akışıyla ilgili bilgi sağlamaktadır. Veriler 1970-2013 yılları için TÜİK’den alınmıştır. Uzlu *et al.*(2014) çalışmasında yer alan senaryolarda ithalat ve ihracat değerleri için sırasıyla %13,17 ve %11,2 değerleri esas alınmıştır. Eren (2013) çalışmasında da ihracat değerinin 2013-2030 yılları için yıllık ortalama %11,2 büyümeye sahip olacağı hesaplanmıştır. 2030 yılına kadar ithalat ve ihracat değerleri bu projeksiyonlar dikkate alınarak Çizelge 4.4’de ithalat, Çizelge 4.5’de ihracat öngörü değerleri sunulmuştur.

**Çizelge 4.4. İthalat öngörü değerleri**

| YILLAR | İTHALAT(Bin \$ 10 <sup>5</sup> ) | YILLAR | İTHALAT(Bin \$ 10 <sup>5</sup> ) |
|--------|----------------------------------|--------|----------------------------------|
| 2013   | 2516,613                         | 2022   | 7662,99                          |
| 2014   | 2848,05                          | 2023   | 8672,20                          |
| 2015   | 3223,14                          | 2024   | 9814,33                          |
| 2016   | 3647,63                          | 2025   | 11106,88                         |
| 2017   | 4128,02                          | 2026   | 12569,66                         |
| 2018   | 4671,68                          | 2027   | 14225,08                         |
| 2019   | 5286,94                          | 2028   | 16098,53                         |
| 2020   | 5983,23                          | 2029   | 18218,70                         |
| 2021   | 6771,22                          | 2030   | 20618,10                         |

**Çizelge 4.5. İhracat öngörü değerleri**

| YILLAR | İHRACAT(Bin \$ 10 <sup>5</sup> ) | YILLAR | İHRACAT(Bin \$ 10 <sup>5</sup> ) |
|--------|----------------------------------|--------|----------------------------------|
| 2013   | 1518,03                          | 2022   | 3946,59                          |
| 2014   | 1688,05                          | 2023   | 4388,61                          |
| 2015   | 1877,11                          | 2024   | 4880,14                          |
| 2016   | 2087,34                          | 2025   | 5426,71                          |
| 2017   | 2321,13                          | 2026   | 6034,50                          |
| 2018   | 2581,09                          | 2027   | 6710,37                          |
| 2019   | 2870,17                          | 2028   | 7461,93                          |
| 2020   | 3191,63                          | 2029   | 8297,67                          |
| 2021   | 3549,10                          | 2030   | 9227,00                          |

**4.1.3. Sanayi katma değer verisi**

Worldbank veri tabanından ulaşılan değerler madencilik, su, gaz, elektrik, inşaat ve çeşitli üretimlerden oluşan değerleri içermektedir. Şahin (1994), çalışmasında enerji tüketim tahmin çalışmalarında sektörel katma değerlerinin önemini vurgulamıştır.

Buradan yola çıkarak sanayi katma değer verilerinin modele dahil edilmesi uygun görülmüştür. Sanayi katma değer verileri GSYH için alınan artış projeksiyon değerine göre yıllık ortalama %3,3 olarak alınmıştır.

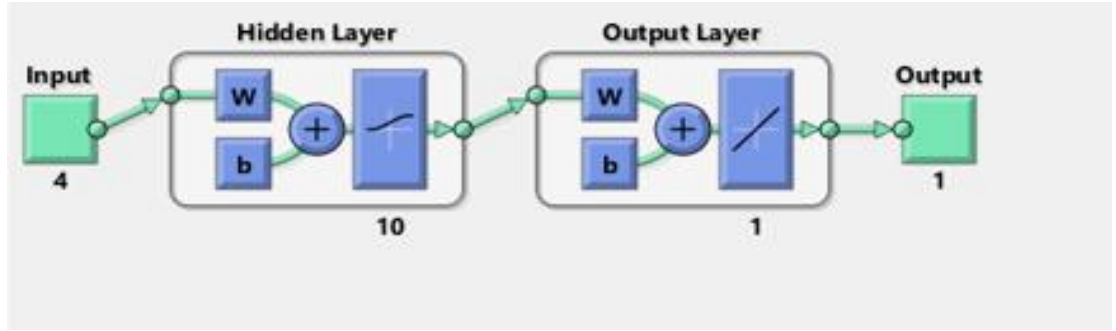
**Çizelge 4.6.** Sanayi katma değer öngörü değerleri

| YILLAR | Sanayi Katma Değeri (Bin \$ 10 <sup>6</sup> ) | YILLAR | Sanayi Katma Değeri (Bin\$ 10 <sup>6</sup> ) |
|--------|-----------------------------------------------|--------|----------------------------------------------|
| 2013   | 40096,92                                      | 2022   | 53821,16                                     |
| 2014   | 41509,79                                      | 2023   | 55597,26                                     |
| 2015   | 42879,61                                      | 2024   | 57431,97                                     |
| 2016   | 44294,64                                      | 2025   | 59327,22                                     |
| 2017   | 45756,36                                      | 2026   | 61285,02                                     |
| 2018   | 47266,32                                      | 2027   | 63307,43                                     |
| 2019   | 48826,11                                      | 2028   | 65396,57                                     |
| 2020   | 50437,37                                      | 2029   | 67554,66                                     |
| 2021   | 52101,80                                      | 2030   | 69783,96                                     |

#### 4.1.4. Sanayi sektörü için YSA ağ tasarımı ve sonuçlar

Ağ tasarımı yapılırken değişken sayıları, girilen değer aralığı vb. durumların önemini olduğu yöntem açıklamasında belirtilmişti. Sanayi için bağımsız değişkenler sanayi katma değeri, nüfus, ithalat ve ihracat verileri olmak üzere dört adet bağımsız değişken bulunmaktadır. Değer aralığı tüm değişkenler için [0,1] olarak normalizasyon yapılmıştır. Ağ tasarımı yapılırken birçok deneme sonucunda eğitim ve test sonuçları olarak en iyi sonucu veren tasarıma karar verilmiştir.

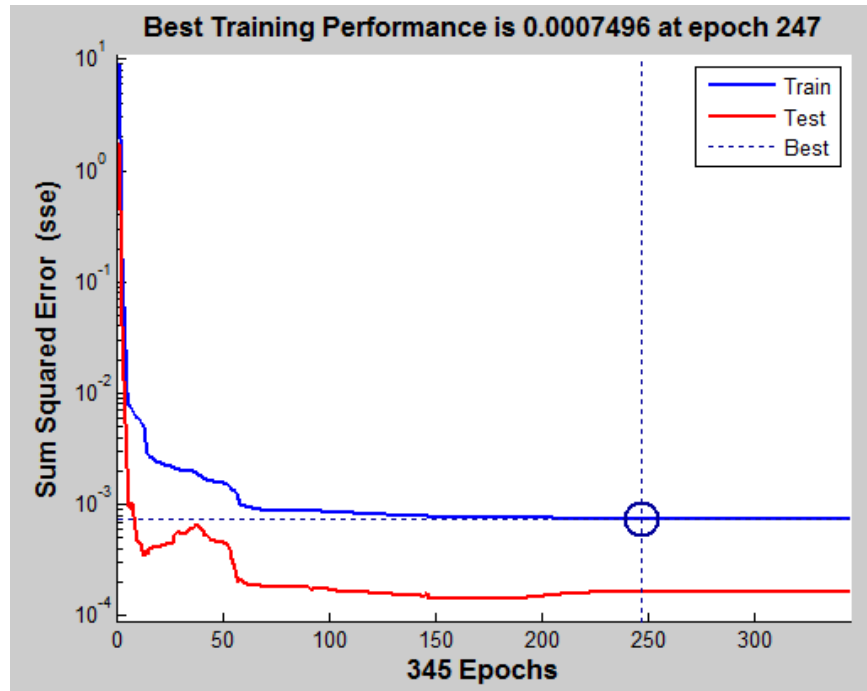
Ağın aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu, 10 nöronlu gizli katman ve purelin transfer fonksiyonu belirlenmiştir. Performans ölçütü SSE, öğrenme fonksiyonu olarak trainbr kullanılmıştır. MATLAB'a girilen ağ yapısı Şekil 4.3'de verilmiştir.



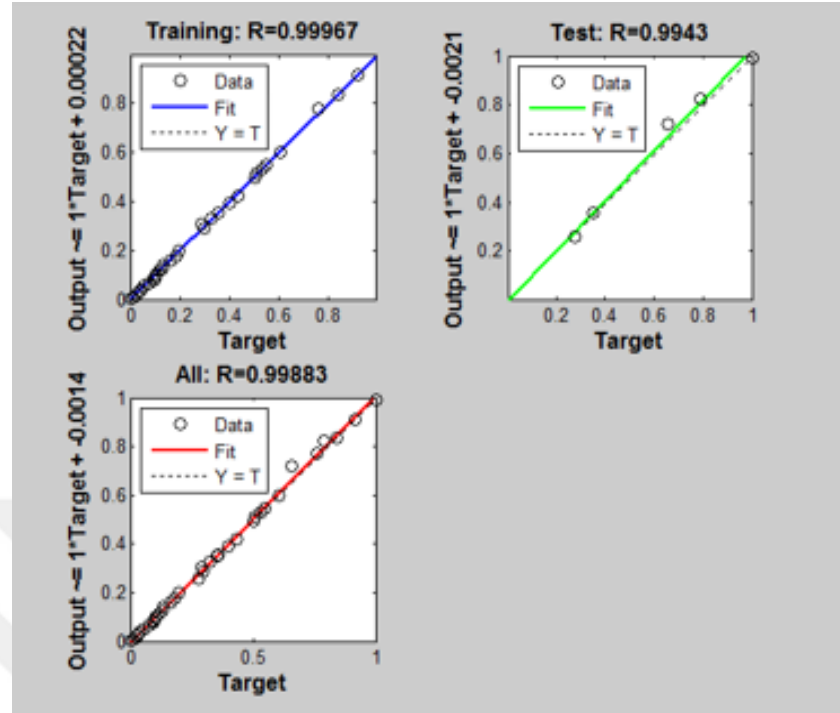
**Şekil 4.3.** Sanayi sektörü için elektrik tüketimi ağ tasarımı

Ağın çalıştırılırken iterasyon sayısı 2000 olarak girilmiştir. Çalışma sonucu Şekil 4.4’de sunulmuştur. Durdurma kriteri değerine 345.iterasyonda ulaşan ağ 247.iterasyonda en iyi SSE değerine sahip olmuştur, oluşan grafik bunu açıklamaktadır.

Ağın eğitimi test ve tahmin simülasyonu sonucunda oluşan sonuçlar Çizelge 4.7 ve 4.8’de verilmiştir.



