

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**GEÇMİŞ YILLARDAKİ PETROL ÜRÜNLERİ
FİYATLARINA GÖRE GELECEK ZAM MİKTARI
TAHMİNİ**
(Yüksek Lisans Tezi)

Tezi Hazırlayan:

Fatih BAL

İstanbul, 2017

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**GEÇMİŞ YILLARDAKİ PETROL ÜRÜNLERİ
FİYATLARINA GÖRE GELECEK ZAM MİKTARI
TAHMİNİ**
(Yüksek Lisans Tezi)

Tezi Hazırlayan:

Fatih BAL

Öğrenci No:

150820038

Danışman:

Yrd. Doç. Dr. Atınc YILMAZ

İstanbul, 2017

YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum "Geçmiş Yıllardaki Petrol Ürünleri Fiyatlarına Göre Gelecek Zam Miktarı Tahmini" başlıklı bu çalışmamın, bilimsel ahlâk ve geleneklere uygun yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmamın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım.11.07.2017

Fatih BAL



T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ




YÜKSEK LİSANS TEZ SAVUNMA SINAVI SONUÇ TUTANAĞI

Beykent Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Aşağıda tez adı belirtilen yüksek lisans öğrencisi 150520097X no'lu FATİHA BAL in 11.7.2017 tarihinde yapılan tez savunma sınavı¹ sonucunda 50 dakika süreyle sunduğu ve savunduğu tezi hakkında² oybirliğiyle KABUL kararı verilmiştir.

Bilgilerinize saygılarımızla arz ederiz.

Anabilim Dalı : BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
Programı : BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ
Tez Başlığı³ : SEKİZ YILLARDAKİ PETROL ÜRÜNLERİ FİYATLARINA GÖRE GELECEK ZAM MİKTARI TAHMİNİ

<u>Tez Sınav Jürisi</u>	<u>Öğretim Üyesi</u>	<u>İmza</u>
Danışman	: <u>Yrd.-Doç. Dr. Atılgan YILMAZ</u>	
Üye	: <u>Doç. Dr. Gökhan JILANTAR OĞRU</u>	
Üye	: <u>Yrd. Doç. Dr. Feriye SAĞKOL</u>	

¹ Jüri üyeleri söz konusu tezin kendilerine teslim edildiği tarihten itibaren en geç bir ay içinde toplanarak öğrenciyi tez savunma sınavına alır. Belirlenen günde yapılamayan jüri toplantısı, katılanların hazırladığı bir tutanakla enstitü yönetimine bildirilir. Bu durumda jüri en geç onbeş gün içinde toplanarak aday tez savunma sınavına alır. Tez savunma sınav süresi en az 45 dakikadır. Yüksek lisans tez savunma sınavı, tez çalışmasının sunulması ve bunu izleyen soru-yanıt bölümlerinden oluşur ve dinleyiciye açıktır. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-3)

² Tez sınavının tamamlanmasından sonra jüri, tez hakkında "kabul", "düzeltme" veya "red" kararı verir. Jüri başkanı, jüri üyelerince imzalanmış sınav tutanağını, tez sınavını izleyen üç gün içinde ilgili enstitü yönetimine teslim eder. Tezi başarısız bulunan öğrencinin Enstitü ile ilişkisi kesilir. Tezi hakkında düzeltme kararı verilen öğrenci en geç üç ay içinde gerekli düzeltmeleri yaparak ve yönetmelikte belirtilen usullere uygun olarak tezini aynı jüri önünde yeniden savunur. Bu savunma sınavında da tezi kabul edilmeyen öğrencinin enstitü ile ilişkisi kesilir. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-4)

³ İlerde doğabilecek aksaklıkların engellenmesi için tezin başlığının yazılması gerekmektedir.

TEŐEKKÜR

Tez çalıőmamı yürütmemde desteğini esirgemeyen, beni her zaman yönlendiren, akademik hayatımda kendisini örnek alacağım değerli tez danıőmanım sayın Yrd. Doç. Dr. Atınç Yılmaz'a, eğitim-öğretim hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman benden esirgemeyen, her daim yanımda duran babam Aydın Bal'a, annem Nezaket Bal'a ve kız kardeőim Kübra Bal'a, dostlarıma, iő arkadaşlarıma, sevdiklerime en derin saygı, sevgi ve teőekkürlerimle..

HAZİRAN 2017

Fatih BAL

Adı ve Soyadı : Fatih Bal
Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Atınç YILMAZ
Türü ve Tarihi : Yüksek Lisans/2017
Alanı : Bilgisayar Mühendisliği
Anahtar Kelimeler : Petrol Fiyatları, Tahmin, Yapay Zekâ, Yapay Sinir Ağları,
ANFIS, İleri Beslemeli Geri Yayılımlı Ağ

ÖZ

GEÇMİŞ YILLARDAKİ PETROL ÜRÜNLERİ FİYATLARINA GÖRE GELECEK ZAM MİKTARI TAHMİNİ

Son yıllarda enerji kaynakları içerisinde petrolün öneminin kaybedeceği yönünde açıklamalar olsa da ülkemiz için petrol ve petrol ürünlerinin fiyatları önem arz etmektedir. Özellikle günlük yaşantımızda önem arz eden benzin ve motorin litre fiyatlarındaki değişimlerin analiz ve tahmin edilmesi ihtiyaç haline gelmiştir. Günümüz teknolojilerinin ilerlemesi ile birlikte bir çok model ve yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden biri olan Yapay Zekâ yöntemlerine ait ANFIS ve YSA (Yapay Sinir Ağları) tahmin için en çok kullanılan teknolojilerdir.

Tez çalışmasında Ocak 2014 ve Aralık 2015 tarihleri arasındaki WTI ham petrol varil fiyatı, Dolar için TCMB dolar kuru, Borsa verileri için BIST puanı, UFE verileri ve benzin-motorin litre fiyatı için Shell petrol firmasına ait akaryakıt verileri kullanılmıştır. Tüm bu veriler belirtilen kurum ve kuruluşların web sitesinden alınmış, benzin ve motorin fiyatlarında meydana gelecek artış veya azalışın Yapay Zekâ yöntemleri olan ANFIS ve Yapay Sinir Ağları yöntemleri ile tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Hangi modelin daha etkili bir tahmin yaptığı belirlenmiştir. Literatüre katkı açısından bahsedilen yöntemler ile benzin ve motorin litre fiyatlarına gelecek zam miktarı belirlenmiştir.

Name and Surname : Fatih BAL
Supervisor : Assist. Prof. Dr. Atınc YILMAZ
Degree and Date : Master's Thesis/2017
Major : Computer Engineering
Key Words : Petroleum Prices, Forecasting, Artificial Intelligence,
Artificial Neural Networks, ANFIS, Forward Feed Backprop
Network

ABSTRACT

FORECASTING NEXT THE RATE OF RAISE ACCORDING TO THE PRICES OF PETROLEUM PRODUCTS

In recent years, there has been explanations about the loss of petroleum significance, however, petroleum and petroleum products have important to our country. Especially, in our daily life, analysing and estimating of the changes in prices of gasoline and diesel oils have become a necessity. Many models and methods have been developed together advancement of today's technology. These methods are ANFIS and ANN which are the most widely used technology.

In this thesis study, it is aimed to forecast a increase or decrease in gasoline and diesel oil prices with the methods of ANFIS and ANN. It had been used WTI crude oil prices, Central Bank of the Republic of Turkey (TCMB) dollar rate, BIST point for market, producer price index data and Shell petroleum as fuel for gasoline-diesel prices. All this data had been taken from institutions and organizations website. between dates 2014 January and 2015 December from Shell Cooperation web site.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

ÖZ	i
ABSTRACT	ii
ŞEKİLLER TABLOSU	iv
TABLolar LİSTESİ	v
KISALTMALAR	vi
1. GİRİŞ	1
2. BENZER ÇALIŞMALAR	3
3. YÖNTEMLER	6
3.1. ANFIS.....	6
3.1.1. GAUSS Üyelik Fonksiyonu.....	8
3.1.2. Melez Öğrenme (Hybrid Learning).....	9
3.1.3. SUGENO Bulanık Modeli.....	10
3.2. YAPAY ZEKÂ.....	12
3.2.1. Yapay Sinir Ağları.....	12
3.2.2. İleri Beslemeli Geri Yayılımlı Ağ Modeli.....	15
4. UYGULAMA	18
4.1. ANFIS Uygulaması.....	18
4.2. Yapay Sinir Ağı Uygulaması.....	22
4.3. Bulgular.....	26
5. SONUÇ	40
KAYNAKÇA	43
ÖZGEÇMİŞ	46

ŞEKİLLER TABLOSU

Sayfa No:

Şekil 1. ANFIS Mimarisi	6
Şekil 2. GAUSS Eğrisi Üyelik Fonksiyonu	9
Şekil 3. Sugeno Bulanık Çıkarım Yöntemi Yapısı	11
Şekil 4. Bir Nöronun Biyolojik Modeli	13
Şekil 5. Bir Nöronun YSA Modeli	14
Şekil 6. Yapay Sinir Ağının Yapısı	15
Şekil 7. İleri Beslemeli YSA Yapısı	16
Şekil 8. Verilerin TEXT Formatı	18
Şekil 9. ANFIS Tasarım Ekranı	19
Şekil 10. GAUSS Eğrisi.....	20
Şekil 11. SUGENO Bulanık Çıkarım Modeli.....	20
Şekil 12. ANFIS Kurallar (Şekil Hali).....	21
Şekil 13. ANFIS Kurallar (Yazılı Hali).....	21
Şekil 14. Verilerin MATLAB Çalışma Ortamına Aktarılması	22
Şekil 15. YSA Giriş ve Çıkış Verisi Eklenmesi	23
Şekil 16. YSA Fonksiyon Ayarları	24
Şekil 17. YSA Yapısı.....	25
Şekil 18. Veriler YSA Eğitimi	25
Şekil 19. ANFIS Benzin Sonuç Grafiği	29
Şekil 20. YSA Benzin Sonuç Grafiği	29
Şekil 21. Benzin için ANFIS ve YSA Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	30
Şekil 22. ANFIS Motorin Sonuç Grafiği	34
Şekil 23. YSA Motorin Sonuç Grafiği.....	34
Şekil 24. Motorin için ANFIS ve YSA Sonuçlarının Karşılaştırması	35

TABLolar LİSTESİ

Sayfa No:

Tablo 1. Melez Öğrenme Algoritması.....	10
Tablo 2. Biyolojik Sinir Sistemi ile YSA Karşılıkları.....	13
Tablo 3. Aktivasyon Fonksiyonları	17
Tablo 4. YSA Fonksiyon Ayarı.....	24
Tablo 5. ANFIS ile Elde Edilen Benzin Fiyatları Tablosu.....	26
Tablo 6. YSA ile Elde Edilen Benzin Fiyatları Tablosu	27
Tablo 7. Benzin Fiyatları için ANFIS ve YSA Karşılaştırılması	28
Tablo 8. ANFIS Doğruluk Tablosu	30
Tablo 9. ANFIS ile Elde Edilen Motorin Fiyatları Sonuç Tablosu.....	31
Tablo 10. YSA ile Elde Edilen Motorin Fiyatları Sonuç Tablosu	32
Tablo 11. Motorin için YSA ve ANFIS Sonuçları Karşılaştırılması	33
Tablo 12. YSA için Doğruluk Tablosu.....	35
Tablo 13. Sentetik Benzin Verileri YSA Sonuçları.....	36
Tablo 14. Sentetik Benzin Verileri ANFIS Sonuçları	37
Tablo 15. Sentetik Motorin Verileri YSA Sonuçları.....	38
Tablo 16. Sentetik Motorin ANFIS Sonuçları.....	39
Tablo 17. Sentetik Verilerin Sonuçlarının Karşılaştırılması	40

KISALTMALAR

AFRIMA	: Autoregressive Fractionally Integreted Moving Approaches
ANFIS	: Adaptive Neuro Fuzzy Inference Systems
ANN	: Artificial Neural Network
BIST	: Borsa İstanbul
İİBF	: İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
KDV	: Katma Değer Vergisi
MAD	: Mean Absolute Deviation
MAPE	: Mean Absolute Percentage Error
MATLAB	: Matrix Laboratory
MSE	: Mean Squared Error
ÖTV	: Özel Tüketim Vergisi
RMSE	: Root Mean Squared Error
TCMB	: Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası
UFE	: Üretici Fiyat Endeksi
WTI	: West Texas Intermediate
YSA	: Yapay Sinir Ağları

1. GİRİŞ

Türkiye'nin ekonomik büyümesinde ve gelişmesinde temel veriler arasında yer alan enerji kaynakları içerisinde petrol, günümüzdeki yerini ve önemini korumakta ve gelecekte de bunu devam ettirmesi beklenmektedir[1]. Üretiminden tüketimine kadar bir çok iş alanında kullanılan petrol ve petrol ürünleri, ülke enerji ihtiyacının çok büyük ve önemli bir kısmını karşılamaktadır[2]. Türkiye'de petrol ve petrol ürünleri fiyatlarının belirlenmesinde, artışında ve azalışında, dünya fiyatları ve döviz kurlarının yanı sıra, petrol ürünlerinin rafineri çıkış fiyatları üzerinden alınan Özel Tüketim Vergisi (ÖTV) ve Katma Değer Vergisi (KDV) önem taşımaktadır[3]. Türkiye hammadde petrol konusunda %100'e yakın bir oranda dışa bağımlı durumdadır. Buna bağlı olarak petrol ürünleri litre satış fiyatlarına bakıldığında döviz kurlarındaki değişikliğe paralel olarak değişmektedir. Dolar kuru satış fiyatında artış geldiğinde petrol ürünleri litre fiyatlarına zam gelmekte veya dolar kuru satış fiyatında azalma olduğunda ise petrol ürünleri litre satış fiyatında azalma meydana gelmektedir.

Günümüz teknolojilerinin hızla ilerlemesi ile birlikte petrol fiyatlarının tahmin edilebilmesi için birçok tahmin modeli ve yöntemi geliştirilmiştir[4]. Bu tahmin yöntemlerinden ve modellerinden en yaygın kullanılanları Yapay Zekâ yöntemleri olan ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) ve Yapay Sinir Ağları (YSA)'dır. Yapay Zekâ, bir bilgisayarın çeşitli faaliyetlerini zeki canlılara benzer şekilde yerine getirme kabiliyetidir. Diğer bir ifadeyle insanların öğrenme, düşünme ve akıl yürütme yeteneklerinin bilgisayara kazandırılarak problemleri çözülebilir hale getirmektir. Bu bağlamda Yapay Sinir Ağları insan beyninin bilgiyi işleme yönteminden esinlenerek geliştirilmiş Yapay Zekâ teknolojilerinden biri olmakla birlikte Yapay Sinir Ağlarında insan beyni sinir sistemi basit bir şekilde taklit edilmiştir. Literatürde uyarlamalı sinirsel bulanık çıkarım modeli veya adaptif ağ tabanlı bulanık çıkarım modeli veya adaptif sinirsel bulanık çıkarım sistemi olarak da anılan ANFIS, yapay sinir ağlarının öğrenme yeteneğini ve bulanık mantığın uzman bilgisini kullanması gibi bir çok üstün özelliklerin bir araya gelerek sonuç çıkarması ile ortaya çıkmıştır.

Tez çalışmasında Ocak 2014 ve Aralık 2015 tarihleri arasındaki WTI ham petrol varil fiyatı, Dolar için TCMB dolar kuru, Borsa verileri için BIST puanı, UFE verileri ve benzin-motorin litre fiyatı için Shell petrol firmasına ait akaryakıt verileri kullanılmıştır. Tüm bu veriler belirtilen kurum ve kuruluşların web sitesinden alınmış, benzin ve motorin fiyatlarında meydana gelecek artış veya azalışın Yapay Zekâ yöntemleri olan ANFIS ve Yapay Sinir Ağları yöntemleri ile tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Her iki yöntemle elde edilen sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılmış ve hangi yöntemin petrol ürünlerinde meydana gelecek değişikliği en iyi şekilde tahmin ettiği ortaya konacaktır. Elde edilecek tahmin verileri MATLAB çalışma ortamında ham verilerin kullanıp işlenmesi ile elde edilecektir.

