



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



EKONOMİK VERİLER KULLANILARAK
TÜRKİYE’NİN UZUN DÖNEM ELEKTRİK
TALEBİ TAHMİNİ

Kerim KORKMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran-2023
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EKONOMİK VERİLER KULLANILARAK TÜRKİYE’NİN UZUN DÖNEM ELEKTRİK TALEBİ TAHMİNİ

Kerim KORKMAZ

**Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ali Osman ÖZKAN

2023, 74 Sayfa

Jüri

Dr. Öğr. Üyesi Ali Osman ÖZKAN

Prof.Dr. Mehmet ÇUNKAŞ

Dr.Öğr.Üyesi Mustafa Sacid ENDİZ

Elektrik enerjisi giderek küreselleşen ve kaynakların kısıtlanmasıyla Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde elektrik tüketiminin arz-talep dengesini sağlayabilmesi için tüketimin temeline inerek, sosyal ve ekonomik faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Bu durum bize uzun dönem yük tahmininin değerlendirilmesiyle uzun vadeli projelerde kullanılmak üzere bir referans verecektir. Böylece uzun dönem yük tahminleri elektrik tüketimlerinin geniş zaman olarak planlanmasına olanak sağlamaktadır. Elektrik tüketiminin önceden bilinerek elektrik enerjisi üretmek imkânsız olduğundan gerçek değere en yakın değerler baz alınmaktadır. Bu değerlerin elde edilmesi farklı yöntemlerle gerçekleştirilebilir. Bu tez çalışmasında Türkiye’nin 2030 yılı elektrik enerjisi tüketimi yapay zekâ yöntemleri ve regresyon analizleriyle 1960-2021 nüfus, elektrik tüketimi, enflasyon, işsizlik, GSYH, büyüme, TÜFE ve dış borç verileri kullanılarak 2022-2030 yılları elektrik tüketimi tahmin edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrik tüketimi, Elektrik yük tahmini, Tahmin yöntemleri, Yapay Zekâ

ABSTRACT

MS THESIS

LONG-TERM ELECTRICITY DEMAND FORECASTING OF TÜRKİYE USING ECONOMIC DATA

Kerim KORKMAZ

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN ELECTRICAL-ELECTRONICS ENGINEERING**

Advisor: Asst. Prof. Dr. Üyesi Ali Osman ÖZKAN

2023, 74 Pages

Jury

Asst. Prof. Dr. Üyesi Ali Osman ÖZKAN

Prof.Dr. Mehmet ÇUNKAŞ

Asst. Prof. Dr. Mustafa Sacid ENDİZ

In developing countries such as Turkey, where electrical energy is increasingly globalized and resources are limited, social and economic factors should be taken into account in order to ensure the supply-demand balance of electricity consumption. This will give us a reference for use in long-term projects by evaluating the long-term load estimation. Thus, long-term load forecasts allow electricity consumption to be planned over a long period of time. Since it is impossible to produce electrical energy by knowing the electricity consumption in advance, the values closest to the real value are taken as a basis. Obtaining these values can be accomplished by different methods. In this thesis, Turkey's electricity consumption in 2030 is estimated by using artificial intelligence methods and regression analysis, and by using 1960-2021 population, electricity consumption, inflation, unemployment, GDP, growth, CPI and foreign debt data for the years 2022-2030.

Keywords: Artificial Intelligence, Electricity consumption, Electric load estimation, Prediction methods

ÖNSÖZ

Tez süresince maddi, manevi yardımını ve tecrübesini esirgemeyen danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ali Osman ÖZKAN'a ve bugünlere gelmemde emeği geçen, eğiten, öğreten tüm öğretmenlerim ile lisans eğitimimdeki hocalarıma ve yanımda olan, desteklerini esirgemeyen annem ve babama teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Kerim KORKMAZ
KONYA-2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET	v
ABSTRACT.....	vi
ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	x
ŞEKİL DİZİNİ	xi
ÇİZELGE DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Literatür Taraması.....	1
1.2. Tezin Amacı.....	6
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	7
2.1. Türkiye'nin Elektrik Gücü.....	7
2.2. Türkiye Enerji Modeli	9
2.3. Elektrik Yük Tahminlerini Etkileyen Faktörler.....	10
2.3.1. Ekonomik ve demografik faktörler.....	10
2.3.2. Zaman faktörü.....	10
2.3.3. Meteorolojik faktörler.....	10
2.3.4. Rastlantısal faktörler	11
2.3.5. Tezde kullanılan faktörler	11
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	14
3.1. Yük Tahminlerinin Sınıflandırılması	14
3.1.1. Uzun dönem yük tahmini.....	14
3.1.2. Orta dönem yük tahmini	14
3.1.3. Kısa dönem yük tahmini	14
3.1.4. Çok kısa dönem yük tahmini	15
3.2. Makine Öğrenmesinde Kullanılan Teknikler	15
3.2.1. WEKA	16
3.2.2. Minitab.....	18
3.2.3. MATLAB.....	19
3.3. Regresyon Analizi.....	20
3.3.1. Basit regresyon	20
3.3.2. Çoklu regresyon.....	21
3.4. Yapay Sinir Ağları	21
3.5. Destek Vektör Makinesi	22
3.6. Tez Çalışmasında Kullanılan Diğer Yöntemler.....	23
3.6.1. GPR regresyonu.....	23
3.6.2. M5P.....	23

3.6.3. M5Rules.....	23
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	24
4.1. WEKA Programı Elektrik Tüketimi Tahmin Sonuçları	24
4.2. Minitab Programı Sonuçları.....	27
4.3. MATLAB Programı Sonuçları	29
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	54
5.1. Sonuçlar	54
5.2. Öneriler	69
6. KAYNAKLAR	70

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

ANFIS: (Adaptive Neural Fuzzy Inference System)Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Mantık Çıkarım Sistemi

ARFF:(Attribute Relation File Format) Nitelik İlişki Dosya Formatı

DDYSA: Dalgacık Dönüşümü Yapay Sinir Ağı

DVM: Destek Vektör Makinesi

EST: (Energy System for Turkey) Türkiye Enerji Modeli

ETKB: Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı

GPR: Gauss Proses Regresyonu

GSYH: Gayri Safi Yurt İçi Hâsıla

MAED: (Model for Analysis of Energy Demand) Enerji Talebi Analiz Modeli

MAPE: (Mean Absolute Percent Error) Ortalama Mutlak Yüzde Hata

MLP: (Multi Layer Perceptron) Çok Katmanlı Algılayıcı

MYAA: Modifiye Yerçekimi Arama Algoritması

PRIMES: (Price-Induced Market Equilibrium System) Fiyata Bağlı Piyasa Denge Sistemi

TEİAŞ: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi

TÜFE: Tüketici Fiyat Endeksi

WEKA: Waikato Environment for Knowledge Analysis

YAA: Yerçekimi Arama Algoritması

YSA: Yapay Sinir Ağı

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 2.1 2021 yılı farklı kaynaklardan elektrik enerjisi üretimi

Şekil 2.2 Türkiye'nin 30 Haziran 2022 itibariyle kurulu gücünün dağılımı

Şekil 2.3 Türkiye'nin 2021 ve 2022 ilk 6 aylık enerji yatırımları

Şekil 3.1 WEKA programının GUI kısmı

Şekil 3.2 Kullanılan veri setinin bir kısmı

Şekil 3.3 Minitab açılış ekranı

Şekil 3.4 Minitab arayüz ekranı

Şekil 3.5 MATLAB açılış ekranı

Şekil 3.6 MATLAB arayüz ekranı

Şekil 3.7 Yapay sinir ağ yapısı

Şekil 3.8 Doğrusal ayrılmış destek vektörü

Şekil 4.1 1960-2021 elektrik tüketimi veri seti MATLAB denklem ve grafik sonuçları

Şekil 5.1 WEKA programı lineer regresyon algoritmasının 2022-2030 yılları elektrik tüketimi tahmin grafiği

Şekil 5.2 WEKA programı M5P algoritması 2022-2030 yılları elektrik tüketimi tahmin grafiği

Şekil 5.3 WEKA programı M5Rules algoritması 2022-2030 yılları elektrik tüketimi tahmin grafiği

Şekil 5.4 WEKA programı SMOreg algoritması 2022-2030 yılları elektrik tüketimi tahmin grafiği

Şekil 5.5 WEKA programı GPR algoritması 2022-2030 yılları elektrik tüketimi tahmin grafiği

Şekil 5.6 WEKA programı MLP algoritması 2022-2030 yılları elektrik tüketimi tahmin grafiği

Şekil 5.7 MATLAB programı 2022-2030 yılları elektrik tüketimi tahmin grafiği

Şekil 5.8 1960-2022 yılları elektrik tüketimi veri seti ile MATLAB denklem ve grafik sonuçları

Şekil 5.9 MATLAB programı 2023-2030 yılları elektrik yük tahmin grafiği

ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 1.1 Tez çalışmasında kullanılan veri seti

Çizelge 4.1 WEKA programı elektrik tüketimi SMOREG tahmin sonuçları

Çizelge 4.2 WEKA programı elektrik tüketimi MLP tahmin sonuçları

Çizelge 4.3 WEKA programı elektrik tüketimi GPR tahmin sonuçları

Çizelge 4.4 WEKA programı elektrik tüketimi Lineer Regresyon tahmin sonuçları

Çizelge 4.5 WEKA programı elektrik tüketimi M5Rules tahmin sonuçları

Çizelge 4.6 WEKA programı elektrik tüketimi M5P tahmin sonuçları

Çizelge 4.7 WEKA algoritmaları elektrik tüketim MAPE değerlerinin karşılaştırılması

Çizelge 4.8 Minitab programı çoklu regresyon tahmin sonuçları

Çizelge 4.9 1960-2012 Elektrik Tüketim verisine periyot değerlerinin verilmesi

Çizelge 4.10 Elektrik Tüketim verilerinin 1.derece MAPE değerleri

Çizelge 4.11 Elektrik Tüketim verilerinin 2.derece MAPE değerleri

Çizelge 4.12 Elektrik Tüketim verilerinin 3.derece MAPE değerleri

Çizelge 4.13 Elektrik Tüketim verilerinin 4.derece MAPE değerleri

Çizelge 4.14 Elektrik Tüketim verilerinin 5.derece MAPE değerleri

Çizelge 4.15 Elektrik Tüketim verilerinin 6.derece MAPE değerleri

Çizelge 4.16 Elektrik Tüketim verilerinin 7.derece MAPE değerleri

Çizelge 4.17 Elektrik Tüketim verilerinin 8.derece MAPE değerleri

Çizelge 4.18 Elektrik Tüketim verilerinin 9.derece MAPE değerleri

Çizelge 4.19 Elektrik Tüketim verilerinin 10.derece MAPE değerleri

Çizelge 4.20 Elektrik Tüketim verilerinin 1.-10. derece ortalama MAPE değerleri

Çizelge 4.21 Nüfus verilerinin 5.derece MAPE değerleri

Çizelge 4.22 GSYH verilerinin 10.derece MAPE değerleri

Çizelge 4.23 Büyüme oranı verilerinin 4.derece MAPE değerleri

Çizelge 4.24 İşsizlik oranı verilerinin 4.derece MAPE değerleri

Çizelge 4.25 TÜFE oranı verilerinin 3.derece MAPE değerleri

Çizelge 4.26 Dış Borç verilerinin 4.derece MAPE değerleri

Çizelge 4.27 Enflasyon verilerinin 3.derece MAPE değerleri

Çizelge 4.28 2013-2021 yılları gerçek değerler

Çizelge 4.29 MATLAB programı 2013-2021 test analizi tahmin sonuçları

Çizelge 4.30 1960-2012 verileri ile modellerin test analizi

Çizelge 5.1 WEKA programı lineer regresyon 2022-2030 yılları tahmin değerleri

Çizelge 5.2 WEKA programı M5P algoritması 2022-2030 yılları tahmin değerleri

Çizelge 5.3 WEKA programı M5Rules algoritması 2022-2030 yılları tahmin değerleri

Çizelge 5.4 WEKA programı SMOreg algoritması 2022-2030 yılları tahmin değerleri

Çizelge 5.5 WEKA programı GPR algoritması 2022-2030 yılları tahmin değerleri

Çizelge 5.6 WEKA programı MLP algoritması 2022-2030 yılları tahmin değerleri

Çizelge 5.7 MATLAB 4.derece Elektrik Tüketimi verileri MAPE değerlendirilmesi

Çizelge 5.8 MATLAB 4. derece Elektrik Tüketimi verileri MAPE değerlendirmesi

1. GİRİŞ

Elektrik; gelişen teknoloji ve değişen sosyoekonomik yapılar ile uygulanabilir, temiz bir kaynak olması ve en son tüketiciye kadar ulaşımında kolaylık sağlanmasıyla kullanıcılar tarafından tercih edilir. Elektrik üretimi ve tüketim talebi büyüyen sanayi ve endüstri kuruluşlarıyla bu alandaki çalışmalara önem verilmesini, akabinde elektrik yük tahmini, elektrik talep tahmini gibi araştırmaların farklı programlar ve uygulamalarla yapılmasını hızlandırmıştır.

Elektrik enerji sistemlerindeki tahminler; büyük güçteki enerjilerin depolanamaması ve anlık olarak tüketim sebebiyle arz-talep dengesine göre mevcut asgari kaynaklarla ekonomik ve kaliteli elektrik enerjisi üretimi istemektedir. Burada karşımıza elektrik yük tahmini çıkmaktadır tabi ki bu tahmin ve tahmin yöntemleri çeşitli uygulamalarla yapılmaktadır. Ayrıca bu tahminler yapılırken göz önüne alınması gereken bazı konular, olaylar, faktörler vardır ve elektrik yük tahminlerinin en az tahmin sapmasıyla yapılabilmesi için bu etkenlerinde çalışmaya dâhil edilmesi gerekir. Aksi durumlarda farklı varyasyonlar ortaya çıkar ki bunlar, arz-talebin dengelenememesiyle arz fazlalığı oluştuğunda şebeke frekansında artışa sebep olur bu istenmeyen bir durumdur. Çünkü ev, iş yeri, mağazalarda kullanılan elektronik cihazlar bu frekans dalgalanmasından olumsuz etkilenecektir. Aynı şekilde tüketimin üretimden fazla olduğu talep artışı olan zamanlarda da elektrik kesintisine uğrarız ve bu aklınıza gelecek her türlü elektrikli cihazın, sanayi endüstrisinin, evlerin bile elektriksiz kalması demektir. Bu ihtimaller ve gerçekler de optimum düzeyde istenen elektrik enerji tahminin önemi arttırmaktadır (Saçlı,2020 ve Çevik,2013).

1.1. Literatür Taraması

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde aşağıdaki kaynaklar göz önüne alınmıştır.

Akar (2005) tez çalışmasında; GSYH, nüfus, gelişim hızı, sanayi üretim endeksi, petrol fiyatları gibi ekonomik faktör verileri kullanılarak YSA(Yapay Sinir Ağı) tabanlı geri yayılım algoritması ile çoklu regresyon analizi yapılmış ve YSA tabanlı sistemin daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir (Akar, 2005).

Karaaslan ve Gezen (2017) çalışmasında; Bulanık gri regresyon modeli ile 1990-2012 yılları verilerine dayanarak 2023 yılına kadar sektör bazlı, mesken ve toplam enerji

miktarının tahmini yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre sistemin verdiği yanıtta % 91 oranında doğruluk ile sonuçlandırılmıştır (Karaaslan ve Gezen, 2017).

Som (2010) tez çalışmasında; YSA, ANFIS(Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Mantık Çıkarım Sistemi), bulanık mantık ve regresyon yöntemleriyle Manisa ilinin sıcaklık ve nüfus parametreleriyle uzun dönem elektrik yük tahmini bölgesel, mevsimsel ve yıllık olarak yapılmıştır. İl genelinde bu elde edilen sonuçların gerçek değerler ile yakınsamakla birlikte ani değişimlerin ekonomik kriz sebebiyle sanayi bölgesinin elektrik enerjisi kullanımının değişiminden kaynaklandığını vurgulanmaktadır. Ayrıca, ilçe tahminlerinde hata oranının yüksek çıkmamasının ilçedeki sanayi yapısının oturması ve nüfusa dayandırılmıştır (Som, 2010).

Karaca ve Karacan (2016) çalışmasında; GSYH, insan ömrü, internet kullanımının etkileriyle yapılan bu araştırmada, 2003-2009 Dünya Bankası verileri kullanarak Visual Express ile arayüz tasarımı yapılmış ve çoklu regresyon ile toplam elektrik yük tahmini üzerinde etkisi yüksek verilerin kullanılmasıyla ekonomik büyüme politikalarının elektrik tüketim tahminleri ile güçlü bir bağı olduğu tespit edilmiştir (Karaca ve Karacan, 2016).

Demren (2011) tez çalışmasında; destek vektör makinası ve YSA ile orta dönem elektrik yük tahmini yapmıştır. Kullanılan bu veri kümeleri ile 2010 yılı Nisan ayı için yük tahmini yapılmış olup sonuçların değerlendirilmesinde destek vektör makinası algoritmasının YSA göre daha iyi bir değerle yakınsadığı gözlemlenmiştir (Demren, 2011).

Şener (2005) tez çalışmasında; altı yıllık veriler kullanılarak üç farklı yaklaşım ile; toplam kullanılan enerji, yıllık puant enerji ve puantın olduğu günde tüketilen enerji yöntemleriyle regresyon metodunu kullanarak tahmin yapmıştır. Toplam enerji ile kullanılan yöntemde ileriye dönük tahminlerde GSYH, nüfus, büyüme hızı gibi faktörlerin beraber kullanımıyla daha yakınsayan, verimli bir tahmin sonucu elde edileceği savunulmuştur (Şener, 2005).

Kaysal (2013) tez çalışmasında; YSA ve regresyon analizleri kullanılarak Denizli/Güney için kısa ve orta dönem elektrik yük tahmini yapılmış olup tahmine etkiyen faktörler araştırılmıştır. Regresyon yöntemiyle elde edilen verileri YSA'ya uygulayarak en düşük hata oranı bu yöntemde elde edilmiştir. Böylece bu çalışmada hibrid çalışmaların daha yakınsayıcı değerler ortaya koyduğu vurgulanmış olup, elde edilen yöntemlerin tahmin hata değerinin yüksek olmaması bölgede yerel halkın çoğunlukta olması, sanayinin belli bir seviyede kalması, kendi yaşam şekillerinde ki belli saatlerde elektrik enerjisinin kullanılması gibi sebeplere dayandırılmıştır (Kaysal, 2013).

Toptaş (1992) tez çalışmasında; yıllık olarak yapılan tahminin zaman serileri analizi yöntemlerinden regresyon ve üstel zaman serisi teknikleriyle karşılaştırmalı bir sonuç elde edilmiştir. Ayrıca bu yöntemlerden en iyi sonuç Box-Jenkins tekniğinden elde edilmiştir (Toptaş, 1992).

Koçbey (2019) tez çalışmasında; saatlik güç tüketimi ve saatlik hava koşulları dikkate alınarak 2014-2019 zaman dilimi için regresyon ve gaussian process regresyonu, destek vektör regresyonu ile YSA kullanarak elektrik talep tahmini yapılmıştır. Ayrıca elde edilen sonuçlara göre gaussian process en iyi yakınsayan yöntem olduğu gözlemlenmiştir (Koçbey, 2019).

Sezer (2019) tez çalışmasında; Regresyon, geri yayımlı yapay sinir ağı ve radyal tabanlı yapay sinir ağı yöntemleri ve bağımsız değişkenler ile sekiz farklı yöntemin karesel hata yöntemleriyle karşılaştırılmasıyla uzun dönem yük tahmini yapılmıştır. Bulunan sonuçlarda en uygun değer radyal tabanlı yapay sinir ağı yönteminde kullanılan model olarak belirlenmiştir (Sezer, 2019).

Yamaçlı (2010) tez çalışmasında; YSA, çoklu regresyon ve zaman serisi yöntemleriyle Türkiye'nin uzun dönem yük tahmini yapılmıştır. Normalizasyon ve denormalizasyon yöntemleriyle elde edilen verilerden; GSYH, nüfus etkenlerinin sonraki dönemler için tahminde önemli yer tuttuğunu YSA yönteminin ETKB'nin kullandığı MAED modeli tahminine yakınsadığı gözlemlenmiştir (Yamaçlı, 2010).

Durğun (2018) tez çalışmasında; regresyon ve yapay zekâ tekniklerini kullanarak Türkiye'nin otuz yedi yıllık veri setiyle uzun dönem elektrik yük tahmini yapmıştır. 1980-2012 yılları GSYH, nüfus, sıcaklık, nem, yağış ve elektrik tüketim parametreleri giriş verisi olarak kullanarak test modeli oluşturulup, 2013-2017 gerçek değerleriyle karşılaştırmıştır. Ardından 1980-2017 verilerini kullanarak 2018-2023 yılları elektrik enerjisi tüketimini tahmin edilmiştir. Kullanılan yöntemlerin karşılaştırılmasında MATLAB programında elde edilen analizler içinde MAPE % 9,62 olarak en iyi sonuç verdiği bulunmuştur (Durğun, 2018).

Binici (2019), yaptığı tez çalışmasında; 1995-2017 yılları arasında Türkiye'nin tüketim, nüfus ve GSYH verileri kullanılarak korelasyonlarını belirleyip testler uygulandıktan sonra regresyon analiziyle uzun dönem elektrik tüketim tahmini yapılmıştır. Yapılan bu 10 yıllık tahminde 2018 yılının değerleri uygulanan model çıktıları ile tahmin edilmiştir. Sonrası (2018-2028) içinde 10 yıllık tahminde Türkiye'nin elektrik ihtiyacının 1,5 katına çıkacağını öngörmektedir (Binici, 2019).

Çevik (2013) tez çalışmasında; Sıcaklık ve elektrik yük tahmini verileri kullanarak ANFIS ve bulanık mantık yöntemleriyle yapılan tahminde hibrit bulanık ve YSA olan ANFIS metodunun daha iyi sonuç verdiği görülmüştür (Çevik, 2013).

Uğuz ve arkadaşları (2019) yaptıkları çalışmada; Yerçekimi Arama Algoritması(YAA) üzerinde değişiklikler yapılarak yeni oluşan algoritma Modifiye Yerçekimi Arama Algoritması(MYAA) ile 1997-2011 verileri kullanılarak 2017-2037 yılları elektrik enerjisi talebi tahmin edilmiş olup 2012-2016 verileri test için kullanılmıştır. Ayrıca, elde edilen sonuçlara göre MYAA'nın YAA göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir (Uğuz ve Arkadaşları 2019).

Yavaşcağlu (2010) tez çalışmasında; tekli, çoklu, doğrusal, üstel, eğrisel, regresyonlar ve YSA ile Kütahya ilinin nüfus ve sosyal koşulları göz önüne alınarak dört farklı bölümde incelenerek, regresyon ile MATLAB programı YSA Toolbox sonuçlarının karşılaştırılması yapılmış olup dört farklı bölüm için en iyi yakınsayan yöntemlerin değerleri elde edilmiştir. Bunlar; Kütahya geneli için 9+9 nöronlu YSA tabanlı ağ sistemi, Kütahya merkezi için 3+3 nöronlu YSA tabanlı ağ sistemi, Organize Sanayi Bölgesi(OSB) için doğrusal regresyon, Kütahya ilçeleri için 3+3 nöronlu YSA tabanlı ağ sistemi olarak belirlenmiştir (Yavaşcağlu, 2010).

Uguz ve Tefek (2016) çalışmasında; öğrenmeye dayalı optimizasyon öğretim algoritması ile iki farklı yöntem olan birinci ve ikinci derece elektrik yük talep tahminiyle kullanılan büyüme oranı, nüfus verileri için farklı değişken parametre senaryoları ile tahmin değerleri geniş tutularak talep tahmin analizi yapmıştır (Uguz ve Tefek, 2016).

Kareem (2021) tez çalışmasında; temel olarak mevsimsel etkilerin Irak/Süleymaniye şehrinde çoklu regresyon yöntemi ile uzun dönem elektrik tüketimine etkisini araştırmış olup tahmin modellerini geliştirebilmek için 2014-2019 yılları verilerini kullanarak 2019 yılı veri setine göre modellerin doğruluk değerleri karşılaştırılmış ve yılların mevsimsel etkisini incelemek adına yıllar yarı yarıya bölünmüştür. Böylelikle daha uzun tahmin yöntemine göre bölünmüş verilerde hata oranının daha düşük olduğu gözlemlenmiştir (Kareem, 2021).

Demir (2018) tez çalışmasında; Eskişehir iline ait mevsimsel ve yıllık olarak uzun dönem elektrik yük tahmini YSA, DDYSA(Dalgacık Dönüşümü Yapay Sinir Ağı) ve ANFIS yöntemleri kullanılarak yapılmıştır. Karşılaştırılan MAPE değerlerine göre gerçeğe en yakınsayan değer olarak YSA diğer yöntemlerden daha küçük hata oranıyla öne çıkmıştır (Demir, 2018).

Haliloğlu ve Tutu (2018) çalışmalarında; 2012-2017 yılları günlük değerleri kullanılarak tahmin edilen modelde doğruluk değerinin yüksek olması için mevsimsel farklılıklar ve resmi tatiller için değişkenler vermiş olup eşik sıcaklık fark parametresi geliştirilmiş olduğundan mevsimsel sıcaklık farklılıkları çıkarılmıştır. 2018 Ocak-Nisan dönemine ait verilerle yapılan test edilmiş ve elde edilen sonuçların modelde aylık sapması % 1,3 - % 1,6 olarak belirlenmiştir. Ayrıca kısa dönemli tahminlerde veri setinin büyüklüğü vurgulanmakla birlikte modellemedeki elektrik tüketim tahmini % 92,8 oranında bulunmuştur (Haliloğlu ve Tutu, 2018).

Yazıcı (2022) tez çalışmasında; 2015-2017 İstanbul'da bir bölgenin geriye dönük verilerinin kullanımıyla derin öğrenme ve makine öğrenmesi yönteminin karşılaştırılmasıyla birlikte hızlı yakınsak değerler ve sayısal kararlılık için ortalama normalizasyon değeri tercih edilmiştir. Zaman serileri için makine öğrenmesindeki metotların bazıları ile iki farklı YSA modeli karşılaştırılmış ve klasik yöntemlerle olan farklılıkları incelenmiş olup klasik yapının daha üstün olduğu gözlemlenmiştir. İkinci aşamada ise derin yapay sinir ağ modelleri karşılaştırılmış ve tek boyutlu evrişimli sinir ağına dayalı bir metot geliştirilmiş ve diğer derin yapay sinir ağı yöntemleriyle ikinci karşılaştırma ile değerlerin sonraki günlerde saatlik ve gün olarak uygun değerlerde olduğu görülmüştür (Yazıcı, 2022).

Ok (2010) tez çalışmasında; ANFIS ve regresyon yöntemleriyle yapılan orta dönem yük tahmininde kullanılan veriler ile ANFIS yönteminin % 10 hata oranıyla daha doğruluk değerinin yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca ANFIS yöntemine verilen örnek veri seti sayısı arttıkça sinir ağının tahmin doğruluğu da yükselmektedir. Bu sebeple tahmine etkiyen fazla sayıda veri seti ile daha doğru sonuçlar elde edilebilir (Ok, 2010).