**Şekil 4.4.** Sanayi sektörü için YSA performans grafiği



Şekil 4.5. Sanayi sektörü YSA regresyon grafiği

Çizelge 4.7. Eğitim ve test kümesi hata değerleri

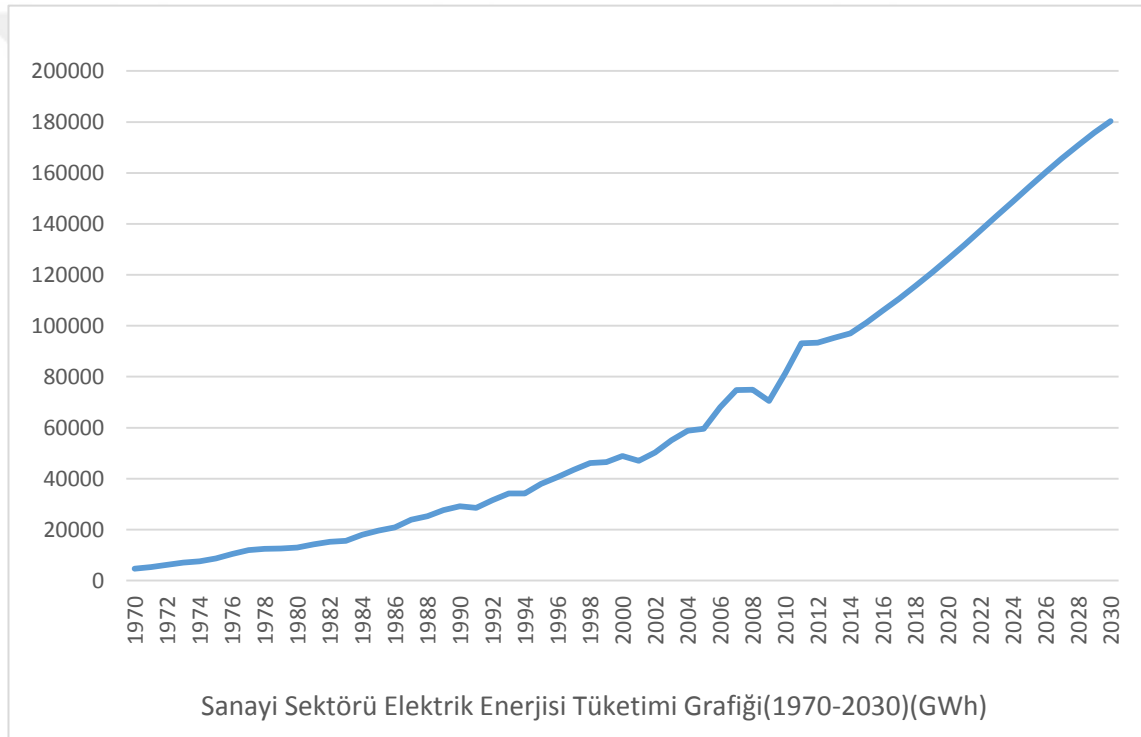
| Veri Gurubu   | MAPE(%) |
|---------------|---------|
| Eğitim Kümesi | 2,00    |
| Test Kümesi   | 2,20    |

Çizelge 4.8. Sanayi sektörü YSA ile yapılmış tahmin sonuçları

| Yıllar             | Sanayi Sektörü Elektrik Tüketimi Tahmin Değerleri (GWh) | Yıllar | Sanayi Sektörü Elektrik Tüketimi Tahmin Değerleri (GWh) |
|--------------------|---------------------------------------------------------|--------|---------------------------------------------------------|
| 2014 (Gerçekleşen) | 99991,00                                                | 2022   | 137358,67                                               |
| 2014               | 97039,13                                                | 2023   | 143082,38                                               |
| 2015               | 101340,97                                               | 2024   | 148833,25                                               |
| 2016               | 105878,27                                               | 2025   | 154556,96                                               |

**Çizelge 4.8. (devam)**

|      |           |      |           |
|------|-----------|------|-----------|
| 2017 | 110641,99 | 2026 | 160171,99 |
| 2018 | 115623,07 | 2027 | 165624,01 |
| 2019 | 120812,44 | 2028 | 170831,49 |
| 2020 | 126182,95 | 2029 | 175749,17 |
| 2021 | 131707,41 | 2030 | 180304,59 |

**Şekil 4.6.** Sanayi sektörü 1970-2030 yılları için gerçek ve tahmini elektrik tüketim değerleri grafiği

#### 4.2. Konut ve Hizmet Sektöründe Elektrik Tüketimi Tahmini

Elektrik tüketiminin yüksek orana sahip olduğu bir diğer sektör de konut sektörüdür. Sektör, elektrik tüketiminin 1970-2013 yılları ortalamasında yaklaşık olarak %40'lık dilimine sahiptir. Konutlarda elektrik tüketiminin tahminini yapabilmek için belirlenen bağımsız değişkenler GSYH, nüfus, bina yüzölçümü ve bina sayısıdır. Bu değişken

değerleri de 1970 ve 2013 yılları arası verileri içermektedir. Bağımlı değişken ise yıllara göre konut ve hizmet sektöründe tüketilen elektrik enerjisi miktarlarıdır. Nüfus verileri sanayi sektörü için kullanılan haliyle dahil edilmiştir.

#### 4.2.1. Gayri safi yurtiçi hasıla (GSYH)

Ülkenin sınırları içerisinde oluşan toplam gelir değerini ifade eden GSYH değerleri WorldBank'dan 1970-2013 yılları için alınmıştır. İlgili birçok tahmin çalışmasında kullanılması ve ülkenin gelişimini, üretkenliğini göstermesi sebebiyle modele dahil edilmiştir.

GSYH projeksiyonuyla ilgili yapılmış çalışmalar incelenmiştir ve 2014-2030 yılları arasında ortalama %3,3 artış olabileceği öngörüsü benimsenmiştir (Hawksworth and Chan 2015). Çizelge 4.9'da GSYH için tahmin edilen değerler sunulmuştur.

**Çizelge 4.9.** 2013-2030 yılları için tahmin edilen GSYH değerleri

| YILLAR | GSYH(Bin \$ 10 <sup>9</sup> ) | YILLAR | GSYH(Bin \$ 10 <sup>9</sup> ) |
|--------|-------------------------------|--------|-------------------------------|
| 2013   | 823,24                        | 2022   | 1102,63                       |
| 2014   | 850,41                        | 2023   | 1139,02                       |
| 2015   | 878,47                        | 2024   | 1176,61                       |
| 2016   | 907,46                        | 2025   | 1215,43                       |
| 2017   | 937,41                        | 2026   | 1255,54                       |
| 2018   | 968,34                        | 2027   | 1296,98                       |
| 2019   | 1000,30                       | 2028   | 1339,78                       |
| 2020   | 1033,31                       | 2029   | 1383,99                       |
| 2021   | 1067,41                       | 2030   | 1429,66                       |

#### 4.2.2. Bina yüzölçümü

SPSS programıyla ön tahminde bulunulan bina yüzölçümü değerleri metrekare birimindedir. Konutun ısınma, aydınlanma ihtiyaçlarına etkisi olması sebebiyle modele dahil edilmiştir. Program en uygun model olarak Brown üstel düzeltme modelini belirlemiştir. Çizelge 4.10’da ilgili veriler gösterilmiştir.

| Model Statistics       |                      |       |       |       |
|------------------------|----------------------|-------|-------|-------|
| Model                  | Model Fit statistics |       |       |       |
|                        | R-squared            | RMSE  | MAPE  | MAE   |
| Bina_yuzolcumu-Model_1 | ,956                 | 6,922 | 9,950 | 4,054 |

**Çizelge 4.10.** Bina yüzölçümü öngörü değerleri

| YILLAR | Bina Yüzölçümü( $m^2 \cdot 10^6$ ) | YILLAR | Bina Yüzölçümü( $m^2 \cdot 10^6$ ) |
|--------|------------------------------------|--------|------------------------------------|
| 2013   | 138,3931                           | 2022   | 277,19                             |
| 2014   | 151,0162                           | 2023   | 293,03                             |
| 2015   | 166,33                             | 2024   | 308,87                             |
| 2016   | 182,17                             | 2025   | 324,7                              |
| 2017   | 198                                | 2026   | 340,54                             |
| 2018   | 213,84                             | 2027   | 356,38                             |
| 2019   | 229,68                             | 2028   | 372,22                             |
| 2020   | 245,52                             | 2029   | 388,05                             |
| 2021   | 261,35                             | 2030   | 403,89                             |

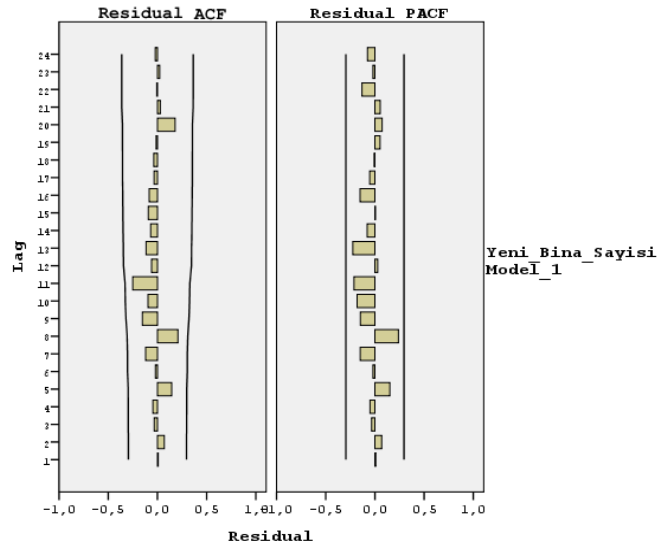
#### 4.2.3. Yeni bina sayısı

Bina sayısındaki değişimi yıllara göre ifade eden değerler elektrik tüketimindeki artış veya azalışı etkileyebilir. Modele alınan yeni bina sayısı veriler SPSS değerlendirmesi sonucunda ARIMA(0,1,0) modeline uyduğu sonucunu vermiştir. Bu sonuca göre

tahmin edilen yıllar içinde sabit bir artışa sahip olduğunu söyleyebiliriz. Çizelge 4.11’da sonuçlar sunulmuştur.

**Model Statistics**

| Model                    | Model Fit statistics |           |        |          |
|--------------------------|----------------------|-----------|--------|----------|
|                          | R-squared            | RMSE      | MAPE   | MAE      |
| Yeni_Bina_Sayisi-Model_1 | ,776                 | 10799,383 | 10,667 | 7367,170 |

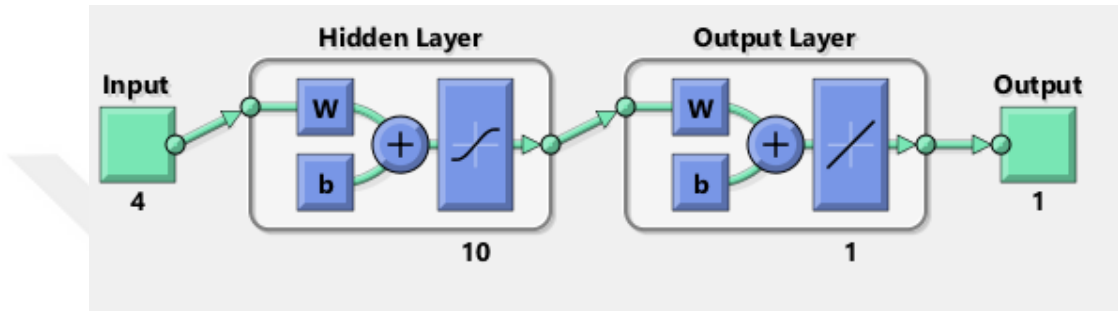


**Çizelge 4.11.** Yeni bina sayısı öngörü değerleri

| YILLAR | Yeni Bina Sayısı | YILLAR | Yeni Bina Sayısı |
|--------|------------------|--------|------------------|
| 2013   | 120898           | 2022   | 138565           |
| 2014   | 123751           | 2023   | 140416,8         |
| 2015   | 125602,8         | 2024   | 142268,5         |
| 2016   | 127454,5         | 2025   | 144120,3         |
| 2017   | 129306,3         | 2026   | 145972           |
| 2018   | 131158           | 2027   | 147823,8         |
| 2019   | 133009,8         | 2028   | 149675,5         |
| 2020   | 134861,5         | 2029   | 151527,3         |
| 2021   | 136713,3         | 2030   | 153379           |