Bu tez çalışmasındaki amaç, Türkiye'de benzin ve motorin fiyatlarında meydana gelecek değişikliklerin önceden tahmin edilmesi olacaktır. Literatüre katkı açısından ise yapay zekâ modellerinden ANFIS modeli ve yapay sinir ağı modeli ileri beslemeli geri yayımlı ağ uygulama fonksiyonu ile gerçekleştirilecek bu tahmin çalışmasında hangi yöntemin daha etkili olduğu ortaya konacaktır.

Bu tez çalışmasında uygulanacak yöntemlerin nasıl gerçekleştirildiğine dair bu yazıda bilgi verilecektir. Tezin ikinci bölümünde fiyat tahmini üzerine yapay zekâ teknolojileri olan ANFIS ve YSA'dan faydalanılarak yapılmış çalışmalardan ve uygulamalardan bilgiler verilecektir. Üçüncü bölümde tez ile ilgili amaçlar, ANFIS, yapay zekâ, yapay sinir ağları, kullanılan yazılımlar, kullanılan yöntemler, kullanılan yöntemlere ait algoritmalar, modeller hakkında bilgiler verilecektir. Dördüncü bölümde ise yapılan çalışma ve elde edilen bulgulardan çıkarılan sonuçlar belirtilecektir. Beşinci bölümde ise sonuçlar yorumlanacaktır.

2. BENZER ÇALIŞMALAR

Yapılan literatür çalışmalarında petrol ve petrol ürünleri fiyatlarının analiz ve tahmin çalışmaları ile ilgili 2 adet bildiri ve 6 adet makale incelenmiştir. Bu araştırmalar ışığında incelenen çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Fatih M. Bayramoğlu ve arkadaşları 2010 yılında gerçekleştirilen İleri Teknolojiler Çalıştayında *Ham Petrol Fiyat Hareketlerinin Sınıflandırılmasında Yapay Zekâ Teknolojilerinin Kullanımı* adında bir çalışmaları yayımlanmıştır. Bu çalışmada West Texas Intermediate ve Brent Europe ham petrol varil fiyatlarında meydana gelecek fiyat artış ve azalışları bir Yapay Zekâ yöntemi olan Uzman Sistem modelleri ile tahmin edilmiştir. Ayrıca Uzman Sistem modelleri ile elde edilen sonuçlarda karşılaştırılma yapılması amacıyla, aynı veriler için Yapay Sinir Ağları ile çözümleme yapmışlardır. Çalışmanın bulguları değerlendirildiğine, Uzman Sistem modellerinin, Yapay Sinir Ağları modellerine göre daha başarılı olduğu görülmektedir[5]. Uygulanan yöntemler sonucunda Uzman Sistem modelinin %78.95'lik tahmin yüzdesi ile başarılı bir modelleme gerçekleştiği görülmüştür.

Oğuz Kaynar ve arkadaşları 2010 yılında Ege Akademik Bakış dergisinde yayımladıkları *Ham Petrol Fiyatlarının Yapay Sinir Ağları ile Tahmini* çalışmasında Ocak 1986 ve Nisan 2009 tarihleri arasındaki ham petrol fiyat verileri kullanarak, ver setinin son 15 değeri MLP ve RBF Yapay Sinir Ağları modelleri ile MATLAB uygulaması kullanılarak ham petrol fiyatları tahmin edilmiştir. Fiyat tahmini ile ilgili oluşturulan tüm MLP modelleri 3 katmanlı bir mimariye sahiptir[6]. MATLAB gerçekleştirilen yazılımda giriş nöron sayıları 1'den 12'ye, gizli katmanda ise 1'den 10'a çıkarılarak 120 farklı MLP modeli gerçekleştirilmiştir. Giriş nöron sayısı 11, gizli nöron sayısı 3 olan MLP modeli en uygun model olarak seçilmiştir. RBF modeli ile tahminde ise giriş nöron sayısı 12, gizli katmandaki nöron sayısı ise 1'den 30'a çıkarılarak 360 adet model oluşturulmuştur. RBF'de en iyi sonucu veren modelin giriş nöron sayısı 12, gizli katmandaki nöron sayısı 15 olan model belirlenmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığında ise MLP ve RBF modellerine ilişkin MAPE değerlerine göre en iyi sonuç RBF modelinden elde edilmiştir.

M. M. Tuncer ÇALIŞKAN ve arkadaşları 2012 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF dergisinde yayımladıkları *Yapay Sinir Ağlarıyla Hisse Senedi Fiyatları ve Yönlerinin Tahmini* adlı makalelerinde Yapay Sinir Ağları fonksiyonlarından İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağı kullanılmıştır. Bu çalışmada Borsa İstanbul 30 endeksinde işleme tabi tutulan 30 hisse senedinin günlük bazda fiyatları ve fiyat yönleri Yapay Sinir Ağları ile tahmin edilmiştir[7]. BIST30 endeksine ait 30 hisse senedinde yapılan tahminde ortalama mutlak hata 21 kuruş, ortalama mutlaka yüzde hata %1.80 olarak bulunmuştur. Hisse senedi fiyatlarının "artan" ve "azalan" yönde tahmini konusunda ise %58'lik bir oran tespit edilmiştir.

Hande Erkaymaz ve Ömer Yaşar'ın 2011 yılında 5. Uluslararası Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Sempozyumunda yayımlanan *Yapay Sinir Ağı ile Hava Sıcaklığı Tahmini* çalışmalarında Karabük iline ait sıcaklık verileri kullanılmıştır. Bu verilerin girişten çıkışa doğru İleri Beslemeli YSA'nın modellenmesi yapılmıştır. Sonuçlar grafiksel olarak gösterilmiş, sistem için giriş çıkış ifadelerinden yararlanılarak sisteme ait simulink modellemesi gerçekleştirilmiştir[8].

Özkan Demirel ve arkadaşlarının 2010 yılında Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi dergisinde yayımladıkları "*ANFIS ve ARMA Modelleri ile Elektrik Enerjisi Yük Tahmini*" makalelerinde, 1970-2007 yılları arasındaki GSHM, üretilen enerji, tüketilen enerji, nüfus ve kurulu güç verileri kullanarak modeller oluşturulmuştur[9]. Gerçekleştirilen modeller ile 2006-2010 yıllarına ait elektrik enerjisi talep miktarı belirlenmiştir. Elde edilen veriler birbirleri ile karşılaştırıldığında en iyi modelin ANFIS modeli olduğu ortaya konmuştur.

Onur Doğan'ın 2016 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi İİBF dergisinde yayımlanan "*Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Çıkarım Sisteminin (ANFIS) Talep Tahmini İçin Kullanımı ve Bir Uygulama*" adlı makalesinde işletmeler için önemli bir konu olan talep sorununa ANFIS ile çözüm aranmıştır[10]. Talebi etkileyen faktörler belirlenmiş ve bu veriler üzerinden model uygulaması gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen uygulamada rastgele eğitim seti ile öğrenme yaptırılan modellere bakıldığında ANFIS modelinin az girdi ile çok daha etkin sonuçlar ortaya konduğu ve daha etkili sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Mahmut Fırat ve arkadaşlarının 2009 yılında Gazi Üniversitesi Mimarlık-Mühendislik Fakültesi Dergisinde yayımladıkları "*Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Mantık Yaklaşımı ile Aylık Su Tüketiminin Tahmini*" makalesinde 108 adet test verisi kullanılmış ve eğitim ve test olmak üzere ikiye ayrılmıştır[11]. Çeşitli modeller kurulmuş en uygun model araştırılmış ve modellerin her biri Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Yaklaşımı (USBM) ile eğitilmiş ve test edilmiştir. Korelasyon katsayısı (CORR) ve Root Mean Squared Error (RMSE) değerleri hesaplanmıştır.

Abdul Aziz Karia, Imbarine Bujang ve Ismael Ahmad'in 2013 yılında American Journal of Operations Research dergisinde yayımlamış oldukları "*Forecasting on Crude Palm Oil Prices Using Artificial Intelligence Approaches (Yapay Zekâ Yaklaşımları Kullanılarak Ham Palm Yağı Fiyatlarının Tahmini)*" makalesinde tahminleme yapmak için AFRIMA, ANFIS ve ANN yaklaşımları kullanılmış ve sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılmıştır[12]. Uygulanan üç yöntemin MSE, MAD, MAPE, RMSE, SI sonuçları birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Yapılan incelemelerde fiyat tahmin etmede YSA diğer modellere karşı büyük fark olmadan en iyi yöntem olarak bulunmuştur.

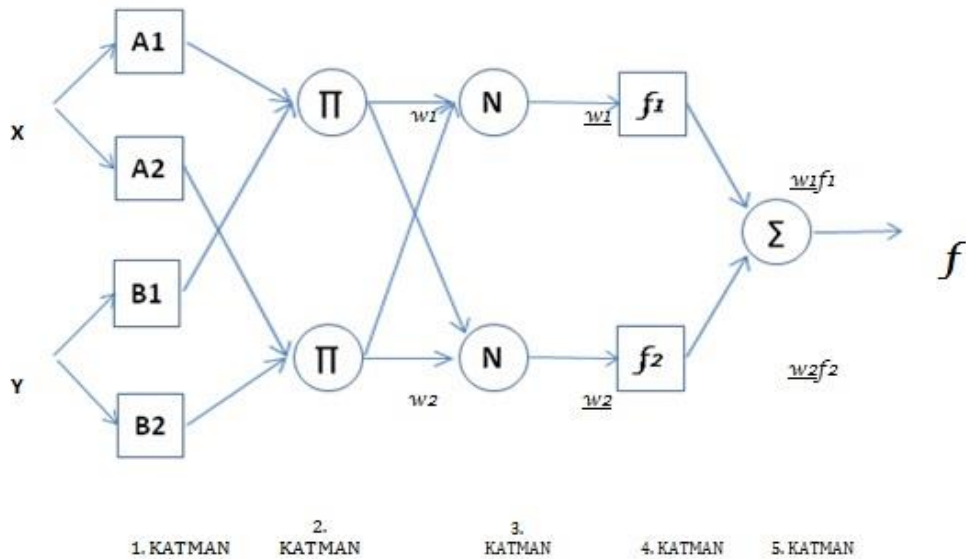
Yapılan araştırmalar ve incelenen makale ve bildirimler, bu tez çalışması ile kıyaslandığında uygulanan yöntemler, uygulama alanları, kullanılan modeller açısından bazı noktalarda benzerlikler ve farklılar bulunmaktadır. Abdul Aziz Karia ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada yapay zekâ yaklaşımları kullanılarak ham palm yağı fiyatlarının tahmini yapılmıştır. Çalışmada yapay zekânın AFRIMA, ANFIS ve ANN yaklaşımlarından elde edilen sonuçların MAPE değerleri karşılaştırılmıştır. Oğuz Kaynar ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada MATLAB çalışma ortamı kullanılarak yapay sinir ağı modelleri olan MLP ve RBF yöntemleri ile ham petrol fiyatları tahmin edilmiştir. Sonuç değerlendirilmesinde MAPE değeri kullanılmıştır. Abdul Aziz Karia ve Oğuz Kaynar'ın yapmış olduğu çalışmalar bu tez problemin uygulanacağı alan ve yöntemler açısından benzerlikler göstermektedir. Bu çalışmada yapay zekâ yöntemlerinden uyarlamalı ağ tabanlı bulanık çıkarım sistemi veya diğer adıyla sinirsel bulanık çıkarım ve yapay sinir ağlarının ileri beslemeli geri yayımlı ağ yöntemi kullanılmıştır.

3. YÖNTEMLER

Bu kısımda tez çalışmasında kullanılan yöntemlerden ve yöntemlere ait fonksiyonlardan bahsedilecektir.

3.1. ANFIS

Açılımı Adaptive Neuro Fuzzy Inference Systems (Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi) olan ve sinirsel bulanık mantık olarak ta adlandırılan ANFIS modeli, yapay sinir ağlarının istatistiksel hesaplayabilme ve öğrenme yeteneği ile bulanık mantığın çıkarım niteliğini kullanan hybrid (melez) bir yöntemdir. İlk olarak Jyh-Shing Roger Rang tarafından geliştirilen ANFIS, model olarak Sugeno tipi bulanık çıkarım modelini ve öğrenme algoritması olarak Hybrid Learning (Melez Öğrenme) algoritmasını kullanmaktadır. ANFIS, melez öğrenme algoritması ile birlikte bulanık mantığın eğer-ise kuralı ile birlikte girdi çıktı durumunu ortaya koyarak insan bilgisini yansıtan bir yapı ortaya koymaktadır[13]. Bu tanım ANFIS modelinin temel olarak Bulanık Mantık Sisteminin adaptive (uyarlamalı) halidir. Şekil 1'de ANFIS Mimarisi görülmektedir.



Şekil 1. ANFIS Mimarisi

ANFIS mimarisinde;

Kural 1: EĞER (X değeri A1) VE (Y değeri B1) İSE,
 $f_1 = P_1X + Q_1Y + R_1$

Kural 2: EĞER (X değeri A2) VE (Y değeri B2) İSE,
 $f_2 = P_2X + Q_2Y + R_2$

Yukarıdaki kurallarda A ve B, x ve y fonksiyonları için oluşturulan ilk bulanık kümeler, P, Q, R ise son değişkenlerdir. Sonuç olarak belirlenen her bir kural için bir sonuç elde edilmektedir.

Uyarlamalı ağ, bir çok sayıda birbirine bağlı olarak bir çok düğüm içeren, elde bulunan girdi ve çıktı veri kümesini ortaya koyan bir ağ modelidir. Her düğümün kendine ait bir işlevi vardır ve düğümler arasındaki bağlantılar, iki düğüm arasındaki nedensel ilişkiyi belirler.

ANFIS beş katmandan oluşmaktadır. Şekil 1'de de görüleceği üzere iki girişli bir çıkışlı Sugeno tipi bir modellemede beş katman yer almaktadır.

1. Katman: Giriş değerlerine bulanıklaştırmanın yapıldığı katmandır. Üyelik fonksiyonu olarak Gauss üyelik fonksiyonunu kullanır[10, 12, 13].

$$O_i^1 = \mu_{A_i}(x), \quad i = 1,2 \quad (1)$$

x : Düğümün Giriş Değeri

A_i : Düğümün Temsil Ettiği Bulanık Küme

O_i^l : Üyelik Fonksiyonunu belirtir.

$\mu_{A_i}(x)$ için Şekil-2'de de görüleceği üzere Gauss eğrisi tipi üyelik fonksiyonu olacak şekilde maksimum 1 ve minimum 0 olacak şekilde seçilir.

2. Katman: Bu katman kural katmanı olmakla birlikte (\prod) şeklindedir[10, 12, 13].

$$w_i = \mu_{A_i}(x) \times \mu_{B_i}(y), \quad i = 1,2 \quad (2)$$

3. Katman: Normalize işlemlerinin yapıldığı katmandır. Bu katmandaki her bir düğüm (N) şeklinde olmakla birlikte gelen tüm düğümler giriş olarak kabul edilir. Her kuralın normalize değeri hesaplanmaktadır. Bu katmandan çıkan sonuçlar *normalize edilmiş ateşleme seviyesi* olarak adlandırılmaktadır[10, 12, 13].

$$w = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, \quad i = 1,2 \quad (3)$$

4. Katman: Berraklaştırma katmanı olarak bilinmektedir. Bu katmandaki parametreler sonuç katmanı olarak adlandırılır[10, 12, 13].

$$O_i^4 = w_i f_i = w_i(P_i x + Q_i Y + R_i) \quad (4)$$

6 numaralı denklemde yer alan w_i 3. Katmanın çıkış değeri olmakla birlikte bu katmandaki P_i , Q_i ve R_i değerleri sonuç parametreleri olarak kabul edilmektedir[10, 12, 13].