Yasin (2013) tez çalışmasında; YSA metoduyla saatlik sıcaklık ve bir yıllık veri seti kullanılarak ağ eğitimi yapılmıştır. Bu veri seti üç büyük şehrin saatlik olarak sıcaklık ve bir yıllık elektrik yük verilerini içeren dört döneme ayrılmış olup beraber oluşturulan model dört parçaya ayrılmış ve hepsinin test doğrulaması yapılmıştır. YSA'nın DVM(Destek Vektör Makinesi)'den daha iyi sonuçlar verdiği ama uzun süreli durumlarda DVM metodunun iyi sonuç verdiği ve sıcaklığın doğrudan etkisinden dolayı kullanılan verilerde önemli bir parametre olduğu belirlenmiştir (Yasin, 2013).

Akman (2018) tez çalışmasında; YSA ve ANFIS yöntemleriyle ani durumlar karşısında gerçek değere yakınsayan bir model oluşturarak kısa dönem olarak 24 saatlik yük tahmini yapılmıştır. Ayrıca her bölgeye özgü farklı modellerin geliştirilmesi ve

uygulanması ciddi seviyede önem taşımak ile beraber bulanık ve yapay sinir ağ hibrit tabanlı ANFIS yöntemi YSA'ya göre daha doğru sonuç vermiştir (Akman, 2018).

1.2. Tezin Amacı

Günden güne artan elektrik enerjisinin kullanımı ile elektrik üretimi önem kazanmıştır. Böylelikle bu çalışmada, Türkiye'nin 2030 yılındaki uzun dönem elektrik enerjisi talebi regresyon ve yapay zekâ teknikleri kullanılarak tahmin edilecek olup elektrik enerji talebini etkileyen faktörler, giriş parametreleri olarak kullanılmıştır. Tez çalışmasında giriş parametresi olarak kullanılacak olan faktörler: Gayri Safi Yurt İçi Hâsıla (GSYH), ekonomik büyüme oranı, nüfus, işsizlik oranı, Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE), elektrik tüketimi ve dış borç miktarıdır.

Bu çalışmada Türkiye'nin 1960 – 2021 yılları arası yukarıda belirtilen verileri kullanılacaktır. Tez çalışmasında kullanacağımız metodolojik yaklaşım ise; kullanacağımız regresyon ve yapay zekâ algoritmalarını test etmek için 1960 – 2012 yılları arası 53 yıllık veri seti kullanılarak bir model oluşturulacak ve 2013-2021 yılları arasındaki 9 yıllık elektrik enerji tüketimi tahmin edilecektir. Tahmin edilen 2013-2021 yılları değerleriyle 2013-2021 yılları arası gerçek değerler karşılaştırılarak oluşturulan model test edilecek ve karşılaştırma işlemi için Denklem 1.1'de gösterilen ortalama mutlak yüzde hata (**Mean Absolute Percent Error (MAPE)**) değeri kullanılacaktır.

$$MAPE (\%) = \frac{100}{n} \left(\sum_{i=1}^n \frac{|\text{Gerçek Değer} - \text{Tahmin Değer}|}{\text{Gerçek Değer}} \right) \quad (1.1)$$

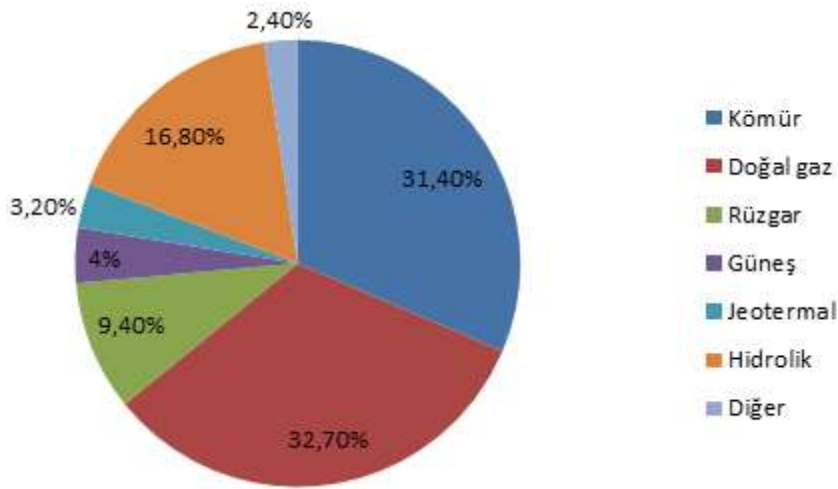
MAPE değerlerine göre kullanılan algoritmalar karşılaştırılıp, ardından verinin tamamına (1960 – 2021) regresyon ve yapay zekâ tahmin algoritmaları uygulanacak ve Türkiye'nin 2022 yılından başlayarak 2030 yılına kadar elektrik enerji talebi tahmin edilecektir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu çalışmada uzun dönem elektrik yük tahmini ile Türkiye'nin elektrik enerjisi tüketim tahmini araştırılmıştır. Bu araştırmalar yapılırken daha önceki çalışmalar da incelenmiş olup Türkiye için yapılan bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir.

2.1. Türkiye'nin Elektrik Gücü

Ülkemizde elektrik kullanımı özellikle gelişen teknoloji ve toplum ihtiyaçlarının büyümesi ile artışa gitmektedir. Bu durum elektrik enerjisi üretimini önemli hale getirmiştir. Ülkemizde 2021 yılı için elektrik enerji tüketimi geçen yıla göre % 7,7 artarak 329,6 kWh ve elektrik üretiminde ise % 8,1 artarak 331,5 kWh olmuş ve ayrıca Türkiye'nin 2022 Haziran ayı sonu ile kurulu gücü 105,518 MW'dır. Ayrıca bu güç değerine ulaşmak için tek bir kaynağa bağlı kalınmamış ve bu bağlamda Şekil 2.1.'de 2022 yılı itibariyle kullanılan elektrik enerjisinin kaynak çeşitliği gösterilmiştir (ETKB).

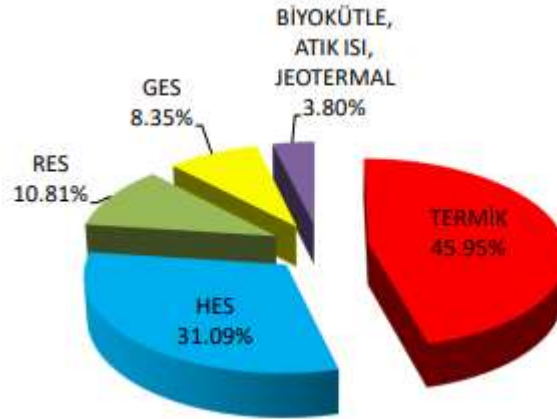


Şekil 2.1 2021 yılı farklı kaynaklardan elektrik enerjisi üretimi (ETKB)

Şekil 2.1'de belirtilen farklı kaynaklardan elektrik enerjisi üretimindeki kaynaklar da en yüksek % 32,70 ile doğal gaz olmuştur. Ardından doğal gazı % 31,40 ile kömür, % 16,80 ile hidrolik, % 9,40 ile rüzgâr, % 4 ile güneş, % 3,2 ile jeotermal, % 2,4 ile diğer enerji kaynakları takip etmiştir.

Ayrıca ülkemiz için 2020-2040 dönemi yapılan (EST) Türkiye Elektrik Enerjisi Talep Projeksiyonu Raporu'na göre elektrik tüketim tahminlerindeki farklı senaryolar ile

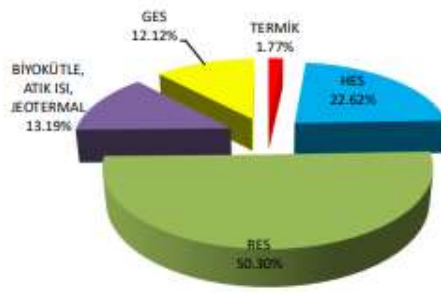
ileriki yılların elektrik tüketim tahminlerine raporda yer verilmiş olup, bu çalışmada da belirtilmiştir. Bu bağlamda ileriki 20 yıl için ortalama olarak % 2,9 - % 3,7 artış oranı 545-636 TWh aralığında olacağı tahmin edilmiş olup kişi başı elektrik tüketiminin 5,430-6,336 kWh aralığına yükseleceği tahmin edilmiştir. Artacağı tahmin edilen bu güç değerinin 2022 Haziran ayı dâhil olmak üzere Türkiye'nin Kurulu güç dağılımı Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



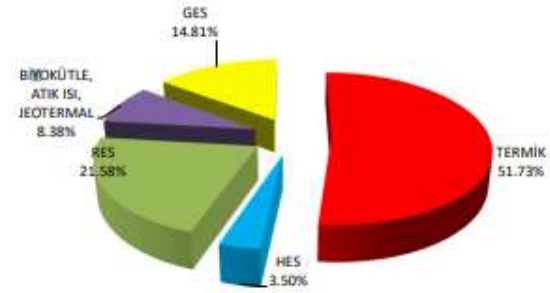
Şekil 2.2 Türkiye'nin 30 Haziran 2022 itibariyle kurulu gücünün dağılımı (ETKB)

Şekil 2.2'de verilen Türkiye'nin Kurulu gücünde en yüksek pay % 45,95 ile Termik santrallerde olup, sırasıyla % 31,09 ile Hidrolik Elektrik Santrali (HES) , % 10,81 ile Rüzgâr Elektrik Santrali (RES), % 8,35 ile Güneş Elektrik Santrali (GES), % 3,80 ile Biyokütle ve jeotermal enerji takip etmiştir.

Elektrik üretimi yatırımları için Türkiye'deki elektrik üretim tesislerinin kurulu gücü 2022 Haziran itibariyle lisanslı olarak 832 MW gücünde ve lisanssız elektrik üretimi olarak 7951 MW üretim gücüyle 101518 MW gücüne ulaşmıştır. Böylelikle geçen yılın Haziran ayı sonundaki kurulu güce kıyasla % 10,23 oranında artış gerçekleşmiştir. Bu aşama Haziran ayları ele alındığında 2021 ve 2022 yılları arasındaki yatırımların değişimi Şekil 2.3'de gösterilmiştir (ETKB).



(2021)



(2022)

Şekil 2.3 Türkiye'nin 2021 ve 2022 ilk 6 aylık enerji yatırımları (ETKB)

Şekil 2.3'e göre 2021 ve 2022 yılları karşılaştırıldığında RES yatırımı azalış gösterip % 21,58'e düşmüş, HES yatırımı % 22,62'den % 3,50'ye düşmüş, GES % 12,12'den % 14,81'e yükselmiş, Termik % 1,77'den % 51,73'e yükselmiş, Biyokütle ve jeotermal % 13,19'dan % 8,38'e düşmüştür.

2.2. Türkiye Enerji Modeli

Türkiye Enerji Modeli (Energy System for Turkey (EST), Avrupa Birliği tarafından kullanılan Fiyata Bağlı Piyasa Denge Sistemi (**P**rice-**I**nduced **M**arket **E**quilibrium System (PRIMES) modeli Türkiye'nin daha etkin ve farklı koşullarda olması sebebiyle Ulusal Enerji Ajansı ve Dünya Bankası verileri ile ülkemizin içinde bulunduğu farklı faktörleri de göz önüne alarak düzenlenmiştir. Bu faktörler;

- GSYH
- Nüfus
- Petrol ürünleri fiyatları
- Sektörel katma değer miktarı
- Santral kayıpları
- Teknolojik gelişmelere bağlı maliyet artışları ve düşüşleri
- Ulaştırımda kullanılan elektrikli araçlar
- Potansiyel yakıt miktarları
- Şebeke kayıpları
- Uluslararası model trendleri, olarak belirlenmiştir.

2.3. Elektrik Yük Tahminlerini Etkileyen Faktörler

Elektrik yük tahminini etkileyecek faktörlerin doğru bir tahmin sonucu için önceden veri setinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu veri seti kaynaklarının doğruluk oranlarına göre elde edilecek tahmin sonuçlarının doğruluk oranları da gerçek değerlere yakın olmaktadır. Yük tahminini etkileyen faktörler arasında ekonomik ve demografik faktör, zaman faktörü, meteorolojik faktör, rastlantısal faktörler gösterilebilir. Ayrıca bu tez çalışmasındaki elektrik tüketim değerleri Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) (<https://www.teias.gov.tr/>) adresinden alınmıştır.

2.3.1. Ekonomik ve demografik faktörler

Ülkelerdeki ekonomik politika kararlarının sonuçları olarak büyüme oranı, TÜFE oranı, nüfus, dış borç, işsizlik oranı, enflasyon oranı, GSYH faktörleri uzun dönem yük tahminlerinde çok önemlidir. Nüfusun artmasıyla birlikte elektrikli araçların ve makinelerin kullanım artışı, işletilen ticarethane ve fabrika sayısının artması, yeni istihdamların ortaya çıkması elektrik tüketimini de doğrudan artıracaktır (Çevik, 2013).

Bu çalışmadaki GSYH, Nüfus, Dış Borç (\$), TÜFE oranı(%), İşsizlik oranı (%), Enflasyon oranı (%) World Of Bank sitesinden alınmıştır (<https://www.worldbank.org/>).

2.3.2. Zaman faktörü

Zamana göre elektrik kullanım profilini oluşturur ve bu faktör sadece elektrik kullanıcısının kendisi ile alakalı olduğundan elektrik enerjisinin kullanım anındaki puant yük miktarının belirlenmesi, elektrik enerjisinin ne kadar aralıklarla veya yoğunlukla kullanıldığı incelenir (Saçlı, 2020).

2.3.3. Meteorolojik faktörler

Yük tahmininde meteorolojik faktörler içinde nem, rüzgâr hızı ve sıcaklık vardır. Rüzgâr hızı kış aylarında etkili olmakla beraber sıcaklık hem yaz hem de kış aylarında etkili olduğundan elektrik kullanımını artırmaktadır. Nem ise karasallıkla alakalı olduğundan yaz aylarında etkilidir (Saçlı, 2020).

2.3.4. Rastlantısal faktörler

Yük tahminlerinde önceden tahmin edilememiş, hakkında düşünce, yorum bulunmayan bir durumun oluşması halidir. Grev, lokavt, veya küresel bir sempozyumun canlı olarak verilmesi gibi toplumu ülkesel veya uluslararası etkileyecek durumları içerir ve bu etkilerle birlikte yapılan tahminlerle gerçek sonuçlar olması beklenir (Saçlı, 2020).

2.3.5. Tezde kullanılan faktörler

Tezde kullanılacak olan verilerin açıklamaları aşağıda verilmiştir.

- **Yıllar (1960-2021)**
- **Nüfus (Kişi) :** Nüfus, bir ülkede, bir bölgede, bir evde yaşayan kişilerin oluşturduğu toplam sayı yani popülasyon anlamına gelir. Nüfus kelimesinin Türk Dil Kurumu (TDK)'ya göre bir diğer sözcük anlamı ise, kişi ve ortak özellik gösteren kimselerin bütünüdür. Nüfus kelimesi, dilimizde en çok kullanılan sözcükler arasında yer alır. Nüfus, genellikle ülkenin nüfus sayımını yapmak için kullanılan bir terimdir ve bu tez çalışmasında Türkiye'nin nüfusunu göstermektedir (TDK).
- **Elektrik Tüketimi (GWh):** GWh cinsinden elektrik kullanım miktarını belirtir (<https://www.zorluenerji.com.tr/>).
- **GSYH (Milyar \$):** Gayri Safi Yurt İçi Hâsıla (GSYH), belirli bir zaman aralığında bir ülkede üretilen tüm nihai ürünlerin, piyasa değerindeki ekonomik ölçüsüdür.
- **İşsizlik (%):** İşsizlik, herhangi bir ekonomik toplumda çalışmak istediği halde iş bulamayan yetişkinlerin bulunması durumudur. Ülke ekonomisinde genellikle 15 yaş ve üzeri kimseler işsiz grubuna dâhil edilirler. İşsizlik oranı ise, söz konusu ekonomide çalışma çağına olup son 1 ayda iş aramak için başvuranları ifade eder. İşsizlik oranı ise % olarak ifade edilir ve $(\text{İşsizlerin miktarı} / \text{işgücü toplamı}) \times 100$ şeklinde hesaplanır (<https://www.mahfiegilmez.com>).
- **Büyüme (%):** Bir ülkede ekonominin mal ve hizmet değerlerindeki artışıdır. Bunun sonucunda şirketler daha fazla işe ve doğal olarak çalışana yatırım yapar (<https://www.thebalance.com/>). Bu oran GSYH ile Denklem 2.1'de belirtildiği gibi hesaplanır.

$$\left(\frac{GSYH_{\text{Güncel Yıl}} - GSYH_{\text{Bir Önceki Yıl}}}{GSYH_{\text{Bir Önceki Yıl}}} \right) \times 100 \quad (2.1)$$

- **TÜFE (%):** Tüketim harcamalarında kullanılan mal ve hizmetlerin ücretlendirme seviyelerinde belli sürelerde meydana gelen değişimini ifade etmektedir. TÜFE oranı 418 temel ürünün 30 günlük olarak değişimleri hesaplanarak bulunur (<https://data.tuik.gov.tr> ve <https://www.hesapkurdu.com>).
- **Dış Borç (Milyar \$):** Ülkelerin veya şirketlerin başka ülkelerden kredi yoluyla aldığı borç olarak ifade edilmektedir (TDK).
- **Enflasyon (%):** Mal ve hizmetlerin ücretlerindeki artış olup mevcut paranın alım gücünün düşmesidir ve Denklem 2.2’de belirtildiği gibi ile hesaplanır (<https://www.hesapkurdu.com> ve <https://slideplayer.biz.tr/slide/12034479/>).

$$\left(\frac{TÜFE_{\text{Güncel Yıl}} - TÜFE_{\text{Bir Önceki Yıl}}}{TÜFE_{\text{Bir Önceki Yıl}}} \right) \times 100 \quad (2.2)$$

Yukarıda açıklaması yapılan veriler Çizelge 1.1’de belirtilmiştir.

Çizelge 1.1 Tez çalışmasında kullanılan veri seti

YILLAR	NÜFUS (Kişi)	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	GSYH (MİLYAR \$)	BÜYÜME (%)	İŞSİZLİK (%)	TÜFE (%)	DIŞ BORÇ (MİLYAR \$)	ENFLASYON (%)
1960	27472339	2395,7	14,0	2,1	3,1	5,7	1,1	5,0
1961	28146909	2585,4	8,0	1,2	3,4	3,2	0,6	4,4
1962	28832831	3059,3	8,9	5,6	3,4	3,9	1,0	5,8
1963	29531362	3406,3	10,4	9,1	3,4	6,4	0,9	6,4
1964	30244258	3780,7	11,2	5,5	3,5	1,1	1,0	2,4
1965	30972996	4236,8	12,0	2,8	3,7	4,6	1,1	4,1
1966	31717504	4728,9	14,1	11,2	3,6	8,5	1,2	6,0
1967	32477994	5269,2	15,6	4,7	4,8	14,0	1,3	5,9
1968	33256465	5870,1	17,5	6,8	5,2	6,1	1,5	4,8
1969	34055391	6679,0	19,5	4,1	5,9	4,9	2,5	6,9
1970	34876296	7307,8	17,1	3,2	6,4	7,9	2,8	8,6
1971	35720603	8289,3	16,3	5,6	6,8	19,0	3,3	16,9
1972	36587267	9527,3	20,4	7,4	6,3	15,4	3,6	11,0
1973	37472329	10530,1	25,7	3,3	6,8	13,9	4,2	21,9
1974	38370278	11358,7	35,6	5,6	7,3	23,9	4,6	29,0
1975	39277249	13491,7	44,6	7,2	7,6	21,2	5,1	21,3
1976	40189561	16078,9	51,3	10,5	9,0	17,5	6,0	15,6
1977	41108290	17968,8	58,7	3,4	10,0	26,0	11,5	24,1
1978	42039983	18933,8	65,2	1,5	10,1	61,9	14,9	47,5
1979	42994043	19663,1	89,4	-0,6	8,9	63,5	15,9	76,7
1980	43975972	20398,2	68,8	-2,5	8,3	94,3	19,1	93,0

YILLAR	NÜFUS (KİŞİ)	ELEKTRİK TÜKETİMİ	GSYH (MİLYAR \$)	BÜYÜME (%)	İŞSİZLİK (%)	TÜFE (%)	DIŞ BORÇ (MİLYAR \$)	ENFLASYON (%)
1981	44988411	22030,0	71,0	4,9	7,3	37,6	19,2	44,1
1982	46025411	23586,8	64,6	3,6	10,9	29,1	19,7	28,2
1983	47073470	24465,1	61,7	5,0	12,1	31,4	20,3	26,3
1984	48114158	27635,2	60,0	6,7	11,9	48,4	21,6	48,2
1985	49133928	29708,6	67,2	4,2	11,2	45,0	26,0	53,1
1986	50128548	32209,7	75,7	7,0	8,3	34,6	32,9	36,0
1987	51100930	36697,3	87,2	9,5	8,3	38,9	40,9	33,6
1988	52053764	39721,5	90,9	2,3	8,0	68,8	41,0	69,0
1989	52992479	43120,0	107,1	0,3	8,3	63,3	41,6	75,4
1990	53921758	46820,0	150,7	9,3	8,0	60,3	49,4	58,2
1991	54840595	49282,9	150,0	0,7	8,2	66,0	50,9	59,2
1992	55748946	53984,7	158,5	5,0	8,5	70,1	56,6	65,2
1993	56653808	59237,0	180,2	7,7	9,0	66,1	68,6	68,4
1994	57564209	61400,9	130,7	-4,7	8,6	105,2	66,3	104,8
1995	58486453	67393,9	169,5	7,9	7,6	89,1	73,8	86,0
1996	59423278	74156,6	181,5	7,4	6,6	80,4	80,6	77,2
1997	60372571	81885,0	189,8	7,6	6,8	85,7	84,7	81,5
1998	61329665	87704,6	276,0	2,4	6,9	84,6	97,0	143,6
1999	62287391	91201,9	256,4	-3,3	7,7	64,9	101,8	54,3
2000	63240196	98295,7	274,3	6,9	6,5	54,9	116,8	49,4
2001	64192243	97070,0	201,8	-5,8	8,4	54,4	113,0	53,0
2002	65145357	102948,0	240,3	6,5	10,4	45,0	129,5	37,6
2003	66089402	111766,0	314,6	5,8	10,5	21,6	144,1	23,3
2004	67010930	121141,9	408,9	9,8	10,8	8,6	159,6	12,4
2005	67903461	130262,9	506,3	9,0	10,6	8,2	173,6	7,1
2006	68756809	144091,4	557,1	7,0	8,7	9,6	211,0	9,4
2007	69581854	155135,2	681,3	5,0	8,9	8,8	260,0	6,2
2008	70418612	161947,6	770,5	0,8	9,7	10,4	290,6	12,1
2009	71321406	156894,1	649,3	-4,8	12,6	6,3	278,8	5,5
2010	72326992	172050,6	777,0	8,4	10,7	8,6	300,9	7,0
2011	73443254	186099,5	838,8	11,2	8,8	6,5	305,6	8,2
2012	74651046	194923,4	880,6	4,8	8,2	8,9	338,8	7,4
2013	75925454	198045,2	957,8	8,5	8,7	7,5	390,4	6,3
2014	77229262	207375,1	939,0	4,9	9,9	8,9	406,1	7,4
2015	78529413	263828,5	864,3	6,1	10,2	7,7	400,0	7,8
2016	79827868	277200	869,7	3,3	10,8	7,8	409,4	8,1
2017	81116451	294900	859,0	7,5	10,8	11,1	456,6	11,0
2018	82340090	300100	778,5	3,0	10,9	16,3	446,0	16,5
2019	83429607	290445	761,0	0,9	13,7	15,2	440,8	13,9
2020	84339067	290856	720,0	1,8	13,9	12,3	435,9	14,8
2021	84680273	329000	720,9	11,0	11,2	19,6	453,5	36,1

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Yapacağımız tez çalışmasında uygulayacağımız metodolojik yaklaşım şu şekilde olacaktır. Önce, regresyon ve yapay zekâ algoritmaları kullanılarak 1960–2012 yılları arası 53 yıllık veri seti kullanılarak bir model oluşturulup, 2013-2021 yılları tahmin edilecek ve elimizde olan mevcut gerçek değerlerle karşılaştırılacaktır. Daha sonra, veri setimizin tamamı yani 1960-2021 yıllarından oluşan 62 yıllık veri seti kullanılarak 2022-2030 yılları tahmin edilecektir.

3.1. Yük Tahminlerinin Sınıflandırılması

Elektrik enerjisinin verimli olarak üretimini, kullanılmasını hedefleyen ve bazı değişken şartların ortaya çıkması sebebiyle gerçek değerlere en yakın sonuçları elde etmek için uygulanan yöntemlerdir. Bunlar uzun, orta, kısa, çok kısa yük tahminleri olmak ile beraber bu tahminlere etki eden faktörler birlikte olarak değerlendirilir.

3.1.1. Uzun dönem yük tahmini

Bir yıl ve daha fazla süreleri ifade etmekte olup en fazla sapmaya sahip dönemsel yük tahminidir. Eldeki verilerin çokluğu ve doğruluğu; GSYH, nüfus, enflasyon oranı, dış borç, TÜFE oranı, işsizlik oranı gibi tahmine etkili veriler bu sapmaları en aza indirger (Saçlı, 2020).

3.1.2. Orta dönem yük tahmini

Bir aydan bir yıla kadar olan süreleri ifade etmekle beraber dönemsel kutlamalar, milli ve dini bayramlar, festivaller gibi etkinliklerin orta dönem yük tahmininde etkisi vardır (Akman, 2018).

3.1.3. Kısa dönem yük tahmini

Güç akışının kısa periyotlarla incelenmesi, tamir - onarım planlarında yardımcı olması ve özel durum analizlerinde (hava koşullarında olan değişikliklerden dolayı tüketim

farklılıkları gibi) sebebiyle; saatlik, haftalık ve bir aya kadar ekonomik faktörlerin verimli kullanılması için etkili bir tahmin yöntemidir (Sezer, 2019).

3.1.4. Çok kısa dönem yük tahmini

Elektrik işletme merkezlerinde yük akışına etki eden veya üretim - tüketim dengesizliğinde oluşabilecek frekans değişikliği gibi durumların anlık kararlar ile en aza indirmek için kullanılan yük tahminidir (Ceylan, 2004 ve Çevik, 2013) .

3.2. Makine Öğrenmesinde Kullanılan Teknikler

Gelişen teknoloji ve veriler ile birlikte büyük yapıli veri kaynakları oluşmuştur. Bu da veri madenciliği konusuna eğilimi artırmıştır. Böylelikle büyük yapıli verilerin arasında işe yarayan bilgilerin alınıp işlenmesi gerekmektedir. Günümüz dünyasında farklı yapıda ve düzeyde veri madenciliği programları kullanılmaktadır. Bu programlar;

SPSS Modeler: Integral Solutions Limited şirketi tarafından ilk olarak 1994'te geliştirilen veri madenciliği ve istatistiksel olarak programlama yapmadan algoritmalarının kullanıldığı arayüzü olan bir programdır (www.ibm.com/products/spss-modeler).

SAS: Çok değişkenli analiz ve tahmine dayalı analiz için SAS enstitüsü tarafından 1976'ya kadar North Carolina State Üniversitesinde geliştirilmiş istatistiksel bir yazılımdır (www.sas.com).