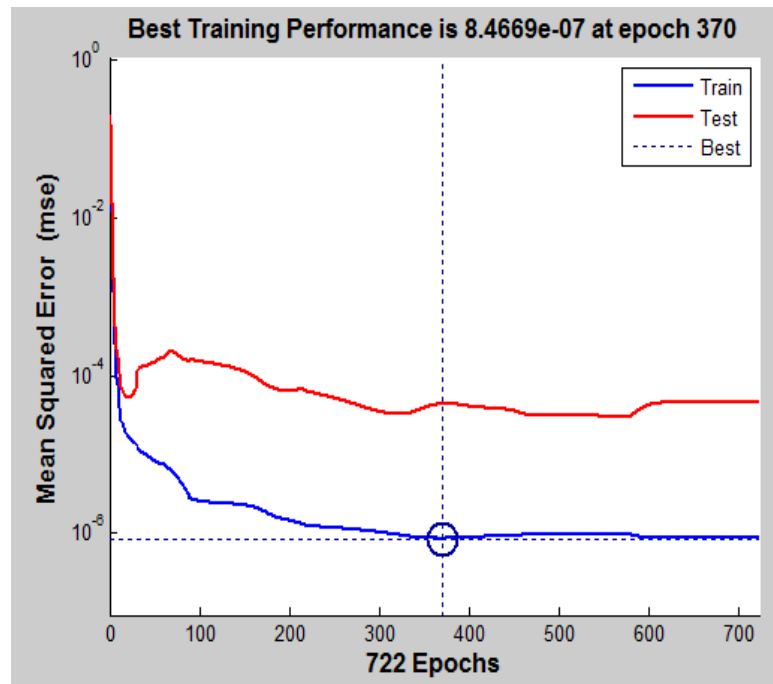
#### 4.2.4. Konut ve hizmetler sektörü için YSA ağ tasarımı ve sonuçlar

Dört bağımsız, bir bağımlı değişkene sahip modelde farklı nöron sayılarıyla yapılan çalışmalar sonucunda en iyi performansı gösteren gizli nöron sayısı 10 olarak belirlenmiştir. Ağ yapısı MATLAB görüntüsü Şekil 4.7’de verilmiştir.

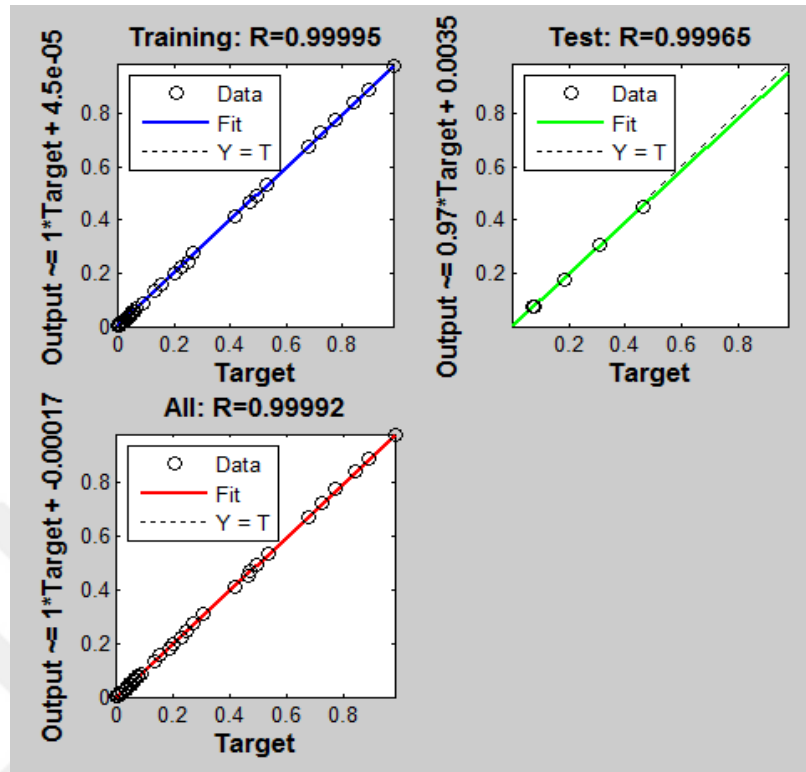


Şekil 4.7. Konut ve hizmetler sektörü için elektrik tüketimi ağ tasarımı

Ağ 722. iterasyonda durdurma değerine ulaşmıştır ve en iyi performans değerini 370. iterasyonda göstermiştir.



Şekil 4.8. Konut ve hizmetler sektörü için YSA performans grafiği



Şekil 4.9. Konut ve hizmetler YSA regresyon grafiği

Çizelge 4.12. Konut ve hizmetler sektörü eğitim ve test kümesi hata değerleri

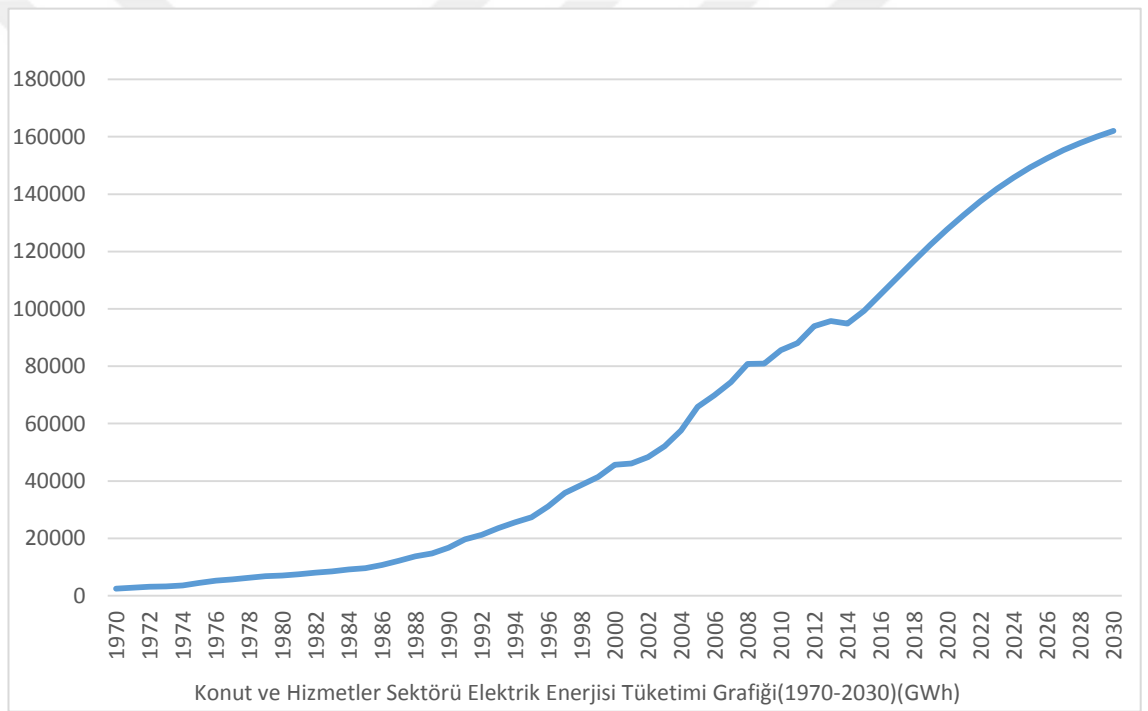
| Veri Gurubu   | MAPE(%) |
|---------------|---------|
| Eğitim Kümesi | 1,36    |
| Test Kümesi   | 3,65    |

Çizelge 4.13. Konut ve hizmetler sektörü için YSA ile yapılmış tahmin sonuçları

| Yıllar            | Konut ve Hizmetler Sektörü Elektrik Tüketimi Tahmin Değerleri (GWh) | Yıllar | Konut Sektörü Elektrik Tüketimi Tahmin Değerleri (GWh) |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------|
| 2014(Gerçekleşen) | 101307,00                                                           | 2022   | 137482,93                                              |
| 2014              | 94877,53                                                            | 2023   | 141826,33                                              |
| 2015              | 99343,03                                                            | 2024   | 145778,26                                              |
| 2016              | 105084,52                                                           | 2025   | 149320,09                                              |

**Çizelge 4.13.** (devam)

|      |           |      |           |
|------|-----------|------|-----------|
| 2017 | 110891,26 | 2026 | 152489,10 |
| 2018 | 116660,71 | 2027 | 155313,24 |
| 2019 | 122281,03 | 2028 | 157820,48 |
| 2020 | 127668,34 | 2029 | 160048,10 |
| 2021 | 132748,06 | 2030 | 162033,39 |

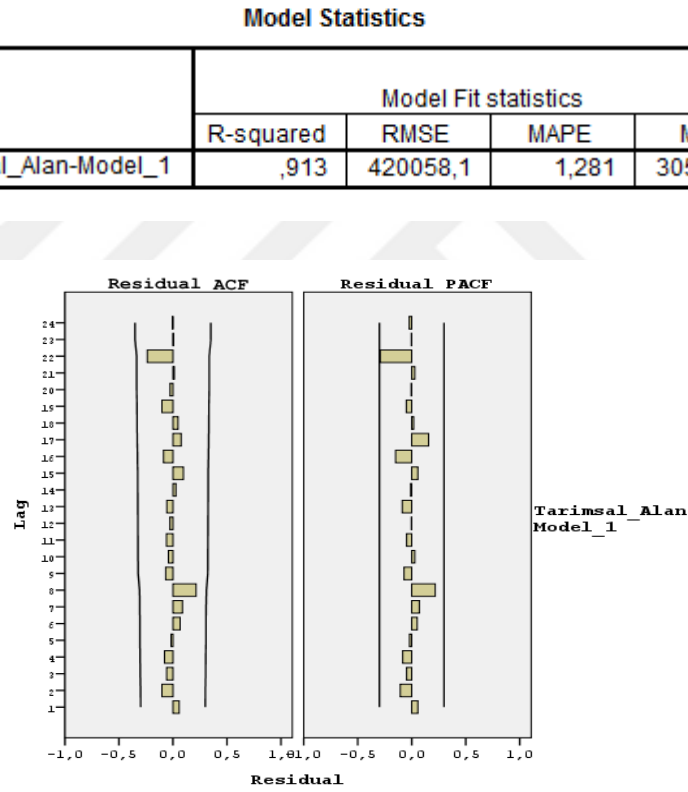
**Şekil 4.10.** Konut ve hizmetler sektörü 1970-2030 yılları için gerçek ve tahmini elektrik tüketim değerleri grafiği

#### 4.3. Tarım Sektöründe Elektrik Tüketimi Tahmini

Tarım sektörü tüketim yüzdesinde büyük bir dilime sahip olmamasına karşın tarımdaki teknolojik gelişmelerin hızla artması elektrik tüketiminde de artış göstermiştir. Elektrik tüketimine etki eden faktörlerden ekilip biçilen tarımsal alan (hektar), tarımsal gelir ve nüfus faktörü bağımsız değişken olarak belirlenmiştir.