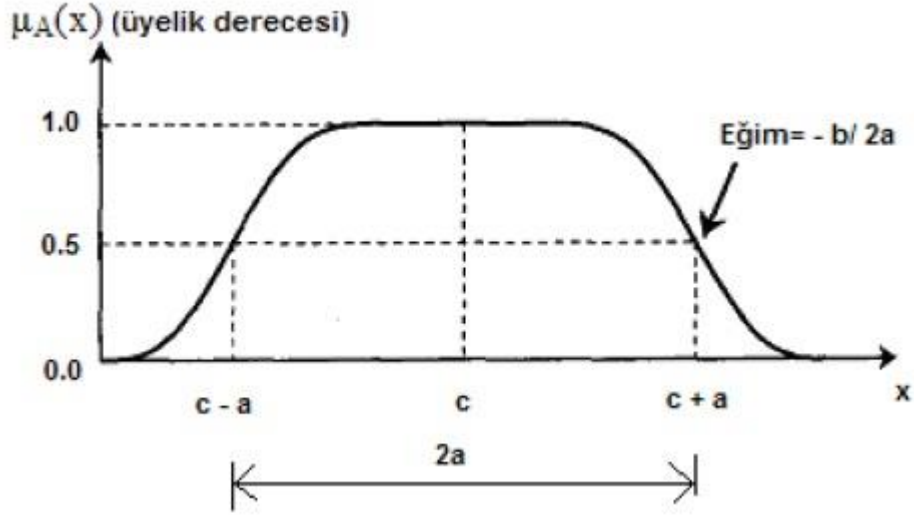
5. Katman: Bu katman toplam düğümü olup düğüm (\sum) şeklindedir. Bu katmanda diğer 4 katmandan gelen çıkış değerleri toplanarak gerçek bir ANFIS değeri elde edilmektedir.

3.1.1. GAUSS Üyelik Fonksiyonu

"Gauss Dağılımı" veya "Gauss Eğrisi" olarak bilinen normal dağılım olasılığı olan bir fonksiyon eğrisidir. Gauss eğrisi simetriktir, asimptotiktir, $(-\infty, +\infty)$ aralığında değerler almaktadır. Ortalama, mod ve medyan değerleri çakışmıştır. $[\mu = \text{Medyan} = \text{Mod}]$

Gauss tipi üyelik fonksiyonu m ve s nitelikleri ile tanımlanır. m , fonksiyon merkezini; s ise genişliği ifade etmektedir. s değeri değiştirilirse fonksiyon biçimi de değiştirilebilmektedir. s değeri küçük olduğunda üyelik fonksiyonu ince olmakla

birlikte büyüdüğünde de eni boyundan uzun ve derinliği az olan bir üyelik fonksiyonu elde edilmektedir.



Şekil 2. GAUSS Eğrisi Üyelik Fonksiyonu

Buna göre a_i , b_i ve c_i niteliklerinin alacağı değere bağlı olarak düğüm çıkışları $\mu_{A_i}(x)$ ve $\mu_{A_i}(y)$ değerleri

$$\mu_{A_i}(x) = \frac{1}{1 + \left[\left(\frac{x - c_i}{a_i} \right)^2 \right]^{b_i}} \quad (5)$$

$$\mu_{A_i}(y) = \frac{1}{1 + \left[\left(\frac{y - c_i}{a_i} \right)^2 \right]^{b_i}} \quad (6)$$

3.1.2. Melez Öğrenme (Hybrid Learning)

ANFIS'in eğitme algoritması giriş ve çıkış değerlerini optimize etmekle birlikte Melez Öğrenme (Hybrid Learning) algoritmasını kullanmaktadır. Melez öğrenme algoritması en küçük kareler yöntemi ve geri yayımlı öğrenme algoritmasını bir arada kullanılması ile oluşmaktadır[14, 15]. İleri ve geri beslemeli olmakla üzere iki çeşit melez öğrenme algoritması vardır. İleri beslemede, giriş değerleri sabit alınarak sonuç çıktılarının değerleri en küçük kareler yöntemi ile

hesaplanırken, geri beslemede sonuç çıktıları sabit alınarak giriş değerleri geri yayımlı öğrenme algoritması ile hesaplanmaktadır[15].

Tablo 1'de ileri ve geri beslemeli melez öğrenme algoritmalarının özetlenmiş hali görülmektedir.

Melez Öğrenme Algoritması	İleri Beslemeli	Geri Beslemeli
Giriş Parametreleri	Sabit	Geri Yayılmalı Öğrenme
Sonuç Parametreleri	En Küçük Kareler Yöntemi	Sabit

Tablo 1. Melez Öğrenme Algoritması

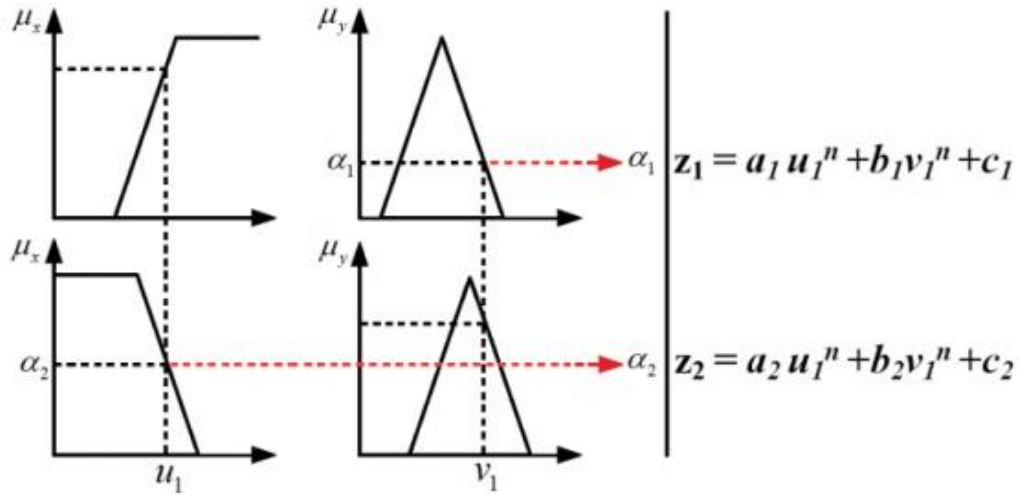
İleri ve geri besleme yaşam döngüsü, sistemin hatası daha önceden belirlenen bir hata değerinden küçük oluncaya ya da değişim göstermediği an'a kadar devam etmektedir. Hesaplanan hata değeri *Hata Karaler Ortalamasının Karekök* değerine göre diğer bir değişle sistemin standart sapmasına eşit olmaktadır[14, 15]. Hata kareler ortalamasının karekök değeri (RMSE) hesaplama formülü;

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (T_i - y_i)^2}{N}} \quad (7)$$

şeklindedir. T_i gerçek veriyi, y_i ANFIS ile elde edilen verileri, N ise örnek büyüklüğünü göstermektedir[16, 17, 18].

3.1.3. SUGENO Bulanık Modeli

Takagi - Sugeno bulanık modeli olarakta bilinen Sugeno modeli ilk kez 1985 yılında ortaya çıkarılmış ve kullanılmaya başlanmıştır. Mamdani bulanık mantık yönteminin uyarlamasıdır. Giriş verilerinin bulanıklaştırılması ve uygulanan bulanık fonksiyonlar Mamdani bulanık mantık modeli ile tamamen aynıdır[19]. Mamdani ve Sugeno bulanık modelleri arasındaki fark çıktı veren üyelik fonksiyonlarında oluşmaktadır. Sugeno modelinde çıktı fonksiyonları lineer ve sabittir. Çıktı üyelik fonksiyonu sabit ise sıfırıncı derece olarak adlandırılır. Birinci derece olduğunda da Sugeno bulanık modeli olarak adlandırılır[20].



Şekil 3. Sugeno Bulanık Çıkarım Yöntemi Yapısı

Şekil 3'te Takagi-Sugeno bulanık çıkarım modelinin yapısı görülmektedir. Bu yöntemde bulanıklaştırma biriminden gelen üyelik verileri polinomial çıkış fonksiyonları ile ilişkilendirilmektedir. Mamdani ve Sugeno arasındaki fark sırasıyla (8) ve (9) numaralı denklemlerde ifade edilmiştir.

$$Z_i = (\mu_{x_i}(u) \cap \mu_{y_i}(v)) \cap \mu_{z_i}(w) \quad (8)$$

$$Z_i = f(\mu_{x_i}(u), \mu_{y_i}(v)) = f(x, y) = ax^n + by^n + c \quad (9)$$

(8) ve (9) numaralı denklemlerde μ_x , μ_y giriş fonksiyonlarını μ_z çıkış fonksiyonunu belirtmektedir. Denklemlerde de görüleceği üzere Sugeno bulanık modeli Mamdani'den farklı olarak çıkış değeri için polinomial denklem kullanır. (10) numaralı denklemde durulaştırma birimi görülmektedir. Buradan elde edilen sonuç sistem için uygulanacak sayısal kontrol sistemi olmaktadır.

$$Z_{\text{çıkış}} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i b_i}{\sum_{i=1}^n a_i}$$

(10)

3.2. YAPAY ZEKÂ

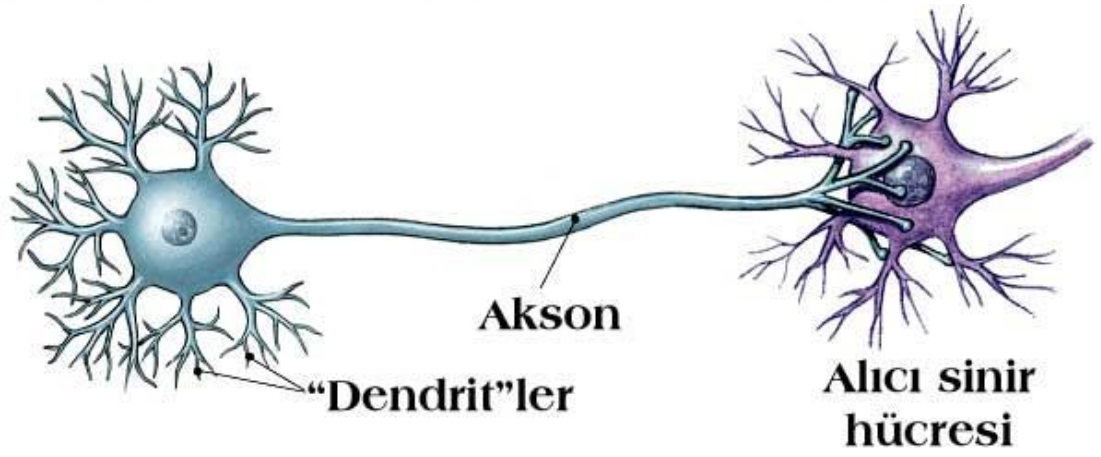
İdealize edilmiş bir yaklaşıma göre yapay zekâ, insan zekâsına özgün olan öğrenme, düşünme, fikir yürütme, algılama, çoğul kavramları bağlama, sorun çözme, karar verme, çıkarım yapma ve iletişim kurma gibi yüksek bilişsel fonksiyonları ve otonom davranışları sergileyen yapay bir işletim sistemidir[21]. Yapay zekânın amacı, insan zekâsını bilgisayar aracılığı ile taklit etmek, bu anlamda belli bir ölçüde bilgisayara öğrenme yeteneği kazandırabilmektir[22]. Yapay sinir ağları yaklaşımı, nesne tabanlı (object-oriented) programlama, genetik algoritmalar, bulanık mantık yapay zekânın en çok kullanılan yöntemlerindedir. Bu tez çalışmasında bir yapay zekâ yöntemi olan yapay sinir ağları yöntemi kullanılmıştır.

3.2.1. Yapay Sinir Ağları

Yapay Sinir Ağları insan beyninden etkilenerek geliştirilen, ağırlıklı bağlantılar aracılığıyla birbirine bağlanan işlem elemanlarından oluşan paralel ve dağıtılmış bilgi işleme yapılarıdır[23]. YSA, giriş ve çıkış veri setleri arasındaki karmaşık doğrusal olmayan ilişkileri belirleyebilen esnek matematiksel yapılardır. YSA modelleri, özellikle, süreçlerin özelliklerinin fiziksel denklemler kullanılarak açıklanmasının zor olduğu problemlerde, yararlı ve verimli bulunmuştur. Bir yapay sinir ağının en önemli görevi kendisine verilen girdi kümesine karşılık çıkış kümesi oluşturmaktır. Bunu yapabilmek için yapay sinir ağı ilgili örneklerle eğitilir.

Yapay sinir ağları makine öğrenmesi gerçekleştirmektedir. En önemli avantajı belirsiz ve dağınık olan veriyi işleyebilmeleridir. Kendi kendini düzenleme ve öğrenme yetenekleri vardır. En önemli dezavantajı ise probleme en uygun ağ yapısının deneme yanılma yolu ile bulunmasıdır. Bu konuda kesinlik yoktur ve en iyi çözüm garanti edilememektedir. Yapay sinir ağları öngörü (prediction), tahminleme (estimation), sınıflandırma (classification), kümeleme (clustering), kontrol (control), kavramsallaştırma (data conceptualization), veri birleştirme (data association) ve veri filtreleme (data filtering) için kullanılabilirlerdir.

Biyolojik olarak bir sinir ağının temel yapısını nöronlar oluşturur. İnsan beyninin korteks kısmında yer alan nöron sayısı 1011'dir ve sayıları 10000'i bulan diğer hücreler ile karşılıklı ilişki içerisinde. Şekil 4'te de görüldüğü gibi, nöronun temel elemanları hücre gövdesi, dendrit ve aksondan oluşmaktadır. Nörona diğer nöronlardan gelen tetikleyici sinyaller, dendrit ile nöron gövdesine taşındıktan sonra nöronun kararlılık halinin bozulması ile birlikte diğer nöronlara aksonlarla iletilir. Sinyallerin diğer sinir hücrelerine taşınmasında akson ile dendrit arasında yer alan sinapslar önemli rol oynamaktadır. Nöronlara gelen sinyaller uyumlu olarak diğer nöronlar arasındaki ilişkinin kurulması YSA'da öğrenme sürecine karşılık gelmektedir.



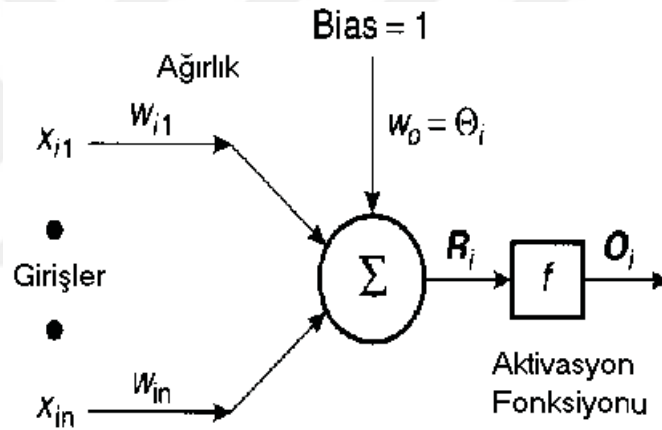
Şekil 4. Bir Nöronun Biyolojik Modeli

Tablo-2'de biyolojik sinir sistemi terimlerinin yapay sinir ağları karşılıkları gösterilmektedir.

Biyolojik Sinir Sistemi	Yapay Sinir Sistemi
Nöron	İşlemci eleman
Dendrit	Toplama fonksiyonu
Hücre gövdesi	Transfer Fonksiyonu
Aksonlar	Yapay Nöron Çıkışı
Sinapslar	Ağırlıklar

Tablo 2. Biyolojik Sinir Sistemi ile YSA Karşılıkları

Biyolojik sinir ağında yer alan nöronlar gibi YSA'nın da kendi yapay nöronları (sinir hücreleri) vardır. Şekil 5'te görüleceği üzere yapay sinir hücresinin 5 temel elemanı vardır. Girişler, dış dünyadan gelen verilerdir. Ağırlıklar, dış dünyadan gelen verinin ağ yapısı için önemini belirlemektedir. Bir verinin ağırlığının ya da öneminin büyük veya küçük olmasının bir önemi yoktur. Veri ağırlığının "0" olması o ağ için çok önemli bir olay olabilmektedir. Toplama fonksiyonu hücreye gelen net girdiyi hesaplar. Bunun için bir çok değişik fonksiyon kullanılmaktadır. Ağa gelen her bilgi kendi ağırlığı ile çarpılır ve böylece ağa giren net girdi belirlenmiş olur. Aktivasyon fonksiyonu, toplama fonksiyonu ile elde edilen net girdiye karşılık üreteceği çıktıyı belirler. En yaygın aktivasyon fonksiyonu olarak "Sigmoid Fonksiyonu" kullanılmaktadır. Çıktı ise tüm bu aşamalardan sonra elde edilen verilerdir.