ANGOSS: Merkezi Toronto/Kanada olan yazılım geliştirme ve tahmine dayalı analitik sistemlerde finans, sigorta, Telekom, teknoloji gibi alanlarda 1984 yılından itibaren yer almaktadır. Ayrıca KnowledgeSEEKER ve KnowledgeSTUDIO olarak tahmin ve verileri işleme altprogramları bulunmaktadır (www.angoss.com).

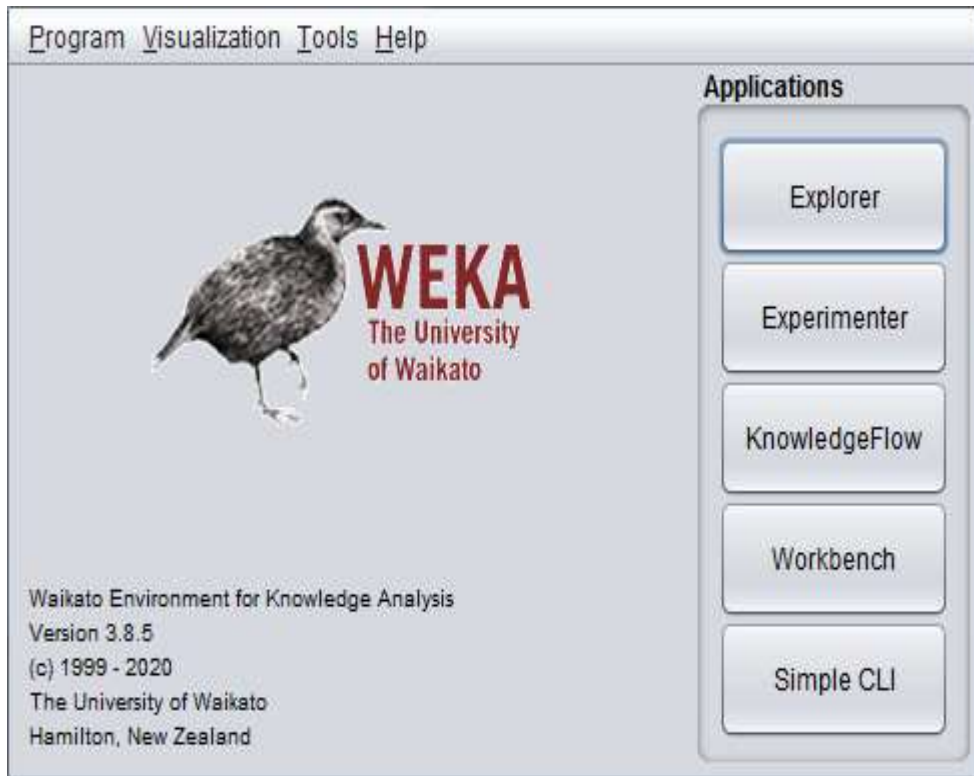
R: Bell laboratuvarlarında geliştirilmiş olup R&R simgesiyle bilinmekle, Modelleme, kümeleme, sınıflandırma, seri analiz, doğrusal olmayan modelleme gibi istatistiksel özellikleri vardır (<https://www.r-project.org/about.html>).

RAPIDMINER: YALE Üniversitesi tarafından JAVA diliyle yazılmış olan, yirmi beş farklı dosya uzantısını desteklemekle birlikte Microsoft SQL Server, PostgreSQL, MySQL gibi verilerin aktarılması için veri tabanlarından format desteği de sunmaktadır.

KNIME: JAVA tabanlı açık kodlu bir program olup veri analizi kullanıcılara kendi kod parçalarını yazabilme kolaylığı sağlar. Ayrıca Python, JavaScript gibi dillerinde fonksiyon çevirici yazmayı destekler (www.knime.com ve www.github.com/knime/knime-core).

3.2.1. WEKA

WEKA Yeni Zelanda'da bulunan Waikato Üniversitesi tarafından JAVA programıyla yazılmış olup veri madenciliğinde kullanılan bir programdır. WEKA açılımı The **W**aikato **E**nvironment for **K**nowledge **A**nalysis olarak geçmektedir. Sınıflandırma, birliktelik analizi, kümeleme, veri ön işleme ve tahmin yapmakta olup, Şekil 3.1'de bu işlemler için geçiş ekranı gösterilmiştir.



Şekil 3.1 WEKA programının GUI kısmı

Explorer: WEKA programının asıl işlemlerin yapıldığı kısmı olmakla beraber projeler görsel olarak takip edilir. Birliktelik, veri ön işleme ve kümeleme yapılır.

Experimenter: Kurulan modellere ait istatistiksel testlerin yapıldığı, oluşan performansların kıyaslandığı ve elde edilen çıktıların veri tabanı ve diğer ortamlara aktarıldığı kısımdır.

Knowledge Flow: Veri seti üzerinde modüler olarak tasarım yapılan bir bölümdür.

Simple CLI: Komut satırı kullanılarak programın temel fonksiyonları çalıştırılır.

WEKA veri dosyalarını Nitelik İlişki Dosya Formatı (**Attribute Relation File Format (ARFF)**) şeklinde kabul etmektedir. @relation, @attribute, @data ifadeleri sırasıyla veri setinin adını, verilerin framework isimlerini, verilerin başladığı satırı ifade etmektedir. Ancak bu şekilde sınıflandırma, kümeleme, birliktelik ve tahmin işlemlerini yapabilmektedir (Durğun, 2018). Tez çalışmasında ve WEKA’ da kullanılan verilerin bir kısmı Şekil 3.2’ de verilmiştir.

```
@relation Kullanilan_Tez_Verileri

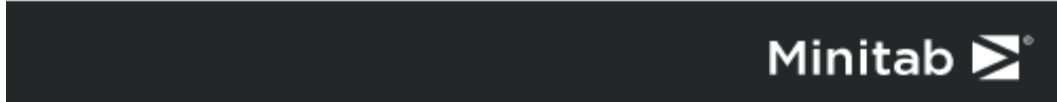
@attribute YILLAR numeric
@attribute 'NUFUS (KISI)' numeric
@attribute 'ELEKTRIK TUKETIMI (GWh)' numeric
@attribute 'GSYH (MILYAR USD)' numeric
@attribute 'BUYUME (\%)' numeric
@attribute 'ISSIZLIK (\%)' numeric
@attribute 'TUFEE (\%)' numeric
@attribute 'DIS BORC (MILYAR USD)' numeric
@attribute 'ENFLASYON(\%)' numeric

@data
1960,27472339,2395.7,14,2.1,3.1,5.66,1.14,5
1961,28146909,2585.4,7.99,1.16,3.4,3.17,0.61,4.37
1962,28832831,3059.3,8.92,5.57,3.4,3.89,1.02,5.79
1963,29531362,3406.3,10.36,9.07,3.4,6.36,0.86,6.42
1964,30244258,3780.7,11.18,5.46,3.5,1.12,0.96,2.35
-
-
-
1989,52992479,43120,107.14,0.29,8.26,63.27,41.58,75.4
1990,53921758,46820,150.68,9.27,8.02,60.3,49.42,58.24
1991,54840595,49282.9,150.03,0.72,8.21,65.98,50.87,59.16
1992,55748946,53984.7,158.46,5.04,8.51,70.08,56.55,65.2
1993,56653808,59237,180.17,7.65,8.96,66.09,68.6,68.38
1994,57564209,61400.9,130.69,-4.67,8.58,105.21,66.25,104.75
-
-
-
2015,78529413,263828.5,864.32,6.08,10.24,7.67,399.95,7.84
2016,79827868,277200,869.69,3.32,10.84,7.78,409.42,8.13
2017,81116451,294900,859,7.5,10.82,11.14,456.56,10.98
2018,82340090,300100,778.47,2.98,10.89,16.33,445.97,16.48
2019,83429607,290445,761,0.89,13.67,15.18,440.77,13.86
2020,84339067,290856,719.95,1.79,13.92,12.28,435.89,14.83
2021,84680273,329000,720.94,11,11.2,19.6,453.5,36.08
```

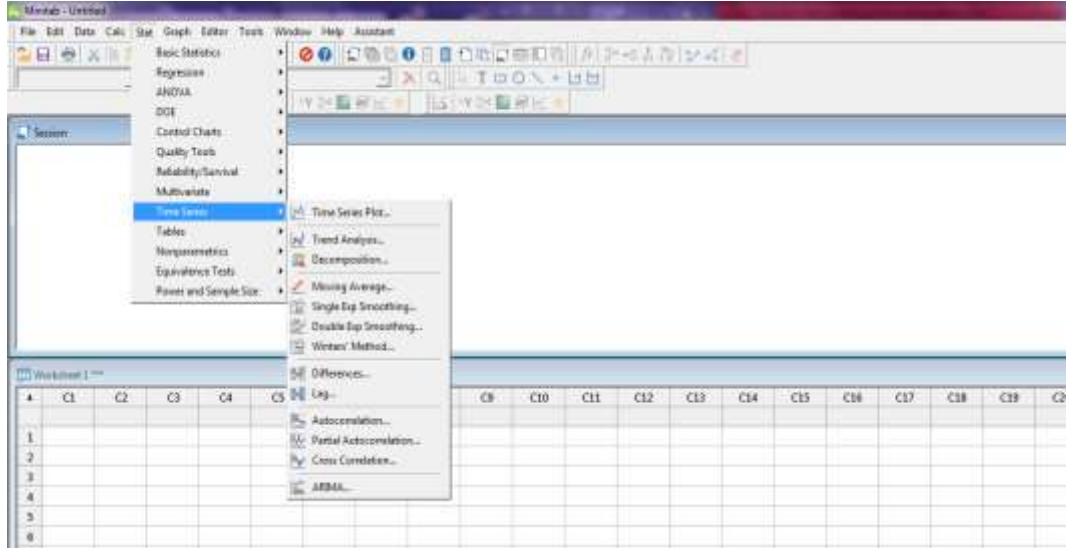
Şekil 3.2 Kullanılan veri setinin bir kısmı

3.2.2. Minitab

Microsoft tabanlı bir program olup istatistiksel yöntemlerin arayüz alt programları ile hesaplanmasını, hazır veriler veya manuel girip düzeltebildiğimiz ve grafiksel olarak sonuçların sergilendiği bir istatistiksel yazılım programıdır. Özellikleri içinde kapsamlı temel istatistiklerin dışında; proses kontrolü, ölçüm sistem analizi, deney tasarımı, güvenilirlik analizi ve yeterlilik analizleri gibi istatistiksel metotlar da yer almaktadır. Ayrıca programın, Şekil 3.3’de açılış ekranı ve Şekil 3.4’de arayüz ekranı verilmiştir (<https://sigmacenter.com.tr/minitab/>).



Şekil 3.3 Minitab açılış ekranı



Şekil 3.4 Minitab arayüz ekranı

3.2.3. MATLAB

MATLAB çok çeşitli alt sistemleri olmakla birlikte en başta analiz işlemlerinde kullanılan bir program olup sinyal işleme, veri analizi, dinamik sistemlerin kullanıldığı ve Toolbox arayüzlerinin kullanım kolaylığıyla bilim, mühendislik, sağlık, finans, sanayi gibi gelişen ve gelişmekte olan alanlarda halen devamlılığı sürdüren bir programdır. Ayrıca algoritma geliştirmesi, grafiksel olarak veri analizi ve değişimleri, modelleme ve simülasyon gibi özelliklerinin de programın bir avantajı olmakla birlikte, MATLAB açılış ekranı Şekil 3.5.'de ve arayüz ekranı Şekil 3.6'de verilmiştir (Durğun 2018).



Şekil 3.5 MATLAB açılış ekranı

3.3.2. Çoklu regresyon

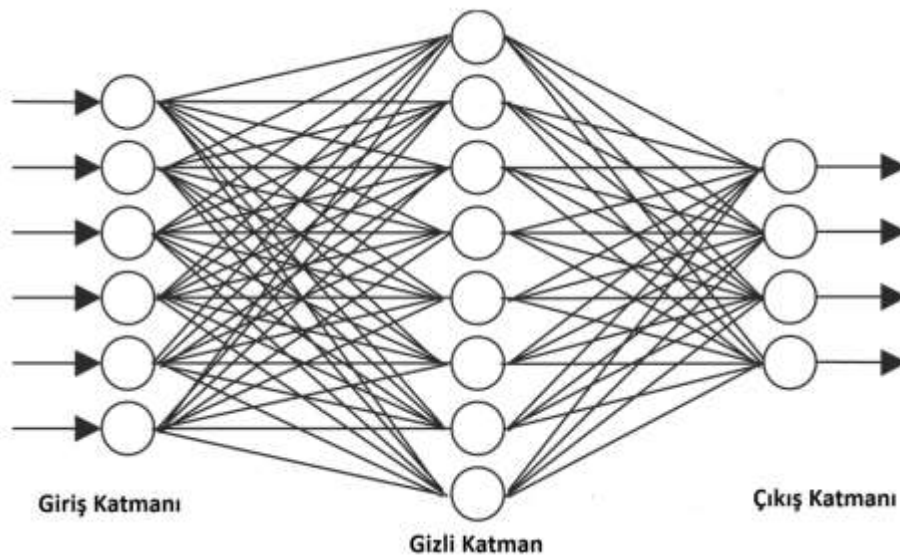
Regresyon modellerinden biri olup basit regresyondan farkı birden fazla bağımsız değişken ile bir bağımlı değer arasında neden-sonuç ilişkisine dayanan denklemsel bir sonuç çıkarmasıdır. Bu bağlamda, değişkenler arasındaki ilişki Denklem 3.2’de ifade edilmiştir.

$$Y = a + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon \quad (3.2)$$

Denklem 3.2’de verilen $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ GSYH, büyüme oranı, TÜFE oranı, nüfus, dış borç, işsizlik oranı, enflasyon oranı bağımsız değişkenlerini ifade ederken a sabit bir sayıyı ifade etmektedir (Saçlı, 2020). Ayrıca WEKA programında kullanılan Lineer Regresyon çoklu regresyon tabanlı bir algoritmadır.

3.4. Yapay Sinir Ağları

YSA, İnsan fizyolojisinden esinlenilmiş ve insan beyni gibi bilgiyi öğrenme, depolama, kullanma faaliyetlerini çok sayıda sinir düğümleri ile gerçekleştirmektedir. Bu düğümler birbiriyle bağlantılı olduğundan bir karar anında birbirleri arasında iletişim kurulabilir olup, düğümlerin iletişim yapısı Şekil 3.7’de gösterilmiştir (Saçlı, 2020).

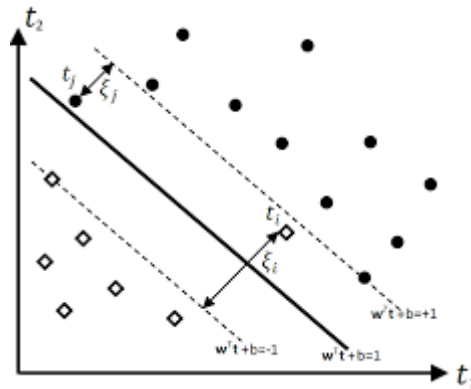


Şekil 3.7 Yapay sinir ağ yapısı (Çevik,2013)

Giriş katmanına gelen veriler gizli katmanlara aktarılır, belirli aktivasyon fonksiyonları ile işlemlere tutulup sonuçlara göre çıkış katmanlarına yönlendirirler. Ayrıca sistemin gizli katman sayısı ve düğüm sayısı da öğrenme işlemi için önem arz etmektedir. Çünkü işlem uzun sürebilir veya istenen düzey aralıklarında sonuçlar vermeyebilir (<https://www.smartmind.com.tr/>). Ayrıca WEKA programında kullanılan Multi Layer Perceptron (MLP) YSA tabanlı bir algoritmadır.

3.5. Destek Vektör Makinesi

Destek vektör makinesi (DVM) sınıflandırma için kullanılan bir algoritma olup, oluşturduğu veri düzleminde verilerin en yakın olanları seçilir ve teorik bakımdan doğrusal olarak ayrılmasına rağmen her zaman doğrusal olarak ayrılmayabilir. Doğrusal olarak ayrılmış bir durumda hata toleransı ile yakınsama işlemi en iyi yakınsama aralıklarında kalır ve bu düzlemde sonsuz sayıdaki doğrudan en yakın değerli olan paralel destek vektörü olur. Şekil 3.8’de doğrusal olarak ayrılmış DVM yapısı gösterilmiştir (Koçbey, 2019). Ayrıca bu tez çalışmasında, WEKA programında kullanılan SMOreg DVM tabanlı bir algoritmadır.



Şekil 3.8 Doğrusal ayrılmış destek vektörü (Koçbey, 2019)

Doğrusal olarak ayrılmayan destek vektörlerde hata oranı yüksek çıktığından dolayı bu sınıflandırmayı yakınsamalı olarak yapılır ve bu parametrenin adı aylak veya gevşek değişken olarak görülür. Böylece bu gevşek değişken ile pozitif bir ekleme yapılarak yapılan hatanın belli bir tolerans değerine girmesi sağlanır (Koçbey, 2019).

3.6. Tez Çalışmasında Kullanılan Diğer Yöntemler

Bu tez çalışmasında karşılaştırma yapmak için farklı algoritmalar da kullanılmıştır. Bunlar WEKA programında yer alan Gaussian Process Regression (GPR), M5P, M5Rules algoritmalarıdır.

3.6.1 GPR regresyonu

İstatistiksel olarak hesaplanamayan fonksiyonlar hakkında tahmin yapabilmek için kullanılan bir yöntem olup, bankalardan tüketici tahminlerine kadar geniş bir alanda yer alır (<https://tayyarg.github.io/>).

3.6.2 M5P

Lineer regresyon fonksiyonların da olduğu sayısal regresyon ağaç modeli ile ikili bir yapı oluşturur. Model ağaçlar ve kurallarını uygulamak için oluşturulmuş bir yöntemdir (<https://www.quora.com/>).

3.6.3 M5Rules

Parçala ve elde et prensibiyle regresyon sorunları için karar listeleri oluşturulur, ardından her iterasyonda M5 kullanarak bir model ağacı oluşturulur ve ağacın en iyi yaprağı kural haline getirerek regresyon işlemlerini sonuçlandırır (<https://tayyarg.github.io/>).

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında 1960-2012 yılları arası 53 yıllık veri (Nüfus, elektrik tüketimi, GSYH, büyüme, işsizlik oranı, TÜFE oranı, dış borç ve enflasyon oranı) seti kullanılarak bir model oluşturularak 2013-2021 yılları arasındaki 9 yıllık elektrik enerji tüketim değeri tahmin edilmiş ve tahmin edilen değerlerle 2013-2021 yılları arası gerçek değerler karşılaştırılarak oluşturulan modeller MAPE değerleriyle test edilmiştir.

4.1. WEKA Programı Elektrik Tüketimi Tahmin Sonuçları

1960 – 2012 yılları arası veri setine, WEKA programının 6 farklı algoritması (SMOreg, MLP, GPR, Lineer Regresyon, M5Rules ve M5P) kullanılarak bir model oluşturulmuş ve 2013-2021 yılları arası elektrik tüketimi tahmin edilmiştir. 2013-2021 yılları arası gerçekleşen değerlerle tahmin edilen değerler MAPE değerleri hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Elektrik tüketimi için elde edilen sonuçlar tablo haline getirilerek aşağıda gösterilmiştir. Çizelge 4.1’de WEKA programı SMOreg sonuçları, Çizelge 4.2’de WEKA programı MLP sonuçları, Çizelge 4.3’de WEKA programı GPR sonuçları, Çizelge 4.4’de WEKA programı lineer regresyon sonuçları, Çizelge 4.5’de WEKA programı M5rules sonuçları ve Çizelge 4.6’de WEKA programı M5P sonuçları gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 WEKA programı elektrik tüketimi SMOreg tahmin sonuçları

YILLAR	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	ELEKTRİK TÜKETİMİ TAHMİNİ (GWh)	MUTLAK HATA	MAPE (%)
2013	198045,2	210084,8	12039,6	6,1
2014	207375,1	224234,5	16859,4	8,1
2015	263828,5	238282,4	25546,1	9,7
2016	277200	252679,7	24520,3	8,8
2017	294900	267485,7	27414,3	9,3
2018	300100	283222,0	16878,1	5,6
2019	290445	299699,4	9254,4	3,2
2020	290856	317053,4	26197,4	9,0
2021	329000	335675,6	6675,6	2,0
			ORT. (%)	6,9

Çizelge 4.2 WEKA programı elektrik tüketimi MLP tahmin sonuçları

YILLAR	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	ELEKTRİK TÜKETİMİ TAHMİNİ (GWh)	MUTLAK HATA	MAPE (%)
2013	198045,2	204390,5	6345,3	3,2
2014	207375,1	215294,7	7919,6	3,8
2015	263828,5	221769,8	42058,7	15,9
2016	277200	229822,0	47378,0	17,1
2017	294900	236628,1	58271,9	19,8
2018	300100	244468,3	55631,7	18,5
2019	290445	247138,3	43306,7	14,9
2020	290856	251890,2	38965,8	13,4
2021	329000	255181,0	73819,0	22,4
			ORT. (%)	14,3

Çizelge 4.3 WEKA programı elektrik tüketimi GPR tahmin sonuçları

YILLAR	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	ELEKTRİK TÜKETİMİ TAHMİNİ (GWh)	MUTLAK HATA	MAPE (%)
2013	198045,2	201830,6	3785,4	1,9
2014	207375,1	211704,0	4328,9	2,1
2015	263828,5	220658,3	43170,3	16,4
2016	277200	229461,0	47739,3	17,2
2017	294900	238519,0	56381,3	19,1
2018	300100	248030,1	52069,9	17,4
2019	290445	261053,0	29392,2	10,1
2020	290856	278583,5	12272,5	4,2
2021	329000	300028,0	28972,1	8,8
			ORT. (%)	10,8

Çizelge 4.4 WEKA programı elektrik tüketimi Lineer Regresyon tahmin sonuçları

YILLAR	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	ELEKTRİK TÜKETİMİ TAHMİNİ (GWh)	MUTLAK HATA	MAPE (%)
2013	198045,2	204283,1	6237,9	3,2
2014	207375,1	214700,0	7324,8	3,5
2015	263828,5	226639,0	37189,6	14,1
2016	277200	238023,3	39176,7	14,1
2017	294900	249142,0	45758,1	15,5
2018	300100	260757,6	39342,4	13,1
2019	290445	273841,0	16604,0	5,7
2020	290856	288716,8	2139,2	0,7
2021	329000	301533,5	27466,6	8,3
			ORT. (%)	8,7

Çizelge 4.5 WEKA programı elektrik tüketimi M5Rules tahmin sonuçları

YILLAR	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	ELEKTRİK TÜKETİMİ TAHMİNİ (GWh)	MUTLAK HATA	MAPE (%)
2013	198045,2	209046,4	11001,2	5,6
2014	207375,1	229033,2	21658,1	10,4
2015	263828,5	245112,0	18716,5	7,1
2016	277200	255252,6	21947,4	7,9
2017	294900	248741,0	46159,2	15,7
2018	300100	270591,2	29508,8	9,8
2019	290445	290887,4	442,4	0,2
2020	290856	303851,0	12994,8	4,5
2021	329000	324251,0	4749,1	1,4
			ORT. (%)	7,0

Çizelge 4.6 WEKA programı elektrik tüketimi M5P tahmin sonuçları

YILLAR	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	ELEKTRİK TÜKETİMİ TAHMİNİ (GWh)	MUTLAK HATA	MAPE (%)
2013	198045,2	175184,0	22861,2	11,5
2014	207375,1	181024,0	26351,2	12,7
2015	263828,5	186863,7	76964,8	29,2
2016	277200	192703,5	84496,5	30,5
2017	294900	198543,4	96356,6	32,7
2018	300100	204383,2	95716,8	31,9
2019	290445	210223,1	80221,9	27,6
2020	290856	216063,0	74793,1	25,7
2021	329000	221903,0	107097,3	32,6
			ORT. (%)	26,0

Çizelge 4.1’den Çizelge 4.6’ya kadar verilen WEKA programının 6 farklı algoritmasından elde edilen elektrik tüketim değerlerine göre MAPE değerlerinin karşılaştırılması Çizelge 4.7’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7 WEKA algoritmaları elektrik tüketim MAPE değerlerinin karşılaştırılması

WEKA ALGORİTMASI	ORTALAMA MAPE (%)
SMOreg	6,9
MLP	14,3
GPR	10,8
Lineer Regresyon	8,7
M5rules	7,0
M5P	26,0

WEKA programı algoritmaları kullanılarak tahmin edilen elektrik tüketim değerlerine göre ortalama MAPE değerlerinin karşılaştırıldığı Çizelge 4.7' ye bakıldığında; en iyi MAPE değerine sahip algoritmanın % 6,9 ile SMOreg algoritmasının olduğu görülmektedir. SMOreg algoritmasından sonra sırasıyla; % 7,0 ortalama MAPE değeriyle M5rules algoritması; % 8,7 ortalama MAPE değeriyle Lineer Regresyon algoritması; % 10,8 ortalama MAPE değeriyle GPR algoritması; % 14,3 ortalama MAPE değeriyle MLP algoritması ve % 26,0 ortalama MAPE değeriyle M5P algoritması gelmektedir.