#### 4.3.1. Tarımsal alan

Worldbank veritabanından alınan değerler ekilebilir tarımsal alan verilerini içermektedir. SPSS programıyla ön tahminde bulunulan tarımsal alan verileri için en iyi model olarak ARIMA(0,1,0) modeli belirlenmiştir. Model yapısından dolayı tarımsal alanının sabit bir artışa sahip olduğu söylenebilir. Çizelge 4.14’de tahmin sonuçları verilmiştir.



**Çizelge 4.14.** Tarımsal alan öngörü değerleri

| YILLAR | Tarımsal Alan(Hektar) | YILLAR | Tarımsal Alan(Hektar) |
|--------|-----------------------|--------|-----------------------|
| 2013   | 205,74                | 2022   | 196,91                |
| 2014   | 204,76                | 2023   | 195,93                |
| 2015   | 203,78                | 2024   | 194,95                |

Çizelge 4.14. (devam)

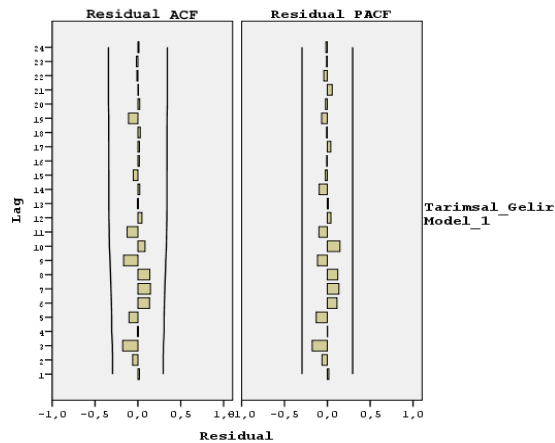
|      |        |      |        |
|------|--------|------|--------|
| 2016 | 202,80 | 2025 | 193,97 |
| 2017 | 201,82 | 2026 | 192,98 |
| 2018 | 200,83 | 2027 | 192,00 |
| 2019 | 199,85 | 2028 | 191,02 |
| 2020 | 198,87 | 2029 | 190,04 |
| 2021 | 197,89 | 2030 | 189,06 |

#### 4.3.2. Tarımsal Gelir

Tarımsal gelirin modele dahil ediliş sebebi, literatürdeki çalışmaların tamamına yakınında GSYH değerleri kullanılmaktadır ve tüketimle ilgili olduğu bilinmektedir. Tarımsal gelir bu modelde GSYH değerlerini kullanmak yerine tercih edilmiştir. En iyi model olarak tarımsal gelir değerleri için ARIMA (1,1,0) modeli belirlenmiştir. Bu değerlere de yine worldbank veri tabanından ulaşılmıştır.

Model Statistics

| Model                  | Model Fit statistics |        |       |        |
|------------------------|----------------------|--------|-------|--------|
|                        | R-squared            | RMSE   | MAPE  | MAE    |
| Tarimsal_Gelir-Model_1 | ,957                 | 3E+008 | 2,878 | 2E+008 |

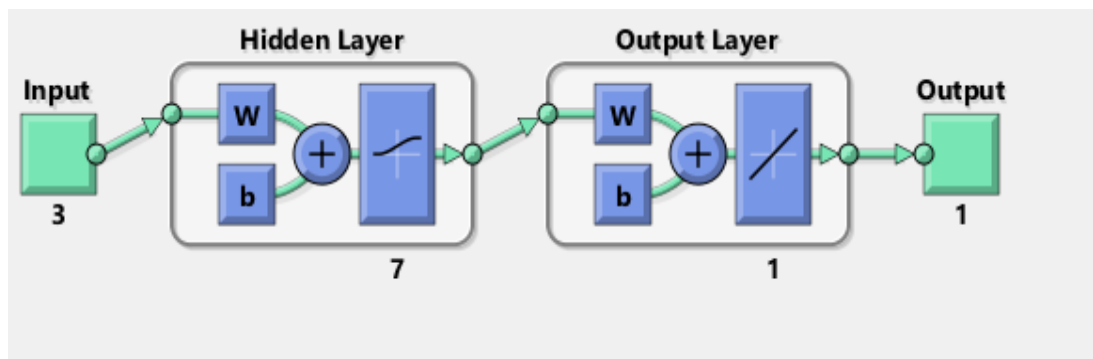


**Çizelge 4.15.** Tarımsal katmadeğer öngörü değerleri

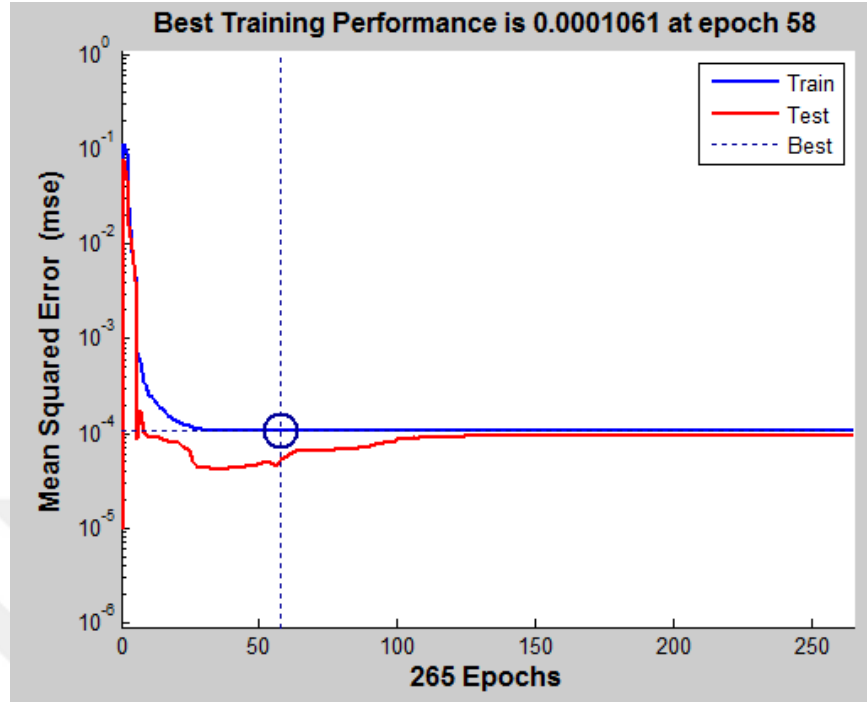
| YILLAR | Tarımsal Katma Değer | YILLAR | Tarımsal Katma Değer |
|--------|----------------------|--------|----------------------|
| 2013   | 60751,2              | 2022   | 81032,4              |
| 2014   | 63426,5              | 2023   | 83379,1              |
| 2015   | 65433,50             | 2024   | 85756                |
| 2016   | 67586,10             | 2025   | 88162,9              |
| 2017   | 69749,50             | 2026   | 90599,9              |
| 2018   | 71946,30             | 2027   | 93067                |
| 2019   | 74172,60             | 2028   | 95564,3              |
| 2020   | 76429,10             | 2029   | 98091,6              |
| 2021   | 78715,70             | 2030   | 100649               |

#### 4.3.3. Tarım sektörü için YSA ağ tasarımı ve sonuçlar

Dört bağımsız, bir bağımlı değişkene sahip modelde farklı sayılardaki gizli nöronlarla yapılan çalışmalar sonucunda en iyi performansı gösteren gizli nöron sayısı 7 olarak belirlenmiştir. Ağ yapısı MATLAB görüntüsü Şekil 4.11’de verilmiştir.

**Şekil 4.11.** Tarım sektörü için elektrik tüketimi ağ tasarımı

Ağ 265. iterasyonda durdurma değerine ulaşmıştır ve en iyi performans değerini 58. iterasyonda göstermiştir.



Şekil 4.12. Tarım sektörü için YSA performans grafiği



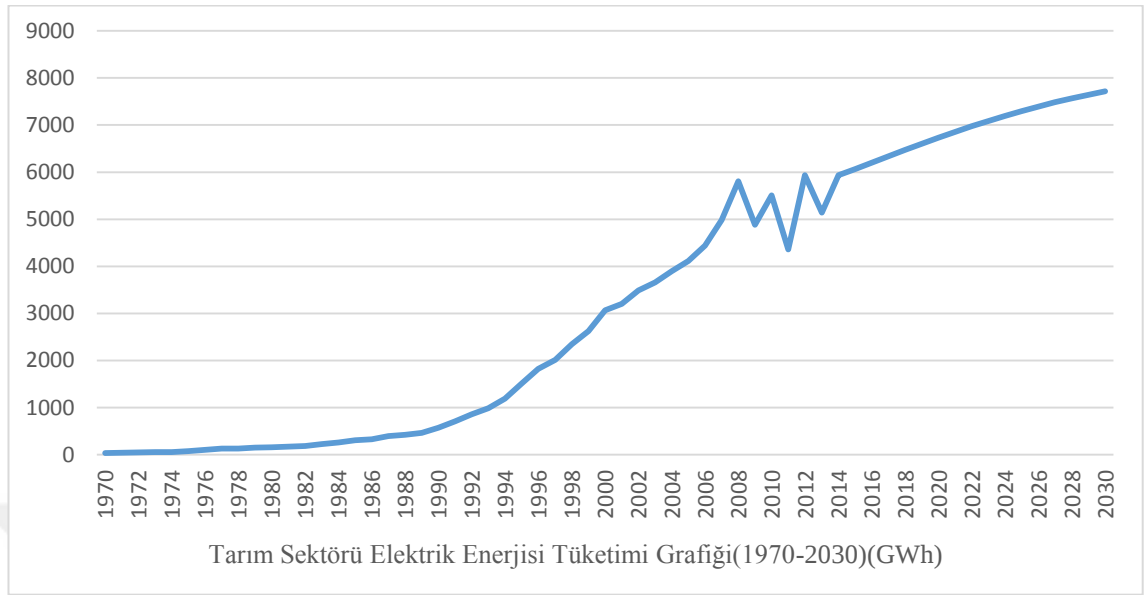
Şekil 4.13. Tarım sektörü YSA regresyon grafiği

**Çizelge 4.16.** Tarım sektörü eğitim ve test kümesi hata değerleri

| <b>Veri Gurubu</b> | <b>MAPE(%)</b> |
|--------------------|----------------|
| Eğitim Kümesi      | 2,95           |
| Test Kümesi        | 4,54           |

**Çizelge 4.17.** Tarım sektörü için YSA ile yapılmış tahmin sonuçları

| <b>Yıllar</b>     | <b>Tarım Sektörü<br/>Elektrik Tüketimi<br/>Tahmin Değerleri<br/>(GWh)</b> | <b>Yıllar</b> | <b>Tarım Sektörü<br/>Elektrik Tüketimi<br/>Tahmin Değerleri<br/>(GWh)</b> |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 2014(Gerçekleşen) | 5161,00                                                                   | 2022          | 6973,22                                                                   |
| 2014              | 5936,35                                                                   | 2023          | 7087,10                                                                   |
| 2015              | 6066,82                                                                   | 2024          | 7195,68                                                                   |
| 2016              | 6203,73                                                                   | 2025          | 7297,77                                                                   |
| 2017              | 6338,86                                                                   | 2026          | 7393,37                                                                   |
| 2018              | 6472,22                                                                   | 2027          | 7483,06                                                                   |
| 2019              | 6602,63                                                                   | 2028          | 7566,27                                                                   |
| 2020              | 6730,68                                                                   | 2029          | 7642,98                                                                   |
| 2021              | 6854,02                                                                   | 2030          | 7713,20                                                                   |



**Şekil 4.14.** Tarım sektörü 1970-2030 yılları için gerçek ve tahmini elektrik tüketim değerler

#### 4.4. Ulaşım Sektöründe Elektrik Tüketimi Tahmini

Enerji tüketiminde ismi dikkat çeken sektör olan ulaşım sektörü, elektrik enerjisi tüketiminde küçük bir paya sahiptir. Ancak iklim değişikliğiyle birlikte çevreci enerji tüketiminin önem kazanmış olması ulaşım da elektriğin payının arttırılmasına sebep olmuştur. Ulaşım da elektrik demiryolunda, karayolunda ve boru hatlarında farklı hizmetlerinde kullanılmaktadır. Son dönemlerde ise daha önce bahsedilen çevreci enerji kullanımıyla dikkatleri çeken tamamen elektrikli ve hibrit araçlarda güç kaynağı olmuştur. Ulaşım da elektrik kullanımının artması CO<sub>2</sub> salınımını azaltıp, dışa bağımlı olduğumuz petrol tüketiminde tasarruf sağlayacak olduğu için teşvik edilmesi gerekmektedir.