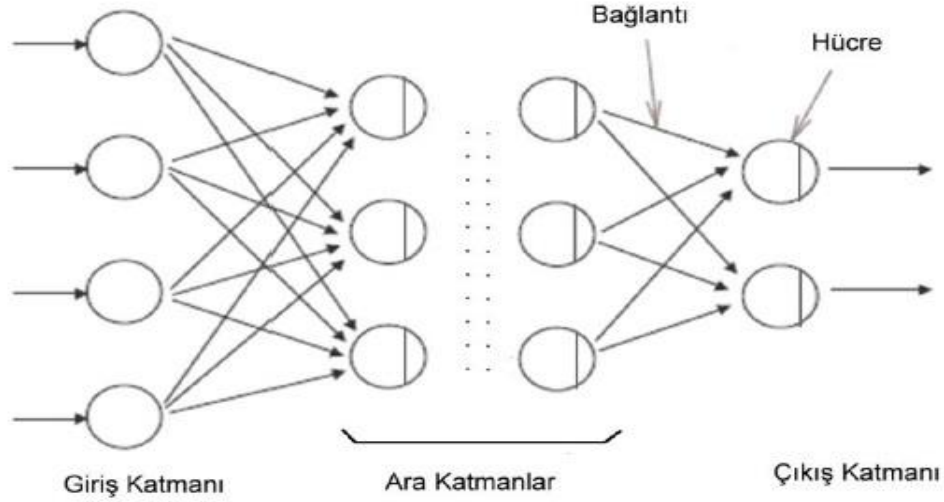


Şekil 5. Bir Nöronun YSA Modeli

YSA beyinin nöron (sinir hücresini) taklit ederek beyin bazı görevlerini yerine getirmeye çalışan bir sistemdir. İnsan beyinde yaklaşık 10^{11} sinir hücresi ve her bir nöronda da 10^4 dallanma vardır.

Yapay sinir ağları, yapay sinir hücrelerinin bir araya gelmesi ile oluşur. Hücrelerin bir araya gelmesi rastlantı olamaz. Hücreler genel anlamda 3 katman halindedir. Bu katmanların paralel olarak bir araya gelmesi ile ağ yapısı oluşur. Ağ yapısında yer alan girdi katmanını, veri hiçbir şekilde işlemeyen ara katmanlara iletmekle yükümlüdür. Ara katmanlar, giriş katmanlarından ham veriyi çeşitli yöntemler ve modeller uygulayarak işler. Ara katman sayısı birden fazla olabilir. Ara

katmanda işlenen veriler çıktı katmanına gönderilir. Çıktı katmanında ise veriler giriş katmanında örnek olarak sunulan veriler için ara katmandan gelen verileri işleyerek çıktı üretir. Şekil 6'da bir yapay sinir ağı yapısı görülmektedir.



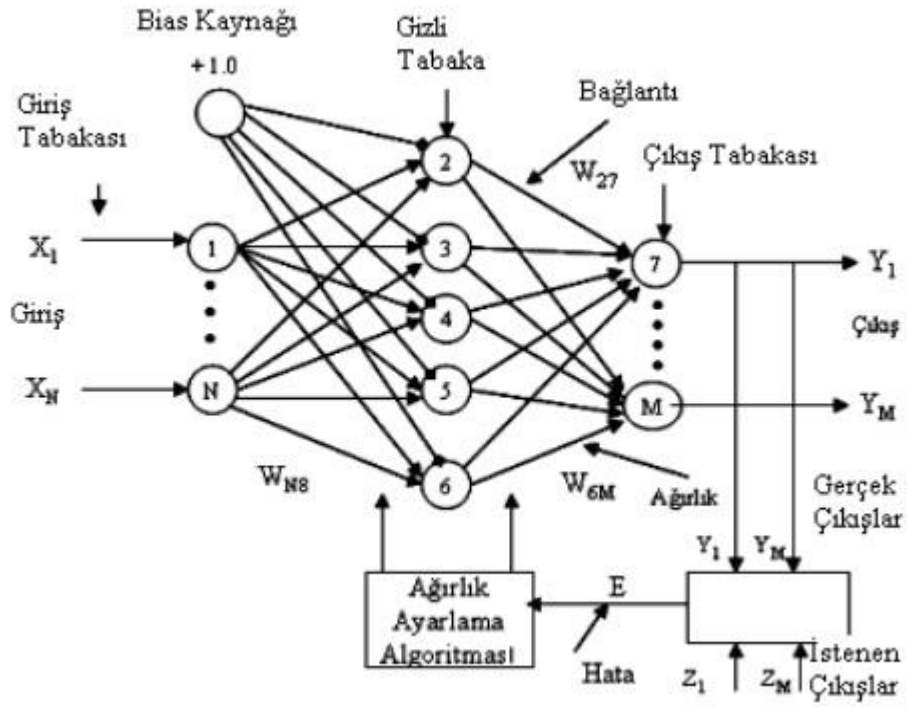
Şekil 6. Yapay Sinir Ağının Yapısı

Yapay sinir ağlarında ağ modelleri, sinir ağlarındaki akış yönüne bağlı olarak, ileri beslemeli (FeedForward) ve geri beslemeli (FeedBack Forward) olmak üzere ikiye ayrılır. Bu tez çalışmasında ağ modellerinden ileri beslemeli ağ modeli uygulanmıştır.

3.2.2. İleri Beslemeli Geri Yayımlı Ağ Modeli

İleri beslemeli YSA'da, hücreler katmanlar şeklinde düzenlenmektedir ve bir katmandaki nöronların çıkışları bir sonraki katmana ağırlıklar üzerinden giriş olarak verilir. Nöronlar arası bağlantılar tek yönlü ve ileri doğrudur. Aynı katmandaki nöronların birbirleri arasında bağlantısı yoktur. Bu yapay sinir ağ yapısına statik ağlarda denilmektedir[24].

Şekil 7'de çok katmanlı ileri beslemeli ağ yapısı gösterilmektedir. Şekilde görüleceği üzere sinyaller ileri yönlü olarak taşınmaktadır. Giriş katmanında hiçbir işlem uygulanmaz. Gizli katmanda (gizli katman) uygulanacak algoritma belirlenir. Çıkış katmanına gönderilir ve sonuçlar tahmin edilir.



Şekil 7. İleri Beslemeli YSA Yapısı

Geriye yayılım algoritması veya modeli, bir giriş setine karşılık olarak özel bir fonksiyonel karakteristiği elde edebilmek için çıkışlar oluşturmak üzere ağırlıkların ayarlanması prensibine dayanan bir YSA algoritmasıdır. En çok kullanılan öğrenme algoritmalarından biridir. Bir geri yayılım algoritması, ileri besleme ve çok katmanlı bir mimari gerektirmektedir. Çok katmanlı bir geri yayılım algoritması ise bir giriş, bir çıkış katmanı ve en az bir gizli katmandan oluşmaktadır.

Geri yayımlı algoritmada her bir nöron kendisine dışarıdan gelen giriş verilerini bir toplama fonksiyonu ile bu verileri diğer nörona ileten aktivasyon fonksiyonundan oluşmaktadır. Geri yayımlı algoritmalar türevlenebilir aktivasyon fonksiyonunu gerektirmekte olup, en sık kullanılan aktivasyon fonksiyonları Logaritmik Sigmoid (LogSig), Hiperbolik Tanjant Sigmoid (TanSig) ve Linear (Pureline) fonksiyonlardır[25].

Tablo-3'te en sık kullanılan aktivasyon fonksiyonlarının açıklamaları ve hesaplama formülleri gösterilmektedir.

Doğrusal (Lineer) Aktivasyon Fonksiyonu	$F_{net} = A * NET$ (A sabit bir sayı)	Doğrusal problemler çözmek amacıyla aktivasyon fonksiyonu doğrusal bir fonksiyon olarak seçilir. Toplama fonksiyonundan çıkan sonuç, belli bir kat sayı ile çarpılarak hücrenin çıktısı hesaplanır.
Adım (Step) Aktivasyon Fonksiyonu	$F_{net} = \begin{cases} 1 & Net > Eşik Değer \\ 0 & Net < Eşik Değer \end{cases}$	Gelen net girdinin belirlenen bir eşik değerinin altında veya üstünde olmasına göre hücrenin çıktısı 1 veya 0 değerini alır.
Sigmoid Aktivasyon Fonksiyonu	$F_{net} = \frac{1}{1 + e^{-net}}$	Sigmoid aktivasyon fonksiyonu sürekli ve türevlenebilir bir fonksiyondur. Doğrusal olmayışından dolayı YSA'da en çok kullanılan fonksiyondur. Girdi değerleri için 0 ile 1 arasında çıktı değeri üretir.
Tanjant Hiperbolik Aktivasyon Fonksiyonu	$F_{net} = \frac{e^{net} + e^{-net}}{e^{net0} - e^{-net}}$	Tanjant hiperbolik fonksiyonu sigmoid fonksiyonuna benzer bir fonksiyondur. Çıkış değerleri -1 ile +1 arasında değişmektedir.
Eşik Değer Aktivasyon Fonksiyonu	$F_{net} = \begin{cases} 0 & Net \leq 0 \\ Net & 0 < Net < 1 \\ 1 & Net \geq 1 \end{cases}$	Gelen bilgilerin 0'dan küçük olması durumunda 0, 1'den büyük veya eşit olduğu durumda 1, 0 ile 1 arasında olduğunu kendisini veren çıktı üretir.
Sinüs Aktivasyon Fonksiyonu	$F_{net} = Sin_{net}$	Öğrenilmesi düşünülen olayların sinüs fonksiyonuna uygun dağılım gösterdiği durumda kullanılır.

Tablo 3. Aktivasyon Fonksiyonları

4. UYGULAMA

Bu kısımda tez çalışmasında yapay zekânın ANFIS (Adaptive Neural Fuzzy Inference Systems) modeli ve yapay sinir ağları ileri beslemeli geri yayımlı ağ modelinin MATLAB çalışma ortamı üzerinde uygulanması anlatılacaktır. Çalışmada kullanılan veriler Shell akaryakıt firmasına ait olup, veriler firmaya ait web sitesinden alınmıştır. Veriler birim bazda fiyatları göstermektedir.

4.1. ANFIS Uygulaması

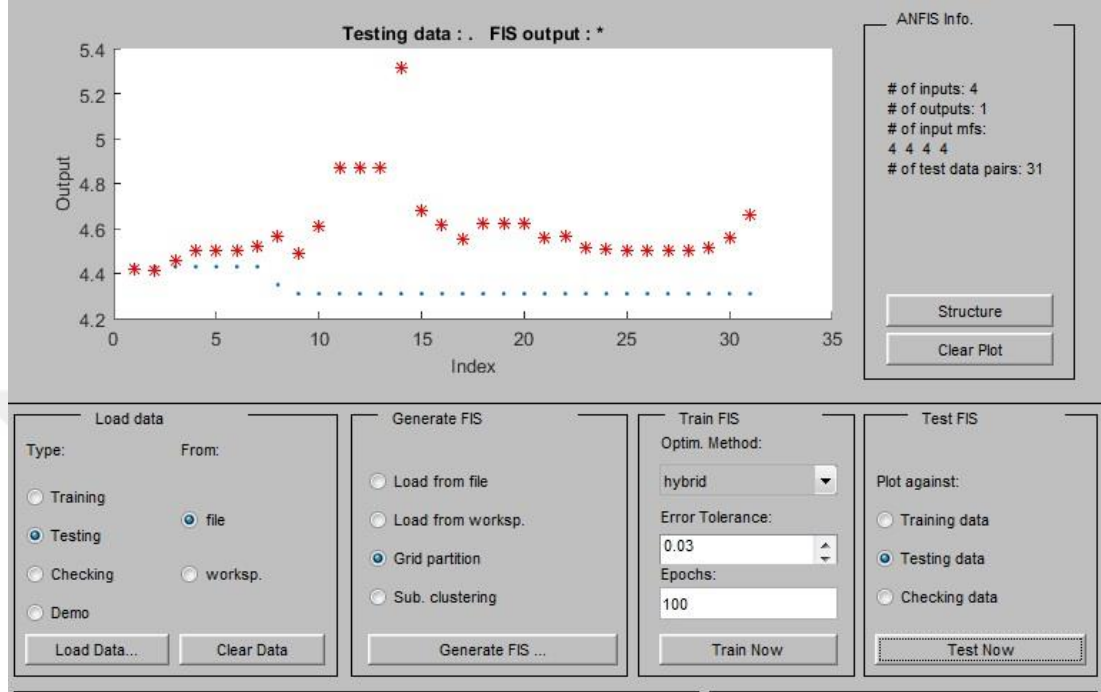
Bu tez çalışmasında MATLAB çalışma ortamında ANFIS modeli uygulaması için MATLAB R2015a sürümü kullanılmıştır.

Şekil 8'de verilerin TEXT formatında düzenlenmiş hali görülmektedir. Sırasıyla Dolar, BIST, Ham petrol varil fiyatı, UFE(Üretici Fiyat Endeksi) ve Benzin yer almaktadır. İlk dört sırada yer alan verilen giriş değerleri olarak ve Benzin değeri de çıkış değeri olarak belirlenmiştir.

DOLAR	BIST	PETROL	UFE	BENZIN
2.1204	66.99	98.7	3.32	5.04
2.1304	66.99	95.44	3.32	5.04
2.1718	65.97	93.96	3.32	5.04
2.1718	65.97	93.96	3.32	5.04
2.1718	65.97	93.96	3.32	5.04
2.1687	68.02	93.43	3.32	5.04
2.1878	68.6	93.67	3.32	5.04
2.1723	67.33	92.33	3.32	5.04
2.1757	66.41	91.66	3.32	5.04
2.1845	67.91	92.72	3.32	5.04
2.1845	67.91	92.72	3.32	5.04
2.1845	67.91	92.72	3.32	5.04
2.176	68.06	91.8	3.32	5.04
2.1719	68.07	92.59	3.32	5.04
2.1909	68.13	94.17	3.32	5.05
2.1911	66.84	93.96	3.32	5.05
2.206	65.64	94.37	3.32	5.05
2.206	65.64	94.37	3.32	5.05
2.206	65.64	94.37	3.32	5.05
2.2084	65.76	93.93	3.32	5.05
2.2385	66.32	94.99	3.32	5.05
2.2415	67.37	96.73	3.32	5.05
2.2551	65.43	97.32	3.32	5.05
2.2741	64.43	96.64	3.32	5.05
2.2741	64.43	96.64	3.32	5.17
2.2741	64.43	96.64	3.32	5.17
2.3142	64.57	95.72	3.32	5.17

Şekil 8. Verilerin TEXT Formatı

Veriler Şekil-8'deki TEXT formatına atıldıktan sonra MATLAB çalışma ortamında *anfisedit* komutu ile ANFIS tasarım ekranı açıldıktan sonra Şekil 9'daki gibi ekran gelmektedir.