4.2. Minitab Programı Sonuçları

Minitab programında çoklu regresyonun kullanıldığı bu bölümde; 1960-2021 yılları arası veri seti kullanılarak elektrik tüketimi tahmin edilerek ortalama MAPE değerleri bulunmuştur. Minitab programında; elektrik tüketimi için çoklu regresyon yöntemi kullanılarak elde edilen eşitlik Denklem 4.1'de gösterilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Elektrik Tüketim Tahmini} = & -50674 + 0,002036 \times \text{Nüfus} + 8,7 \times \text{GSYH} - 38 \times \text{Büyüme} \\ & - 1976 \times \text{İşsizlik} - 131,3 \times \text{TÜFE} + 309,2 \times \text{Dış Borç} \quad (4.1) \end{aligned}$$

Çizelge 4.8'de Minitab programında elde edilen ve yukarıda verilen Denklem 4.1 eşitliğini kullanarak elektrik tüketimi tahmin değerleri gösterilmiştir

Çizelge 4.8 Minitab programı çoklu regresyon tahmin sonuçları

YILLAR	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	TÜKETİM TAHMİNİ (GWh)	MUTLAK HATA	MAPE (%)
1960	2395,7	-1124,7	3520,4	147,0
1961	2585,4	-207,8	2793,2	108,0
1962	3059,3	1086,4	1972,9	64,5
1963	3406,3	2025,4	1380,9	40,5
1964	3780,7	4071,0	290,3	7,7
1965	4236,8	4874,4	637,6	15,1
1966	4728,9	5837,0	1108,1	23,4
1967	5269,2	4593,5	675,7	12,8
1968	5870,1	6412,8	542,7	9,3
1969	6679,0	7282,9	603,9	9,0
1970	7307,8	7679,6	371,8	5,1
1971	8289,3	7374,1	915,2	11,0

YILLAR	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	TÜKETİM TAHMİNİ (GWh)	MUTLAK HATA	MAPE (%)
1972	9527,3	10539,1	1011,8	10,6
1973	10530,1	12151,7	1621,6	15,4
1974	11358,7	11942,5	583,8	5,1
1975	13491,7	13557,4	65,7	0,5
1976	16078,9	13264,4	2814,5	17,5
1977	17968,8	14211,1	3757,7	20,9
1978	18933,8	12802,8	6131,0	32,4
1979	19663,1	18055,1	1608,0	8,2
1980	20398,2	18383,3	2014,9	9,9
1981	22030,0	28741,7	6711,7	30,5
1982	23586,8	24646,4	1059,6	4,5
1983	24465,1	24325,3	139,8	0,6
1984	27635,2	25204,5	2430,7	8,8
1985	29708,6	30740,7	1032,1	3,5
1986	32209,7	41673,4	9463,7	29,4
1987	36697,3	45534,4	8837,1	24,1
1988	39721,5	45019,1	5297,6	13,3
1989	43120,0	47738,4	4618,4	10,7
1990	46820,0	52646,0	5826,0	12,4
1991	49282,9	54180,2	4897,3	9,9
1992	53984,7	56674,4	2689,7	5,0
1993	59237,0	62023,9	2786,9	4,7
1994	61400,9	59463,0	1937,9	3,2
1995	67393,9	67160,8	233,1	0,3
1996	74156,6	74285,9	129,3	0,2
1997	81885,0	76521,8	5363,2	6,6
1998	87704,6	84367,1	3337,5	3,8
1999	91201,9	87244,7	3957,2	4,3
2000	98295,7	97164,3	1131,4	1,2
2001	97070,0	94180,7	2889,3	3,0
2002	102948,0	98157,6	4790,4	4,7
2003	111766,0	107710,7	4055,3	3,6
2004	121141,9	115977,6	5164,3	4,3
2005	130262,9	123348,7	6914,2	5,3
2006	144091,4	140830,5	3260,9	2,3
2007	155135,2	158567,4	3432,2	2,2
2008	161947,6	168876,1	6928,5	4,3
2009	156894,1	161062,1	4168,0	2,7
2010	172050,6	173990,8	1940,2	1,1
2011	186099,5	182120,9	3978,6	2,1
2012	194923,4	196423,0	1499,6	0,8
2013	198045,2	214496,7	16451,5	8,3
2014	207375,1	219549,2	12174,1	5,9
2015	263828,5	219065,8	44762,7	17,0
2016	277200	223595,8	53604,2	19,3
2017	294900	240192,6	54707,4	18,6
2018	300100	238161,6	61938,4	20,6
2019	290445	233310,2	57134,8	19,7
2020	290856	233164,5	57691,5	19,8
2021	329000	243763,4	85236,6	25,9
			ORT. MAPE (%)	15,2

4.3. MATLAB Programı Sonuçları

MATLAB ortamında yapılan bu çalışmada regresyon modelin test değerlendirilmesi 1.derecen 10.'dereceye kadar MAPE ile yapılmış ve Çizelge 4.9'da 1960-2012 verileri için Periyot (1-53) değerleri verilmiştir. Bu tez çalışmasında elektrik tüketim verileri üzerinden 1960-2021 arası her yıl için Periyot =1-62 olarak her yıla sabit bir sayı verilmiştir. Böylelikle 1960-2012 yılları Periyot=1-53 olarak alınmış 1.dereceden 10. dereceye kadar regresyon denklemleri elde edilmiştir.

1.derece regresyon denklemi;

$$\text{Elektrik Tüketimi}(1) = 4419,1x(\text{Yıl}) - 55507 \quad (4.2)$$

2.derece regresyon denklemi;

$$\text{Elektrik Tüketimi}(2) = 108x(\text{Yıl})^2 - 2384,7x(\text{Yıl}) + 17067 \quad (4.3)$$

3.derece regresyon denklemi;

$$\text{Elektrik Tüketimi}(3) = 1,1609x(\text{Yıl})^3 - 1,7072x(\text{Yıl})^2 + 402x(\text{Yıl}) + 1855,1 \quad (4.4)$$

4.derece regresyon denklemi;

$$\begin{aligned} \text{Elektrik Tüketimi}(4) = & 0,0017813x(\text{Yıl})^4 + 0,93645x(\text{Yıl})^3 + 7,432x(\text{Yıl})^2 + 271,63x(\text{Yıl}) \\ & + 2295,3 \end{aligned} \quad (4.5)$$

5.derece regresyon denklemi;

$$\begin{aligned} \text{Elektrik Tüketimi}(5) = & 9,0329x10^{-4}x(\text{Yıl})^5 - 0,14049x(\text{Yıl})^4 + 8,9366x(\text{Yıl})^3 - 183,92x(\text{Yıl})^2 \\ & + 2050,3x(\text{Yıl}) - 1858,9 \end{aligned} \quad (4.6)$$

6.derece regresyon denklemi;

$$\begin{aligned} \text{Elektrik Tüketimi}(6) = & 1,0979x10^{-4}x(\text{Yıl})^6 - 0,019847x(\text{Yıl})^5 + 1,3501x(\text{Yıl})^4 \\ & - 41,616x(\text{Yıl})^3 + 629,07x(\text{Yıl})^2 - 3327,2x(\text{Yıl}) + 7504,9 \end{aligned} \quad (4.7)$$

7.derece regresyon denklemi;

$$\begin{aligned} \text{Elektrik Tüketimi}(7) = & 6,1155x10^{-6}x(\text{Yıl})^7 - 0,0012387x(\text{Yıl})^6 + 0,098126x(\text{Yıl})^5 \\ & - 3,8503x(\text{Yıl})^4 + 79,388x(\text{Yıl})^3 - 786,47x(\text{Yıl})^2 + 3743,8x(\text{Yıl}) \\ & - 2184,5 \end{aligned} \quad (4.8)$$

8.derece regresyon denklemi;

$$\begin{aligned} \text{Elektrik Tüketimi (8)} = & 3,9726 \times 10^{-7} x(Yıl)^8 - 9,3994 \times 10^{-5} x(Yıl)^7 + 0,0090893 x(Yıl)^6 \\ & - 0,46319 x(Yıl)^5 + 13,365 x(Yıl)^4 - 216,56 x(Yıl)^3 + 1868 x(Yıl)^2 \\ & - 6715,6 x(Yıl) + 9564,7 \quad (4.9) \end{aligned}$$

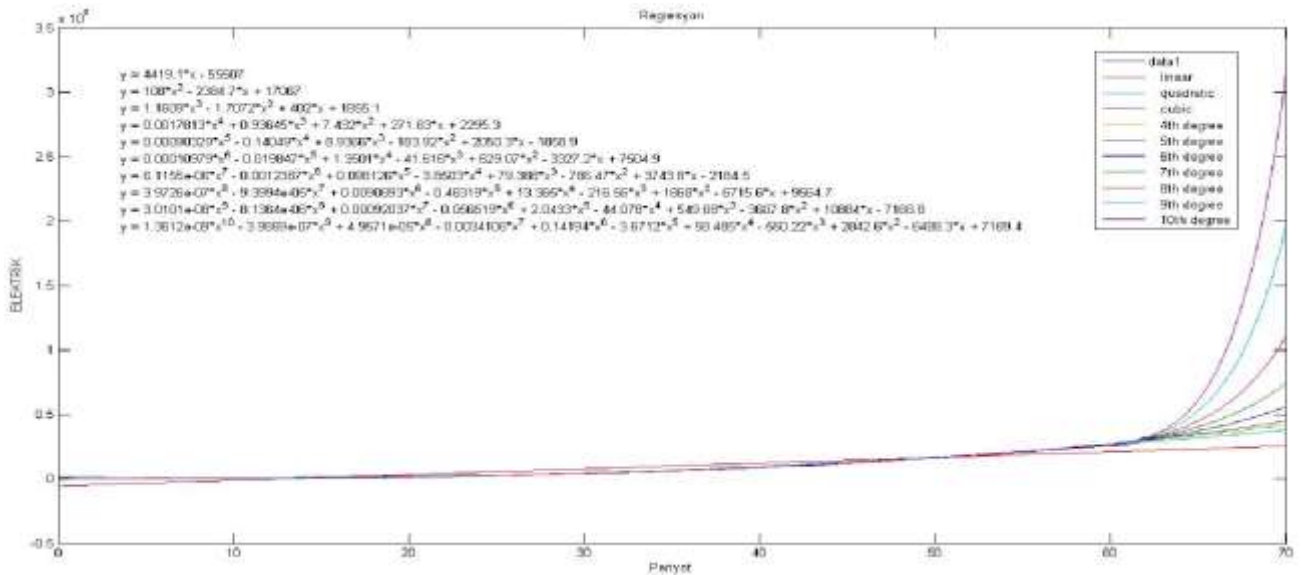
9.derece regresyon denklemi;

$$\begin{aligned} \text{Elektrik Tüketimi (9)} = & 3,0101 \times 10^{-8} x(Yıl)^9 - 8,1364 \times 10^{-6} x(Yıl)^8 + 9,2037 \times 10^{-4} x(Yıl)^7 \\ & - 0,056519 x(Yıl)^6 + 2,0433 x(Yıl)^5 - 44,078 x(Yıl)^4 - 216,56 x(Yıl)^3 \\ & + 1868 x(Yıl)^2 - 6715,6 x(Yıl) + 9564,7 \quad (4.10) \end{aligned}$$

10.derece regresyon denklemi;

$$\begin{aligned} \text{Elektrik Tüketimi (10)} = & 1,3612 \times 10^{-9} x(Yıl)^{10} - 3,9869 \times 10^{-7} x(Yıl)^9 + 4,957 \times 10^{-5} x(Yıl)^8 \\ & - 0,0034106 x(Yıl)^7 + 0,14194 x(Yıl)^6 - 3,6712 x(Yıl)^5 + 58,485 x(Yıl)^4 \\ & - 550,22 x(Yıl)^3 + 2842,6 x(Yıl)^2 - 6488,3 x(Yıl) + 7169,4 \quad (4.11) \end{aligned}$$

Yukarıda denklemlerle belirtilen MATLAB programında yapılmış 1.dereceden 10.dereceye kadar olan regresyon denklemleri Şekil 4.1'de grafikleri ile birlikte verilmiştir.



Şekil 4.1 MATLAB denklem ve grafik sonuçları

İşlem kolaylığı için 1960-2012 yılları arası elektrik tüketim verilerine Çizelge 4.9'da periyot değerlerinin verilmesi gösterilmiştir.

Çizelge 4.9 1960-2012 Elektrik Tüketim verisine periyot değerlerinin verilmesi

PERİYOT	YILLAR	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	PERİYOT	YILLAR	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)
1	1960	2395,7	28	1987	36697,3
2	1961	2585,4	29	1988	39721,5
3	1962	3059,3	30	1989	43120,0
4	1963	3406,3	31	1990	46820,0
5	1964	3780,7	32	1991	49282,9
6	1965	4236,8	33	1992	53984,7
7	1966	4728,9	34	1993	59237,0
8	1967	5269,2	35	1994	61400,9
9	1968	5870,1	36	1995	67393,9
10	1969	6679,0	37	1996	74156,6
11	1970	7307,8	38	1997	81885,0
12	1971	8289,3	39	1998	87704,6
13	1972	9527,3	40	1999	91201,9
14	1973	10530,1	41	2000	98295,7
15	1974	11358,7	42	2001	97070,0
16	1975	13491,7	43	2002	102948,0
17	1976	16078,9	44	2003	111766,0
18	1977	17968,8	45	2004	121141,9
19	1978	18933,8	46	2005	130262,9
20	1979	19663,1	47	2006	144091,4
21	1980	20398,2	48	2007	155135,2
22	1981	22030,0	49	2008	161947,6
23	1982	23586,8	50	2009	156894,1
24	1983	24465,1	51	2010	172050,6
25	1984	27635,2	52	2011	186099,5
26	1985	29708,6	53	2012	194923,4
27	1986	32209,7			

Bütün dereceler için regresyon denklemleri hesaplanıp en küçük MAPE değeri olan parametrelerin tahmin değerleri alınmıştır. Aşağıda elektrik tüketimi için yapılan hesaplama işlemleri tüm parametreler için 1.dereceden 10.dereceye kadar uygulanmış ve Çizelge 4.10'dan Çizelge 4.19'a kadar elektrik tüketim verilerinin MAPE değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.10 Elektrik Tüketim verilerinin 1.derece MAPE değerleri

PERİYOT	YILLAR	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	TÜKETİM TAHMİNİ (GWh)	MUTLAK HATA	MAPE %
1	1960	2395,7	-51087,9	53483,6	2232,5
2	1961	2585,4	-46668,8	49254,2	1905,1
3	1962	3059,3	-42249,7	45309	1481,0
4	1963	3406,3	-37830,6	41236,9	1210,6
5	1964	3780,7	-33411,5	37192,2	983,7
6	1965	4236,8	-28992,4	33229,2	784,3
7	1966	4728,9	-24573,3	29302,2	619,6
8	1967	5269,2	-20154,2	25423,4	482,5
9	1968	5870,1	-15735,1	21605,2	368,1
10	1969	6679,0	-11316	17995	269,4
11	1970	7307,8	-6896,9	14204,7	194,4
12	1971	8289,3	-2477,8	10767,1	129,9
13	1972	9527,3	1941,3	7586	79,6
14	1973	10530,1	6360,4	4169,7	39,6
15	1974	11358,7	10779,5	579,2	5,1
16	1975	13491,7	15198,6	1706,9	12,7
17	1976	16078,9	19617,7	3538,8	22,0
18	1977	17968,8	24036,8	6068	33,8
19	1978	18933,8	28455,9	9522,1	50,3
20	1979	19663,1	32875	13211,9	67,2
21	1980	20398,2	37294,1	16895,9	82,8
22	1981	22030,0	41713,2	19683,2	89,4
23	1982	23586,8	46132,3	22545,5	95,6
24	1983	24465,1	50551,4	26086,3	106,6
25	1984	27635,2	54970,5	27335,3	98,9
26	1985	29708,6	59389,6	29681	99,9
27	1986	32209,7	63808,7	31599	98,1
28	1987	36697,3	68227,8	31530,5	85,9
29	1988	39721,5	72646,9	32925,4	82,9
30	1989	43120,0	77066	33946	78,7
31	1990	46820,0	81485,1	34665,1	74,0
32	1991	49282,9	85904,2	36621,3	74,3
33	1992	53984,7	90323,3	36338,6	67,3
34	1993	59237,0	94742,4	35505,4	59,9
35	1994	61400,9	99161,5	37760,6	61,5
36	1995	67393,9	103580,6	36186,7	53,7
37	1996	74156,6	107999,7	33843,1	45,6
38	1997	81885,0	112418,8	30533,8	37,3
39	1998	87704,6	116837,9	29133,3	33,2
40	1999	91201,9	121257	30055,1	33,0
41	2000	98295,7	125676,1	27380,4	27,9
42	2001	97070,0	130095,2	33025,2	34,0
43	2002	102948,0	134514,3	31566,3	30,7
44	2003	111766,0	138933,4	27167,4	24,3
45	2004	121141,9	143352,5	22210,6	18,3
46	2005	130262,9	147771,6	17508,7	13,4
47	2006	144091,4	152190,7	8099,3	5,6
48	2007	155135,2	156609,8	1474,6	1,0
49	2008	161947,6	161028,9	918,7	0,6
50	2009	156894,1	165448	8553,9	5,5
51	2010	172050,6	169867,1	2183,5	1,3
52	2011	186099,5	174286,2	11813,3	6,4
53	2012	194923,4	178705,3	16218,1	8,3
				ORT. MAPE (%)	237,9

Çizelge 4.11 Elektrik Tüketim verilerinin 2.derece MAPE değerleri

PERİYOT	YILLAR	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	TÜKETİM TAHMİNİ (GWh)	MUTLAK HATA	MAPE %
1	1960	2395,7	14790,3	12394,6	517,4
2	1961	2585,4	12729,6	10144,2	392,4
3	1962	3059,3	10884,9	7825,6	255,8
4	1963	3406,3	9256,2	5849,9	171,7
5	1964	3780,7	7843,5	4062,8	107,5
6	1965	4236,8	6646,8	2410	56,9
7	1966	4728,9	5666,1	937,2	19,8
8	1967	5269,2	4901,4	367,8	7,0
9	1968	5870,1	4352,7	1517,4	25,9
10	1969	6679	4020	2659	39,8
11	1970	7307,8	3903,3	3404,5	46,6
12	1971	8289,3	4002,6	4286,7	51,7
13	1972	9527,3	4317,9	5209,4	54,7
14	1973	10530,1	4849,2	5680,9	54,0
15	1974	11358,7	5596,5	5762,2	50,7
16	1975	13491,7	6559,8	6931,9	51,4
17	1976	16078,9	7739,1	8339,8	51,9
18	1977	17968,8	9134,4	8834,4	49,2
19	1978	18933,8	10745,7	8188,1	43,3
20	1979	19663,1	12573	7090,1	36,1
21	1980	20398,2	14616,3	5781,9	28,4
22	1981	22030	16875,6	5154,4	23,4
23	1982	23586,8	19350,9	4235,9	18,0
24	1983	24465,1	22042,2	2422,9	9,9
25	1984	27635,2	24949,5	2685,7	9,7
26	1985	29708,6	28072,8	1635,8	5,5
27	1986	32209,7	31412,1	797,6	2,5
28	1987	36697,3	34967,4	1729,9	4,7
29	1988	39721,5	38738,7	982,8	2,5
30	1989	43120	42726	394	0,9
31	1990	46820	46929,3	109,3	0,2
32	1991	49282,9	51348,6	2065,7	4,2
33	1992	53984,7	55983,9	1999,2	3,7
34	1993	59237	60835,2	1598,2	2,7
35	1994	61400,9	65902,5	4501,6	7,3
36	1995	67393,9	71185,8	3791,9	5,6
37	1996	74156,6	76685,1	2528,5	3,4
38	1997	81885	82400,4	515,4	0,6
39	1998	87704,6	88331,7	627,1	0,7
40	1999	91201,9	94479	3277,1	3,6
41	2000	98295,7	100842,3	2546,6	2,6
42	2001	97070	107421,6	10351,6	10,7
43	2002	102948	114216,9	11268,9	11,0
44	2003	111766	121228,2	9462,2	8,5
45	2004	121141,9	128455,5	7313,6	6,0
46	2005	130262,9	135898,8	5635,9	4,3
47	2006	144091,4	143558,1	533,3	0,4
48	2007	155135,2	151433,4	3701,8	2,4
49	2008	161947,6	159524,7	2422,9	1,5
50	2009	156894,1	167832	10937,9	7,0
51	2010	172050,6	176355,3	4304,7	2,5
52	2011	186099,5	185094,6	1004,9	0,5
53	2012	194923,4	194049,9	873,5	0,5
				ORT. MAPE (%)	43,0

Çizelge 4.12 Elektrik Tüketim verilerinin 3.derece MAPE değerleri

PERİYOT	YILLAR	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	TÜKETİM TAHMİNİ (GWh)	MUTLAK HATA	MAPE %
1	1960	2395,7	2256,6	139,2	5,8
2	1961	2585,4	2661,6	76,2	3,0
3	1962	3059,3	3077,1	17,8	0,6
4	1963	3406,3	3510,1	103,8	3,1
5	1964	3780,7	3967,5	186,8	4,9
6	1965	4236,8	4456,4	219,6	5,2
7	1966	4728,9	4983,6	254,7	5,4
8	1967	5269,2	5556,2	287,0	5,5
9	1968	5870,1	6181,1	311,0	5,3
10	1969	6679,0	6865,3	186,3	2,8
11	1970	7307,8	7615,7	307,9	4,2
12	1971	8289,3	8439,3	150,0	1,8
13	1972	9527,3	9343,1	184,2	1,9
14	1973	10530,1	10334,0	196,1	1,9
15	1974	11358,7	11419,0	60,3	0,5
16	1975	13491,7	12605,1	886,6	6,6
17	1976	16078,9	13899,2	2179,7	13,6
18	1977	17968,8	15308,3	2660,5	14,8
19	1978	18933,8	16839,4	2094,4	11,1
20	1979	19663,1	18499,4	1163,7	5,9
21	1980	20398,2	20295,3	102,9	0,5
22	1981	22030,0	22234,1	204,1	0,9
23	1982	23586,8	24322,7	735,9	3,1
24	1983	24465,1	26568,0	2102,9	8,6
25	1984	27635,2	28977,2	1342,0	4,9
26	1985	29708,6	31557,0	1848,4	6,2
27	1986	32209,7	34314,6	2104,9	6,5
28	1987	36697,3	37256,7	559,4	1,5
29	1988	39721,5	40390,5	669,0	1,7
30	1989	43120,0	43722,9	602,9	1,4
31	1990	46820,0	47260,9	440,9	0,9
32	1991	49282,9	51011,3	1728,4	3,5
33	1992	53984,7	54981,2	996,5	1,9
34	1993	59237,0	59177,6	59,4	0,1
35	1994	61400,9	63607,4	2206,5	3,6
36	1995	67393,9	68277,5	883,6	1,3
37	1996	74156,6	73195,0	961,6	1,3
38	1997	81885,0	78366,8	3518,2	4,3
39	1998	87704,6	83799,9	3904,7	4,5
40	1999	91201,9	89501,2	1700,7	1,9
41	2000	98295,7	95477,7	2818,0	2,9
42	2001	97070,0	101736,4	4666,4	4,8
43	2002	102948,0	108284,2	5336,2	5,2
44	2003	111766,0	115128,1	3362,1	3,0
45	2004	121141,9	122275,0	1133,1	0,9
46	2005	130262,9	129732,0	530,9	0,4
47	2006	144091,4	137506,0	6585,4	4,6
48	2007	155135,2	145604,0	9531,2	6,1
49	2008	161947,6	154032,8	7914,8	4,9
50	2009	156894,1	162799,6	5905,5	3,8
51	2010	172050,6	171911,2	139,4	0,1
52	2011	186099,5	181374,7	4724,8	2,5
53	2012	194923,4	191196,9	3726,5	1,9
				ORT. MAPE (%)	3,8

Çizelge 4.13 Elektrik Tüketim verilerinin 4.derece MAPE değerleri

PERİYOT	YILLAR	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	TÜKETİM TAHMİNİ (GWh)	MUTLAK HATA	MAPE %
1	1960	2395,7	2575,3	179,6	7,5
2	1961	2585,4	2875,8	290,4	11,2
3	1962	3059,3	3202,5	143,2	4,7
4	1963	3406,3	3561,1	154,8	4,6
5	1964	3780,7	3957,4	176,7	4,7
6	1965	4236,8	4397,2	160,4	3,8
7	1966	4728,9	4886,4	157,5	3,3
8	1967	5269,2	5430,8	161,6	3,1
9	1968	5870,1	6036,3	166,2	2,8
10	1969	6679,0	6709,1	30,1	0,5
11	1970	7307,8	7455,0	147,2	2,0
12	1971	8289,3	8280,2	9,1	0,1
13	1972	9527,3	9190,8	336,6	3,5
14	1973	10530,1	10192,8	337,3	3,2
15	1974	11358,7	11292,7	66,1	0,6
16	1975	13491,7	12496,4	995,3	7,4
17	1976	16078,9	13810,4	2268,5	14,1
18	1977	17968,8	15241,0	2727,8	15,2
19	1978	18933,8	16794,5	2139,3	11,3
20	1979	19663,1	18477,3	1185,8	6,0
21	1980	20398,2	20295,9	102,3	0,5
22	1981	22030,0	22256,9	226,9	1,0
23	1982	23586,8	24366,6	779,8	3,3
24	1983	24465,1	26631,7	2166,6	8,9
25	1984	27635,2	29058,9	1423,7	5,2
26	1985	29708,6	31654,8	1946,2	6,6
27	1986	32209,7	34426,0	2216,3	6,9
28	1987	36697,3	37379,5	682,2	1,9
29	1988	39721,5	40521,8	800,3	2,0
30	1989	43120,0	43860,0	740,0	1,7
31	1990	46820,0	47400,8	580,8	1,2
32	1991	49282,9	51151,3	1868,4	3,8
33	1992	53984,7	55118,2	1133,5	2,1
34	1993	59237,0	59308,8	71,8	0,1
35	1994	61400,9	63729,9	2329,0	3,8
36	1995	67393,9	68388,8	994,9	1,5
37	1996	74156,6	73292,5	864,1	1,2
38	1997	81885,0	78448,2	3436,8	4,2
39	1998	87704,6	83863,2	3841,5	4,4
40	1999	91201,9	89544,6	1657,3	1,8
41	2000	98295,7	95499,9	2795,8	2,8
42	2001	97070,0	101736,4	4666,4	4,8
43	2002	102948,0	108261,4	5313,4	5,2
44	2003	111766,0	115082,4	3316,4	3,0
45	2004	121141,9	122206,9	1065,0	0,9
46	2005	130262,9	129642,4	620,5	0,5
47	2006	144091,4	137396,4	6695,0	4,7
48	2007	155135,2	145476,6	9658,6	6,2
49	2008	161947,6	153890,7	8057,0	5,0
50	2009	156894,1	162646,2	5752,1	3,7
51	2010	172050,6	171750,9	299,7	0,2
52	2011	186099,5	181212,7	4886,8	2,6
53	2012	194923,4	191039,4	3884,0	2,0
				ORT. MAPE (%)	4,0

Çizelge 4.14 Elektrik Tüketim verilerinin 5.derece MAPE değerleri

PERİYOT	YILLAR	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	TÜKETİM TAHMİNİ (GWh)	MUTLAK HATA	MAPE %
1	1960	2395,7	16,3	2379,4	99,3
2	1961	2585,4	1575,3	1010,1	39,1
3	1962	3059,3	2866,9	192,5	6,3
4	1963	3406,3	3936,5	530,2	15,6
5	1964	3780,7	4826,7	1046,0	27,7
6	1965	4236,8	5577,0	1340,2	31,6
7	1966	4728,9	6224,2	1495,3	31,6
8	1967	5269,2	6802,3	1533,1	29,1
9	1968	5870,1	7342,6	1472,5	25,1
10	1969	6679,0	7874,1	1195,1	17,9
11	1970	7307,8	8423,3	1115,5	15,3
12	1971	8289,3	9014,2	724,9	8,8
13	1972	9527,3	9669,1	141,8	1,5
14	1973	10530,1	10407,8	122,3	1,2
15	1974	11358,7	11248,3	110,5	1,0
16	1975	13491,7	12206,7	1285,0	9,5
17	1976	16078,9	13297,5	2781,4	17,3
18	1977	17968,8	14533,4	3435,4	19,1
19	1978	18933,8	15925,7	3008,1	15,9
20	1979	19663,1	17484,0	2179,1	11,1
21	1980	20398,2	19217,0	1181,2	5,8
22	1981	22030,0	21131,9	898,1	4,1
23	1982	23586,8	23235,0	351,9	1,5
24	1983	24465,1	25531,3	1066,2	4,4
25	1984	27635,2	28025,3	390,1	1,4
26	1985	29708,6	30720,4	1011,8	3,4
27	1986	32209,7	33619,7	1410,0	4,4
28	1987	36697,3	36725,4	28,1	0,1
29	1988	39721,5	40039,4	317,9	0,8
30	1989	43120,0	43563,4	443,4	1,0
31	1990	46820,0	47298,5	478,5	1,0
32	1991	49282,9	51246,1	1963,2	4,0
33	1992	53984,7	55407,3	1422,6	2,6
34	1993	59237,0	59783,4	546,4	0,9
35	1994	61400,9	64376,0	2975,1	4,9
36	1995	67393,9	69186,8	1792,9	2,7
37	1996	74156,6	74218,1	61,5	0,1
38	1997	81885,0	79472,7	2412,3	3,0
39	1998	87704,6	84954,0	2750,7	3,1
40	1999	91201,9	90666,0	535,9	0,6
41	2000	98295,7	96613,9	1681,8	1,7
42	2001	97070,0	102803,6	5733,6	5,9
43	2002	102948,0	109242,1	6294,1	6,1
44	2003	111766,0	115937,7	4171,7	3,7
45	2004	121141,9	122899,9	1758,0	1,5
46	2005	130262,9	130139,6	123,3	0,1
47	2006	144091,4	137669,2	6422,2	4,5
48	2007	155135,2	145502,8	9632,4	6,2
49	2008	161947,6	153656,1	8291,5	5,1
50	2009	156894,1	162146,7	5252,6	3,4
51	2010	172050,6	170994,2	1056,4	0,6
52	2011	186099,5	180220,0	5879,5	3,2
53	2012	194923,4	189848,1	5075,4	2,6
				ORT. MAPE (%)	9,8