Ulaşım da elektrik tüketiminin tahmininde kullanılan değişkenler ortak değişkenler olan GSYH ve nüfustan başka konuyla ilgili olarak hem geçmiş veri sayısı hem de ilgisi sebebiyle devlet demiryolları elektrikli hat uzunluğu ve karayolu uzunluğu olarak alınmıştır. Elektrikli araçların 2012 yılından bu yana ülkemizde kullanılması, geçmişe dayalı verinin çok yetersiz olması, bu değişkeni ihmal etmemize sebep olmuştur. Farklı

yöntemlerde çalışmalarla elektrikli araç kullanımının da dahil edilmesiyle gelecek için daha net tahminlemeler yapılabilecektir.

#### 4.4.1. Demiryolları elektrikli hat uzunluğu

Demiryolu hizmetlerinde elektrik enerjisiyle çalışan lokomotifler ve trenler büyük oranlarda elektrik enerjisi tüketen araçlardır. Bu araçların tükettiği elektriğin bir göstergesi olabilecek elektrikli hat uzunluğu bilgisi TCDD internet sitesinde bulunan raporlardan elde edilmiştir. 1970 yılından 2014 yılına kadar elde edilen verilere göre 2030 yılında olabilecek durumlar tahmin edilmiştir. 2014-2030 yılları için Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı'nın yayınladığı stratejik planda yer alan hat uzunluğuyla ilgili 2023 ve 2035 hedefleri dikkate alınarak şekillendirilmiştir. Rapora göre varolan hatlara ek olarak 12000 km elektrikli hat (yüksek hızlı tren hatları dahil) 2023 yılına, 6000 km elektrikli hat 2035 yılına kadar yapılması hedeflenmektedir. Buna göre 2014-2023 yılları arası yaklaşık %17, 2023-2030 yılları için %4,7 artış olarak değerler oluşturulmuştur.

**Çizelge 4.18.** Demiryolu elektrikli hat uzunluğu öngörü değerleri

| YILLAR       | Demiryolu Elektrikli Hat Uzunluğu(km) | YILLAR | Demiryolu Elektrikli Hat Uzunluğu(km) |
|--------------|---------------------------------------|--------|---------------------------------------|
| 2013(Gerçek) | 3304,00                               | 2022   | 13427,83                              |
| 2014         | 3748,00                               | 2023   | 15750,04                              |
| 2015         | 4396,179                              | 2024   | 16490,3                               |
| 2016         | 5156,454                              | 2025   | 17265,34                              |
| 2017         | 6048,212                              | 2026   | 18076,81                              |
| 2018         | 7094,189                              | 2027   | 18926,42                              |
| 2019         | 8321,058                              | 2028   | 19815,96                              |
| 2020         | 9760,102                              | 2029   | 20747,31                              |
| 2021         | 11448,01                              | 2030   | 21722,44                              |

#### 4.4.2. Karayolları uzunluğu

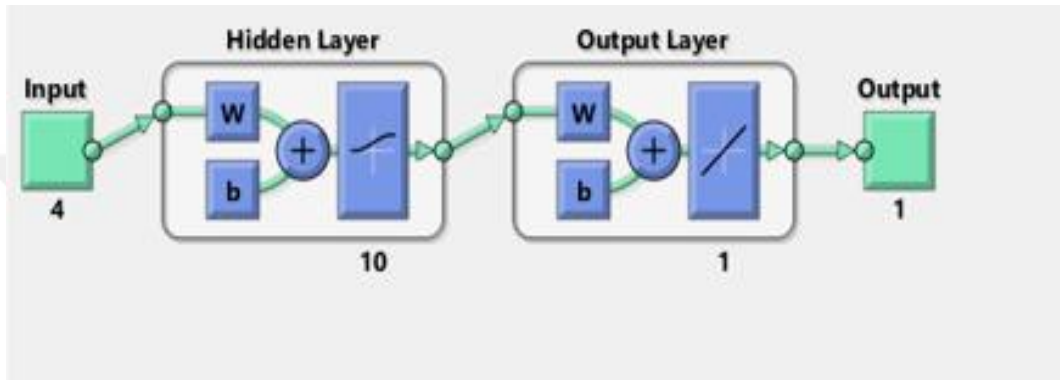
Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesinden elde edilen enerji denge tablolarında ulaşım sektörü elektrik tüketimini oluşturan unsurlar arasında olan karayolları, modele TÜİK ve KGM'den alınan verilerle dahil edilmiştir. 1970-2013 yılları olarak elde edilen veriler T.C. Ulaştırma Bakanlığı Hedef 2023 strateji raporundan ulaşılmıştır. 2035 yılına kadar karayolu yapım hedeflerini içeren rapordan 2014-2030 yıllarında karayolu uzunlukları öngörülmüştür. Öngörü değerleri Çizelge 4.19'da sunulmuştur.

**Çizelge 4.19.** Karayolları uzunluğu öngörü değerleri

| YILLAR       | Demiryolu Elektrikli Hat<br>Uzunluğu(km) | YILLAR | Demiryolu Elektrikli Hat<br>Uzunluğu(km) |
|--------------|------------------------------------------|--------|------------------------------------------|
| 2013(Gerçek) | 65623,00                                 | 2022   | 84142,24                                 |
| 2014         | 65909,00                                 | 2023   | 86449,00                                 |
| 2015         | 67952,18                                 | 2024   | 86708,35                                 |
| 2016         | 70058,70                                 | 2025   | 86968,47                                 |
| 2017         | 72230,52                                 | 2026   | 87229,38                                 |
| 2018         | 74469,66                                 | 2027   | 87491,07                                 |
| 2019         | 76778,22                                 | 2028   | 87753,54                                 |
| 2020         | 79158,35                                 | 2029   | 88016,80                                 |
| 2021         | 81612,26                                 | 2030   | 88280,85                                 |

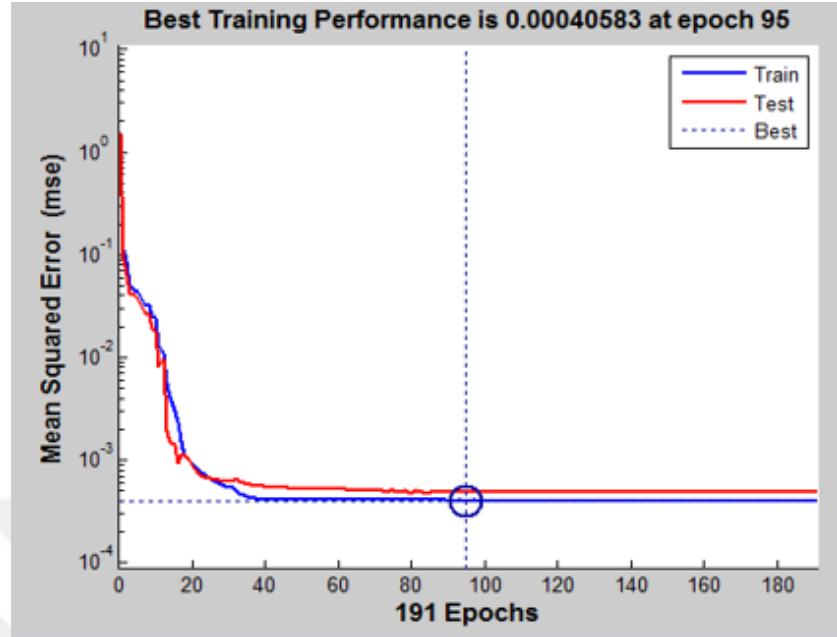
#### 4.4.3. Ulaşımda elektrik tüketimi YSA tasarımı ve sonuçlar

Dört bağımsız, bir bağımlı değişkene sahip modelde farklı gizli nöron sayılarıyla yapılan çalışmalar sonucunda en iyi performansı gösteren gizli nöron sayısı 10 olarak belirlenmiştir. Ağ yapısı MATLAB görüntüsü Şekil 4.15’de verilmiştir.

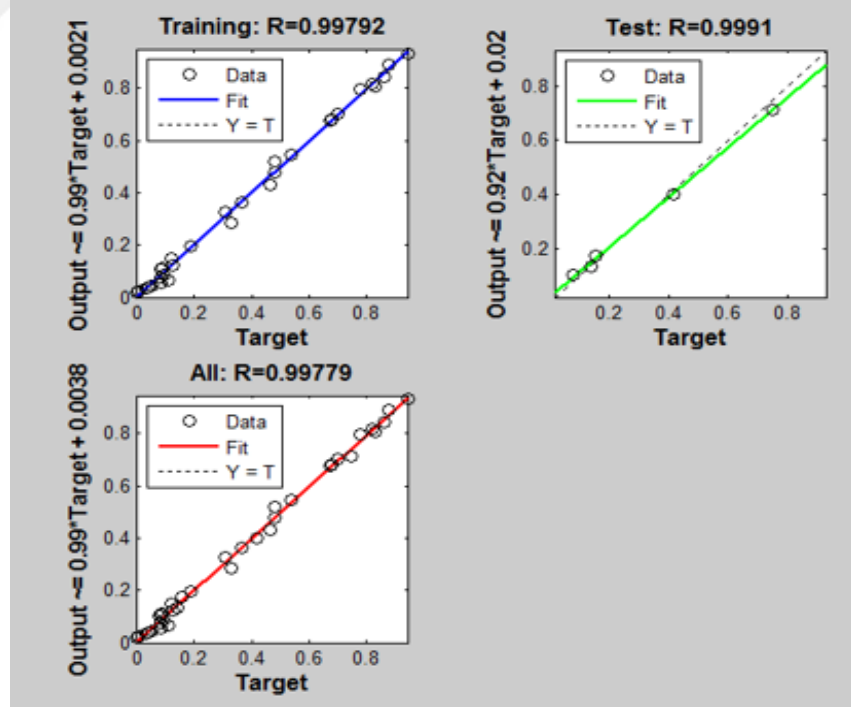


Şekil 4.15. Ulaşım sektörü için elektrik tüketimi ağ tasarımı

Ağ 191. iterasyonda durdurma değerine ulaşmıştır ve en iyi performans değerini 95. iterasyonda göstermiştir. Ağa ait performans grafiği şekil 4.16’ da sunulmuştur.