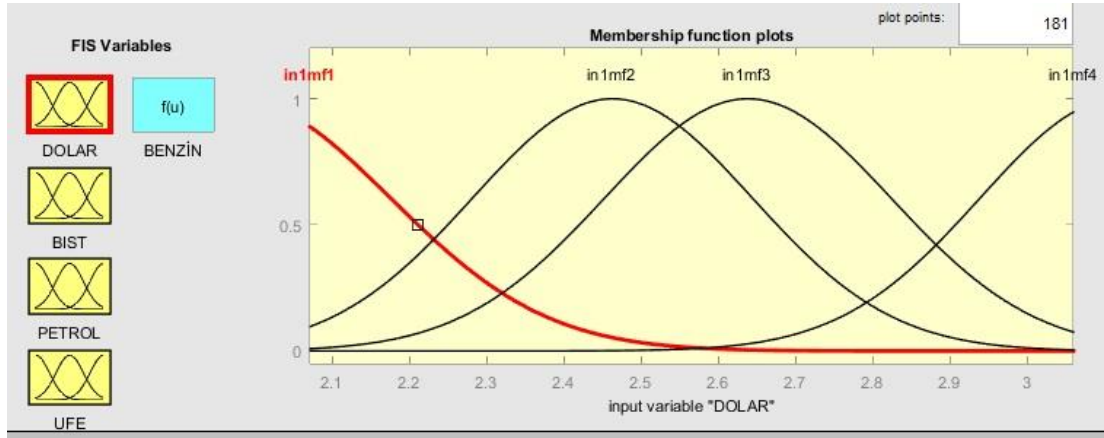


Şekil 9. ANFIS Tasarım Ekranı

Verilerin eğitimi için *Training* kısmı seçili durumda iken Load Data butonu tıklanarak TEXT formatına atılan veriler ANFIS uygulamasına yüklenir. Generate FIS kısmından veriler için uygun olan üyelik fonksiyonlarından *Gauss Curve Membership Function (Gauss Eğrisi Üyelik Fonksiyonu)* belirlenmiştir.. Optimizasyon metodu olarak ise *Hybrid Learning (Melez Öğrenme)* belirlenmiş, hata toleransı 0.03, iterasyon değeri ise 100 olarak belirlenmiştir. Özetlemek olursa;

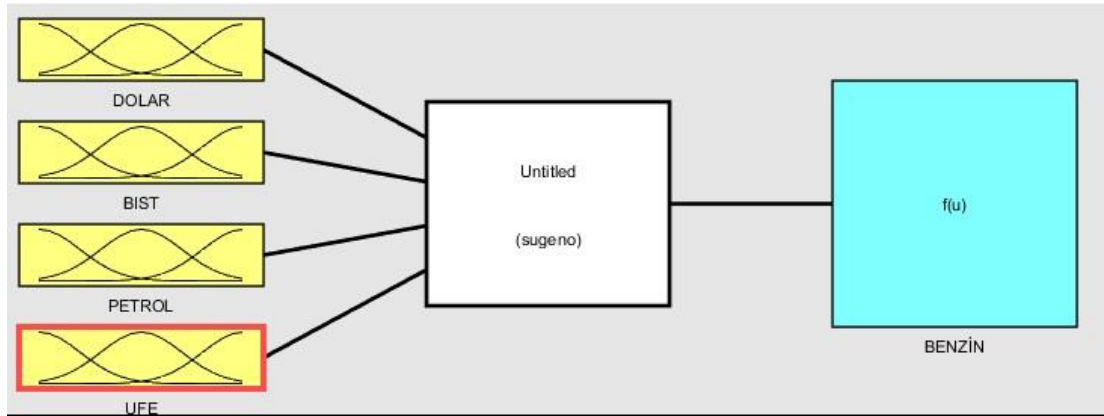
Generate FIS	: Gaussmf (Gauss Curve Membership Function)
Optimizasyon Method	: Hybrid Learning
Error Tolerance	: 0.03
Epoch	: 100

Şekil 10'da veriler ANFIS ortamına girildikten sonra oluşan Gauss Eğrisi Üyelik Fonksiyonu görülmektedir.



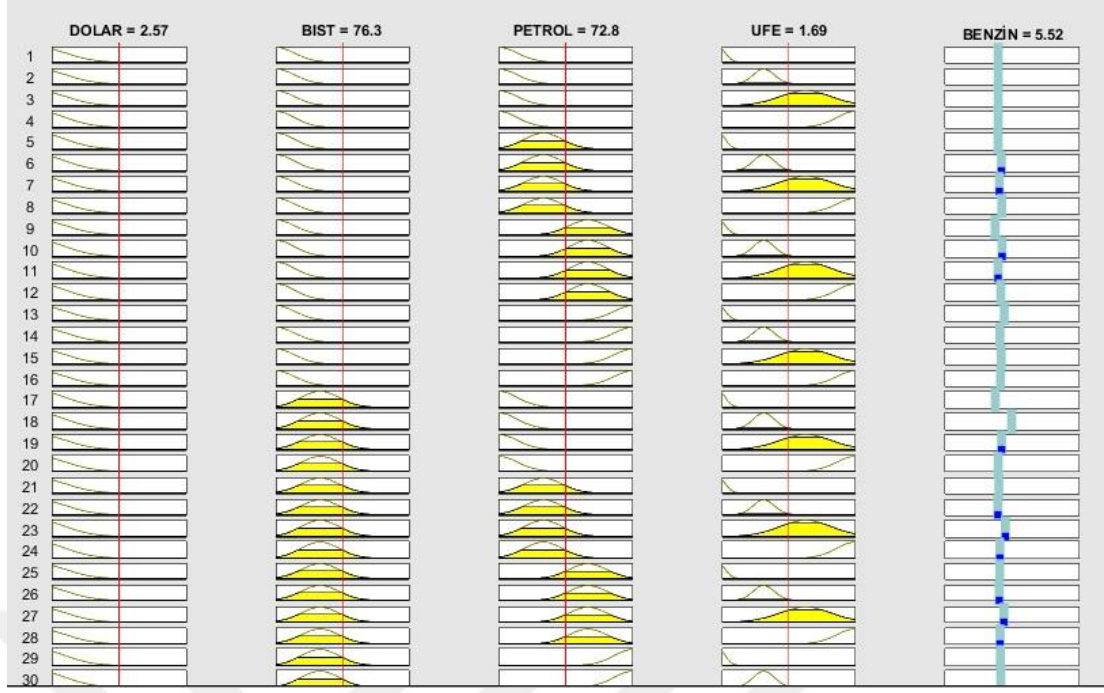
Şekil 10. GAUSS Eğrisi

Şekil 11'de verilere uygulanacak Sugeno Bulanık Çıkarım Modeli görülmektedir.



Şekil 11. SUGENO Bulanık Çıkarım Modeli

Sırasıyla Şekil 12 ve Şekil 13'te uygulanan işlemler sonucunda elde edilen kurallar görülmektedir. Toplamda 256 adet kural üretilmiş ve bu kurallara dayanarak tahminleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 12'te kurallar şeklen gösterilirken Şekil 13'te ise kuralların yazılı hali gösterilmektedir. Bilgi verilmesi amacıyla kuralların ilk 30 adedi gösterilmektedir.



Şekil 12. ANFIS Kurallar (Şekil Hali)

1. If (DOLAR is in1mf1) and (BIST is in2mf1) and (PETROL is in3mf1) and (UFE is in4mf1) then (BENZİN is out1mf1) (1)
2. If (DOLAR is in1mf1) and (BIST is in2mf1) and (PETROL is in3mf1) and (UFE is in4mf2) then (BENZİN is out1mf2) (1)
3. If (DOLAR is in1mf1) and (BIST is in2mf1) and (PETROL is in3mf1) and (UFE is in4mf3) then (BENZİN is out1mf3) (1)
4. If (DOLAR is in1mf1) and (BIST is in2mf1) and (PETROL is in3mf1) and (UFE is in4mf4) then (BENZİN is out1mf4) (1)
5. If (DOLAR is in1mf1) and (BIST is in2mf1) and (PETROL is in3mf2) and (UFE is in4mf1) then (BENZİN is out1mf5) (1)
6. If (DOLAR is in1mf1) and (BIST is in2mf1) and (PETROL is in3mf2) and (UFE is in4mf2) then (BENZİN is out1mf6) (1)
7. If (DOLAR is in1mf1) and (BIST is in2mf1) and (PETROL is in3mf2) and (UFE is in4mf3) then (BENZİN is out1mf7) (1)
8. If (DOLAR is in1mf1) and (BIST is in2mf1) and (PETROL is in3mf2) and (UFE is in4mf4) then (BENZİN is out1mf8) (1)
9. If (DOLAR is in1mf1) and (BIST is in2mf1) and (PETROL is in3mf3) and (UFE is in4mf1) then (BENZİN is out1mf9) (1)
10. If (DOLAR is in1mf1) and (BIST is in2mf1) and (PETROL is in3mf3) and (UFE is in4mf2) then (BENZİN is out1mf10) (1)
11. If (DOLAR is in1mf1) and (BIST is in2mf1) and (PETROL is in3mf3) and (UFE is in4mf3) then (BENZİN is out1mf11) (1)
12. If (DOLAR is in1mf1) and (BIST is in2mf1) and (PETROL is in3mf3) and (UFE is in4mf4) then (BENZİN is out1mf12) (1)
13. If (DOLAR is in1mf1) and (BIST is in2mf1) and (PETROL is in3mf4) and (UFE is in4mf1) then (BENZİN is out1mf13) (1)
14. If (DOLAR is in1mf1) and (BIST is in2mf1) and (PETROL is in3mf4) and (UFE is in4mf2) then (BENZİN is out1mf14) (1)
15. If (DOLAR is in1mf1) and (BIST is in2mf1) and (PETROL is in3mf4) and (UFE is in4mf3) then (BENZİN is out1mf15) (1)

Şekil 13. ANFIS Kurallar (Yazılı Hali)

Yukarıdaki işlemler gerçekleştirildikten sonra ANFIS modeli için ikinci adım olan Testing işlemi gerçekleştirilir. Verilerin test kısmı için 01.12.2015 ve 30.12.2015 arasındaki 30 günlük kısım test edilmiştir.

4.2. Yapay Sinir Ağı Uygulaması

Bu tez çalışmasında MATLAB çalışma ortamında gerçekleştirilen Yapay Sinir Ağı ileri beslemeli geri yayımlı ağ modeli için MATLAB R2015a sürümü kullanılmıştır.

Şekil 14'te verilerin MATLAB çalışma ortamına aktarılması gösterilmektedir. Sırasıyla Dolar, BIST, Hammadde Petrol Fiyatları, Üretici Fiyat Endeksi fiyatlarını belirtmektedir. Son sütun Benzin litre birim fiyatını göstermektedir. Verilerin MATLAB çalışma ortamına aktarılması işlemi tamamlandıktan sonra ilk dört sütun yapar sinir ağı ile eğitilecek veriler, son sütun ise tahmin edilecek veriler olarak belirlenmiştir.

```
>> BenzinVerileri = [2.1204 66.99 98.7 3.32 5.04
2.1304 66.99 95.44 3.32 5.04
2.1718 65.97 93.96 3.32 5.04
2.1718 65.97 93.96 3.32 5.04
2.1718 65.97 93.96 3.32 5.04
2.1687 68.02 93.43 3.32 5.04
2.1878 68.6 93.67 3.32 5.04
2.1723 67.33 92.33 3.32 5.04
2.1757 66.41 91.66 3.32 5.04
2.1845 67.91 92.72 3.32 5.04
2.1845 67.91 92.72 3.32 5.04
2.1845 67.91 92.72 3.32 5.04
2.176 68.06 91.8 3.32 5.04
2.1719 68.07 92.59 3.32 5.04
2.1909 68.13 94.17 3.32 5.05
2.1911 66.84 93.96 3.32 5.05
2.206 65.64 94.37 3.32 5.05
2.206 65.64 94.37 3.32 5.05
2.206 65.64 94.37 3.32 5.05
2.2084 65.76 93.93 3.32 5.05
2.2385 66.32 94.99 3.32 5.05
2.2415 67.37 96.73 3.32 5.05
2.2551 65.43 97.32 3.32 5.05
2.2741 64.43 96.64 3.32 5.05
2.2741 64.43 96.64 3.32 5.17
2.2741 64.43 96.64 3.32 5.17
2.3142 64.57 95.72 3.32 5.17
2.3428 63.54 97.41 3.32 5.17
```

Şekil 14. Verilerin MATLAB Çalışma Ortamına Aktarılması

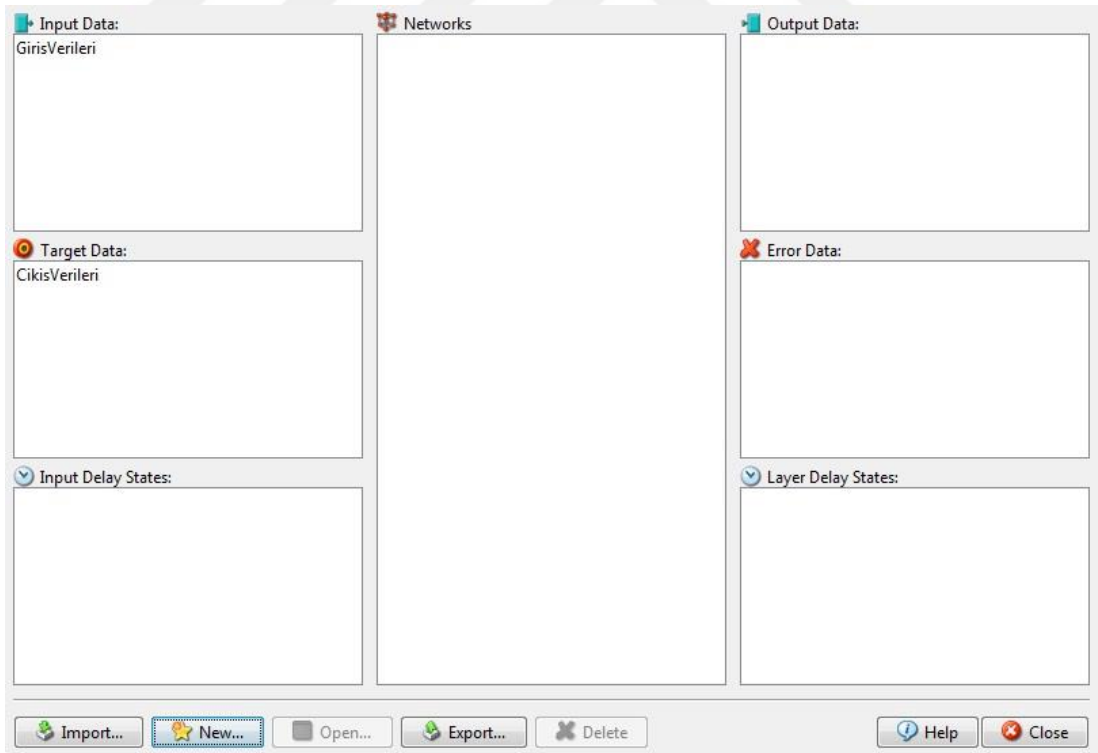
`GirisVerileri = BenzinVerileri(:,1:4)';` (A)

`CikisVerileri = BenzinVerileri(:,end)';` (B)

(A) ile belirtilen komut satırı ile tüm verilerimizin yer aldığı Veriler dizisinde yer alan verilerin ilk dört sırasında yer alan Dolar, BIST, Petrol, UFE değerleri giriş verileri olarak belirlenmiştir.

(B) ile belirtilen komut satırı ile Veriler dizisinde son sütunda yer alan Benzin değeri çıkış verisi olarak tanımlanmıştır.

Bu işlemlerde gerçekleştirildikten sonra MATLAB çalışma ortamında *nntool* (*neural network tool*) komutu yazılarak yapay sinir ağı çalışma ortamı açılmakta ve Şekil 17'deki gibi ekran gelmektedir. Açılan ekranda *Import(Veri Al)* butonuna basılarak giriş (GirisVerileri) ve çıkış (CikisVerileri) verileri belirlendikten sonra *Open(Aç)* butonuna bastıktan sonra gelen ekranda ayarlar yapılır.



Şekil 15. YSA Giriş ve Çıkış Verisi Eklenmesi

Şekil 18'de görüleceği üzere YSA ile ilgili ayarlamalar aşağıda belirtildiği gibi yapılmıştır.

Network Type (Ağ Tipi)	Feed-Forward Back Propagation Network (İleri Beslemeli Geri Yayımlı Ağ)
Training Function (Eğitim Fonksiyonu)	Traingdx (Gradient Descent with Momentum) (Momentum ile Eğitim Azaltma)
Number of Layers (Katman Sayısı)	2
Gizli Katmandaki Nöron Sayısı	10

Tablo 4. YSA Fonksiyon Ayarı

Gizli katmandan çıkış katmanına verileri transfer edecek fonksiyonun tipi TANSIG (Tanjant Sigmoid) olarak belirlenmiştir.