Çizelge 4.15 Elektrik Tüketim verilerinin 6.derece MAPE değerleri

PERİYOT	YILLAR	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	TÜKETİM TAHMİNİ (GWh)	MUTLAK HATA	MAPE %
1	1960	2395,7	4766,5	2370,8	99,0
2	1961	2585,4	3054,8	469,4	18,2
3	1962	3059,3	2165,9	893,4	29,2
4	1963	3406,3	1923,6	1482,8	43,5
5	1964	3780,7	2177,2	1603,5	42,4
6	1965	4236,8	2799,7	1437,1	33,9
7	1966	4728,9	3685,6	1043,3	22,1
8	1967	5269,2	4748,8	520,4	9,9
9	1968	5870,1	5921,1	51,0	0,9
10	1969	6679,0	7150,0	471,0	7,1
11	1970	7307,8	8397,2	1089,4	14,9
12	1971	8289,3	9637,1	1347,8	16,3
13	1972	9527,3	10854,9	1327,6	13,9
14	1973	10530,1	12045,4	1515,3	14,4
15	1974	11358,7	13211,7	1853,0	16,3
16	1975	13491,7	14363,5	871,8	6,5
17	1976	16078,9	15516,2	562,7	3,5
18	1977	17968,8	16689,5	1279,3	7,1
19	1978	18933,8	17906,6	1027,2	5,4
20	1979	19663,1	19193,1	470,0	2,4
21	1980	20398,2	20575,7	177,5	0,9
22	1981	22030,0	22082,1	52,1	0,2
23	1982	23586,8	23739,6	152,8	0,7
24	1983	24465,1	25574,6	1109,5	4,5
25	1984	27635,2	27612,3	22,9	0,1
26	1985	29708,6	29875,7	167,1	0,6
27	1986	32209,7	32385,4	175,7	0,6
28	1987	36697,3	35159,4	1537,9	4,2
29	1988	39721,5	38212,3	1509,2	3,8
30	1989	43120,0	41555,7	1564,3	3,6
31	1990	46820,0	45197,7	1622,3	3,5
32	1991	49282,9	49142,9	140,1	0,3
33	1992	53984,7	53392,4	592,3	1,1
34	1993	59237,0	57944,2	1292,8	2,2
35	1994	61400,9	62793,0	1392,1	2,3
36	1995	67393,9	67930,6	536,7	0,8
37	1996	74156,6	73346,4	810,2	1,1
38	1997	81885,0	79027,7	2857,3	3,5
39	1998	87704,6	84960,0	2744,6	3,1
40	1999	91201,9	91127,9	74,0	0,1
41	2000	98295,7	97515,9	779,8	0,8
42	2001	97070,0	104108,5	7038,5	7,3
43	2002	102948,0	110891,5	7943,5	7,7
44	2003	111766,0	117853,1	6087,1	5,5
45	2004	121141,9	124984,2	3842,3	3,2
46	2005	130262,9	132280,1	2017,2	1,6
47	2006	144091,4	139741,2	4350,2	3,0
48	2007	155135,2	147374,5	7760,7	5,0
49	2008	161947,6	155194,9	6752,7	4,2
50	2009	156894,1	163226,2	6332,1	4,0
51	2010	172050,6	171502,9	547,7	0,3
52	2011	186099,5	180071,8	6027,7	3,2
53	2012	194923,4	188993,4	5930,1	3,0
				ORT. MAPE (%)	9,3

Çizelge 4.16 Elektrik Tüketim verilerinin 7.derece MAPE değerleri

PERİYOT	YILLAR	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	TÜKETİM TAHMİNİ (GWh)	MUTLAK HATA	MAPE %
1	1960	2395,7	848,5	1547,2	64,6
2	1961	2585,4	2733,8	148,4	5,7
3	1962	3059,3	3823,2	763,9	25,0
4	1963	3406,3	4397,6	991,3	29,1
5	1964	3780,7	4676,6	895,9	23,7
6	1965	4236,8	4826,7	589,9	13,9
7	1966	4728,9	4969,0	240,1	5,1
8	1967	5269,2	5185,5	83,7	1,6
9	1968	5870,1	5524,4	345,7	5,9
10	1969	6679,0	6004,3	674,8	10,1
11	1970	7307,8	6617,3	690,5	9,5
12	1971	8289,3	7331,1	958,2	11,6
13	1972	9527,3	8089,3	1438,0	15,1
14	1973	10530,1	8811,2	1719,0	16,3
15	1974	11358,7	9389,8	1968,9	17,3
16	1975	13491,7	9689,0	3802,7	28,2
17	1976	16078,9	9538,9	6540,0	40,7
18	1977	17968,8	8730,1	9238,7	51,4
19	1978	18933,8	7006,9	11926,9	63,0
20	1979	19663,1	4058,1	15605,0	79,4
21	1980	20398,2	-492,5	20890,7	102,4
22	1981	22030,0	-7097,5	29127,5	132,2
23	1982	23586,8	-16299,4	39886,2	169,1
24	1983	24465,1	-28744,8	53209,9	217,5
25	1984	27635,2	-45200,5	72835,7	263,6
26	1985	29708,6	-66571,2	96279,8	324,1
27	1986	32209,7	-93919,0	126128,7	391,6
28	1987	36697,3	-128484,2	165181,5	450,1
29	1988	39721,5	-171707,9	211429,4	532,3
30	1989	43120,0	-225257,0	268377,0	622,4
31	1990	46820,0	-291049,5	337869,5	721,6
32	1991	49282,9	-371283,2	420566,1	853,4
33	1992	53984,7	-468464,9	522449,6	967,8
34	1993	59237,0	-585442,5	644679,5	1088,3
35	1994	61400,9	-725438,3	786839,2	1281,5
36	1995	67393,9	-892084,1	959478,0	1423,7
37	1996	74156,6	-1089459,1	1163615,7	1569,1
38	1997	81885,0	-1322128,9	1404013,9	1714,6
39	1998	87704,6	-1595186,7	1682891,3	1918,8
40	1999	91201,9	-1914296,8	2005498,7	2199,0
41	2000	98295,7	-2285740,3	2384036,0	2425,4
42	2001	97070,0	-2716462,0	2813532,0	2898,5
43	2002	102948,0	-3214120,6	3317068,6	3222,1
44	2003	111766,0	-3787139,9	3898905,9	3488,5
45	2004	121141,9	-4444763,4	4565905,3	3769,1
46	2005	130262,9	-5197110,2	5327373,1	4089,7
47	2006	144091,4	-6055233,1	6199324,5	4302,4
48	2007	155135,2	-7031180,1	7186315,3	4632,3
49	2008	161947,6	-8138056,6	8300004,2	5125,1
50	2009	156894,1	-9390091,4	9546985,5	6085,0
51	2010	172050,6	-10802703,9	10974754,5	6378,8
52	2011	186099,5	-12392574,8	12578674,3	6759,1
53	2012	194923,4	-14177718,2	14372641,6	7373,5
				ORT. MAPE (%)	1471,9

Çizelge 4.17 Elektrik Tüketim verilerinin 8.derece MAPE değerleri

PERİYOT	YILLAR	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	TÜKETİM TAHMİNİ (GWh)	MUTLAK HATA	MAPE %
1	1960	2395,7	4513,5	2117,8	88,4
2	1961	2585,4	2072,6	512,8	19,8
3	1962	3059,3	1359,2	1700,1	55,6
4	1963	3406,3	1713,3	1693,0	49,7
5	1964	3780,7	2657,2	1123,5	29,7
6	1965	4236,8	3859,8	377,0	8,9
7	1966	4728,9	5106,2	377,3	8,0
8	1967	5269,2	6270,7	1001,5	19,0
9	1968	5870,1	7294,9	1424,8	24,3
10	1969	6679,0	8168,8	1489,8	22,3
11	1970	7307,8	8915,2	1607,4	22,0
12	1971	8289,3	9577,3	1288,0	15,5
13	1972	9527,3	10208,5	681,2	7,2
14	1973	10530,1	10865,1	335,0	3,2
15	1974	11358,7	11600,1	241,4	2,1
16	1975	13491,7	12460,1	1031,6	7,7
17	1976	16078,9	13482,2	2596,7	16,2
18	1977	17968,8	14693,3	3275,5	18,2
19	1978	18933,8	16109,6	2824,2	14,9
20	1979	19663,1	17737,4	1925,7	9,8
21	1980	20398,2	19574,8	823,4	4,0
22	1981	22030,0	21612,5	417,5	1,9
23	1982	23586,8	23836,9	250,1	1,1
24	1983	24465,1	26231,3	1766,2	7,2
25	1984	27635,2	28778,6	1143,4	4,1
26	1985	29708,6	31463,1	1754,5	5,9
27	1986	32209,7	34272,3	2062,6	6,4
28	1987	36697,3	37198,7	501,4	1,4
29	1988	39721,5	40240,6	519,1	1,3
30	1989	43120,0	43402,9	282,9	0,7
31	1990	46820,0	46697,9	122,1	0,3
32	1991	49282,9	50144,6	861,7	1,8
33	1992	53984,7	53768,4	216,3	0,4
34	1993	59237,0	57600,2	1636,9	2,8
35	1994	61400,9	61674,4	273,5	0,5
36	1995	67393,9	66028,1	1365,8	2,0
37	1996	74156,6	70697,9	3458,7	4,7
38	1997	81885,0	75718,5	6166,5	7,5
39	1998	87704,6	81119,5	6585,1	7,5
40	1999	91201,9	86923,7	4278,2	4,7
41	2000	98295,7	93144,0	5151,7	5,2
42	2001	97070,0	99782,0	2712,0	2,8
43	2002	102948,0	106825,7	3877,7	3,8
44	2003	111766,0	114248,9	2482,9	2,2
45	2004	121141,9	122010,6	868,7	0,7
46	2005	130262,9	130055,9	207,0	0,2
47	2006	144091,4	138317,4	5774,0	4,0
48	2007	155135,2	146719,4	8415,8	5,4
49	2008	161947,6	155181,9	6765,7	4,2
50	2009	156894,1	163628,5	6734,4	4,3
51	2010	172050,6	171995,0	55,6	0,0
52	2011	186099,5	180241,9	5857,7	3,2
53	2012	194923,4	188368,3	6555,1	3,4
				ORT. MAPE (%)	10,3

Çizelge 4.18 Elektrik Tüketim verilerinin 9.derece MAPE değerleri

PERİYOT	YILLAR	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	TÜKETİM TAHMİNİ (GWh)	MUTLAK HATA	MAPE %
1	1960	2395,7	617,0	1778,7	74,3
2	1961	2585,4	3924,1	1338,7	51,8
3	1962	3059,3	4743,3	1684,0	55,1
4	1963	3406,3	4415,3	1009,0	29,6
5	1964	3780,7	3790,4	9,7	0,3
6	1965	4236,8	3358,2	878,6	20,7
7	1966	4728,9	3352,6	1376,3	29,1
8	1967	5269,2	3835,1	1434,1	27,2
9	1968	5870,1	4760,2	1109,9	18,9
10	1969	6679,0	6024,4	654,6	9,8
11	1970	7307,8	7502,4	194,6	2,7
12	1971	8289,3	9072,6	783,3	9,5
13	1972	9527,3	10632,7	1105,4	11,6
14	1973	10530,1	12109,5	1579,4	15,0
15	1974	11358,7	13462,0	2103,3	18,5
16	1975	13491,7	14680,6	1188,9	8,8
17	1976	16078,9	15784,2	294,7	1,8
18	1977	17968,8	16814,0	1154,8	6,4
19	1978	18933,8	17827,3	1106,5	5,8
20	1979	19663,1	18890,7	772,4	3,9
21	1980	20398,2	20073,1	325,1	1,6
22	1981	22030,0	21440,3	589,7	2,7
23	1982	23586,8	23049,4	537,4	2,3
24	1983	24465,1	24945,7	480,6	2,0
25	1984	27635,2	27159,8	475,4	1,7
26	1985	29708,6	29706,9	1,7	0,0
27	1986	32209,7	32586,8	377,1	1,2
28	1987	36697,3	35785,6	911,7	2,5
29	1988	39721,5	39277,8	443,7	1,1
30	1989	43120,0	43030,0	90,0	0,2
31	1990	46820,0	47004,4	184,4	0,4
32	1991	49282,9	51162,8	1879,9	3,8
33	1992	53984,7	55471,1	1486,4	2,8
34	1993	59237,0	59902,4	665,4	1,1
35	1994	61400,9	64441,1	3040,2	5,0
36	1995	67393,9	69084,3	1690,4	2,5
37	1996	74156,6	73844,2	312,4	0,4
38	1997	81885,0	78747,3	3137,7	3,8
39	1998	87704,6	83834,0	3870,6	4,4
40	1999	91201,9	89155,5	2046,4	2,2
41	2000	98295,7	94770,3	3525,5	3,6
42	2001	97070,0	100738,5	3668,5	3,8
43	2002	102948,0	107116,3	4168,3	4,1
44	2003	111766,0	113948,2	2182,2	2,0
45	2004	121141,9	121260,3	118,4	0,1
46	2005	130262,9	129053,0	1209,9	0,9
47	2006	144091,4	137295,1	6796,3	4,7
48	2007	155135,2	145919,4	9215,9	5,9
49	2008	161947,6	154821,2	7126,4	4,4
50	2009	156894,1	163861,3	6967,2	4,4
51	2010	172050,6	172873,8	823,2	0,5
52	2011	186099,5	181681,0	4418,5	2,4
53	2012	194923,4	190117,6	4805,8	2,5
				ORT. MAPE (%)	9,1

Çizelge 4.19 Elektrik Tüketim verilerinin 10.derece MAPE değerleri

PERİYOT	YILLAR	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	TÜKETİM TAHMİNİ (GWh)	MUTLAK HATA	MAPE %
1	1960	2395,7	3028,4	632,7	26,4
2	1961	2585,4	1988,4	597,0	23,1
3	1962	3059,3	2373,5	685,8	22,4
4	1963	3406,3	3225,2	181,1	5,3
5	1964	3780,7	4066,0	285,3	7,6
6	1965	4236,8	4721,9	485,1	11,5
7	1966	4728,9	5194,3	465,4	9,8
8	1967	5269,2	5569,2	300,0	5,7
9	1968	5870,1	5958,4	88,3	1,5
10	1969	6679,0	6462,3	216,7	3,2
11	1970	7307,8	7151,7	156,1	2,1
12	1971	8289,3	8060,9	228,4	2,8
13	1972	9527,3	9189,5	337,8	3,6
14	1973	10530,1	10509,7	20,4	0,2
15	1974	11358,7	11975,8	617,1	5,4
16	1975	13491,7	13534,3	42,6	0,3
17	1976	16078,9	15133,6	945,3	5,9
18	1977	17968,8	16731,8	1237,0	6,9
19	1978	18933,8	18302,2	631,6	3,3
20	1979	19663,1	19836,8	173,7	0,9
21	1980	20398,2	21346,9	948,7	4,7
22	1981	22030,0	22861,8	831,8	3,8
23	1982	23586,8	24425,8	839,0	3,6
24	1983	24465,1	26093,4	1628,3	6,7
25	1984	27635,2	27924,2	289,0	1,1
26	1985	29708,6	29977,2	268,6	0,9
27	1986	32209,7	32305,2	95,5	0,3
28	1987	36697,3	34950,4	1746,9	4,8
29	1988	39721,5	37940,2	1781,3	4,5
30	1989	43120,0	41285,1	1834,9	4,3
31	1990	46820,0	44977,8	1842,2	3,9
32	1991	49282,9	48993,7	289,2	0,6
33	1992	53984,7	53293,4	691,3	1,3
34	1993	59237,0	57826,1	1410,9	2,4
35	1994	61400,9	62534,7	1133,8	1,9
36	1995	67393,9	67360,9	33,0	0,1
37	1996	74156,6	72251,1	1905,5	2,6
38	1997	81885,0	77162,0	4723,0	5,8
39	1998	87704,6	82065,2	5639,4	6,4
40	1999	91201,9	86950,6	4251,4	4,7
41	2000	98295,7	91827,6	6468,1	6,6
42	2001	97070,0	96724,4	345,6	0,4
43	2002	102948,0	101684,1	1263,9	1,2
44	2003	111766,0	106758,0	5008,0	4,5
45	2004	121141,9	111996,3	9145,6	7,6
46	2005	130262,9	117435,5	12827,4	9,9
47	2006	144091,4	123084,7	21006,7	14,6
48	2007	155135,2	128910,2	26225,0	16,9
49	2008	161947,6	134821,8	27125,8	16,8
50	2009	156894,1	140660,7	16233,5	10,4
51	2010	172050,6	146193,9	25856,7	15,0
52	2011	186099,5	151117,8	34981,7	18,8
53	2012	194923,4	155074,4	39849,0	20,4
				ORT. MAPE (%)	6,7

Elektrik tüketimi için yapılan 1. dereceden 10. dereceye kadar regresyon işlemlerinde elde edilen MAPE değerlerinin ortalamaları Çizelge 4.10'dan Çizelge 4.19'a kadar verilmiştir. Çizelge 4.20'de 1. dereceden 10. dereceye kadar MAPE değerlerinin ortalamaları verilmiştir.

Çizelge 4.20 Elektrik Tüketim verilerinin 1.-10. derece ortalama MAPE değerleri

DENKLEM DERECEŚİ	ORTALAMA MAPE (%)
1. derece	237,9
2. derece	43,0
3. derece	3,8
4. derece	4,0
5. derece	9,8
6. derece	9,3
7. derece	1471,9
8. derece	10,3
9. derece	9,1
10. derece	6,7

Yukarıdaki Çizelge 4.20'de görüldüğü üzere; elektrik tüketimi için kullanılan denklemlerin 1.dereceden 10. dereceye kadar ortalama MAPE değerleri verilmiştir. En iyi sonuç % 3,8 ile 3.derecede bulunmuş olup, en iyi sonucu sırasıyla % 4,0 ile 4.derece, % 6,7 ile 10.derece, % 9,1 ile 9.derece, % 9,3 ile 6.derece, % 9,8 ile 5.derece, % 10,3 ile 8.derece, % 43,0 ile 2.derece, % 237,9 ile 1.derece ve % 1471,9 ile 7.derece takip etmiştir.

Elektrik tüketim değişkeni için yapılan bu işlemler sırasıyla, nüfus, GSYH, büyüme oranı, işsizlik oranı, TÜFE oranı, dış borç ve enflasyon oranı değişkenleri için de yapılmıştır.

Nüfus regresyon işlemlerinde 1.dereceden 10. dereceye kadar denklemler elde edilmiştir. En düşük MAPE değeri % 0,5 ile 5. derecede elde edilmiş ve Denklem 4.12'de verilmiştir. Çizelge 4.21'de nüfus verilerinin 5. derece MAPE değerleri verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Nüfus (5)} = & 0,11x(Yıl)^5 - 11x(Yıl)^4 - 200x(Yıl)^3 + 9600x(Yıl)^2 + 61x10^4x(Yıl) \\ & + 27x10^6 \end{aligned} \quad (4.12)$$

Çizelge 4.21 Nüfus verilerinin 5. derece MAPE değerleri

PERİYOT	YILLAR	NÜFUS (Kişi)	NÜFUS TAHMİNİ (Kişi)	MUTLAK HATA	MAPE %
1	1960	27472339	27619789	147450	0,5
2	1961	28146909	28259828	112919	0,4
3	1962	28832831	28920936	88105	0,3
4	1963	29531362	29603697	72335	0,2
5	1964	30244258	30308469	64211	0,2
6	1965	30972996	31035399	62403	0,2
7	1966	31717504	31784438	66934	0,2
8	1967	32477994	32555348	77354	0,2
9	1968	33256465	33347724	91259	0,3
10	1969	34055391	34161000	105609	0,3
11	1970	34876296	34994465	118169	0,3
12	1971	35720603	35847276	126673	0,4
13	1972	36587267	36718471	131204	0,4
14	1973	37472329	37606985	134656	0,4
15	1974	38370278	38511656	141378	0,4
16	1975	39277249	39431247	153998	0,4
17	1976	40189561	40364453	174892	0,4
18	1977	41108290	41309916	201627	0,5
19	1978	42039983	42266240	226257	0,5
20	1979	42994043	43232000	237957	0,6
21	1980	43975972	44205760	229788	0,5
22	1981	44988411	45186084	197673	0,4
23	1982	46025411	46171547	146136	0,3
24	1983	47073470	47160753	87283	0,2
25	1984	48114158	48152344	38186	0,1
26	1985	49133928	49145015	11087	0,0
27	1986	50128548	50137529	8981	0,0
28	1987	51100930	51128724	27794	0,1
29	1988	52053764	52117535	63771	0,1
30	1989	52992479	53103000	110521	0,2
31	1990	53921758	54084276	162518	0,3
32	1991	54840595	55060652	220057	0,4
33	1992	55748946	56031562	282616	0,5
34	1993	56653808	56996601	342793	0,6
35	1994	57564209	57955531	391322	0,7
36	1995	58486453	58908303	421850	0,7
37	1996	59423278	59855064	431786	0,7
38	1997	60372571	60796172	423602	0,7
39	1998	61329665	61732211	402546	0,7
40	1999	62287391	62664000	376609	0,6
41	2000	63240196	63592611	352415	0,6
42	2001	64192243	64519380	327137	0,5
43	2002	65145357	65445918	300561	0,5
44	2003	66089402	66374129	284727	0,4
45	2004	67010930	67306219	295289	0,4
46	2005	67903461	68244711	341250	0,5
47	2006	68756809	69192460	435651	0,6
48	2007	69581854	70152660	570807	0,8
49	2008	70418612	71128866	710254	1,0
50	2009	71321406	72125000	803594	1,1
51	2010	72326992	73145367	818375	1,1
52	2011	73443254	74194668	751414	1,0
53	2012	74651046	75278013	626967	0,8
				ORT. MAPE (%)	0,5

GSYH regresyon işlemlerinde 1.dereceden 10. dereceye kadar denklemler elde edilmiştir. En düşük MAPE değeri % 101,9 ile 10. derecede elde edilmiş ve Denklem 4.13’de verilmiştir. Çizelge 4.22’de GSYH verilerinin 10. derece MAPE değerleri verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{GSYH (10)} = & - 77 \times 10^{-12} x(\text{Yıl})^{10} - 21 \times 10^{-9} x(\text{Yıl})^9 + 21 \times 10^{-7} x(\text{Yıl})^8 \\ & - 15 \times 10^{-5} x(\text{Yıl})^7 + 0,0056 x(\text{Yıl})^6 - 0,13 x(\text{Yıl})^5 + 2 x(\text{Yıl})^4 \\ & - 17 x(\text{Yıl})^3 + 81 x(\text{Yıl})^2 - 180 x(\text{Yıl}) + 140 \end{aligned} \quad (4.13)$$

Çizelge 4.22 GSYH verilerinin 10. derece MAPE değerleri

PERİYOT	YILLAR	GSYH (MİLYAR \$)	GSYH TAHMİNİ (MİLYAR \$)	MUTLAK HATA	MAPE %
1	1960	14,00	25,9	10,1	72,4
2	1961	7,99	-3,8	18,2	227,7
3	1962	8,92	4,2	15,0	168,3
4	1963	10,36	27,5	6,7	64,9
5	1964	11,18	60,3	9,5	85,2
6	1965	11,97	107,7	11,0	92,2
7	1966	14,10	181,7	13,6	96,1
8	1967	15,64	298,1	15,3	97,9
9	1968	17,50	474,8	17,3	98,8
10	1969	19,47	729,8	19,3	99,3
11	1970	17,09	1079,7	17,0	99,5
12	1971	16,26	1538,0	16,2	99,6
13	1972	20,43	2112,7	20,4	99,8
14	1973	25,72	2803,8	25,7	99,9
15	1974	35,60	3599,0	35,6	99,9
16	1975	44,63	4469,2	44,6	100,0
17	1976	51,28	5362,2	51,3	100,0
18	1977	58,68	6194,9	58,7	100,0
19	1978	65,15	6844,4	65,1	100,0
20	1979	89,39	7136,5	89,4	100,0
21	1980	68,79	6832,3	68,8	100,0
22	1981	71,04	5613,4	71,0	100,0
23	1982	64,55	3063,3	64,5	100,0
24	1983	61,68	-1352,9	61,6	99,9
25	1984	59,99	-8311,9	60,0	100,0
26	1985	67,23	-18658,9	67,2	100,0
27	1986	75,73	-33438,1	75,7	100,0
28	1987	87,17	-53925,6	87,2	100,0
29	1988	90,85	-81668,4	90,9	100,0
30	1989	107,14	-118525,3	107,1	100,0
31	1990	150,68	-166714,6	150,7	100,0
32	1991	150,03	-228865,8	150,0	100,0
33	1992	158,46	-308076,4	158,5	100,0
34	1993	180,17	-407975,5	180,2	100,0
35	1994	130,69	-532792,7	130,7	100,0
36	1995	169,49	-687434,5	169,5	100,0
37	1996	181,48	-877566,8	181,5	100,0
38	1997	189,83	-1109705,8	189,8	100,0
39	1998	275,97	-1391316,7	276,0	100,0

PERİYOT	YILLAR	GSYH (MİLYAR \$)	GSYH TAHMİNİ (MİLYAR \$)	MUTLAK HATA	MAPE %
40	1999	256,39	-1730920,5	256,4	100,0
41	2000	274,30	-2138210,3	274,3	100,0
42	2001	201,75	-2624177,0	201,8	100,0
43	2002	240,25	-3201244,3	240,3	100,0
44	2003	314,59	-3883415,2	314,6	100,0
45	2004	408,88	-4686428,5	408,9	100,0
46	2005	506,31	-5627927,0	506,3	100,0
47	2006	557,06	-6727637,9	557,1	100,0
48	2007	681,34	-8007564,6	681,3	100,0
49	2008	770,46	-9492191,8	770,5	100,0
50	2009	649,27	-11208703,8	649,3	100,0
51	2010	776,99	-13187215,0	777,0	100,0
52	2011	838,76	-15461015,9	838,8	100,0
53	2012	880,56	-18066831,1	880,6	100,0
				ORT. MAPE (%)	101,9