Şekil 4.16. Ulaşım sektörü için YSA performans grafiği



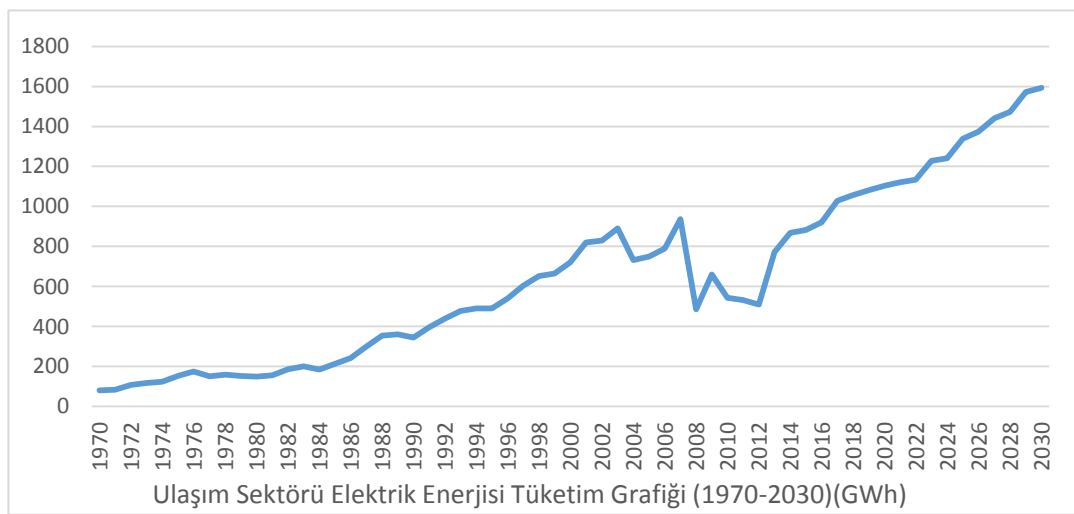
Şekil 4.17. Ulaşım sektörü YSA regresyon grafiği

**Çizelge 4.20.** Ulaşım sektörü eğitim ve test kümesi hata değerleri

| Veri Gurubu   | MAPE(%) |
|---------------|---------|
| Eğitim Kümesi | 7,74    |
| Test Kümesi   | 8,3     |

**Çizelge 4.21.** Ulaşım sektörü için YSA ile yapılmış tahmin sonuçları

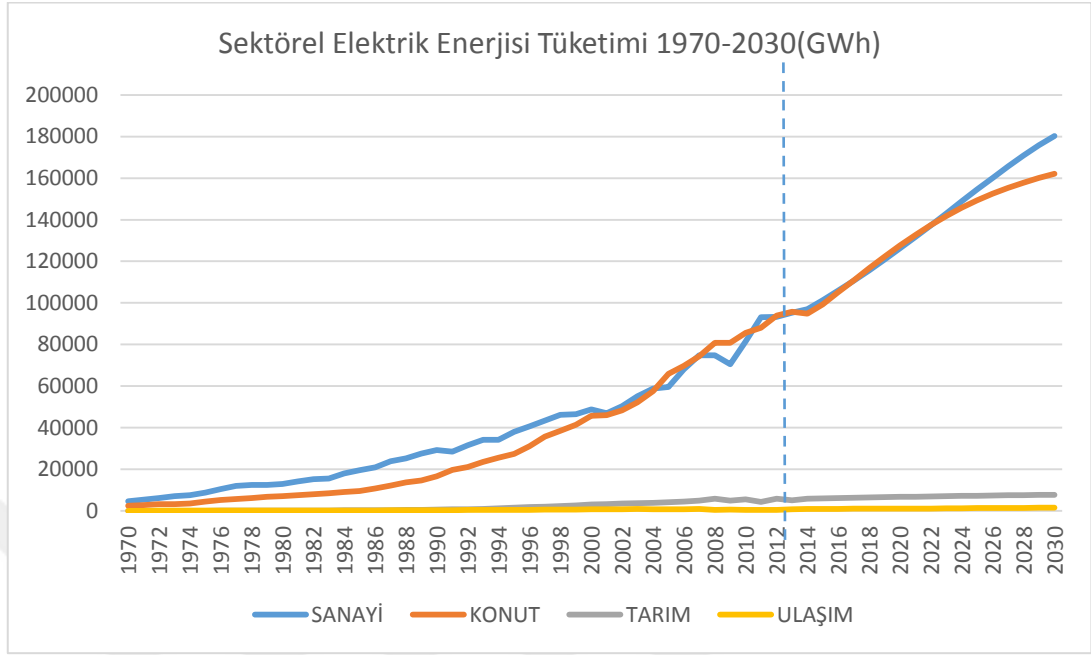
| YILLAR            | Ulaşımında Tüketilen Elektrik Miktarı(GWh) | YILLAR | Ulaşımında Tüketilen Elektrik Miktarı(GWh) |
|-------------------|--------------------------------------------|--------|--------------------------------------------|
| 2014(Gerçekleşen) | 917,00                                     | 2022   | 1133,57                                    |
| 2014              | 867,734                                    | 2023   | 1227,98                                    |
| 2015              | 882,928                                    | 2024   | 1241,51                                    |
| 2016              | 920,566                                    | 2025   | 1338,15                                    |
| 2017              | 1027,76                                    | 2026   | 1372,90                                    |
| 2018              | 1056,27                                    | 2027   | 1440,36                                    |
| 2019              | 1081,43                                    | 2028   | 1472,20                                    |
| 2020              | 1102,92                                    | 2029   | 1571,49                                    |
| 2021              | 1120,30                                    | 2030   | 1592,81                                    |

**Şekil 4.18.** Ulaşım sektörü 1970-2030 yılları için gerçek ve tahmini elektrik tüketim değerleri grafiği

Her sektör için yapılan çalışma sonuçları toplu olarak Çizelge 4.22’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.22.** 2030 yılına kadar olan sektörel tahmin sonuçları

| <b>YILLAR</b> | <b>SANAYİ</b> | <b>KONUT<br/>ve<br/>HİZMETLER</b> | <b>TARIM</b> | <b>ULAŞIM</b> |
|---------------|---------------|-----------------------------------|--------------|---------------|
| <b>2014</b>   | 97039,13      | 94877,53                          | 5936,35      | 867,734       |
| <b>2015</b>   | 101341        | 99343,03                          | 6066,82      | 882,928       |
| <b>2016</b>   | 105878,3      | 105084,5                          | 6203,73      | 920,566       |
| <b>2017</b>   | 110642        | 110891,3                          | 6338,86      | 1027,76       |
| <b>2018</b>   | 115623,1      | 116660,7                          | 6472,22      | 1056,27       |
| <b>2019</b>   | 120812,4      | 122281                            | 6602,63      | 1081,43       |
| <b>2020</b>   | 126182,9      | 127668,3                          | 6730,68      | 1102,92       |
| <b>2021</b>   | 131707,4      | 132748,1                          | 6854,02      | 1120,3        |
| <b>2022</b>   | 137358,7      | 137482,9                          | 6973,22      | 1133,57       |
| <b>2023</b>   | 143082,4      | 141826,3                          | 7087,10      | 1227,98       |
| <b>2024</b>   | 148833,3      | 145778,3                          | 7195,68      | 1241,51       |
| <b>2025</b>   | 154557        | 149320,1                          | 7297,77      | 1338,15       |
| <b>2026</b>   | 160172        | 152489,1                          | 7393,37      | 1372,9        |
| <b>2027</b>   | 165624        | 155313,2                          | 7483,06      | 1440,36       |
| <b>2028</b>   | 170831,5      | 157820,5                          | 7566,27      | 1472,2        |
| <b>2029</b>   | 175749,2      | 160048,1                          | 7642,98      | 1571,49       |
| <b>2030</b>   | 180304,6      | 162033,4                          | 7713,20      | 1592,81       |



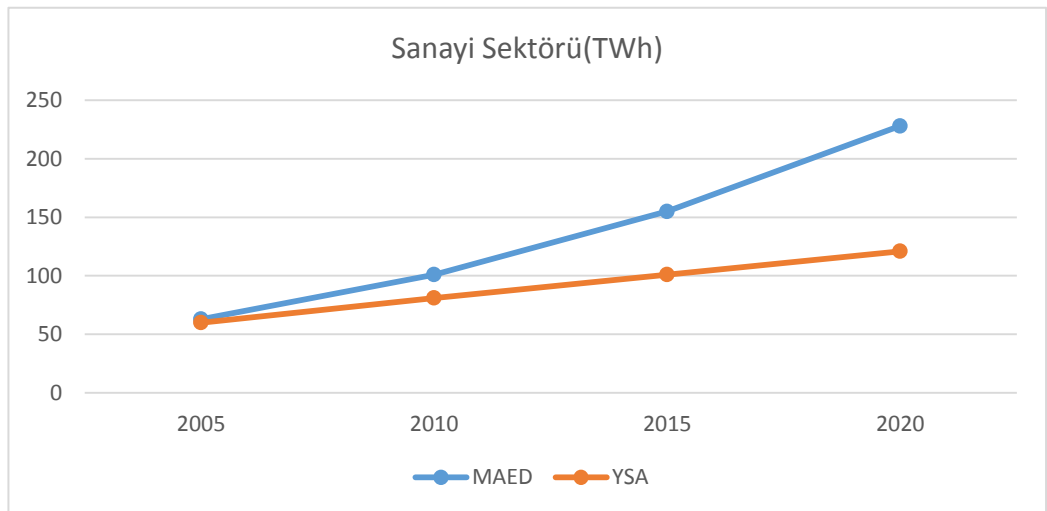
**Şekil 4.19.** Yıllara ve sektörlere göre elektrik tüketimi gerçek ve öngörülen değerler grafiği

Yapılan çalışma sonuçları her sektör için tablolarla sunulmuştur. Hamzaçebi(2007), sektörel olarak elektrik tüketim tahmini yaptığı çalışmada 2003 ve 2004 yılları için MAED tahminleriyle karşılaştırma yapmıştır. Bu karşılaştırmaya yapılan çalışmayı da dahil ederek farklı bağımsız değişkenlerin ağırlık tahmin performansını nasıl etkilediği incelenmek istendi. Çizelge 4.23’de sırasıyla MAED, YSA\* (Hamzaçebi (2007) sonuçları) ve YSA(bağımsız değişkenlerle yapılan çalışma) sonuçları ve gerçek değerler sunulmuş olup MAPE hesaplamalarına yer verilmiştir. Karşılaştırmada kullanılan yıllar test kümesi veri setinde bulunmaktadır.