Network Data

Name: Benzin

Network Properties

Network Type: Feed-forward backprop

Input data: GirisVerileri

Target data: CikisVerileri

Training function: TRAINGDX

Adaption learning function: LEARNGDM

Performance function: MSE

Number of layers: 2

Properties for: Layer 1

Number of neurons: 10

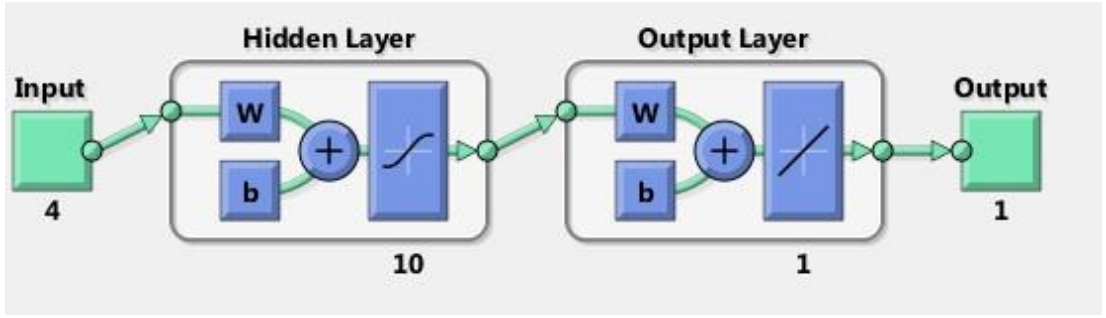
Transfer Function: TANSIG

View Restore Defaults

Help Create Close

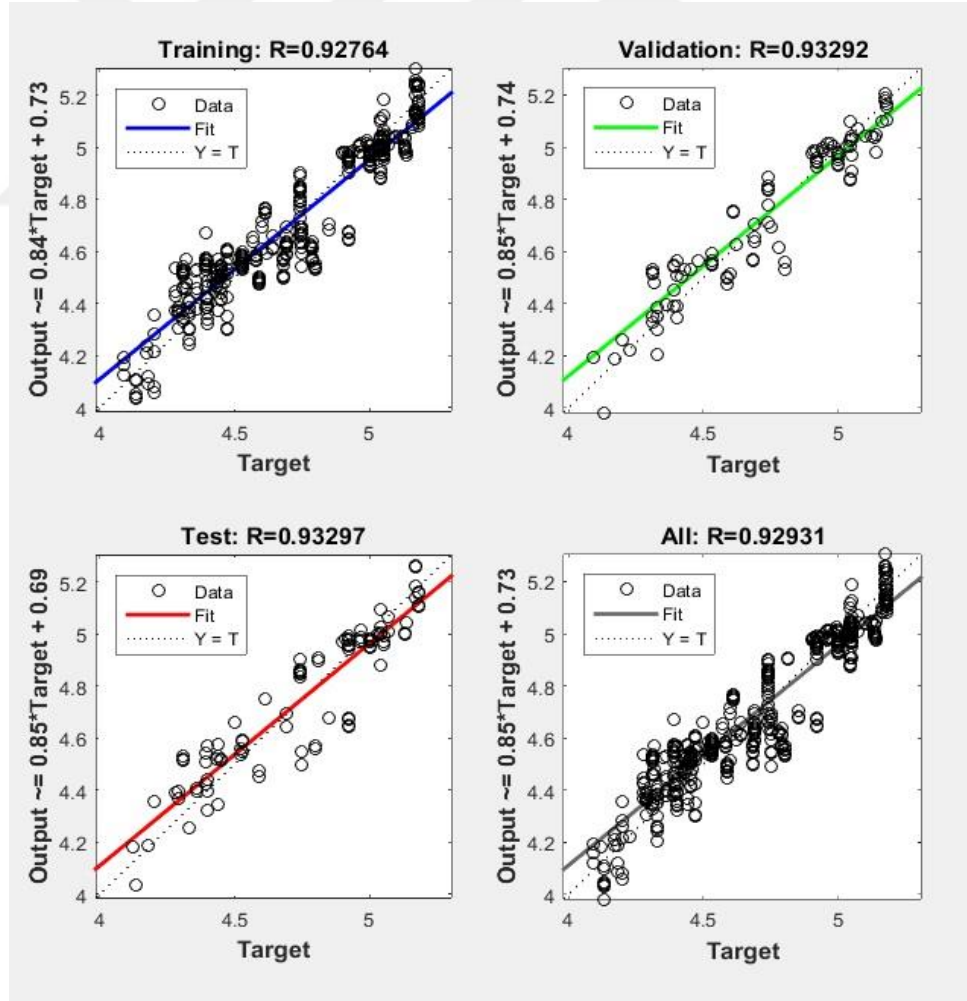
Şekil 16. YSA Fonksiyon Ayarları

Belirtilen işlemler gerçekleştirildikten sonra elde edilen yapay sinir ağı yapısı Şekil 17'deki gibidir.



Şekil 17. YSA Yapısı

Şekil 18'de eğitilen verilen gerçek verilere yakınlığı grafik ile gösterilmektedir.



Şekil 18. Veriler YSA Eğitimi

4.3. Bulgular

01.01.2014 ve 31.12.2015 tarihleri arasında toplam 730 güne ait 3650 veriden benzin ve motorin litre fiyatlarına yapılan zam miktarı ANFIS ve YSA (Yapay Sinir Ağları) yöntemleri ile tahmin edilmiştir. 01.12.2015 ve 30.12.2015 tarihleri arasındaki veriler test verileri olarak belirlenmiştir. Tablo 5'te ANFIS ile elde edilen sonuçlar gösterilmektedir.

TARİH	BENZİN (GERÇEK DEĞERİ)	ANFIS SONUÇLARI	HATA	MUTLAK HATA ORANI	HATA KARELERİ ORANI
01.12.2015	4.43	4.42	0.01	0.01	1E-04
02.12.2015	4.43	4.41	0.02	0.02	0.0004
03.12.2015	4.43	4.46	-0.03	0.03	0.0009
04.12.2015	4.43	4.50	-0.07	0.07	0.0049
05.12.2015	4.43	4.50	-0.07	0.07	0.0049
06.12.2015	4.43	4.50	-0.07	0.07	0.0049
07.12.2015	4.35	4.52	-0.17	0.17	0.0289
08.12.2015	4.31	4.56	-0.25	0.25	0.0625
09.12.2015	4.31	4.49	-0.18	0.18	0.0324
10.12.2015	4.31	4.60	-0.29	0.29	0.0841
11.12.2015	4.31	4.84	-0.53	0.53	0.2809
12.12.2015	4.31	4.84	-0.53	0.53	0.2809
13.12.2015	4.31	4.84	-0.53	0.53	0.2809
14.12.2015	4.31	5.28	-0.97	0.97	0.9409
15.12.2015	4.31	4.67	-0.36	0.36	0.1296
16.12.2015	4.31	4.61	-0.30	0.30	0.0900
17.12.2015	4.31	4.54	-0.23	0.23	0.0529
18.12.2015	4.31	4.61	-0.30	0.30	0.0900
19.12.2015	4.31	4.61	-0.30	0.30	0.0900
20.12.2015	4.31	4.61	-0.30	0.30	0.0900
21.12.2015	4.31	4.54	-0.23	0.23	0.0529
22.12.2015	4.31	4.56	-0.25	0.25	0.0625
23.12.2015	4.31	4.51	-0.20	0.20	0.0400
24.12.2015	4.31	4.51	-0.20	0.20	0.0400
25.12.2015	4.31	4.51	-0.20	0.20	0.0400
26.12.2015	4.31	4.51	-0.20	0.20	0.0400
27.12.2015	4.31	4.51	-0.20	0.20	0.0400
28.12.2015	4.31	4.50	-0.19	0.19	0.0361
29.12.2015	4.31	4.51	-0.20	0.20	0.0400
30.12.2015	4.31	4.55	-0.24	0.24	0.0576

Tablo 5. ANFIS ile Elde Edilen Benzin Fiyatları Tablosu

Tablo 6'da YSA ile elde edilen benzin fiyatları sonuç tablosu gösterilmektedir.

TARİH	BENZİN (GERÇEK DEĞERİ)	YSA SONUÇLARI	HATA	MUTLAK HATA ORANI	HATA KARELERİ ORANI
01.12.2015	4.43	4.48	-0.05	0.054	0.003
02.12.2015	4.43	4.47	-0.04	0.038	0.001
03.12.2015	4.43	4.48	-0.05	0.055	0.003
04.12.2015	4.43	4.48	-0.05	0.051	0.003
05.12.2015	4.43	4.48	-0.05	0.051	0.003
06.12.2015	4.43	4.48	-0.05	0.051	0.003
07.12.2015	4.35	4.46	-0.11	0.114	0.013
08.12.2015	4.31	4.47	-0.16	0.158	0.025
09.12.2015	4.31	4.45	-0.14	0.145	0.021
10.12.2015	4.31	4.46	-0.15	0.155	0.024
11.12.2015	4.31	4.47	-0.16	0.160	0.025
12.12.2015	4.31	4.47	-0.16	0.160	0.025
13.12.2015	4.31	4.47	-0.16	0.160	0.025
14.12.2015	4.31	4.48	-0.17	0.166	0.028
15.12.2015	4.31	4.47	-0.16	0.158	0.025
16.12.2015	4.31	4.45	-0.14	0.141	0.020
17.12.2015	4.31	4.44	-0.13	0.133	0.018
18.12.2015	4.31	4.45	-0.14	0.139	0.019
19.12.2015	4.31	4.45	-0.14	0.139	0.019
20.12.2015	4.31	4.45	-0.14	0.139	0.019
21.12.2015	4.31	4.44	-0.13	0.135	0.018
22.12.2015	4.31	4.46	-0.15	0.146	0.021
23.12.2015	4.31	4.46	-0.15	0.150	0.023
24.12.2015	4.31	4.46	-0.15	0.155	0.024
25.12.2015	4.31	4.46	-0.15	0.154	0.024
26.12.2015	4.31	4.46	-0.15	0.154	0.024
27.12.2015	4.31	4.46	-0.15	0.154	0.024
28.12.2015	4.31	4.45	-0.14	0.144	0.021
29.12.2015	4.31	4.46	-0.15	0.154	0.024
30.12.2015	4.31	4.46	-0.15	0.149	0.022

Tablo 6. YSA ile Elde Edilen Benzin Fiyatları Tablosu

Tablo 7'de ANFIS ve YSA ile edilen benzin fiyatlarının karşılaştırılması sonucu gösterilmektedir.

TARİH	BENZİN (GERÇEK DEĞERİ)	ANFIS SONUÇLARI	YAPAY SİNİR AĞLARI SONUÇLARI	ANFIS FARKI	YSA FARKI
01.12.2015	4.43	4.42	4.48	0.01	-0.05
02.12.2015	4.43	4.41	4.47	0.02	-0.04
03.12.2015	4.43	4.46	4.48	-0.03	-0.05
04.12.2015	4.43	4.5	4.48	-0.07	-0.05
05.12.2015	4.43	4.5	4.48	-0.07	-0.05
06.12.2015	4.43	4.5	4.48	-0.07	-0.05
07.12.2015	4.35	4.52	4.46	-0.17	-0.11
08.12.2015	4.31	4.56	4.47	-0.25	-0.16
09.12.2015	4.31	4.49	4.45	-0.18	-0.14
10.12.2015	4.31	4.6	4.46	-0.29	-0.15
11.12.2015	4.31	4.84	4.47	-0.53	-0.16
12.12.2015	4.31	4.84	4.47	-0.53	-0.16
13.12.2015	4.31	4.84	4.47	-0.53	-0.16
14.12.2015	4.31	5.28	4.48	-0.97	-0.17
15.12.2015	4.31	4.67	4.47	-0.36	-0.16
16.12.2015	4.31	4.61	4.45	-0.3	-0.14
17.12.2015	4.31	4.54	4.44	-0.23	-0.13
18.12.2015	4.31	4.61	4.45	-0.3	-0.14
19.12.2015	4.31	4.61	4.45	-0.3	-0.14
20.12.2015	4.31	4.61	4.45	-0.3	-0.14
21.12.2015	4.31	4.54	4.44	-0.23	-0.13
22.12.2015	4.31	4.56	4.46	-0.25	-0.15
23.12.2015	4.31	4.51	4.46	-0.2	-0.15
24.12.2015	4.31	4.51	4.46	-0.2	-0.15
25.12.2015	4.31	4.51	4.46	-0.2	-0.15
26.12.2015	4.31	4.51	4.46	-0.2	-0.15
27.12.2015	4.31	4.51	4.46	-0.2	-0.15
28.12.2015	4.31	4.5	4.45	-0.19	-0.14
29.12.2015	4.31	4.51	4.46	-0.2	-0.15
30.12.2015	4.31	4.55	4.46	-0.24	-0.15

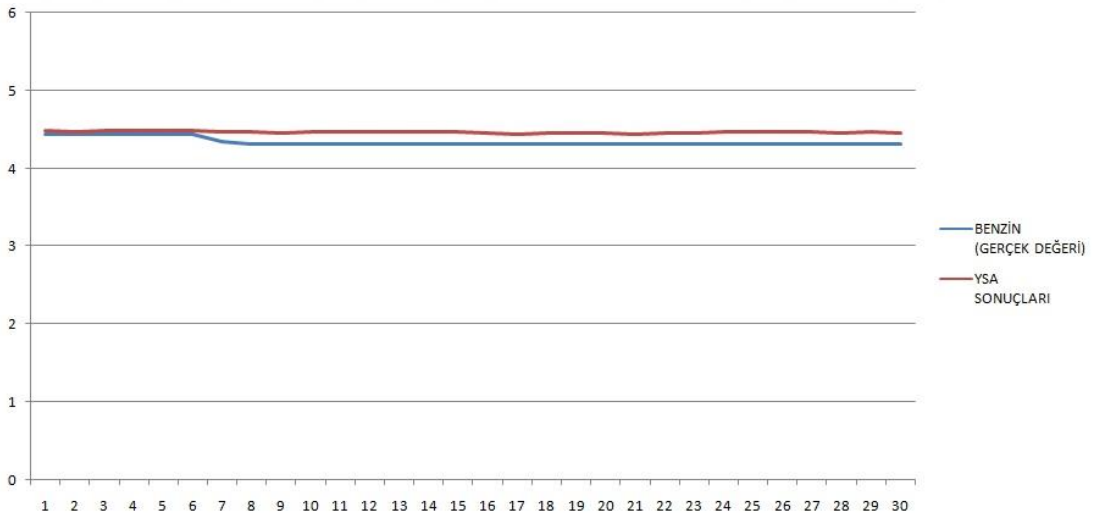
Tablo 7. Benzin Fiyatları için ANFIS ve YSA Karşılaştırılması

Şekil 19'da Benzin fiyatları için ANFIS ile elde edilen sonuçlar gösterilmektedir.

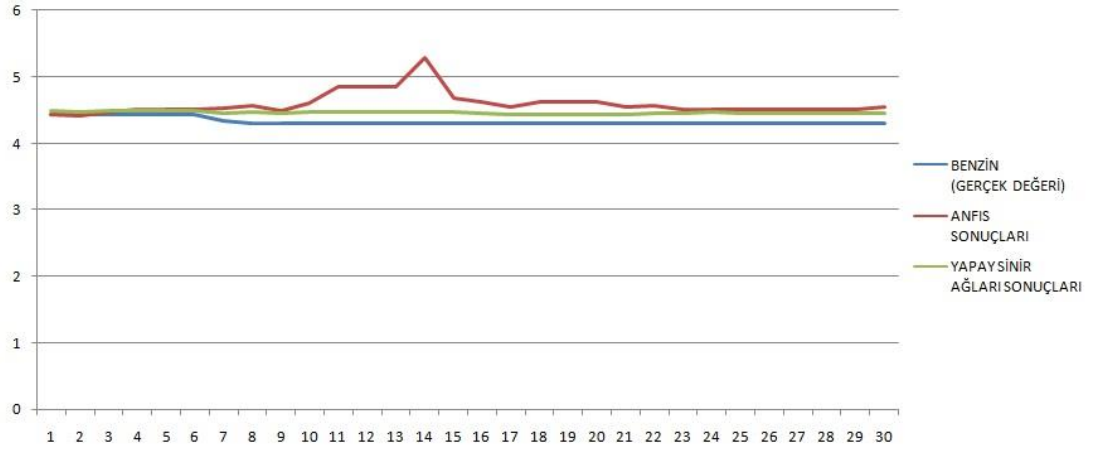


Şekil 19. ANFIS Benzin Sonuç Grafiği

Şekil 20'de Benzin fiyatları için YSA ile elde edilen sonuçlar gösterilmektedir.