Büyüme oranı regresyon işlemlerinde 1.dereceden 10. dereceye kadar denklemler elde edilmiştir. En düşük MAPE değeri % 110,9 ile 4. derecede elde edilmiş ve aşağıda Denklem 4.14’de verilmiştir. Çizelge 4.23’de büyüme oranı 4. derece MAPE değerleri verilmiştir.

$$\text{Büyüme (4)} = -74 \times 10^{-7} x(\text{Yıl})^4 + 95 \times 10^{-5} x(\text{Yıl})^3 - 0,039 x(\text{Yıl})^2 + 0,52 x(\text{Yıl}) + 3,3 \quad (4.14)$$

Çizelge 4.23 Büyüme oranı verilerinin 4. derece MAPE değerleri

PERİYOT	YILLAR	BÜYÜME (%)	BÜYÜME TAHMİNİ (%)	MUTLAK HATA	MAPE %
1	1960	2,10	3,8	1,7	80,1
2	1961	1,16	4,2	3,0	262,6
3	1962	5,57	4,5	1,0	18,6
4	1963	9,07	4,8	4,3	46,9
5	1964	5,46	5,0	0,4	7,7
6	1965	2,82	5,2	2,4	84,6
7	1966	11,21	5,3	5,9	52,4
8	1967	4,73	5,4	0,7	14,5
9	1968	6,78	5,5	1,3	19,4
10	1969	4,08	5,5	1,4	34,2
11	1970	3,23	5,5	2,2	68,8
12	1971	5,57	5,4	0,2	2,8
13	1972	7,43	5,3	2,1	28,0
14	1973	3,26	5,3	2,0	61,2
15	1974	5,59	5,2	0,4	7,8
16	1975	7,17	5,0	2,1	29,7
17	1976	10,46	4,9	5,5	53,0
18	1977	3,41	4,8	1,4	40,5
19	1978	1,50	4,7	3,2	209,6
20	1979	-0,62	4,5	5,1	823,6

PERİYOT	YILLAR	BÜYÜME (%)	BÜYÜME TAHMİNİ (%)	MUTLAK HATA	MAPE %
21	1980	-2,45	4,4	6,8	279,0
22	1981	4,86	4,3	0,6	12,6
23	1982	3,56	4,1	0,6	15,5
24	1983	4,97	4,0	1,0	19,7
25	1984	6,71	3,9	2,8	42,2
26	1985	4,24	3,8	0,5	11,1
27	1986	7,01	3,7	3,3	47,6
28	1987	9,49	3,6	5,9	62,2
29	1988	2,32	3,5	1,2	51,5
30	1989	0,29	3,5	3,2	1090,7
31	1990	9,27	3,4	5,9	63,2
32	1991	0,72	3,4	2,7	368,5
33	1992	5,04	3,4	1,7	33,4
34	1993	7,65	3,4	4,3	56,3
35	1994	-4,67	3,4	8,0	171,8
36	1995	7,88	3,4	4,5	57,2
37	1996	7,38	3,4	4,0	53,9
38	1997	7,58	3,4	4,1	54,6
39	1998	2,40	3,5	1,1	45,4
40	1999	-3,26	3,6	6,8	209,0
41	2000	6,93	3,6	3,3	47,7
42	2001	-5,75	3,7	9,5	164,4
43	2002	6,45	3,8	2,7	41,4
44	2003	5,76	3,9	1,9	32,9
45	2004	9,80	4,0	5,9	59,7
46	2005	8,99	4,0	5,0	55,2
47	2006	6,95	4,1	2,8	40,8
48	2007	5,04	4,2	0,9	17,0
49	2008	0,82	4,3	3,4	421,2
50	2009	-4,82	4,3	9,1	189,2
51	2010	8,43	4,3	4,1	48,5
52	2011	11,20	4,4	6,8	61,1
53	2012	4,79	4,4	0,4	9,1
				ORT. MAPE (%)	110,9

İşsizlik regresyon işlemlerinde 1.dereceden 10. dereceye kadar denklemler elde edilmiştir. En düşük MAPE değeri % 13,6 ile 4. derecede elde edilmiş ve aşağıda Denklem 4.15’de verilmiştir. Çizelge 4.24’de işsizlik oranı verilerinin 4. derece MAPE değerleri verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{İşsizlik (4)} = & 58 \times 10^{-7} x(Yıl)^4 - 37 \times 10^{-5} x(Yıl)^3 - 35 \times 10^{-4} (Yıl)^2 \\ & + 0,53x(Yıl) + 1,5 \end{aligned} \quad (4.15)$$

Çizelge 4.24 İşsizlik oranı verilerinin 4. derece MAPE değerleri

PERİYOT	YILLAR	İŞSİZLİK (%)	İŞSİZLİK TAHMİNİ (%)	MUTLAK HATA	MAPE %
1	1960	3,10	2,0	1,1	34,6
2	1961	3,40	2,5	0,9	25,2
3	1962	3,40	3,1	0,4	10,3
4	1963	3,40	3,5	0,1	4,2
5	1964	3,50	4,0	0,5	14,9
6	1965	3,70	4,5	0,8	21,1
7	1966	3,60	4,9	1,3	36,8
8	1967	4,80	5,4	0,6	11,5
9	1968	5,20	5,8	0,6	10,7
10	1969	5,90	6,1	0,2	4,0
11	1970	6,40	6,5	0,1	1,6
12	1971	6,80	6,8	0,0	0,5
13	1972	6,30	7,2	0,9	13,5
14	1973	6,80	7,4	0,6	9,4
15	1974	7,30	7,7	0,4	5,6
16	1975	7,60	8,0	0,4	4,6
17	1976	9,00	8,2	0,8	9,3
18	1977	10,00	8,4	1,6	16,4
19	1978	10,10	8,5	1,6	15,6
20	1979	8,90	8,7	0,2	2,6
21	1980	8,30	8,8	0,5	5,9
22	1981	7,30	8,9	1,6	21,7
23	1982	10,93	9,0	2,0	18,0
24	1983	12,06	9,0	3,1	25,3
25	1984	11,92	9,1	2,9	24,1
26	1985	11,21	9,1	2,2	19,2
27	1986	8,30	9,1	0,8	9,1
28	1987	8,30	9,0	0,7	8,9
29	1988	8,04	9,0	1,0	12,0
30	1989	8,26	9,0	0,7	8,5
31	1990	8,02	8,9	0,9	11,0
32	1991	8,21	8,8	0,6	7,6
33	1992	8,51	8,8	0,3	2,9
34	1993	8,96	8,7	0,3	3,1
35	1994	8,58	8,6	0,0	0,3
36	1995	7,64	8,5	0,9	11,6
37	1996	6,63	8,5	1,8	27,4
38	1997	6,84	8,4	1,5	22,5
39	1998	6,89	8,3	1,4	20,7
40	1999	7,69	8,3	0,6	7,5
41	2000	6,50	8,2	1,7	26,7
42	2001	8,38	8,2	0,2	1,9
43	2002	10,36	8,2	2,1	20,6
44	2003	10,54	8,3	2,3	21,6
45	2004	10,84	8,3	2,5	23,2
46	2005	10,64	8,4	2,2	20,8
47	2006	8,72	8,6	0,2	1,8
48	2007	8,87	8,8	0,1	1,4
49	2008	9,71	9,0	0,7	7,6
50	2009	12,55	9,3	3,3	26,3
51	2010	10,66	9,6	1,1	10,1
52	2011	8,80	10,0	1,2	13,4
53	2012	8,15	10,4	2,3	28,1
				ORT. MAPE (%)	13,6

TÜFE regresyon işlemlerinde 1.dereceden 10. dereceye kadar denklemler elde edilmiştir. En düşük MAPE değeri % 68,9 ile 3. derecede elde edilmiş ve aşağıda Denklem 4.16’da verilmiştir. Çizelge 4.25’de TÜFE oranı verilerinin MAPE değerleri verilmiştir.

$$\text{TÜFE (3)} = - 0,0036x(\text{Yıl})^3 + 0,19x(\text{Yıl})^2 - 0,5x(\text{Yıl}) + 1,8 \quad (4.16)$$

Çizelge 4.25 TÜFE oranı verilerinin 3. derece MAPE değerleri

PERİYOT	YILLAR	TÜFE (%)	TÜFE TAHMİNİ (%)	MUTLAK HATA	MAPE %
1	1960	5,66	1,5	4,2	73,8
2	1961	3,17	1,5	1,6	51,7
3	1962	3,89	1,9	2,0	50,8
4	1963	6,36	2,6	3,8	59,0
5	1964	1,12	3,6	2,5	221,5
6	1965	4,56	4,9	0,3	6,7
7	1966	8,47	6,4	2,1	24,8
8	1967	13,97	8,1	5,9	41,9
9	1968	6,05	10,1	4,0	66,5
10	1969	4,92	12,2	7,3	147,8
11	1970	7,92	14,5	6,6	83,0
12	1971	19,01	16,9	2,1	10,9
13	1972	15,42	19,5	4,1	26,5
14	1973	13,94	22,2	8,2	59,0
15	1974	23,90	24,9	1,0	4,2
16	1975	21,23	27,7	6,5	30,5
17	1976	17,46	30,5	13,1	74,9
18	1977	25,99	33,4	7,4	28,4
19	1978	61,90	36,2	25,7	41,5
20	1979	63,54	39,0	24,5	38,6
21	1980	94,26	41,8	52,5	55,7
22	1981	37,61	44,4	6,8	18,1
23	1982	29,14	47,0	17,9	61,3
24	1983	31,39	49,5	18,1	57,6
25	1984	48,39	51,8	3,4	7,0
26	1985	44,96	54,0	9,0	20,0
27	1986	34,61	56,0	21,3	61,7
28	1987	38,86	57,7	18,9	48,6
29	1988	68,81	59,3	9,5	13,8
30	1989	63,27	60,6	2,7	4,2
31	1990	60,30	61,6	1,3	2,2
32	1991	65,98	62,4	3,6	5,4
33	1992	70,08	62,8	7,2	10,3
34	1993	66,09	63,0	3,2	4,8
35	1994	105,21	62,7	42,5	40,4
36	1995	89,11	62,1	27,0	30,3
37	1996	80,41	61,1	19,4	24,1
38	1997	85,67	59,6	26,1	30,4
39	1998	84,64	57,7	26,9	31,8
40	1999	64,87	55,4	9,5	14,6
41	2000	54,92	52,6	2,3	4,3
42	2001	54,40	49,2	5,2	9,5
43	2002	44,96	45,4	0,4	0,9
44	2003	21,60	41,0	19,4	89,7

PERİYOT	YILLAR	TÜFE (%)	TÜFE TAHMİNİ (%)	MUTLAK HATA	MAPE %
45	2004	8,60	36,0	27,4	318,7
46	2005	8,18	30,4	22,3	272,1
47	2006	9,60	24,3	14,7	152,7
48	2007	8,76	17,4	8,7	99,1
49	2008	10,44	10,0	0,5	4,7
50	2009	6,25	1,8	4,5	71,2
51	2010	8,57	-7,1	15,6	182,3
52	2011	6,47	-16,6	23,1	356,9
53	2012	8,89	-27,0	35,8	403,1
				ORT. MAPE (%)	68,9

Dış borç regresyon işlemlerinde 1.dereceden 10. dereceye kadar denklemler elde edilmiştir. En düşük MAPE değeri % 26,4 ile 4. derecede elde edilmiş ve aşağıda Denklem 4.17’de verilmiştir. Çizelge 4.26’de dış borç 4. derece MAPE değerleri verilmiştir.

$$\text{Dış Borç (4)} = 13 \times 10^{-5} x(\text{Yıl})^4 - 0,0084x(\text{Yıl})^3 + 0,24x(\text{Yıl})^2 - 1,9x(\text{Yıl}) + 4,4 \quad (4.17)$$

Çizelge 4.26 Dış Borç verilerinin 4. derece MAPE değerleri

PERİYOT	YILLAR	DIŞ BORÇ (MİLYAR \$)	DIŞ BORÇ TAHMİNİ (MİLYAR \$)	MUTLAK HATA	MAPE %
1	1960	1,14	2,7	1,6	139,9
2	1961	0,61	1,5	0,9	144,7
3	1962	1,02	0,6	0,4	36,7
4	1963	0,86	0,1	0,7	84,2
5	1964	0,96	-0,1	1,0	107,1
6	1965	1,05	0,0	1,1	100,6
7	1966	1,15	0,3	0,9	74,7
8	1967	1,29	0,8	0,5	38,4
9	1968	1,50	1,5	0,0	2,2
10	1969	2,54	2,3	0,2	9,5
11	1970	2,75	3,3	0,5	18,8
12	1971	3,29	4,3	1,1	32,0
13	1972	3,55	5,5	2,0	55,2
14	1973	4,20	6,8	2,6	61,4
15	1974	4,63	8,1	3,5	75,5
16	1975	5,06	9,6	4,5	88,8
17	1976	6,00	11,1	5,1	84,1
18	1977	11,45	12,6	1,2	10,2
19	1978	14,85	14,3	0,6	4,0
20	1979	15,93	16,0	0,1	0,5
21	1980	19,13	17,8	1,3	6,8
22	1981	19,24	19,8	0,5	2,8
23	1982	19,72	21,8	2,1	10,8
24	1983	20,32	24,1	3,7	18,3
25	1984	21,61	26,4	4,8	22,3
26	1985	26,01	29,0	3,0	11,5
27	1986	32,93	31,8	1,1	3,4

PERİYOT	YILLAR	DIŞ BORÇ (MİLYAR \$)	DIŞ BORÇ TAHMİNİ (MİLYAR \$)	MUTLAK HATA	MAPE %
28	1987	40,94	34,9	6,1	14,8
29	1988	40,99	38,2	2,8	6,8
30	1989	41,58	41,9	0,3	0,8
31	1990	49,42	46,0	3,5	7,0
32	1991	50,87	50,4	0,5	0,9
33	1992	56,55	55,4	1,2	2,1
34	1993	68,60	60,8	7,8	11,4
35	1994	66,25	66,8	0,6	0,9
36	1995	73,78	73,5	0,3	0,4
37	1996	80,62	80,8	0,2	0,2
38	1997	84,72	88,9	4,2	4,9
39	1998	96,95	97,8	0,9	0,9
40	1999	101,78	107,6	5,8	5,7
41	2000	116,80	118,4	1,6	1,3
42	2001	112,95	130,1	17,2	15,2
43	2002	129,50	143,1	13,5	10,5
44	2003	144,08	157,2	13,1	9,1
45	2004	159,62	172,5	12,9	8,1
46	2005	173,60	189,3	15,7	9,0
47	2006	211,04	207,5	3,5	1,7
48	2007	260,03	227,3	32,8	12,6
49	2008	290,57	248,7	41,9	14,4
50	2009	278,83	271,9	6,9	2,5
51	2010	300,87	297,0	3,9	1,3
52	2011	305,57	324,0	18,4	6,0
53	2012	338,83	353,1	14,2	4,2
				ORT. MAPE (%)	26,4

Enflasyon regresyon işlemlerinde 1.dereceden 10. dereceye kadar denklemler elde edilmiştir. En düşük MAPE değeri % 73,0 ile 3. derecede elde edilmiş ve aşağıda Denklem 4.18’de verilmiştir. Çizelge 4.27’de enflasyon verilerinin MAPE değerleri verilmiştir.

$$\text{Enflasyon (3)} = - 38 \times 10^{-4} x(\text{Yıl})^3 + 0,21x(\text{Yıl})^2 - 0,77x(\text{Yıl}) + 2,5 \quad (4.18)$$

Çizelge 4.27 Enflasyon verilerinin 3. derece MAPE değerleri

PERİYOT	YILLAR	ENFLASYON (%)	ENFLASYON TAHMİNİ (%)	MUTLAK HATA	MAPE %
1	1960	5,00	1,9	3,1	61,3
2	1961	4,37	1,8	2,6	59,5
3	1962	5,79	2,0	3,8	65,8
4	1963	6,42	2,5	3,9	60,5
5	1964	2,35	3,4	1,1	45,6
6	1965	4,12	4,6	0,5	12,2
7	1966	5,95	6,1	0,2	2,5
8	1967	5,94	7,8	1,9	31,9
9	1968	4,76	9,8	5,1	106,1
10	1969	6,88	12,0	5,1	74,5

PERİYOT	YILLAR	ENFLASYON (%)	ENFLASYON TAHMİNİ (%)	MUTLAK HATA	MAPE %
11	1970	8,64	14,4	5,7	66,4
12	1971	16,90	16,9	0,0	0,2
13	1972	10,98	19,6	8,7	78,9
14	1973	21,93	22,5	0,5	2,4
15	1974	28,99	25,4	3,6	12,5
16	1975	21,31	28,4	7,1	33,2
17	1976	15,61	31,4	15,8	101,3
18	1977	24,09	34,5	10,4	43,3
19	1978	47,54	37,6	9,9	20,9
20	1979	76,72	40,7	36,0	47,0
21	1980	93,00	43,8	49,3	53,0
22	1981	44,06	46,7	2,7	6,1
23	1982	28,23	49,7	21,4	75,9
24	1983	26,26	52,5	26,2	99,7
25	1984	48,24	55,1	6,9	14,3
26	1985	53,05	57,7	4,6	8,7
27	1986	36,01	60,0	24,0	66,7
28	1987	33,61	62,2	28,6	84,9
29	1988	69,02	64,1	4,9	7,1
30	1989	75,40	65,8	9,6	12,7
31	1990	58,24	67,2	9,0	15,4
32	1991	59,16	68,4	9,2	15,6
33	1992	65,20	69,2	4,0	6,2
34	1993	68,38	69,7	1,4	2,0
35	1994	104,75	69,9	34,9	33,3
36	1995	86,01	69,7	16,4	19,0
37	1996	77,22	69,0	8,2	10,6
38	1997	81,45	68,0	13,5	16,6
39	1998	143,64	66,5	77,2	53,7
40	1999	54,28	64,5	10,2	18,8
41	2000	49,36	62,0	12,7	25,7
42	2001	52,98	59,1	6,1	11,5
43	2002	37,57	55,6	18,0	47,9
44	2003	23,29	51,5	28,2	121,1
45	2004	12,43	46,8	34,4	276,8
46	2005	7,09	41,6	34,5	486,6
47	2006	9,38	35,7	26,3	280,5
48	2007	6,20	29,1	22,9	369,9
49	2008	12,05	21,9	9,9	81,9
50	2009	5,45	14,0	8,6	157,1
51	2010	7,01	5,4	1,6	23,4
52	2011	8,20	-4,0	12,2	148,9
53	2012	7,42	-14,2	21,6	290,7
				ORT. MAPE (%)	73,0

Çizelge 4.28’de bu çalışmada kullanılan gerçek veri değerleri ile Çizelge 4.29’da MATLAB tahmin sonuçları karşılaştırma yapmak için gösterilmiştir.

Çizelge 4.28 2013-2021 yılları gerçek değerler

YILLAR	NÜFUS (Kişi)	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	BÜYÜME (%)	GSYH (MİLYAR \$)	DIŞ BORÇ (MİLYAR \$)	TÜFE (%)	ENFLASYON (%)	İŞSİZLİK (%)
2013	75925454	198045,2	8,7	880,6	957,8	7,5	390,4	6,3
2014	77229262	207375,1	9,9	957,8	939,0	8,9	406,1	7,4
2015	78529413	263828,5	10,2	939,0	864,3	7,7	400,0	7,8
2016	79827868	277200	10,8	864,3	869,7	7,8	409,4	8,1
2017	81116451	294900	10,8	869,7	859,0	11,1	456,6	11,0
2018	82340090	300100	10,9	859,0	778,5	16,3	446,0	16,5
2019	83429607	290445	13,7	778,5	761,0	15,2	440,8	13,9
2020	84339067	290856	13,9	761,0	720,0	12,3	435,9	14,8
2021	84680273	329000	11,2	720,0	720,9	19,6	453,5	36,1

Çizelge 4.29 MATLAB programı 2013-2021 test analizi tahmin sonuçları

YILLAR	NÜFUS (Kişi)	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	BÜYÜME (%)	GSYH (MİLYAR \$)	DIŞ BORÇ (MİLYAR \$)	TÜFE (%)	ENFLASYON (%)	İŞSİZLİK (%)
2013	75220000	201385	4,3	-21045092,7	384,3	-38,0	499,4	11,0
2014	76150000	211946	4,3	-24440227,6	417,9	-49,9	598,3	11,6
2015	77080000	222886	4,2	-28300958,8	454,0	-62,6	729,7	12,3
2016	78010000	234213	4,0	-32680621,4	492,5	-76,1	872,8	13,0
2017	78940000	245934	3,9	-37637492,7	533,8	-90,4	802,4	13,9
2018	79870000	258055	3,7	-43235136,4	577,8	-105,7	660,6	14,9
2019	80800000	270584	3,4	-49542760,5	624,8	-121,8	882,9	15,9
2020	81730000	283527	3,1	-56635588,6	674,9	-138,8	947,1	17,1
2021	82660000	296892	2,7	-64595244,4	728,1	-156,8	498,1	18,4
ORT. MAPE (%)	2,3	10,8	68,4	5011688,3	26,9	884,2	721,3	28,0

Çizelge 4.29’da verilen MATLAB programının test analizi ortalama MAPE değerleri nüfus için % 2,3; elektrik tüketimi için % 10,8; GSYH için % 5011688,3; büyüme oranı için % 68,4; işsizlik oranı için %28; TÜFE oranı için % 884,2; dış borç için % 26,9 ve enflasyon oranı için %721,3 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.30’da tez çalışmasında kullanılan 7 farklı yöntemin ortalama MAPE değerlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Bu çizelgeye göre 7 farklı programın ortalama MAPE değerleri aşağıda verilmiştir. En iyi elektrik yük tahmin yöntemi olarak destek vektör tabanlı SMOreg algoritması tespit edilmiştir. Ayrıca nüfus için MLP, GSYH için MLP, büyüme oranı için M5P, işsizlik oranı için Lineer regresyon, dış borç için M5Rules, enflasyon oranı için Lineer regresyon algoritma yöntemleri gerçek değer ile en yakın ve en düşük MAPE değerleri vermiştir.

Çizelge 4.30 1960-2012 verileri ile modellerin test analizi

PROGRAM/ ALGORİTMA	NÜFUS (KİŞİ)	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	BÜYÜME (%)	GSYH (MİLYAR \$)	DIŞ BORÇ (MİLYAR \$)	TÜFE (%)	ENFLASYON (%)	İŞSİZLİK (%)
WEKA GPR	7,6	10,8	114,9	10,9	7,1	1168,0	758,4	25,6
WEKA Lineer Reg.	2,1	8,7	188,4	205,8	45,4	684,7	35,1	10,4
WEKA M5P	2,3	26,0	138,0	55,5	25,6	68,1	266,5	19,9
WEKA M5Rules	2,3	7,0	217,3	44,1	7,3	68,1	266,5	19,9
WEKA MLP	2,0	25,8	111,1	8,8	20,5	438,3	556,7	15,8
WEKA SMOREg	2,3	6,9	190,5	115,4	35,4	143,3	84,3	27,8
MATLAB	2,3	10,8	68,4	5011688,3	26,9	884,2	721,3	28,0

Yukarıda görüleceği üzere; Çizelge 4.30’da verilen ortalama MAPE değerleri incelendiğinde en düşük MAPE değerleri; nüfus için % 2,0 ile WEKA MLP algoritması, elektrik tüketimi için % 6,9 ile destek vektör tabanlı WEKA SMOREg algoritması, büyüme oranı için % 68,4 ile MATLAB programı, dış borç için % 7,1 ile WEKA GPR algoritması, TÜFE oranı için % 68,1 ile WEKA M5P ve WEKA M5Rules algoritmaları, enflasyon oranı için % 35,1 ile WEKA Lineer Regresyon ve işsizlik oranı için % 10,4 ile WEKA Lineer Regresyon bulunmuştur.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

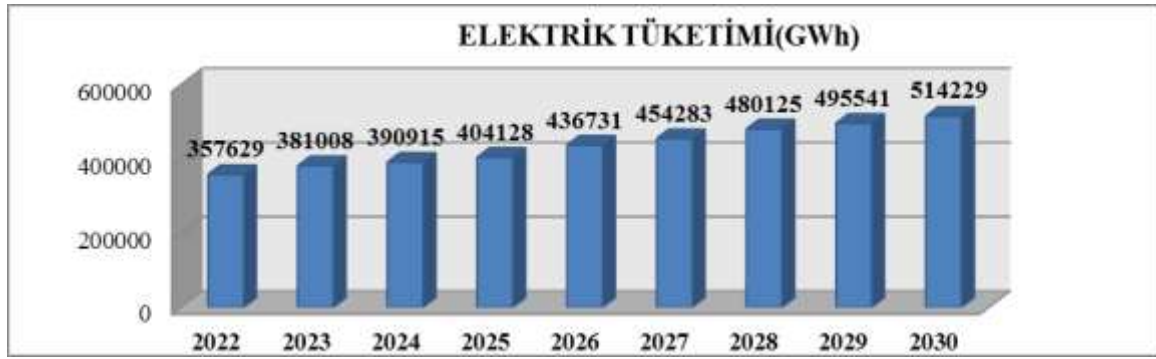
Bu bölümde 1960-2021 yıllarındaki nüfus, elektrik tüketimi, GSYH, büyüme oranı, işsizlik oranı, TÜFE oranı, dış borç ve enflasyon oranı verileri ile Türkiye'nin 2022-2030 yıllarındaki verileri 7 farklı algoritma yöntemiyle tahmin edilmiştir. WEKA programının lineer regresyon algoritmasıyla 2022 - 2030 yılları tahmin değerleri Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1 WEKA programı lineer regresyon algoritması 2022-2030 yılları tahmin değerleri

YILLAR	NÜFUS (Kişi)	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	BÜYÜME (%)	GSYH (MİLYAR \$)	DIŞ BORÇ (MİLYAR \$)	TÜFE (%)	ENFLASYON (%)	İŞSİZLİK (%)
2022	86975612	357629	12	727	453	10	13	12
2023	88303687	381008	9	747	475	-1	26	13
2024	89641604	390915	6	797	484	-0,74	15	13
2025	90951182	404128	-0,03	925	439	-18	13	13
2026	92494557	436731	-0,45	1129	426	-37	-3	14
2027	93949611	454283	3	1335	458	-47	-30	13
2028	95424238	480125	13	1616	487	-74	-10	13
2029	96916552	495541	12	1954	438	-102	-90	14
2030	98437343	514229	6	2332	458	-124	-67	15

Yukarıda verilen Çizelge 5.1'den görüleceği üzere; 2023 yılı için tahmin edilen nüfus değeri 88303687 kişi ve 2030 yılı için bu değer 98437343 kişi olarak tahmin edilmiş, elektrik tüketimi 2023 yılı için 381008 GWh ve 2030 yılı için 514229 GWh olarak tahmin edilmiş, büyüme oranı 2023 yılı için % 9 ve 2030 yılı için % 6 olarak tahmin edilmiş, GSYH 2023 yılı için 747 Milyar \$ tahmin edilmiş, 2030 yılı için 2332 Milyar \$ olarak tahmin edilmiş, Dış borç 2023 yılı için 475 Milyar \$ tahmin edilmiş, 2030 yılı için 458 Milyar \$ olarak tahmin edilmiş, TÜFE oranı 2023 yılı için - % 1 tahmin edilmiş, 2030 yılı için - % 124 olarak tahmin edilmiş, enflasyon oranı 2023 yılı için % 26 tahmin edilmiş, 2030 yılı için - % 67 olarak tahmin edilmiş, işsizlik oranı 2023 yılı için % 13 tahmin edilmiş 2030 yılı için % 15 olarak tahmin edilmiştir.