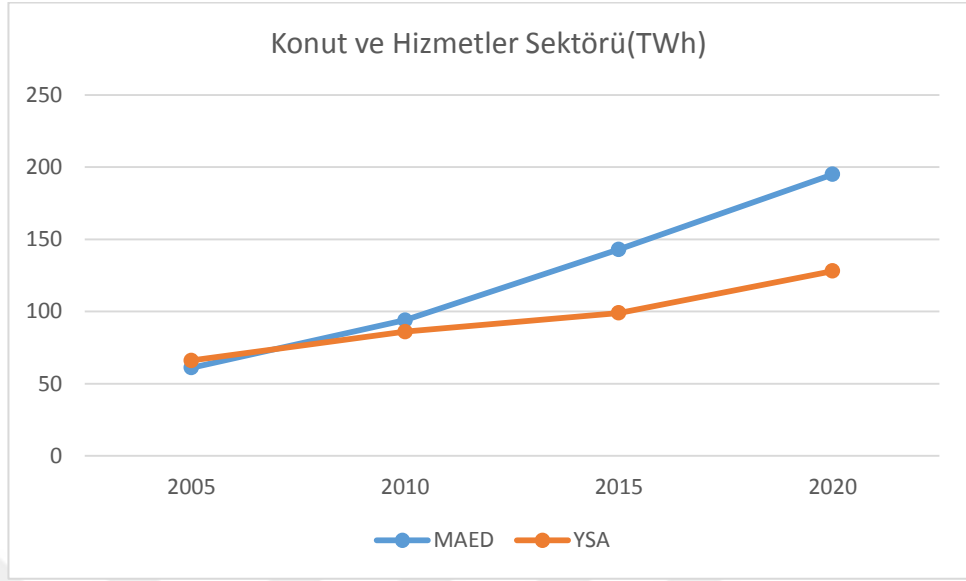
MAPE değerleri dikkate alındığı zaman genel olarak YSA modelinin daha iyi sonuçlar verdiği açıktır. Sonuçlarda performansının nispeten iyi olmadığı sektör ulaşım sektörüdür. Bu üç model içinde iyi sayılamayacak sonuçlara sahiptir. Bu durumun sebebi olarak ulaşım sektöründe dalgalanmaların daha belirgin olması gösterilebilir.

Çizelge 4.23. MAED, YSA\* ve YSA için karşılaştırma sonuçları

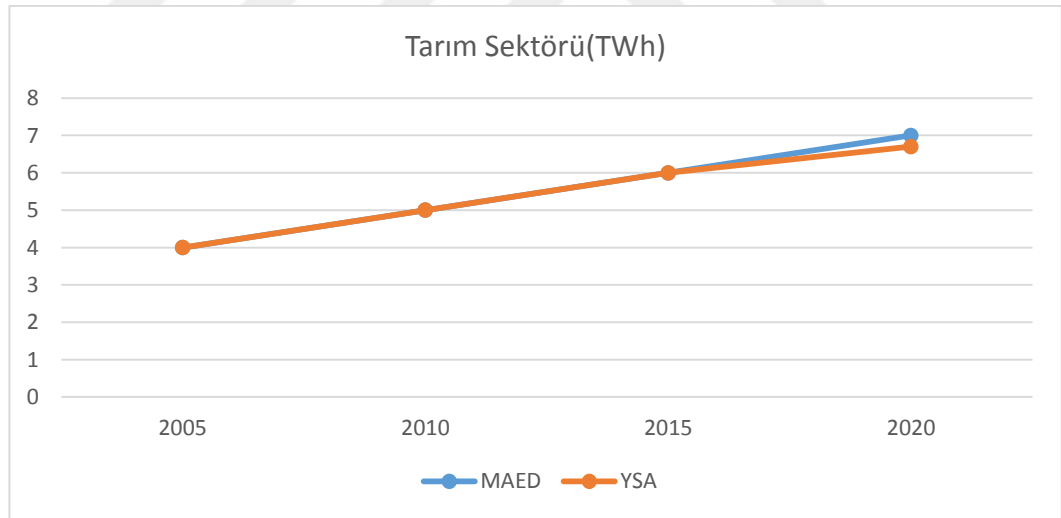
|                                   | MAED  | ANN*   | ANN      | GERÇEK<br>DEĞERLER | MAPE <sub>MAED</sub> | MAPE <sub>YSA*</sub> | MAPE <sub>YSA</sub> |
|-----------------------------------|-------|--------|----------|--------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| <b>SANAYİ</b>                     |       |        |          |                    |                      |                      |                     |
| <b>2003</b>                       | 71184 | 53766  | 54686,05 | 55099              | 29,19                | 2,42                 | 0,75                |
| <b>2004</b>                       | 78652 | 58302  | 58220,25 | 59566              | 32,04                | 2,12                 | 2,26                |
| <b>KONUT<br/>ve<br/>HİZMETLER</b> |       |        |          |                    |                      |                      |                     |
| <b>2003</b>                       | 57155 | 53804  | 52126,74 | 52297              | 9,29                 | 2,88                 | 0,33                |
| <b>2004</b>                       | 63079 | 59031  | 55574,22 | 56950              | 10,76                | 3,65                 | 2,42                |
| <b>TARIM</b>                      |       |        |          |                    |                      |                      |                     |
| <b>2003</b>                       | 3042  | 3715,2 | 3656     | 3657               | 16,82                | 1,59                 | 0,03                |
| <b>2004</b>                       | 3177  | 4110,3 | 3851,28  | 3895               | 18,43                | 5,53                 | 1,12                |
| <b>ULAŞIM</b>                     |       |        |          |                    |                      |                      |                     |
| <b>2003</b>                       | 1407  | 854,01 | 868,4    | 890                | 58,09                | 4,04                 | 2,43                |
| <b>2004</b>                       | 1582  | 931,31 | 827,9    | 731                | 116,42               | 27,40                | 13,26               |



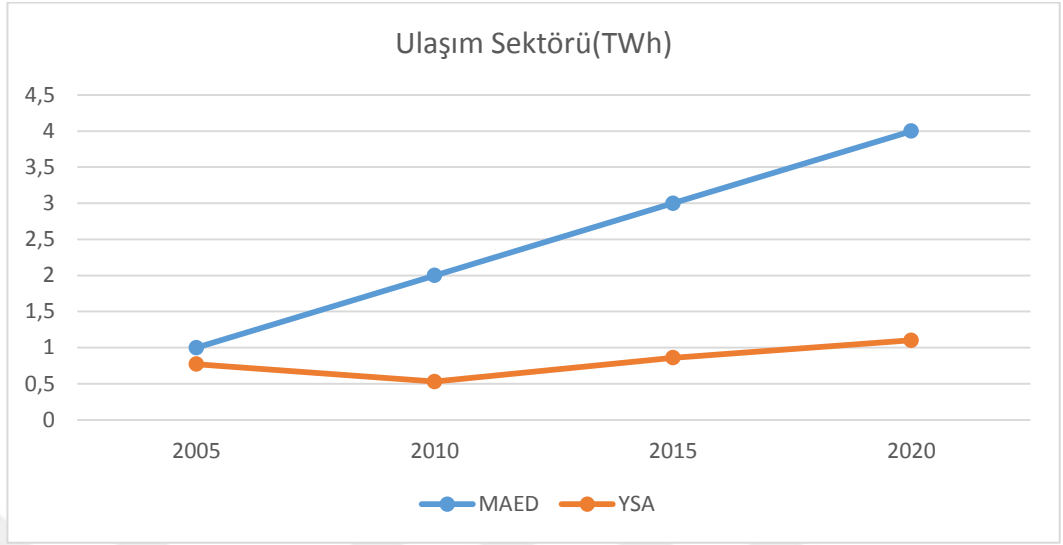
Şekil 4.20. Sanayi sektörü elektrik tüketimi için MAED ve YSA tahmin sonuçları grafiği



**Şekil 4.21.** Konut ve hizmetler sektörü elektrik tüketimi için MAED ve YSA tahmin sonuçları grafiği



**Şekil 4.22.** Tarım sektörü elektrik tüketimi için MAED ve YSA tahmin sonuçları grafiği



**Şekil 4.23.** Ulaşım sektörü elektrik tüketimi için MAED ve YSA tahmin sonuçları grafiği

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Gelişmekte olan Türkiye nüfus ve ticari faaliyetler başta olmak üzere birçok açıdan potansiyeli hızla artan bir ülkedir. Gelişmiş ülkelerde elektrik tüketiminin doyuma ulaştığı yani ihtiyacın çok fazla değişmediği, yıllar arasındaki farklılıkların düşük oranlarda olduğu görülür. Türkiye'nin özellikle son dönemlerde sanayideki ve tarımdaki teşvikler, teknolojik çalışmalara verilen önemle beraber enerji konusundaki dışa bağımlılık, iklim değişikliği gibi olumsuzluklarda göz önüne alınınca ciddi planlama kararlarına ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Bu sebeple tahmin çalışmaları ülkelerin ciddi şekilde üzerinde durduğu, çevresel, ekonomik, sosyal birçok alanda stratejik planlamalar yapılabilmesi için önemlidir. Bu çalışmalar sadece ülke çapında olarak değil şehirler, şirketler, aileler ve en küçük çapta bireysel olarak karar almayı kolaylaştırıcıdır. Dolayısıyla gelecekteki belirsiz durumların öngörüsü, verilecek kararların isabetli ve sürdürülebilir olması açısından önemlidir.

Çalışmada YSA kullanılarak Türkiye'de elektrik enerjisinin 2030 yılına tüketim miktarı belirlenmek istenmiştir. Farklı olarak çalışma sanayi, konut, tarım ve ulaşım sektörleri için her sektörü etkileyebilecek farklı bağımsız değişkenler kullanılarak yapılmıştır. Bağımsız değişkenlerin bir kısmı literatürde sıklıkla kullanılmakta olan değişkenlerken, geri kalan kısmı sektörlerle ilgili olan değişkenler olarak alınmıştır. Bağımsız değişkenlerin belirlenmesinde sektörle olan ilgilerinin yanı sıra ilgili değişkenlerin ulaşılacağı veri yılları da dikkate alınmıştır. Yeterli veri sayısı elde edilemeyen ancak sektörle ilgili olan değişkenler modele dahil edilememiştir.

Değişkenler belirlenip veriler elde edildikten sonra literatürde yapılmış olan farklı senaryolar belirlemek yerine, bazı değişkenler için güvenilir kaynaklardan ulaşılan tahminler, tahminlerine ulaşamayan değişkenler için de zaman serisi modelleri ayrı ayrı belirlenerek ön tahmin çalışması yapılmıştır. GSYH, sanayi katma değeri, ithalat ve ihracat gelecek verileri ilgili kaynaklardan ulaşılan projeksiyon verilerine göre, nüfus verileri TÜİK'in projeksiyon verilerine göre, ulaşımında kullanılan demiryolu hat uzunluğu ve karayolu uzunlukları da bakanlığın stratejik raporundan elde edilmiştir.

Diğer değişkenlerin değerleri ise zaman serisi olarak SPSS programına girilmiştir ve time series analysis modülüyle 2030 yılına kadar tahmin edilmiştir. Ön tahminle birlikte veri setlerindeki tüm değişkenler için değerler arasındaki farklılıkları ortadan kaldırmayı sağlayan normalizasyon işlemi yapılmıştır. İşlenen veriler MATLAB toolbox üzerinde nntool ile çalıştırılmıştır. Veriler yıl sırayla değil yıllar karıştırılarak eğitim ve test kümesi olarak ayrılmıştır. Her sektörün ağ yapısı için gizli nöron sayısı, katman sayısı ve aktivasyon fonksiyonu deneme yanılmayla belirlenmiştir. Amaç elektrik enerjisi tüketimini belirlemek olduğu için deneme sonuçlarına yer verilmemiş, denemeler içerisinde performans ölçütü değerlerine göre en iyi sonuçları veren tasarım sunulmuştur. Sonuçlar performans ölçütü olarak kabul edilen MAPE değerlerine göre yorumlanmıştır. Sektörler için belirlenen ağ yapılarıyla 2030 yılına kadar tahminler yapılmıştır. Sonuçlar tablolarla ve grafiklerle sunulmuştur. 2013 yılı baz alınarak 2030 yılında sanayide %89.29, konut ve hizmet sektöründe %69.30, tarım alanında %49.98, ulaşımda ise %51.53 artış olabileceği öngörülmüştür.