Şekil 20. YSA Benzin Sonuç Grafiği



Şekil 21. Benzin için ANFIS ve YSA Sonuçlarının Karşılaştırılması

Tablo 9'da ANFIS ile elde edilen sonuçların doğruluk oranı gösterilmektedir.

	ANFIS	
	BENZİN	MOTORİN
MAD	0.254	0.003
MSE	0.250	0.001
RMSE	0.500	0.032
MAPE	5.886	0.105

Tablo 8. ANFIS Doğruluk Tablosu

Tablo 8'de ANFIS ile elde edilen Motorin fiyatları sonuç tablosu gösterilmektedir.

TARİH	MOTORİN (GERÇEK DEĞERİ)	ANFIS SONUÇLARI	HATA	MUTLAK HATA ORANI	HATA KARELERİ ORANI
01.12.2015	3.71	3.65	0.06	0.06	0.0036
02.12.2015	3.71	3.59	0.12	0.12	0.0144
03.12.2015	3.71	3.55	0.16	0.16	0.0256
04.12.2015	3.63	3.55	0.08	0.08	0.0064
05.12.2015	3.63	3.55	0.08	0.08	0.0064
06.12.2015	3.63	3.56	0.07	0.07	0.0049
07.12.2015	3.63	3.54	0.09	0.09	0.0081
08.12.2015	3.63	3.64	-0.01	0.01	0.0001
09.12.2015	3.63	3.62	0.01	0.01	1E-04
10.12.2015	3.56	3.67	-0.11	0.11	0.0121
11.12.2015	3.56	3.67	-0.11	0.11	0.0121
12.12.2015	3.56	3.67	-0.11	0.11	0.0121
13.12.2015	3.56	3.83	-0.27	0.27	0.0729
14.12.2015	3.48	3.83	-0.35	0.35	0.1225
15.12.2015	3.48	3.83	-0.35	0.35	0.1225
16.12.2015	3.48	3.81	-0.33	0.33	0.1089
17.12.2015	3.49	3.71	-0.22	0.22	0.0484
18.12.2015	3.49	3.71	-0.22	0.22	0.0484
19.12.2015	3.49	3.71	-0.22	0.22	0.0484
20.12.2015	3.49	3.67	-0.18	0.18	0.0324
21.12.2015	3.49	3.6	-0.11	0.11	0.0121
22.12.2015	3.49	3.68	-0.19	0.19	0.0361
23.12.2015	3.49	3.68	-0.19	0.19	0.0361
24.12.2015	3.49	3.68	-0.19	0.19	0.0361
25.12.2015	3.49	3.68	-0.19	0.19	0.0361
26.12.2015	3.49	3.68	-0.19	0.19	0.0361
27.12.2015	3.49	3.68	-0.19	0.19	0.0361
28.12.2015	3.49	3.64	-0.15	0.15	0.0225
29.12.2015	3.49	3.61	-0.12	0.12	0.0144
30.12.2015	3.49	3.61	-0.12	0.12	0.0144

Tablo 9. ANFIS ile Elde Edilen Motorin Fiyatları Sonuç Tablosu

Tablo 9'da YSA ile elde edilen Motorin fiyatları sonuç tablosu gösterilmektedir.

TARİH	MOTORİN (GERÇEK DEĞERİ)	YSA SONUÇLARI	HATA	MUTLAK HATA ORANI	HATA KARELERİ ORANI
01.12.2015	3.71	3.68	0.03	0.029365618	0.0008623395
02.12.2015	3.71	3.74	-0.03	0.032929619	0.0010843598
03.12.2015	3.71	3.72	-0.01	0.010693471	0.0001143503
04.12.2015	3.63	3.72	-0.09	0.090693471	0.0082253056
05.12.2015	3.63	3.72	-0.09	0.090693471	0.0082253056
06.12.2015	3.63	3.64	-0.01	0.005124216	0.0000262576
07.12.2015	3.63	3.64	-0.01	0.014750803	0.0002175862
08.12.2015	3.63	3.59	0.04	0.041594635	0.0017301137
09.12.2015	3.63	3.61	0.02	0.021346513	0.0004556736
10.12.2015	3.56	3.60	-0.04	0.041218513	0.0016989658
11.12.2015	3.56	3.60	-0.04	0.041218513	0.0016989658
12.12.2015	3.56	3.60	-0.04	0.041218513	0.0016989658
13.12.2015	3.56	3.61	-0.05	0.051030184	0.0026040797
14.12.2015	3.48	3.58	-0.10	0.101770738	0.0103572831
15.12.2015	3.48	3.50	-0.02	0.0165623	0.0002743098
16.12.2015	3.48	3.47	0.01	0.010569214	0.0001117083
17.12.2015	3.49	3.51	-0.02	0.016955803	0.0002874992
18.12.2015	3.49	3.51	-0.02	0.016955803	0.0002874992
19.12.2015	3.49	3.51	-0.02	0.016955803	0.0002874992
20.12.2015	3.49	3.50	-0.01	0.012652581	0.0001600878
21.12.2015	3.49	3.58	-0.09	0.086442959	0.0074723851
22.12.2015	3.49	3.60	-0.11	0.10750409	0.0115571294
23.12.2015	3.49	3.62	-0.13	0.128726637	0.0165705471
24.12.2015	3.49	3.62	-0.13	0.12666365	0.0160436802
25.12.2015	3.49	3.62	-0.13	0.12666365	0.0160436802
26.12.2015	3.49	3.62	-0.13	0.12666365	0.0160436802
27.12.2015	3.49	3.57	-0.08	0.077095239	0.0059436758
28.12.2015	3.49	3.62	-0.13	0.131724947	0.0173514616
29.12.2015	3.49	3.59	-0.10	0.101105246	0.0102222707
30.12.2015	3.49	3.63	-0.14	0.142861167	0.0204093131

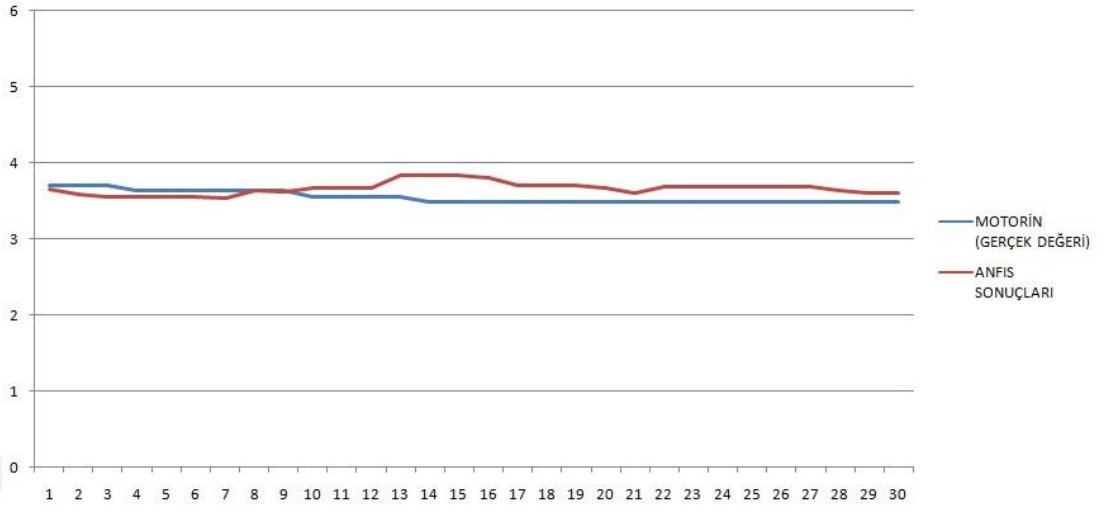
Tablo 10. YSA ile Elde Edilen Motorin Fiyatları Sonuç Tablosu

Tablo 10'da ANFIS ve YSA ile elde edilen Motorin sonuçları karşılaştırmalı olarak gösterilmektedir.

TARİH	MOTORİN (GERÇEK DEĞERİ)	ANFIS SONUÇLARI	YAPAY SİNİR AĞLARI SONUÇLARI	ANFIS FARKI	YSA FARKI
01.12.2015	3.71	3.65	3.68	0.06	0.03
02.12.2015	3.71	3.59	3.74	0.12	-0.03
03.12.2015	3.71	3.55	3.72	0.16	-0.01
04.12.2015	3.63	3.55	3.72	0.08	-0.09
05.12.2015	3.63	3.55	3.72	0.08	-0.09
06.12.2015	3.63	3.56	3.64	0.07	-0.01
07.12.2015	3.63	3.54	3.64	0.09	-0.01
08.12.2015	3.63	3.64	3.59	-0.01	0.04
09.12.2015	3.63	3.62	3.61	0.01	0.02
10.12.2015	3.56	3.67	3.60	-0.11	-0.04
11.12.2015	3.56	3.67	3.60	-0.11	-0.04
12.12.2015	3.56	3.67	3.60	-0.11	-0.04
13.12.2015	3.56	3.83	3.61	-0.27	-0.05
14.12.2015	3.48	3.83	3.58	-0.35	-0.10
15.12.2015	3.48	3.83	3.50	-0.35	-0.02
16.12.2015	3.48	3.81	3.47	-0.33	0.01
17.12.2015	3.49	3.71	3.51	-0.22	-0.02
18.12.2015	3.49	3.71	3.51	-0.22	-0.02
19.12.2015	3.49	3.71	3.51	-0.22	-0.02
20.12.2015	3.49	3.67	3.50	-0.18	-0.01
21.12.2015	3.49	3.6	3.58	-0.11	-0.09
22.12.2015	3.49	3.68	3.60	-0.19	-0.11
23.12.2015	3.49	3.68	3.62	-0.19	-0.13
24.12.2015	3.49	3.68	3.62	-0.19	-0.13
25.12.2015	3.49	3.68	3.62	-0.19	-0.13
26.12.2015	3.49	3.68	3.62	-0.19	-0.13
27.12.2015	3.49	3.68	3.57	-0.19	-0.08
28.12.2015	3.49	3.64	3.62	-0.15	-0.13
29.12.2015	3.49	3.61	3.59	-0.12	-0.10
30.12.2015	3.49	3.61	3.63	-0.12	-0.14

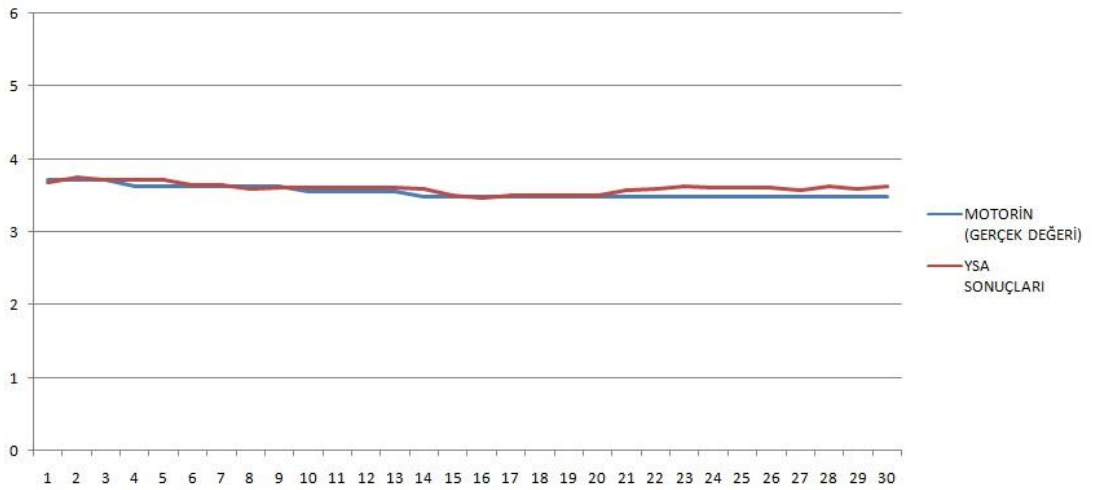
Tablo 11. Motorin için YSA ve ANFIS Sonuçları Karşılaştırılması

Şekil 21'de Motorin fiyatları için ANFIS için elde edilen sonuçlar gösterilmektedir.



Şekil 22. ANFIS Motorin Sonuç Grafiği

Şekil 22'de Motorin fiyatları için YSA ile elde edilen sonuçlar gösterilmektedir.



Şekil 23. YSA Motorin Sonuç Grafiği

Gerçek veriler üzerinde yapılan işlemlerin zaman serisi olmasını engellemek amacıyla Microsoft Excel çalışma ortamında *Data Analysis (Veri Analizi)* araç takımının *Random Number Generation (Rastgele Sayı Üretme)* fonksiyonu kullanılarak gerçek değerlere uygun 100 adet sentetik (rastgele) sayı üretilmiştir. Bu üretilen sayıların işlenmesiyle elde edilen veriler tablolar halinde verilmiş ve sonuçlar birbiri ile karşılaştırılmıştır. Son olarak hangi yöntemin daha uygun olduğuna karar verilmiştir. Tablo-13'te sentetik benzin verileri üzerinde gerçekleştirilen YSA sonuçları gösterilmektedir.

#	Benzin (Sentetik) Verileri	YSA Sonuçları	Hata	Mutlak Hata Oranı	Hata Kareleri Oranı
1	5.20	4.69291	0.50709	0.50449	0.25714
2	4.72	4.53348	0.18652	0.18231	0.03479
3	4.12	4.77172	-0.65172	0.64827	0.42474
4	4.56	4.72342	-0.16342	0.16737	0.02671
5	4.00	4.60124	-0.60124	0.60588	0.36149
6	4.67	4.70912	-0.03912	0.03574	0.00153
7	4.73	4.60826	0.12174	0.12586	0.01482
8	4.69	4.74124	-0.05124	0.05325	0.00263
9	4.90	4.78644	0.11356	0.11448	0.01290
10	4.60	4.53319	0.06681	0.06783	0.00446
11	4.89	4.58750	0.30250	0.30604	0.09151
12	5.09	4.83550	0.25450	0.25424	0.06477
13	4.25	4.66051	-0.41051	0.41038	0.16852
14	4.73	4.84870	-0.11870	0.11430	0.01409
15	4.70	4.78137	-0.08137	0.07688	0.00662
16	4.46	4.54714	-0.08714	0.08386	0.00759
17	5.20	4.71454	0.48546	0.48381	0.23567
18	4.61	4.65130	-0.04130	0.04293	0.00171
19	4.87	4.66737	0.20263	0.20573	0.04106
20	5.34	4.70780	0.63220	0.63606	0.39968
21	4.80	4.78294	0.01706	0.01921	0.00029
22	4.92	4.66705	0.25295	0.25366	0.06398
23	4.56	4.65230	-0.09230	0.08826	0.00852
24	4.28	4.65484	-0.37484	0.36995	0.14050
25	4.88	5.19773	-0.31773	0.31358	0.10095
26	4.73	4.54888	0.18112	0.18531	0.03280
27	5.30	4.74467	0.55533	0.55307	0.30839
28	4.74	4.61266	0.12734	0.12923	0.01622
29	5.00	4.75231	0.24769	0.24421	0.06135
30	4.69	4.59926	0.09074	0.09534	0.00823

Tablo 13. Sentetik Benzin Verileri YSA Sonuçları

Tablo-14'te sentetik verileri ile oluşturulan benzin fiyatlarının işlenmesi ile elde edilen ANFIS sonuçları gösterilmektedir.