Çizelge 5.1'de verilen WEKA programı lineer regresyon algoritmasında 2022 – 2030 yılları arasındaki elektrik tüketimi tahmin değerlerinin grafiği Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1 WEKA programı lineer regresyon algoritmasının 2022-2030 yılları elektrik tüketimi tahmin grafiği

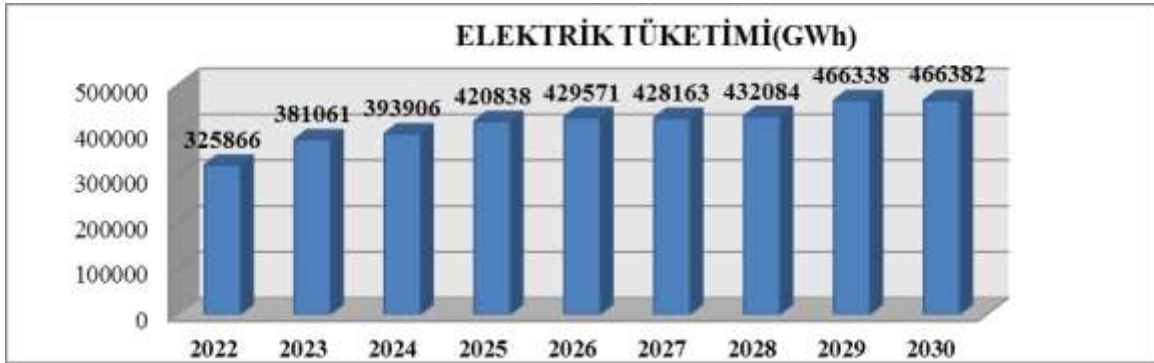
WEKA programının M5P algoritmasıyla yapılan 2022 - 2030 yılları tahmin değerleri Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2 WEKA programı M5P algoritması 2022-2030 yılları tahmin değerleri

YILLAR	NÜFUS (Kişi)	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	BÜYÜME (%)	GSYH (MİLYAR \$)	DIŞ BORÇ (MİLYAR \$)	TÜFE (%)	ENFLASYON (%)	İŞSİZLİK (%)
2022	85104804	325866	5,6	697,1	463,2	14,9	37,3	11,1
2023	86091714	381061	5,3	673,0	472,7	11,2	38,7	11,3
2024	87078624	393906	4,3	641,6	481,9	8,6	40,2	12,3
2025	88065535	420838	4,6	621,4	491,0	4,6	41,1	12,2
2026	89052445	429571	5,0	614,1	499,9	2,3	42,2	11,4
2027	90039355	428163	5,2	601,3	508,7	1,3	44,1	11,2
2028	91026265	432084	3,7	591,4	517,2	1,0	44,3	11,1
2029	92013176	466338	3,1	595,2	525,7	1,8	43,2	12,1
2030	93000086	466382	5,5	595,6	534,0	3,1	47,0	11,9

Yukarıda verilen Çizelge 5.2’den görüleceği üzere; 2023 yılı için tahmin edilen nüfus 86091714 kişi ve 2030 yılı için 93000086 kişi olarak tahmin edilmiş, elektrik tüketimi 2023 yılı için 381061 GWh ve 2030 yılı için 466382 GWh olarak tahmin edilmiş, büyüme oranı 2023 yılı için % 5,3 ve 2030 yılı için % 5,5 olarak tahmin edilmiş, GSYH 2023 yılı için 673,0 Milyar \$ tahmin edilmiş, 2030 yılı için 595,6 Milyar \$ olarak tahmin edilmiş, dış borç 2023 yılı için 472,7 Milyar \$ tahmin edilmiş, 2030 yılı için 534,0 Milyar \$ olarak tahmin edilmiş, TÜFE oranı 2023 yılı için % 11,2 tahmin edilmiş, 2030 yılı için % 3,1 olarak tahmin edilmiş, enflasyon oranı 2023 yılı için % 38,7 tahmin edilmiş, 2030 yılı için % 47,0 olarak tahmin edilmiş, işsizlik oranı 2023 yılı için % 11,3 tahmin edilmiş 2030 yılı için % 11,9 olarak tahmin edilmiştir.

Çizelge 5.2’de verilen WEKA programı M5P algoritmasında 2022 – 2030 yılları arasındaki elektrik tüketimi tahmin değerlerinin grafiği Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



Şekil 5.2 WEKA programı M5P algoritması 2022-2030 yılları elektrik tüketimi tahmin grafiği

WEKA programının M5Rules algoritmasıyla 2022-2030 yılları tahmin değerleri Çizelge 5.3’de verilmiştir.

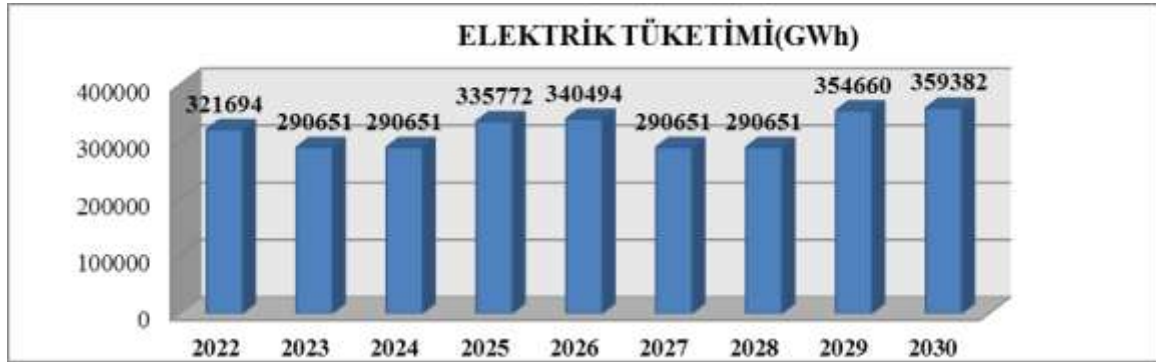
Çizelge 5.3 WEKA programı M5Rules algoritması 2022-2030 yılları tahmin değerleri

YILLAR	NÜFUS (Kişi)	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	BÜYÜME (%)	GSYH (MİLYAR \$)	DIŞ BORÇ (MİLYAR \$)	TÜFE (%)	ENFLASYON (%)	İŞSİZLİK (%)
2022	85104804	321694	5,6	679,4	463,2	14,9	37,3	11,6
2023	86091714	290651	5,3	638,3	472,7	11,2	38,7	11,6
2024	87078624	290651	4,3	586,2	481,9	8,6	40,2	11,5
2025	88065535	335772	1,4	554,4	491,0	4,6	41,1	8,8
2026	89052445	340494	7,9	557,6	499,9	2,3	42,2	9,3
2027	90039355	290651	10,4	564,5	508,7	1,3	44,1	11,2
2028	91026265	290651	3,9	579,5	517,2	1,0	44,3	10,9
2029	92013176	354660	3,5	624,9	525,7	1,8	43,2	10,8
2030	93000086	359382	3,9	674,7	534,0	3,2	47,0	11,2

Yukarıda verilen Çizelge 5.3’den görüleceği üzere; 2023 yılı için tahmin edilen nüfus 86091714 kişi ve 2030 yılı için bu değer 93000086 kişi olarak tahmin edilmiş, elektrik tüketimi 2023 yılı için 290651 GWh ve 2030 yılı için 359382 GWh olarak tahmin edilmiş, büyüme oranı 2023 yılı için % 5,3 ve 2030 yılı için % 3,9 olarak tahmin edilmiş, GSYH 2023 yılı için 638,3 Milyar \$ tahmin edilmiş, 2030 yılı için 674,7 Milyar \$ olarak tahmin edilmiş, dış borç 2023 yılı için 472,7 Milyar \$ tahmin edilmiş, 2030 yılı için 534,0 Milyar \$ olarak tahmin edilmiş, TÜFE oranı 2023 yılı için % 11,2 tahmin edilmiş, 2030 yılı için % 3,2 olarak tahmin edilmiş, enflasyon oranı 2023 yılı için % 38,7

tahmin edilmiş, 2030 yılı için % 47,0 olarak tahmin edilmiş, işsizlik oranı 2023 yılı için % 11,6 tahmin edilmiş 2030 yılı için % 11,2 olarak tahmin edilmiştir.

Çizelge 5.3’de verilen WEKA programı M5Rules algoritmasında 2022 – 2030 yılları arasındaki elektrik tüketimi tahmin değerlerinin grafiği ve Şekil 5.3’de gösterilmiştir.



Şekil 5.3 WEKA programı M5Rules algoritması 2022 – 2030 yılları elektrik tüketimi tahmin grafiği

WEKA programının SMOREg algoritmasıyla 2022 - 2030 yılları arası tahmin değerleri Çizelge 5.4’de verilmiştir.

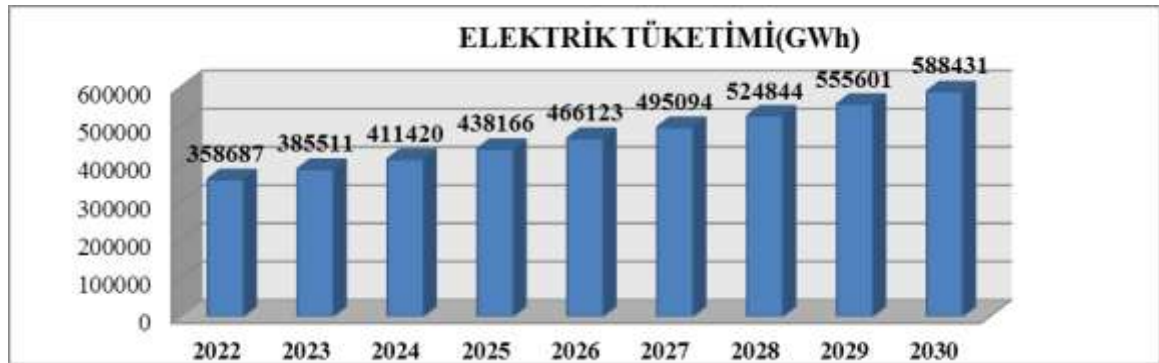
Çizelge 5.4 WEKA programı SMOREg algoritması 2022 – 2030 yılları tahmin değerleri

YILLAR	NÜFUS (KİŞİ)	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	BÜYÜME (%)	GSYH (MİLYAR \$)	DIŞ BORÇ (MİLYAR \$)	TÜFE (%)	ENFLASYON (%)	İŞSİZLİK (%)
2022	86010532	358687	9,4	732,7	470,6	18,1	31,1	10,8
2023	87186658	385511	6,1	740,3	490,4	13,2	25,1	11,1
2024	88342668	411420	6,9	764,0	504,4	5,7	21,5	11,6
2025	89499693	438166	3,2	805,1	520,1	-0,1	17,3	12,1
2026	90663763	466123	4,5	874,9	542,3	-8,9	6,1	12,2
2027	91836593	495094	4,8	967,6	571,2	-20,0	-8,0	11,7
2028	93017821	524844	7,5	1075,3	591,3	-34,0	-23,3	11,3
2029	94208995	555601	4,9	1207,0	614,8	-47,9	-38,0	11,9
2030	95411285	588431	5,0	1357,2	643,3	-62,5	-54,4	12,8

Yukarıda verilen Çizelge 5.4’den görüleceği gibi; 2023 yılı için tahmin edilen nüfus değeri 87186658 kişi ve 2030 yılı için bu değer 95411285 kişi olarak tahmin edilmiş, elektrik tüketimi 2023 yılı için 385511 GWh ve 2030 yılı için 588431 GWh olarak tahmin edilmiş, büyüme oranı 2023 yılı için % 6,1 ve 2030 yılı için % 5,0 olarak tahmin edilmiş, GSYH 2023 yılı için 740,3 Milyar \$ tahmin edilmiş, 2030 yılı için 1357,2 Milyar \$ olarak tahmin edilmiş, dış borç 2023 yılı için 490,4 Milyar \$ tahmin

edilmiş, 2030 yılı için 643,3 Milyar \$ olarak tahmin edilmiş, TÜFE oranı 2023 yılı için % 13,2 tahmin edilmiş, 2030 yılı için - % 62,5 olarak tahmin edilmiş, enflasyon oranı 2023 yılı için % 25,1 tahmin edilmiş, 2030 yılı için - % 54,4 olarak tahmin edilmiş, işsizlik oranı 2023 yılı için %11,1 tahmin edilmiş 2030 yılı için % 12,8 olarak tahmin edilmiştir.

Çizelge 5.4’de verilen WEKA programı SMOreg algoritmasında 2022 – 2030 yılları arasındaki elektrik tüketimi tahmin değerlerinin grafiği ve Şekil 5.4’de gösterilmiştir.



Şekil 5.4 WEKA programı SMOreg 2022 – 2030 yılları elektrik tüketimi tahmin grafiği

WEKA programının GPR algoritmasıyla 2022 - 2030 yılları tahmin değerleri Çizelge 5.5’de verilmiştir.

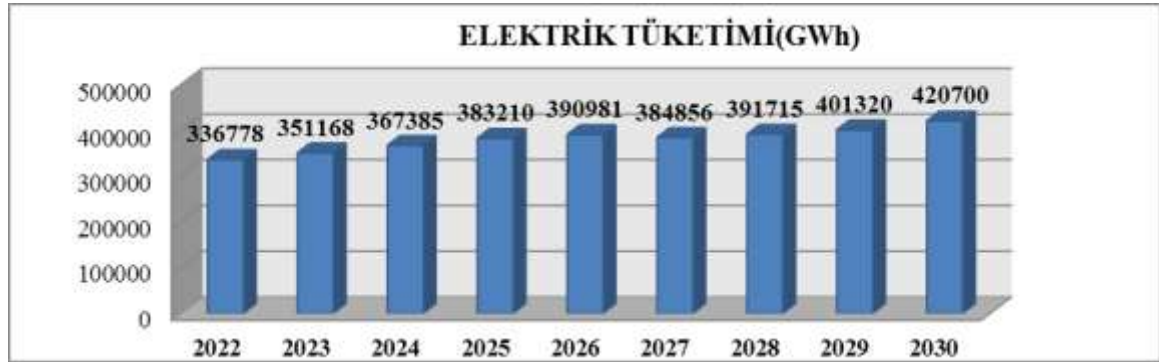
Çizelge 5.5 WEKA programı GPR algoritması 2022 - 2030 yılları arası tahmin değerleri

YILLAR	NÜFUS (Kişi)	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	BÜYÜME (%)	GSYH (MİLYAR \$)	DIŞ BORÇ (MİLYAR \$)	TÜFE (%)	ENFLASYON (%)	İŞSİZLİK (%)
2022	89290500	336778	7,5	563,9	426,2	26,2	35,6	11,2
2023	91653222	351168	6,2	453,7	406,0	31,7	37,9	11,7
2024	94002870	367385	6,5	338,7	368,9	36,6	42,6	12,4
2025	96368595	383210	3,5	224,5	320,7	42,7	48,1	12,6
2026	98780591	390981	4,1	130,9	272,7	49,3	50,7	12,1
2027	101262482	384856	4,5	44,0	216,9	57,0	53,7	11,3
2028	103826571	391715	6,5	-45,1	142,6	64,3	54,1	10,7
2029	106485934	401320	4,8	-116,8	49,1	71,4	53,3	11,1
2030	109250864	420700	5,1	-170,3	-46,8	79,1	53,9	11,5

Yukarıda verilen Çizelge 5.5’den görüleceği üzere; 2023 yılı için tahmin edilen nüfus 91653222 kişi ve 2030 yılı için bu değer 109250864 kişi olarak tahmin edilmiş, elektrik tüketimi 2023 yılı için 351168 GWh ve 2030 yılı için 420700 GWh olarak tahmin edilmiş, büyüme oranı 2023 yılı için % 6,2 ve 2030 yılı için % 5,1 olarak tahmin edilmiş, GSYH 2023 yılı için 453,7 Milyar \$ tahmin edilmiş, 2030 yılı için -170,3 Milyar \$ olarak tahmin edilmiş, dış borç 2023 yılı için 406,0 Milyar \$ tahmin edilmiş, 2030 yılı

için -46,8 Milyar \$ olarak tahmin edilmiş, TÜFE oranı 2023 yılı için % 31,7 tahmin edilmiş, 2030 yılı için % 79,1 olarak tahmin edilmiş, enflasyon oranı 2023 yılı için % 37,9 tahmin edilmiş, 2030 yılı için % 53,9 olarak tahmin edilmiş, işsizlik oranı 2023 yılı için % 11,7 tahmin edilmiş 2030 yılı için % 11,5 olarak tahmin edilmiştir.

Çizelge 5.5’de verilen WEKA programı GPR algoritmasında 2022 – 2030 yılları arasındaki elektrik tüketimi tahmin değerlerinin grafiği ve Şekil 5.5’de gösterilmiştir.



Şekil 5.5 WEKA programı GPR algoritması 2022 – 2030 yılları elektrik tüketimi tahmin grafiği

WEKA programının MLP algoritmasıyla 2022 - 2030 yılları tahmin değerleri Çizelge 5.6’da verilmiştir.

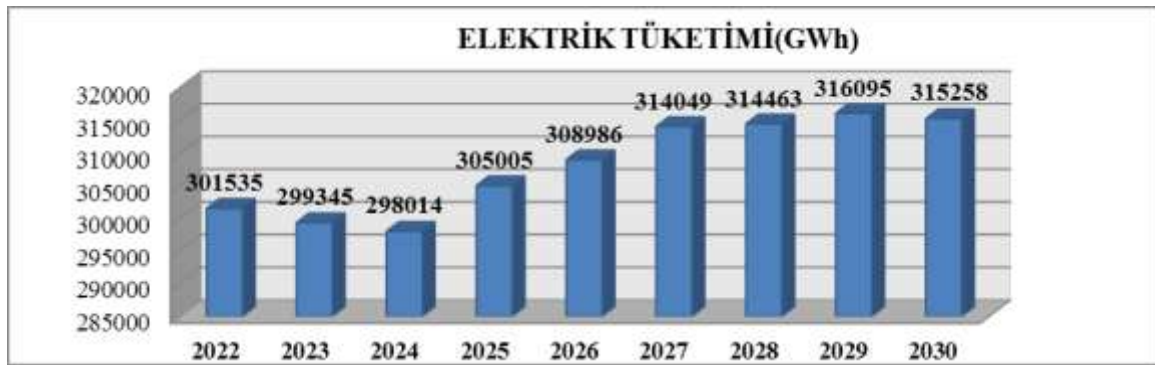
Çizelge 5.6 WEKA programı MLP algoritması 2022 - 2030 yılları tahmin değerleri

YILLAR	NÜFUS (Kişi)	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	BÜYÜME (%)	GSYH (MİLYAR \$)	DIŞ BORÇ (MİLYAR \$)	TÜFE (%)	ENFLASYON (%)	İŞSİZLİK (%)
2022	84936025	301535	16,8	732,4	448,2	1,9	101,6	8,8
2023	85923267	299345	4,2	717,4	461,9	2,7	165,9	8,2
2024	86925510	298014	3,3	682,2	462,1	-2,7	103,4	9,5
2025	87923697	305005	13,5	700,7	459,6	-7,6	183,6	14,2
2026	88898200	308986	-8,9	710,8	467,8	-5,4	-1,4	18,3
2027	89883034	314049	12,7	699,5	477,0	-14,6	125,1	16,1
2028	90872780	314463	-4,1	702,4	476,5	-5,0	14,7	10,7
2029	91845001	316095	12,1	710,5	477,6	-11,1	60,0	11,2
2030	92779749	315258	4,7	706,6	481,7	-10,4	6,0	11,5

Yukarıda verilen Çizelge 5.6’dan görüleceği üzere; 2023 yılı için tahmin edilen nüfus değeri 85923267 kişi ve 2030 yılı için bu değer 92779749 kişi olarak tahmin edilmiş, elektrik tüketimi 2023 yılı için 299345 GWh ve 2030 yılı için 315258 GWh olarak tahmin edilmiş, büyüme oranı 2023 yılı için % 4,2 ve 2030 yılı için % 4,7 olarak

tahmin edilmiş, GSYH 2023 yılı için 717,4 Milyar \$ tahmin edilmiş, 2030 yılı için 706,6 Milyar \$ olarak tahmin edilmiş, dış borç 2023 yılı için 461,9 Milyar \$ tahmin edilmiş, 2030 yılı için 481,7 Milyar \$ olarak tahmin edilmiş, TÜFE oranı 2023 yılı için % 2,7 tahmin edilmiş, 2030 yılı için - % 10,4 olarak tahmin edilmiş, enflasyon oranı 2023 yılı için % 165,9 tahmin edilmiş, 2030 yılı için % 6,0 olarak tahmin edilmiş, işsizlik oranı 2023 yılı için % 8,2 tahmin edilmiş 2030 yılı için % 11,5 olarak tahmin edilmiştir.

Çizelge 5.6’da verilen WEKA programı MLP algoritmasında 2022 – 2030 yılları arasındaki elektrik tüketimi tahmin değerlerinin grafiği ve Şekil 5.6’da gösterilmiştir.



Şekil 5.6 WEKA programı MLP algoritması 2022 – 2030 yılları elektrik tüketimi tahmin grafiği

Yukarıda WEKA programı ile elde tahminlerin doğruluğunu karşılaştırmak için MATLAB programı kullanılmıştır. Çizelge 5.7’de MATLAB programının 1960-2021 yılları arası en düşük MAPE değeri verilmiştir.

Çizelge 5.7 MATLAB 4. derece Elektrik Tüketimi MAPE değerlendirmesi

YILLAR	PERİYOT	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	TÜKETİM TAHMİNİ (GWh)	MUTLAK HATA	MAPE %
1960	1	2395,7	1522,3	873,7	36,5
1961	2	2585,4	2091,6	493,4	19,1
1962	3	3059,3	2671,4	387,6	12,7
1963	4	3406,3	3265,5	140,5	4,1
1964	5	3780,7	3878,1	97,1	2,6
1965	6	4236,8	4513,5	276,5	6,5
1966	7	4728,9	5176,4	447,4	9,5
1967	8	5269,2	5871,6	602,6	11,4
1968	9	5870,1	6604,3	734,3	12,5
1969	10	6679,0	7380,0	701,0	10,5
1970	11	7307,8	8204,3	896,3	12,3
1971	12	8289,3	9083,1	794,1	9,6
1972	13	9527,3	10022,8	495,8	5,2

YILLAR	PERİYOT	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	TÜKETİM TAHMİNİ (GWh)	MUTLAK HATA	MAPE %
1973	14	10530,1	11029,7	499,7	4,7
1974	15	11358,7	12110,6	751,6	6,6
1975	16	13491,7	13272,6	219,4	1,6
1976	17	16078,9	14522,8	1556,2	9,7
1977	18	17968,8	15868,9	2100,1	11,7
1978	19	18933,8	17318,6	1615,4	8,5
1979	20	19663,1	18880,0	753,0	3,8
1980	21	20398,2	20561,4	163,2	0,8
1981	22	22030,0	22371,5	341,5	1,6
1982	23	23586,8	24319,0	732,2	3,1
1983	24	24465,1	26413,1	1948,0	8,0
1984	25	27635,2	28663,1	1027,9	3,7
1985	26	29708,6	31078,8	1370,2	4,6
1986	27	32209,7	33670,0	1460,3	4,5
1987	28	36697,3	36447,0	250,3	0,7
1988	29	39721,5	39420,1	301,4	0,8
1989	30	43120,0	42600,0	520,0	1,2
1990	31	46820,0	45997,8	822,2	1,8
1991	32	49282,9	49624,6	341,7	0,7
1992	33	53984,7	53492,0	492,8	0,9
1993	34	59237,0	57611,6	1625,4	2,7
1994	35	61400,9	61995,6	594,7	1,0
1995	36	67393,9	66656,3	737,6	1,1
1996	37	74156,6	71606,1	2550,6	3,4
1997	38	81885,0	76857,9	5027,1	6,1
1998	39	87704,6	82424,7	5279,9	6,0
1999	40	91201,9	88320,0	2881,9	3,2
2000	41	98295,7	94557,3	3738,4	3,8
2001	42	97070,0	101150,5	4080,5	4,2
2002	43	102948,0	108113,7	5165,9	5,0
2003	44	111766,0	115461,4	3695,3	3,3
2004	45	121141,9	123208,1	2066,3	1,7
2005	46	130262,9	131369,0	1106,1	0,8
2006	47	144091,4	139958,0	3111,6	2,2
2007	48	155135,2	148993,5	6141,7	4,0
2008	49	161947,6	158488,6	3458,9	2,1
2009	50	156894,1	168460,0	11565,9	7,4
2010	51	172050,6	178924,0	6873,4	4,0
2011	52	186099,5	189897,2	3797,7	2,0
2012	53	194923,4	201396,3	6473,0	3,3
2013	54	198045	213438,3	15393,2	7,8
2014	55	207375	226040,6	18665,6	9,0
2015	56	263828	239220,7	24607,3	9,3
2016	57	277200	252996,5	24203,5	8,7
2017	58	294900	267386,0	27514,0	9,3
2018	59	300100	282407,6	17692,4	5,9
2019	60	290445	298080,0	7635,0	2,6
2020	61	290856	314422,0	23566,0	8,1
2021	62	329000	331452,7	2452,7	0,8
				ORT. MAPE (%)	5,81

MATLAB programında en iyi tahmini veren, MAPE ortalaması % 5,81 ile 4.derece bulunmuş olup, aşağıda MATLAB programının 1. Dereceden 10. Dereceye kadar olan diğer denklemleri verilmiştir.