Yapılan çalışma farklı olarak her sektör için ayrı değişkenler içermektedir. Yeni temiz teknolojiler, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımındaki artış gelecek yıllar için etkili olacağına kesin gözüyle bakılabilir. İlerleyen çalışmalarda bu durum gözetilerek değişken seçiminde farklılıklara gidilebilir, gelişen teknolojilerin etkisi dahil edilerek model geliştirilebilir.

## KAYNAKÇA

- Akan, Y. ve Tak, S., 2003. Türkiye Elektrik Enerjisi Ekonometrik Talep Analizi. Atatürk Üniversitesi İktis. ve İdari Bilim. Derg. 17 (1-2), 21-49.
- Akkaya, G., 2007. Yapay Sinir Ağları Ve Tarım Alanındaki Uygulamaları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi 38, 195-202.
- Anonim, 2015. <http://www.enerjiatlası.com/elektrik-tuketimi/>.
- Anonim, 2015. <http://www.acilveilkoyardim.com/acilbakim/SSresim/noron4.jpg>
- Azadeh, A., Babazadeh, R., and Asadzadeh S.M. , Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013, vol. 27, 605-612.
- Başar, A. ve Oktay, E., 2012. Uygulamalı İstatistik II, Erzurum Kültür ve Eğitim Vakfı, Erzurum, 123-156.
- Bulut, Ş., 2006. Orta Ölçekli Bir İşletmede Talep Tahmin Yöntemlerinin Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.
- Bilgili, M., Sahin, B., Yasar, A., Simsek, E., 2012. Electric energy demands of Turkey in residential and industrial sectors. Renew. Sustain. Energy Rev. 16, 404-414.
- Çekici, M. E., İnel, M. N., 2013. Türk Sigorta sektörün Direkt Prim Üretimlerinin tahmin Teknikleri İle İncelenmesi, Marmara Üniversitesi İİBF Dergisi, 34, 135-152.
- Çınar, D., Kayakutlu, G., Daim, T., 2010. Development of future energy scenarios with intelligent algorithms: Case of hydro in Turkey, Energy, Cilt 35, No 4, 1724-1729.
- Çuhadar, M., 2006. Turizm Sektöründe Talep Tahmini İçin Yapay Sinir Ağları Kullanımı Ve Diğer Yöntemlerle Karşılaştırmalı Analizi (Antalya İlinin Dış Turizm Talebinde Uygulama), Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- Demirel, Ö., Kakilli, A., Tektaş, M., 2010. ANFIS Ve ARMA Modelleri İle Elektrik Enerjisi Yük Tahmini. Gazi Üniversitesi Mühendis.-Mimar. Fakültesi Derg. 25.
- Dilaver, Z., Hunt, L.C., 2011. Modelling and forecasting Turkish residential electricity demand. Energy Policy 39, 3117-3127.
- 2013 Çalışma Gurubu , 2014. Enerji Raporu 2013, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Ankara.
- Ekonomik Görünüm, 2015. Ekonomi Bakanlığı.
- ETKB, 2006, Enerji Sektöründe Sera Gazı Azaltımı Çalışma Grubu Raporu, Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
- Eren, O., 2013, Pazar Büyüklüğü ve Pazar Payı Bileşenleri Kullanılarak Türkiye'nin İhracat Büyümesi ve Dış Ticaret Açığı Projeksiyonları: 2013-2030, Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Ekonomi Notu. 13-05.
- Erdoğan, E., 2007. Electricity demand analysis using cointegration and ARIMA modelling: A case study of Turkey, Energy Policy, Cilt 35, No 2, 1129-1146.
- Es, H.A., Kalender, F.Y., Hamzaçebi, C., 2014. Yapay Sinir Ağları İle Türkiye Net Enerji Talep Tahmini. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi 29, 495-504.

- Farzana, S., Liu, M., Baldwin, A., Hossain, M.U., 2014. Multi-model prediction and simulation of residential building energy in urban areas of Chongqing, South West China. *Energy Build.* 81, 161–169.
- Geem, Z.W., 2011. Transport energy demand modeling of South Korea using artificial neural network. *Energy Policy*, At the Crossroads: Pathways of Renewable and Nuclear Energy Policy in North Africa 39, 4644–4650.
- Geem, Z.W. and Roper, W.E., 2009. Energy demand estimation of South Korea using artificial neural network. *Energy Policy*, Carbon in Motion: Fuel Economy, Vehicle Use, and Other Factors affecting CO2 Emissions From Transport 37, 4049–4054.
- Güner S., Albostan A., 2007. Türkiye'nin Enerji Politikası, IV. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu.
- Güriş, S., Çağlayan, E., Güriş, B., 2013. Eviews ile Temel Ekonometri, der Yayınları, İstanbul.
- Hamzaçebi, C., 2011, Yapay Sinir Ağları Tahmin Amaçlı Kullanımı, Ekin Yayınevi, Trabzon.
- Hamzaçebi, C., 2007. Forecasting of Turkey's net electricity energy consumption on sectoral bases. *Energy Policy* 35, 2009–2016.
- Hawthornth, J. and Chan, D., 2015. The World in 2050, PricewaterhouseCoopers.
- Himanshu, A.A. and Lester, C.H., 2008. Electricity demand for Sri Lanka: a time series analysis, *Energy*, Cilt 33, No 5, 724-739, 2008.
- Uluslararası Enerji Ajansı, 2014, 2014 Key World Energy Statistics, IEA.
- Kaynar, O., Taştan, S., Demirkoparan F., 2011. Yapay Sinir Ağları İle Doğalgaz Tüketim Tahmini. *Atatürk Üniversitesi İİBF Dergisi* 10. Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu Özel Sayısı ,463-474.
- Kaynar, O. ve Taştan, S., 2009. Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Sayı: 33, 161-172
- Kar, M. ve Kınık, E., 2008. Türkiye'de Elektrik Tüketimi Çeşitleri Ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Ekonometrik Bir Analizi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi*,333-353.
- Kazemi, A., Foroughi, A., Hosseinzadeh, M., 2012. A Multi-Level Fuzzy Linear Regression Model for Forecasting Industry Energy Demand of Iran, *Procedia — Social and Behavioral Sciences*, 41,342-348.
- Keskintürk T. ve Şahin S., 2009. Doğrusal Olmayan Regresyon Analizinde Gerçek Değer Kodlamalı Genetik Algoritma, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 8 (15), s.167-178.
- Khan, M.A., 2015. Modelling and forecasting the demand for natural gas in Pakistan. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 49, 1145–1159.
- Kialashaki, A. and Reisel, J.R., 2014. Development and validation of artificial neural network models of the energy demand in the industrial sector of the United States. *Energy* 76, 749–760.
- Küçükali, S. and Barış, K., 2010. Turkey's short-term gross annual electricity demand forecast by fuzzy logic approach, *Energy Policy*, Cilt 38, No 5, 2438-2445.
- Lactermacher, G. and Fuller J.D.,1995. Backpropagation in time-series forecasting, *Journal of Forecasting*, 14, 381-393.

- Li, K., Hu, C., Liu, G., Xue, W., 2015. Building's electricity consumption prediction using optimized artificial neural networks and principal component analysis. *Energy Build.* 108, 106–113.
- Murat, Y.S. and Ceylan, H., 2006. Use of artificial neural networks for transport energy demand modeling , *Energy Policy*, Cilt 34, No 17, 3165– 3172.
- Nişancı, M., 2005. Türkiye’de Elektrik Enerjisi Talebi Ve Elektrik Tüketimi İle Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki. *Sos. Ve Ekon. Araştırmalar Derg.* 1, 107–121.
- Özcan, E.C. ve Erol S., 2013. Türkiye’de Elektrik Üretim Planlaması İçin Çok Amaçlı Bir Karışık Tam Sayılı Doğrusal Programlama Modeli, *S.Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Derg.*, c.1, s.1,41-54.
- Özmucur, S., 1990. Geleceği Tahmin Yöntemleri, İstanbul Sanayi Odası Yayınları, İstanbul.
- Öztemel, E., 2006, *Yapay Sinir Ağları*, Papatya Yayıncılık, İstanbul.
- Özüdoğru, A.G. ve GörenerA., 2015, Sağlık Sektöründe Talep Tahmin Üzerine Bir Uygulama, İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 27, 35-53.
- Panklib, K., Prakasvudhisarn, C., Khummongkol, D., 2015. Electricity Consumption Forecasting in Thailand Using an Artificial Neural Network and Multiple Linear Regression. *Energy Sources Part B Econ. Plan. Policy* 10, 427–434.
- Pao, H.T., 2006. Comparing linear and nonlinear forecasts for Taiwan’s electricity consumption. *Energy* 31, 2129–2141.
- Soysal, M. Ve Ömürgönlşen, M., 2010. Türk Turizm Sektöründe Talep Tahmini Üzerine Bir Uygulama. *Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi* 21 (1), 128-136.
- Sun, S., Anwar, S., 2015. Electricity consumption, industrial production, and entrepreneurship in Singapore. *Energy Policy* 77, 70–78.
- Şahin, V., 1994. Enerji Sektöründe Geleceğe Bakış, TÜSİAD Yayınları, İstanbul.
- T.C. Ulaştırma Bakanlığı, Türkiye Ulaşım ve İletişim Stratejisi Hedef 2023, 2011.
- Toksarı, M.D., 2009. Estimating the net electricity energy generation and demand using the ant colony optimization approach: Case of Turkey. *Energy Policy* 37, 1181–1187.
- Tunç, M., Çamdali, Ü., Parmaksızoğlu, C., 2006. Comparison of Turkey’s electrical energy consumption and production with some European countries and optimization of future electrical power supply investments in Turkey. *Energy Policy* 34, 50–59.
- Uzlu, E., Kankal, M., Akpınar, A., Dede, T., 2014. Estimates of energy consumption in Turkey using neural networks with the teaching–learning-based optimization algorithm. *Energy* 75, 295–303.
- Yalçın, N., 2015. *Yapay Sinir Ağları Ders Notları*, Bilecik Üniversitesi, Bilecik.
- Yavuz, S. ve Deveci, M., 2012. İstatistiksel Normalizasyon Tekniklerinin Yapay Sinir Ağı Performansına Etkisi. *Erciyes Üniversitesi İİBF dergisi* 40, 167-187.
- Yiğit, V., 2011. Genetik Algoritma ile Türkiye Net Elektrik Enerjisi Tüketiminin 2020 Yılına Kadar Tahmini, *International Journal of Engineering Research and Development*, Volume 3, No 2, p.37-41.
- Yumurtacı, Z. and Asmaz, E., 2004. Electric Energy Demand of Turkey for the Year 2050. *Energy Sources* 26, 1157–1164.

## ÖZGEÇMİŞ

19.02.1991 tarihinde Erzurum’da doğdu. İlköğretim ve ortaöğretimi Erzurum’da tamamladı. 2009 yılında başladığı Atatürk Üniversitesi Endüstri Mühendisliği lisans eğitimini 2013 yılında bölüm ikinciliği ve yüksek onur dereceleri ile tamamladı. Aynı yıl Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde yüksek lisans eğitimine başladı. 2014 yılında çift anadal programı kapsamında devam ettiği Makine mühendisliği bölümünden onur öğrencisi olarak mezun oldu. Yine 2014 yılında Erzurum Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümüne Araştırma Görevlisi olarak atandı ve hala görevine devam etmektedir.