#	Benzin (Sentetik) Verileri	ANFIS Sonuçları	Hata	Mutlak Hata Oranı	Hata Kareleri Oranı
1	5.20	5.07	0.13	0.12740	0.01623
2	4.72	5.28	-0.56	0.56422	0.31834
3	4.12	5.65	-1.53	1.52655	2.33035
4	4.56	4.8	-0.24	0.24395	0.05951
5	4.00	4.63	-0.63	0.63464	0.40277
6	4.67	1.72	2.95	2.95337	8.72240
7	4.73	5.79	-1.06	1.05588	1.11488
8	4.69	5.23	-0.54	0.54200	0.29376
9	4.90	2.3	2.60	2.60092	6.76476
10	4.60	5.28	-0.68	0.67898	0.46101
11	4.89	4.79	0.10	0.10353	0.01072
12	5.09	4.58	0.51	0.50974	0.25983
13	4.25	4.68	-0.43	0.42987	0.18479
14	4.73	5.63	-0.90	0.89560	0.80209
15	4.70	4.32	0.38	0.38449	0.14783
16	4.46	2.28	2.18	2.18328	4.76669
17	5.20	5.86	-0.66	0.66165	0.43779
18	4.61	4.36	0.25	0.24837	0.06169
19	4.87	4.41	0.46	0.46310	0.21446
20	5.34	4.27	1.07	1.07386	1.15318
21	4.80	5.53	-0.73	0.72785	0.52977
22	4.92	5.76	-0.84	0.83929	0.70441
23	4.56	9.76	-5.20	5.19596	26.99798
24	4.28	4.24	0.04	0.04488	0.00201
25	4.88	5.1	-0.22	0.21585	0.04659
26	4.73	5.68	-0.95	0.94581	0.89455
27	5.30	5.15	0.15	0.14773	0.02183
28	4.74	4.12	0.62	0.62189	0.38674
29	5.00	3.25	1.75	1.74652	3.05034
30	4.69	3.75	0.94	0.94460	0.89227

Tablo 14. Sentetik Benzin Verileri ANFIS Sonuçları

Tablo-15'te sentetik verileri ile oluşturulan benzin fiyatlarının işlenmesi ile elde edilen ANFIS sonuçları gösterilmektedir.

#	Motorin (Sentetik) Verileri	YSA Sonuçları	Hata	Mutlak Hata Oranı	Hata Kareleri Oranı
1	4.13	4.24183	-0.11183	0.10784	0.01251
2	4.40	4.06048	0.33952	0.33565	0.11527
3	4.41	4.00685	0.40315	0.40041	0.16253
4	3.89	4.15482	-0.26482	0.26606	0.07013
5	3.79	4.07777	-0.28777	0.28819	0.08281
6	4.49	4.21726	0.27274	0.27621	0.07439
7	3.69	4.10570	-0.41570	0.41230	0.17280
8	3.57	3.92203	-0.35203	0.35240	0.12392
9	4.36	4.37752	-0.01752	0.02240	0.00031
10	4.33	3.83184	0.49816	0.49805	0.24817
11	4.87	4.22346	0.64654	0.64871	0.41801
12	4.61	4.29986	0.31014	0.30868	0.09619
13	4.56	4.28575	0.27425	0.27440	0.07521
14	4.15	4.26192	-0.11192	0.11384	0.01253
15	4.11	4.18303	-0.07303	0.07336	0.00533
16	4.27	4.01205	0.25795	0.25393	0.06654
17	4.10	4.09461	0.00539	0.00556	0.00003
18	3.74	4.13801	-0.39801	0.39392	0.15841
19	3.49	4.06717	-0.57717	0.57225	0.33313
20	4.40	4.04577	0.35423	0.34983	0.12548
21	4.26	4.32328	-0.06328	0.06058	0.00400
22	4.32	4.02589	0.29411	0.29691	0.08650
23	4.18	3.95012	0.22988	0.23274	0.05284
24	3.75	4.07069	-0.32069	0.31701	0.10284
25	4.54	4.60843	-0.06843	0.07101	0.00468
26	4.00	4.06499	-0.06499	0.06367	0.00422
27	3.82	4.06969	-0.24969	0.25130	0.06234
28	3.82	4.08369	-0.26369	0.25880	0.06953
29	3.96	4.14365	-0.18365	0.18308	0.03373
30	3.95	4.06487	-0.11487	0.11273	0.01319

Tablo 15. Sentetik Motorin Verileri YSA Sonuçları

Tablo-16'da sentetik verileri ile oluşturulan benzin fiyatlarının işlenmesi ile elde edilen ANFIS sonuçları gösterilmektedir.

#	Motorin (Sentetik) Verileri	ANFIS Sonuçları	Hata	Mutlak Hata Oranı	Hata Kareleri Oranı
1	4.13	4.9	-0.77	0.76601	0.58676
2	4.40	4.21	0.19	0.18613	0.03464
3	4.41	2.4	2.01	2.00725	4.02907
4	3.89	4.55	-0.66	0.66124	0.43724
5	3.79	4.76	-0.97	0.97042	0.94172
6	4.49	4.4	0.09	0.09347	0.00874
7	3.69	2.58	1.11	1.11339	1.23964
8	3.57	4.75	-1.18	1.18038	1.39329
9	4.36	4.37	-0.01	0.01488	0.00022
10	4.33	5.24	-0.91	0.91011	0.82830
11	4.87	4.66	0.21	0.21217	0.04502
12	4.61	2.78	1.83	1.82854	3.34356
13	4.56	6.34	-1.78	1.77985	3.16786
14	4.15	3.68	0.47	0.46808	0.21910
15	4.11	4.31	-0.20	0.20033	0.04013
16	4.27	0.185	4.08	4.08098	16.65440
17	4.10	5.8	-1.70	1.69983	2.88942
18	3.74	1.12	2.62	2.62408	6.88581
19	3.49	3.24	0.25	0.25492	0.06498
20	4.40	4.4	0.00	0.00440	0.00002
21	4.26	3.7	0.56	0.56270	0.31663
22	4.32	4.13	0.19	0.19280	0.03717
23	4.18	4.26	-0.08	0.07714	0.00595
24	3.75	4.05	-0.30	0.29632	0.08780
25	4.54	5.33	-0.79	0.79258	0.62819
26	4.00	4.1	-0.10	0.09868	0.00974
27	3.82	3.28	0.54	0.53839	0.28986
28	3.82	3.91	-0.09	0.08511	0.00724
29	3.96	3.66	0.30	0.30057	0.09034
30	3.95	3.32	0.63	0.63214	0.39960

Tablo 16. Sentetik Motorin ANFIS Sonuçları

Tablo-17'de sentetik verilerin işlenmesi ile edilen YSA ve ANFIS sonuçları doğruluk tablosu üzerinde gösterilmektedir.

	YSA		ANFIS	
	<i>Benzin</i>	<i>Motorin</i>	<i>Benzin</i>	<i>Motorin</i>
MAD	0.246	0.260	0.977	0.821
MSE	0.097	0.093	2.068	1.489
RMSE	0.312	0.305	1.438	2.218
MAPE	5.208	6.358	20.867	19.955

Tablo 17. Sentetik Verilerin Sonuçlarının Karşılaştırılması

SONUÇ

Bu tez çalışmasında petrol ürünü litre fiyatlarından benzin ve motorin litre fiyatlarına gelecek zam miktarı Yapay Zekâ yöntemlerinden ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference Systems) ve yine bir başka Yapay Zekâ yöntemlerinden bir olan yapay sinir ağı modellerinden ileri beslemeli geri yayılım ağı modeli kullanılarak tahminde bulunulmuştur. Daha öncede bu alanlarda yapılan benzer çalışmalar, projeler ve makaleler de incelenmiştir.

ANFIS ile gerçekleştirilen uygulamada Benzin fiyatlarının zam oranı belirlenmesinde Tablo 8'deki doğruluk tablosuna bakıldığında MAD değeri 0.254, MSE değeri 0.250, RMSE değeri 0.500 ve MAPE değeri 5.886 olarak bulunmuştur. Motorin fiyatlarının zam oranının belirlenmesinde MAD değeri 0.003, MSE değeri, 0.001, RMSE değeri 0.032 ve MAPE değeri 0.105 olarak bulunmuştur.

YSA ile gerçekleştirilen uygulamada Benzin fiyatlarının zam oranı belirlenmesinde Tablo 12'deki doğruluk tablosuna bakıldığında MAD değeri 0.129, MSE değeri 0.018, RMSE değeri 0.135 ve MAPE değeri 2.978 olarak bulunmuştur. Motorin fiyatlarının zam oranının belirlenmesinde MAD değeri 0.003, MSE değeri 0.001, RMSE değeri 0.310 ve MAPE değeri 0.103 olarak bulunmuştur.

Tablo-17'deki sonuçlara da bakıldığında sentetik veriler üzerinde gerçekleştirilen işlemlerin sonucunda da yapay sinir ağları modelinin daha etkili sonuçlar çıkardığı görülmektedir.

Tüm bu sonuçlar ışığında ANFIS ve YSA gerçekleştirilen uygulamalarda sonuçların doğruluk oranına bakıldığında YSA'nın İleri Beslemeli Geri Yayılımlı Ağı modeli zam oranının belirlenmesinde gerçekleştirdiği tahminin daha başarılı olduğu görülmüştür.

Veriler üzerine daha farklı yöntemlerde uygulanabilir. Türkiye'de benzin ve motorin litre fiyatlarının sürekli değişmesi tahmin olanağını güçleştirse de yapılan çalışmalarda yapay sinir ağları uygulamaları ANFIS ve veri madenciliği yöntemlerine göre daha başarılı olmaktadır.

Benzin ve motorin litre fiyatlarının gelecek dönemlerdeki durumunun tahminlenmesi önemli bir problemdir. Buna göre literatüre katkı açısından bahsedilen yöntemler ile benzin ve motorin litre fiyatlarına gelecek zam miktarı belirlenmiştir.



KAYNAKÇA

- [1] Aydın, Ü. (1998), *Türkiye ve AB'de Akaryakıt Fiyatları ve Vergiler*, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi.
- [2] Alptekin, V., Yılmaz, K. Ç., & Taş, T. (2016), *Döviz Kurundan Fiyatları Geçiş Etkisi: Türkiye Örneği*, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 1-9.
- [3] Türkiye İstatistik Kurumu (2008), *Fiyat Endeksleri ve Enflasyon*, TİK Matbaası.
- [4] Şentürk, S. (2010), Faktöriyel Tasarıma Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Mantık Çıkarım Sistemi ile Farklı Bir Yaklaşım, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22.
- [5] Bayramoğlu, M. F., & Coşkun, H. (2010, Nisan 30), *Ham Petrol Fiyat Hareketlerinin Sınıflandırılmasında Yapay Zekâ Teknolojilerinin Kullanımı*, İleri Teknolojiler Çalıştayı (İTÇ) Bildiriler Kitabı , 303-318.
- [6] Kaynar, O., Taştan, S., & Demirkoparan, F. (2010), *Ham Petrol Fiyatlarının Yapay Sinir Ağları ile Tahmini*, Ege Akademik Bakış , 559-573.
- [7] Çalışkan M. M. T., Deniz D.,(2015), *Yapay Sinir Ağları Hisse Senedi Fiyatları ve Yönlerinin Tahmini*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimleri Fakültesi Dergisi, 103-120.
- [8] ErKaymaz H., Yaşar Ö.,(2011), *Yapay Sinir Ağı ile Hava Sıcaklığı Tahmini*, 5th International Computer and Instructional Technologies Symposium, Elazığ, Türkiye.
- [9] Demirel Ö., Kakilli A., Tektaş M.,(2010), *ANFIS ve ARMA Modelleri ile Elektrik Enerjisi Yük Tahmini*, Gazi Üniversitesi Mimarlık-Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 25, 601-610.

- [10] Doğan Onur.,(2016), *Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Çıkarım Sisteminin (ANFIS) Talep Tahmini İçin Kullanımı ve Bir Uygulama*, Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakóltesi Dergisi, Cilt 31, Sayı 1, 257-288.
- [11] Fırat M., Yurdusev M. A., Mermer M.,(2007), *Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Mantık Yaklaşımı ile Aylık Su Tüketiminin Tahmini*, Gazi Üniversitesi Mimarlık-Mühendislik Fakóltesi Dergisi, Cilt 23, 449-457.
- [12] Abdul A. K., Imbarine B., Ahmad I., (2013), *Forecasting on Crude Palm Oil Prices Using Artificial Intelligence Approaches*, American Journal of Operations, 3, 259-267.
- [13] Yücel A., Güneri A. F., (2010), *Application of Adaptive Neuro Fuzzy System to Supplier Selection Problem*, Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 224-234.
- [14] Jang, J.S.R., Sun, C.T. and Mizutani, E., (1997), *Neuro- Fuzzy and Soft Computing A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*, Prentice Hall, New Jersey, USA.
- [15] Özel C., Soykan O.,(2012), *Betonun Basınç Mukavemetinin Taze Beton Özelliklerinden Tahmini İçin ANFIS Modeli*, SDU International Journal of Technological Science, Cilt 4, 30-45.
- [16] Kim, B., Park, J.H., (2002), *Qualitative Fuzzy Logic Model of Plasma Etching Process*, IEEE Transactions on Plasma Science, 30: 673-678.
- [17] Jang, J.S.R., Sun, C.T. and Mizutani, E.,(1997), *Neuro Fuzzy and Soft Computing a Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*, Prentice Hall, USA.
- [18] Jang, J.S.R., (1993), *ANFIS: Adaptive-Network Based Fuzzy Inference Systems*, IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics, 23: 665-685.
- [19] Yılmaz M., Arslan E.,(2005), *Bulanık Mantığın Jeodezik Problemlerin Çözümünde Kullanılması*, İTÜ Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu.

- [20] Fuzzy Logic Toolbox
<https://www.mathworks.com/help/fuzzy/index.html>
(Erişim Tarihi: 14.06.2017)
- [21] Ünsal S., Alışkan İ.,(2016), *Mamdani ve Takagi-Sugeno Çıkarım Yöntemlerine Sahip Bulanık Mantık Denetleyicilerin Özgün Yazılım ve Araç Kutusu Performans Analizi*, ELOCO 2016
- [22] Berber N., Berber A.,(2013), *Adaptif Ağ Yapısına Dayalı Bulanık Çıkarım Sistemi ile Hava Tahmini*, Gaziantep Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü.
- [23] Zimberg B., (2009), *Crude Oil Price Forecasting With ANFIS*,
- [24] Uğur A., Kınacı A. C.,(2006), *Yapay Zekâ Teknikleri ve Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Web Sayfalarının Sınıflandırılması*, Inet-tr 2006, XI. Türkiye'de İnternet Konferansı, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi.
- [25] Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks)
<https://ekblc.files.wordpress.com/2014/02/ysa.pdf>
(Erişim Tarihi: 14.06.2017)
- [26] Derin Öğrenme | Deep Learning, Yapay Sinir Ağları,
<http://www.derinogrenme.com/2017/03/04/yapay-sinir-aglari/>
(Erişim Tarihi: 19.04.2017)
- [27] MATLAB, The Language of Technical Computing
<https://www.mathworks.com/help/matlab/>
(Erişim Tarihi: 21.04.2017)

ÖZGEÇMİŞ

Fatih Bal 27 Aralık 1988 Bakırköy'de doğmuştur. 2005 yılında Tuzla Tuğrulbey Lisesinde orta öğretimi tamamladıktan sonra 2008 yılında Konya Selçuk Üniversitesi Bilgisayar Teknolojisi ve Programlama bölümünü, 2014 yılında Maltepe Üniversitesi Yazılım Mühendisliği bölümünü bitirmiştir. Eylül 2015 tarihinde Beykent Üniversitesinde Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başlamıştır. Mart 2016 tarihinden beri Maltepe Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesinde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.

İlgi alanları, Yapay Zekâ, Mobil Uygulamalar ve Java Programlamadır.

Fatih BAL