1.derece regresyon denklemi;

$$\text{Elektrik Tüketimi (1)} = 4700x(\text{Yıl}) - 62000 \quad (5.1)$$

2.derece regresyon denklemi;

$$\text{Elektrik Tüketimi (2)} = 130x(\text{Yıl})^2 - 3300x(\text{Yıl}) + 23000 \quad (5.2)$$

3.derece regresyon denklemi;

$$\text{Elektrik Tüketimi (3)} = 1,9x(\text{Yıl})^3 - 55x(\text{Yıl})^2 + 1400x(\text{Yıl}) - 1800 \quad (5.3)$$

4.derece regresyon denklemi;

$$\text{Elektrik Tüketimi (4)} = 0,011x(\text{Yıl})^4 + 0,53x(\text{Yıl})^3 + 1,8x(\text{Yıl})^2 + 560x(\text{Yıl}) + 960 \quad (5.4)$$

5.derece regresyon denklemi;

$$\begin{aligned} \text{Elektrik Tüketimi (5)} = & -0,00095x(\text{Yıl})^5 + 0,16x(\text{Yıl})^4 - 7,8x(\text{Yıl})^3 + 200x(\text{Yıl})^2 \\ & - 1300x(\text{Yıl}) + 5300 \end{aligned} \quad (5.5)$$

6.derece regresyon denklemi;

$$\begin{aligned} \text{Elektrik Tüketimi (6)} = & -0,00011x(\text{Yıl})^6 + 0,021x(\text{Yıl})^5 - 1,4x(\text{Yıl})^4 + 45x(\text{Yıl})^3 \\ & - 650x(\text{Yıl})^2 + 4300x(\text{Yıl}) - 4500 \end{aligned} \quad (5.6)$$

7.derece regresyon denklemi;

$$\begin{aligned} \text{Elektrik Tüketimi (7)} = & -0,00001x(\text{Yıl})^7 + 0,0021x(\text{Yıl})^6 - 0,18x(\text{Yıl})^5 + 7,3x(\text{Yıl})^4 \\ & - 160x(\text{Yıl})^3 + 1700x(\text{Yıl})^2 - 7500x(\text{Yıl}) + 12000 \end{aligned} \quad (5.7)$$

8.derece regresyon denklemi;

$$\begin{aligned} \text{Elektrik Tüketimi (8)} = & -4,7 \times 10^{-7}x(\text{Yıl})^8 + 0,00011x(\text{Yıl})^7 - 0,01x(\text{Yıl})^6 + 0,49x(\text{Yıl})^5 \\ & - 13x(\text{Yıl})^4 + 200x(\text{Yıl})^3 - 1400x(\text{Yıl})^2 + 5000x(\text{Yıl}) - 2300 \end{aligned} \quad (5.8)$$

9.derece regresyon denklemi;

$$\begin{aligned} \text{Elektrik Tüketimi (9)} = & -1,8 \times 10^{-9} x(Yil)^9 + 4,4 \times 10^{-8} x(Yil)^8 + 4,8 \times 10^{-5} x(Yil)^7 \\ & - 6,2 \times 10^{-3} x(Yil)^6 + 0,34 x(Yil)^5 - 9,7 x(Yil)^4 + 150 x(Yil)^3 \\ & - 1100 x(Yil)^2 + 3900 x(Yil) - 1300 \end{aligned} \quad (5.9)$$

10.derece regresyon denklemi;

$$\begin{aligned} \text{Elektrik Tüketimi (10)} = & 1 \times 10^{-9} x(Yil)^{10} - 3,3 \times 10^{-7} x(Yil)^9 + 4,4 \times 10^{-5} x(Yil)^8 - 0,0032 x(Yil)^7 \\ & + 0,14 x(Yil)^6 - 4 x(Yil)^5 + 68 x(Yil)^4 - 690 x(Yil)^3 + 3800 x(Yil)^2 \\ & - 9300 x(Yil) + 9600 \end{aligned} \quad (5.10)$$

Elektrik tüketim değişkeni için yapılan bu değerlendirmeler sırasıyla GSYH, büyüme oranı, işsizlik oranı, TÜFE oranı, dış borç, enflasyon oranı ve nüfus değişkenleri için de yapılmıştır.

GSYH regresyon denklemlerinin 1.derecen 10. dereceye kadar elde edilen denklemlerde en düşük MAPE değeri % 47,0 ile 2.derece regresyon denklemi Denklem 5.11’de belirtilmiştir.

$$\text{GSYH (2)} = 0,38 x(Yil)^2 - 8,1 x(Yil) + 45 \quad (5.11)$$

Dış borç regresyon denklemlerinin 1.derecen 10. dereceye kadar elde edilen denklemlerde en düşük MAPE değeri % 85,00 ile 3.derece regresyon denklemi Denklem 5.12’de belirtilmiştir.

$$\text{Dış Borç (3)} = 0,0021 x(Yil)^3 + 0,03 x(Yil)^2 - 1,7 x(Yil) + 11 \quad (5.12)$$

TÜFE regresyon denklemlerinin 1.derecen 10. dereceye kadar elde edilen denklemlerde en düşük MAPE değeri %106,4 ile 5.derece regresyon denklemi Denklem 5.13’de belirtilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{TÜFE(5)} = & 32 \times 10^{-7} x(Yil)^5 - 33 \times 10^5 x(Yil)^4 + 62 \times 10^{-4} x(Yil)^3 + 0,14 x(Yil)^2 \\ & - 1,5 x(Yil) + 7,7 \end{aligned} \quad (5.13)$$

İşsizlik regresyon denklemlerinin 1.dereceden 10. kadar elde edilen denklemlerde en düşük MAPE değeri %13,1 ile 4.derece regresyon denklemi Denklem 5.14’de belirtilmiştir.

$$\text{İşsizlik (4)} = 57 \times 10^{-8} x(\text{Yıl})^4 + 15 \times 10^{-5} x(\text{Yıl})^3 - 0,02 x(\text{Yıl})^2 + 0,71 x(\text{Yıl}) + 1 \quad (5.14)$$

Büyüme regresyon denklemlerinin 1.dereceden 10. kadar elde edilen denklemlerde en düşük MAPE değeri % 114,8 ile 5.derece regresyon denklemi Denklem 5.15’te belirtilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Büyüme (5)} = 35 \times 10^{-8} x(\text{Yıl})^5 - 61 \times 10^{-6} x(\text{Yıl})^4 + 0,0039 x(\text{Yıl})^3 - 0,11 x(\text{Yıl})^2 + 1,1 x(\text{Yıl}) \\ + 1,9 \end{aligned} \quad (5.15)$$

Enflasyon regresyon denklemlerinin 1.derecedenn 10. dereceye kadar elde edilen denklemlerde en düşük MAPE değeri % 123,6 ile 2.derece regresyon denklemi Denklem 5.16’da belirtilmiştir.

$$\text{Enflasyon (2)} = - 0,071 x(\text{Yıl})^2 + 4,6 x(\text{Yıl}) - 18 \quad (5.16)$$

Nüfus regresyon denklemlerinin 1.dereceden 10. dereceye kadar elde edilen denklemlerde en düşük MAPE değeri % 0,5 ile 5.derece regresyon denklemi Denklem 5.17’de belirtilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Nüfus (5)} = - 0,015 x(\text{Yıl})^5 + 7,2 x(\text{Yıl})^4 - 740 x(\text{Yıl})^3 + 3 \times 10^4 x(\text{Yıl})^2 + 4,4 \times 10^5 x(\text{Yıl}) \\ + 2,7 \times 10^7 \end{aligned} \quad (5.17)$$

Bu çalışma sonucunda, Türkiye’nin 2022-2030 yılları Elektrik Tüketimi tahmini Şekil 5.8’de verilmiştir.



Şekil 5.7 MATLAB programı 2022-2030 yılları elektrik yük tahmin grafiği

Yukarıda Şekil 5.7’de verilen MATLAB programına ait 2022-2030 yılları için elektrik yük tahminleri incelendiğinde; 2022 yılı için 349191,7 GWh, 2023 yılı için 367658,5 GWh, 2024 yılı için 386873,1 GWh, 2025 yılı için 406855,8 GWh, 2026 yılı için 427626,9 GWh, 2027 yılı için 449207,3 GWh, 2028 yılı için 471617,9 GWh, 2029 yılı için 494880,0 GWh, 2030 yılı için 519015,1 GWh olarak bulunmuştur.

Ayrıca bu tez çalışması esnasında, ETKB tarafından 2022 yılının elektrik tüketimi değeri açıklanmıştır. Bu açıklama ile 1960-2022 yılı veri seti kullanılarak aşağıdaki denklemler elde edilmiş olup veri çokluğu ile tahmin sonuçları arasındaki MAPE değişimi incelenmiştir.

1.derece regresyon denklemi;

$$\text{Elektrik Tüketimi (1)} = 4879,1x(\text{Yıl}) - 64738 \quad (5.18)$$

2.derece regresyon denklemi;

$$\text{Elektrik Tüketimi (2)} = 127,53x(\text{Yıl})^2 - 3282,9x(\text{Yıl}) + 23683 \quad (5.19)$$

3.derece regresyon denklemi;

$$\text{Elektrik Tüketimi (3)} = 1,7602x(\text{Yıl})^3 - 41,451x(\text{Yıl})^2 + 1077,2x(\text{Yıl}) - 481,2 \quad (5.20)$$

4.derece regresyon denklemi;

$$\text{Elektrik Tüketimi (4)} = -0,0014705x(Yıl)^4 + 1,9485x(Yıl)^3 - 49,236x(Yıl)^2 + 1190x(Yıl) - 867,55 \quad (5.21)$$

5.derece regresyon denklemi;

$$\text{Elektrik Tüketimi (5)} = -0,0015939x(Yıl)^5 + 0,25355x(Yıl)^4 - 12,619x(Yıl)^3 + 304,65x(Yıl)^2 - 2150x(Yıl) + 7044,4 \quad (5.22)$$

6.derece regresyon denklemi;

$$\text{Elektrik Tüketimi (6)} = -0,00013271x(Yıl)^6 + 0,023886x(Yıl)^5 - 1,6057x(Yıl)^4 + 51,427x(Yıl)^3 - 741,35x(Yıl)^2 + 4873,1x(Yıl) - 5351,8 \quad (5.23)$$

7.derece regresyon denklemi;

$$\text{Elektrik Tüketimi (7)} = -0,90739x10^{-5}x(Yıl)^7 + 0,0018999x(Yıl)^6 - 0,15675x(Yıl)^5 + 6,4823x(Yıl)^4 - 139,7x(Yıl)^3 + 1528,9x(Yıl)^2 - 6634,6x(Yıl) + 10622 \quad (5.24)$$

8.derece regresyon denklemi;

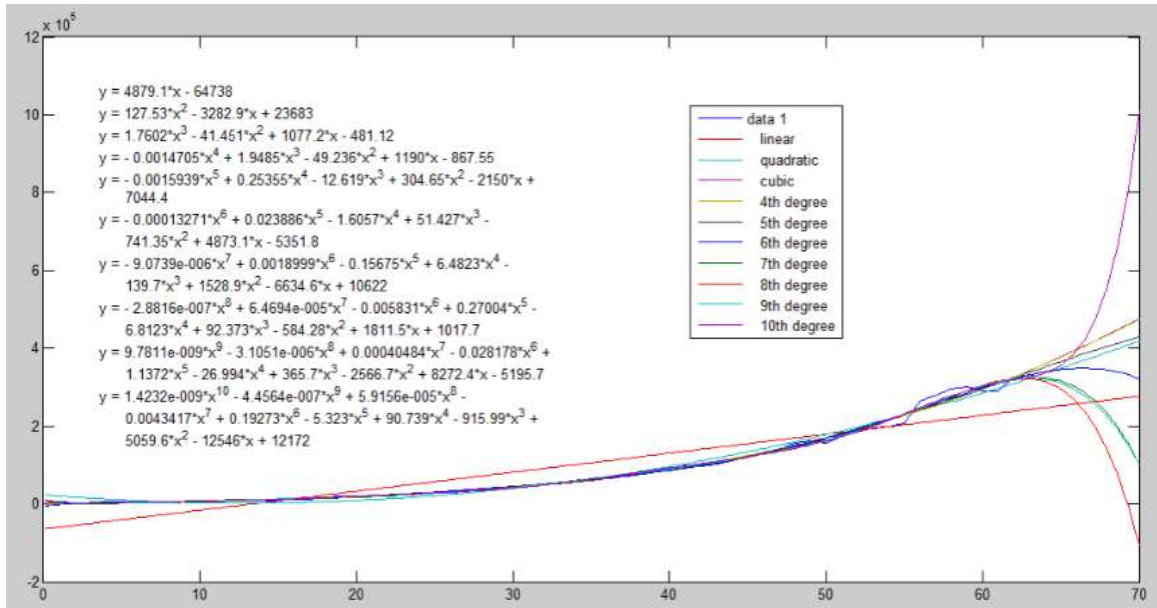
$$\text{Elektrik Tüketimi (8)} = -0,28816x10^{-6}x(Yıl)^8 + 6,4694x10^{-5}x(Yıl)^7 - 0,005831x(Yıl)^6 + 0,27004x(Yıl)^5 - 6,8123x(Yıl)^4 + 92,373x(Yıl)^3 - 584,28x(Yıl)^2 + 1811,5x(Yıl) + 1017,7 \quad (5.25)$$

9.derece regresyon denklemi;

$$\text{Elektrik Tüketimi (9)} = 0,97811x10^{-8}x(Yıl)^9 - 0,31051x10^{-5}x(Yıl)^8 + 0,00040484x(Yıl)^7 - 0,028178x(Yıl)^6 + 1,1372x(Yıl)^5 - 26,994x(Yıl)^4 + 365,7x(Yıl)^3 - 2566,7x(Yıl)^2 + 8272,4x(Yıl) - 5195,7 \quad (5.26)$$

10.derece regresyon denklemi;

$$\text{Elektrik Tüketimi (10)} = 0,14232x10^{-8}x(Yıl)^{10} - 0,44564x10^{-6}x(Yıl)^9 + 0,59156x10^{-4}x(Yıl)^8 - 0,0043417x(Yıl)^7 + 0,19273x(Yıl)^6 - 5,323x(Yıl)^5 + 90,739x(Yıl)^4 - 915,99x(Yıl)^3 + 5059,6x(Yıl)^2 - 12546x(Yıl) + 12172 \quad (5.27)$$



Şekil 5.8 1960-2022 yılları elektrik tüketimi veri seti ile MATLAB denklem ve grafik sonuçları

Yukarıdaki denklemlerin elde edilmesi için kullanılan 1960-2022 elektrik tüketimi veri setinin 4.derece Matlab regresyon denkleminde % 8,6 ile en düşük MAPE değeri olarak bulunmuştur. Çizelge 5.8’de MAPE ve tahmin değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.8 MATLAB 4. derece Elektrik Tüketimi verileri MAPE değerlendirmesi

YILLAR	PERİYOT	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	TÜKETİM TAHMİNİ (GWh)	MUTLAK HATA	MAPE %
1960	1	2395,7	275,2	2120,8	88,5
1961	2	2585,4	1331,1	1253,9	48,5
1962	3	3059,3	2311,8	747,2	24,4
1963	4	3406,3	3229,0	177,0	5,2
1964	5	3780,7	4094,2	313,2	8,3
1965	6	4236,8	4918,9	681,9	16,1
1966	7	4728,9	5714,7	985,7	20,8
1967	8	5269,2	6493,0	1224,0	23,2
1968	9	5870,1	7265,1	1395,1	23,8
1969	10	6679,0	8042,6	1363,6	20,4
1970	11	7307,8	8836,8	1528,8	20,9
1971	12	8289,3	9659,0	1370,0	16,5
1972	13	9527,3	10520,4	993,4	10,4
1973	14	10530,1	11432,4	902,4	8,6
1974	15	11358,7	12406,1	1047,1	9,2
1975	16	13491,7	13452,7	39,3	0,3
1976	17	16078,9	14583,4	1495,6	9,3
1977	18	17968,8	15809,3	2159,7	12,0
1978	19	18933,8	17141,4	1792,6	9,5

YILLAR	PERİYOT	ELEKTRİK TÜKETİMİ (GWh)	TÜKETİM TAHMİNİ (GWh)	MUTLAK HATA	MAPE %
1979	20	19663,1	18590,8	1042,2	5,3
1980	21	20398,2	20168,4	229,8	1,1
1981	22	22030,0	21885,4	144,6	0,7
1982	23	23586,8	23752,5	165,7	0,7
1983	24	24465,1	25780,7	1315,6	5,4
1984	25	27635,2	27980,8	345,6	1,3
1985	26	29708,6	30363,8	655,2	2,2
1986	27	32209,7	32940,2	730,5	2,3
1987	28	36697,3	35721,0	976,3	2,7
1988	29	39721,5	38716,9	1004,6	2,5
1989	30	43120,0	41938,4	1181,6	2,7
1990	31	46820,0	45396,4	1423,6	3,0
1991	32	49282,9	49101,3	181,6	0,4
1992	33	53984,7	53063,8	920,9	1,7
1993	34	59237,0	57294,4	1942,6	3,3
1994	35	61400,9	61803,6	402,7	0,7
1995	36	67393,9	66601,9	791,9	1,2
1996	37	74156,6	71699,8	2456,9	3,3
1997	38	81885,0	77107,6	4777,3	5,8
1998	39	87704,6	82835,7	4869,0	5,6
1999	40	91201,9	88894,4	2307,5	2,5
2000	41	98295,7	95294,0	3001,7	3,1
2001	42	97070,0	102044,9	4974,8	5,1
2002	43	102948,0	109157,1	6209,3	6,0
2003	44	111766,0	116641,0	4874,9	4,4
2004	45	121141,9	124506,6	3364,8	2,8
2005	46	130262,9	132764,2	2501,4	1,9
2006	47	144091,4	141423,7	1646,8	1,2
2007	48	155135,2	150495,2	4640,1	3,0
2008	49	161947,6	159988,8	1958,8	1,2
2009	50	156894,1	169914,3	13020,3	8,3
2010	51	172050,6	180281,9	8231,2	4,8
2011	52	186099,5	191101,3	5001,7	2,7
2012	53	194923,4	202382,4	7459,1	3,8
2013	54	198045	214135,1	16090,0	8,1
2014	55	207375	226369,2	18994,2	9,2
2015	56	263828	239094,5	24733,5	9,4
2016	57	277200	252320,6	24879,4	9,0
2017	58	294900	266057,4	28842,6	9,8
2018	59	300100	280314,3	19785,7	6,6
2019	60	290445	295101,2	4656,2	1,6
2020	61	290856	310427,5	19571,5	6,7
2021	62	329000	326302,8	697,2	0,2
2022	63	328700	342736,6	14036,6	4,3
				ORT. MAPE (%)	8,6

1960-2022 yılları elektrik tüketimi veri setinde en düşük MAPE değeri olarak 4.derece regresyon denkleminin 2023-2030 yılları Türkiye'nin elektrik tüketimi Şekil 5.9'da verilmiştir.



Şekil 5.9 MATLAB programı 2023-2030 yılları elektrik yük tahmini

Yukarıda Şekil 5.9’da verilen MATLAB programına ait 2023-2030 yılları için elektrik yük tahminleri incelendiğinde; 2023 yılı için 359738,5 GWh, 2024 yılı için 377317,8 GWh, 2025 yılı için 395484,0 GWh, 2026 yılı için 414246,5 GWh, 2027 yılı için 433614,6 GWh, 2028 yılı için 453597,6 GWh, 2029 yılı için 474204,8 GWh, 2030 yılı için 495445,5 GWh olarak bulunmuştur.

5.2 Öneriler

Ülkemizde gelişen teknoloji ve hızlı demografik değişken değerlerinin oluşmasıyla elektrik enerjisi, son kullanıcıya kadar sağlıklı şekilde iletilmesi bakımından son derece önem arz etmektedir ve kullanıcıların en ekonomik yöntem ile elektrik enerjisi kullanılması sağlanmalıdır. Elektrik yük tahminlerinde kullanılan çok farklı yöntemlerin literatürde olmasına rağmen yerel veya farklı bir yaklaşımla elektrik yük tahmininin yapılması Türkiye’nin ileri ki yıllarda kurulu güce olan ihtiyacı, talep tahmini, gibi durumlar karşısında hedefine daha emin adımlarla yürümesini sağlayacaktır.

Bu tez çalışmasında 1960-2021 verileri kullanılarak 2022-2030 verileri tahmin edilmiş olup çalışmamızda 6 adet WEKA programı algoritmaları ve MATLAB programı regresyon analizleri kullanılmış ve sonuçlar kısmında ortaya çıkan bulgular ile kullanılan algoritmaların gerçeğe yakınsama değerleri incelenmiş ve nüfus parametresinin elektrik enerjisi tüketim tahminlerinde en önemli yere sahip olduğu görülmüştür. Yeni

Çalışmaların; KNIME, SPSS Climate, ANGOSS, SAS gibi programlar ile farklı modeller kullanılarak yapılması literatür zenginliği açısından büyük bir avantaj olmaktadır. Ayrıca bu modeller ilçeye, bölgeye, şehre, güneşin kaç saat gökyüzünde olduğuna, elektrik enerjisinin kullanılacağı yerin iklimine, tahminlerin yapıldığı zaman/ay dilimine bağlı olarak tasarlanmalı ve akademik olarak bunun etkisi ortaya konulmalıdır. Böylelikle, ile olarak elektrik tüketimi gerçeğe daha yakın tahminlerde bulunacağından bu mantıkla; ilçeden şehre, şehirden bölgeye, bölgeden ülkeye çizgisinde ülkenin; günlük, haftalık ve aylık modelleri çıkartılarak tahminlerin analizi yapılabilir.

6. KAYNAKLAR

- Akar, H. A., 2005, Dağıtım Sisteminin Özelleştirilmesi ve Yapay Sinir Ağları ile Yük Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 34-52.
- Akman, T., 2018, Yapay Zekâ Modelleri Kullanılarak Ankara Bölgesinin Kısa Dönem Elektrik Enerjisi Yük Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-29.
- Binici, M., (2019), Matematiksel modelleme kullanılarak Türkiye'nin enerji tüketim tahmini, Yüksek Lisans Tezi, *Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sivas.
- Bulutay, T., 1995, Employment, Unemployment and Wages in Turkey, *International Labour Office, State Institute Of Statistics*, Ankara, 1.Baskı, 256-260.
- Ceylan, G., (2004), Yapay Sinir Ağları ile Kısa Dönem Yük Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Çevik, H. H., 2013, Türkiye'nin Kısa Dönem Elektrik Yük Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 10-23.
- Demir, T., 2018, Yapay Sinir Ağları Tabanlı Hibrit Modellerle Yük Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kütahya, 10-16.
- Demren, D., 2011, Destek Vektör Makineleri İle Elektriksel Yük Talep Tahmin Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 23-29.
- Dönek, E., 1995, Türkiye'nin Dış Borç Sorunu ve 1980 Sonrası Boyutları, *Ankara Üniversitesi Siyaset Bilimleri Fakültesi Dergisi*, Ankara, 50(1), 173-186.
- Durğun, S., 2018, Türkiye'nin Enerji Talebinin Yapay Zekâ Teknikleriyle Uzun Dönem Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 5-29.
- Eleren, A., Karagül, M., 2008, 1986-2006 Türkiye Ekonomisinin Performans Değerlendirmesi, *Celal Bayar Üniversitesi Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, Manisa, 15(1), 1-14.
- ETKB, 2020, Türkiye Elektrik Enerjisi Talep Projeksiyonu Raporu, Ankara, 1-2.
- ETKB, 2022, Enerji İşleri Genel Müdürlüğü Yatırımlar Dairesi Başkanlığı, Türkiye Elektrik Yatırımları 2022 Yılı Haziran Ayı Özet Raporu, Ankara, 1-5.

- Güney, A.,2009, İşsizlik,Nedenleri, Sonuçları ve Mücadele Yöntemleri, *Kamu-iş Dergisi*,10(4),135-159.
- Karaaslan, A., ve Gezen, M., 2017, Forecasting of Turkey's Sectoral Energy Demand by Using Fuzzy Grey Regression Model, *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(1), 67-77.
- Karaca, C. ve Karacan H., 2016, Çoklu Regresyon Metoduyla Elektrik Tüketim Talebini Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi, *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Konya, 4(3), 182-194.
- Kareem, S. O., 2021, Lineer Regresyon İle Şehir Bazlı Günlük Elektrik Yük Tahmini Üzerinde Mevsimsel Etkilerin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya, 2-12.
- Kaysal, K., 2013, Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yük Tahmini Algoritmalarının Güney İlçesi İçin Performanslarının Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyonkarahisar, 10-44.
- Koçbey, M. E., 2019, Bursa İli Elektrik Gücü Talep Tahmin Analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Balıkesir, 16-26.
- Tatlıyer, M., 2017, Türkiye Ekonomisinde Enflasyon ve Ekonomik Büyüme (1950-2015), *Int. Journal of Management Economics and Business*, ICMEB17 Special Issue, 173-188.
- Ok, Y., 2010, Adaptif Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi(ANFIS) İle Türkiye'de Orta Dönemli Elektrik Enerjisi Talep Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 16-43.
- Saçlı, M., 2020, Dağıtım Şebekesinde Kısa Dönem Yük Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 9-39.
- Sezer, M. S., 2019, Yapay Sinir Ağları ve Farklı Tahmin Algoritmaları ile Uzun Dönem Yük Tahmini: Zonguldak Örneği, Yüksek Lisans Tezi, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kütahya, 10-34.
- Som, A., 2010, Uzun Dönem Yük Tahmini: Manisa Örneği, Yüksek Lisans Tezi, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kütahya, 1-25.
- Şener, F., 2005, Yük Tahmin Yöntemleri ve Ankara Merkez Metropol Alan İçin Regresyon Analizi Yöntemi Kullanılarak Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 4-30.
- Tatlıyer, M., 2017, Türkiye Ekonomisinde Enflasyon ve Ekonomik Büyüme, *International Journal of Management Economics and Business*, ICMEB17 Special Issue, 173-188.

- Toptaş, M., 1992, Türkiye Orta Dönem Elektrik Talebi İçin Karşılaştırılmalı Zaman Serileri Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 36-40.
- Tutu, B. E., ve Haliloğlu, E. Y., 2018, Forecasting Daily Electricity Demand For Turkey, *International Journal of Energy Studies (IJES)*, 3(7), 40-49.
- Uguz, H., Tefek, M. F., 2016, Estimation of Turkey Electric Energy Demand until Year 2035 Using TLBO Algorithm, *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 4(Special Issue) 48-52.
- Uguz, H., Tefek, M. F., ve Beşkirli, M., 2019, Modified Gravitational Search Algorithm for Energy Demand Estimation of Turkey, *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8 (4), Bitlis, 1338-1348.
- Yamaçlı, M., 2010, Türkiye'nin Uzun dönem Elektrik Yük Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kütahya, 15-31.
- Yavaşcağlu, S., 2010, Kütahya İlinin Bölgelere Ayrılarak Farklı Yaklaşımlarla Uzun Dönem Elektrik Puant Yük Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kütahya, 5-9
- Yazıcı, İ., 2022, Derin öğrenme ile kısa dönemli elektrik yük talep tahmini, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul,
- <https://slideplayer.biz.tr/slide/12034479> [Ziyaret Tarihi: 19/07/2022]
- <https://sigmacenter.com.tr/minitab/> [Ziyaret Tarihi: 19/07/2022]
- <https://www.teias.gov.tr/> [Ziyaret Tarihi: 12/03/2022]
- <https://www.smartmind.com.tr/> [Ziyaret Tarihi: 19/07/2022]
- <https://github.com/knime/knime-core> [Ziyaret Tarihi: 12/03/2022]
- <https://www.knime.com> [Ziyaret Tarihi: 12/03/2022]
- <https://www.ibm.com/products/spss-modeler> [Ziyaret Tarihi: 12/03/2022]
- <https://www.r-project.org/about.html> [Ziyaret Tarihi: 12/03/2022]
- <https://data.worldbank.org/> [Ziyaret Tarihi: 27/03/2022]
- <https://www.mahfiegilmez.com/> [Ziyaret Tarihi: 25/08/2022]
- <https://www.wikihow.com.tr/> [Ziyaret Tarihi: 25/08/2022]
- <https://data.tuik.gov.tr/> [Ziyaret Tarihi: 25/08/2022]
- <https://www.hesapkurdu.com/> [Ziyaret Tarihi: 25/08/2022]
- <https://www.zorluenerji.com.tr/> [Ziyaret Tarihi: 30/08/2022]
- <https://weka.sourceforge.io/doc.dev/weka/classifiers/rules/> [Ziyaret Tarihi: 22/10/2022]
- <https://tayyarg.github.io/> [Ziyaret Tarihi: 22/10/2022]